

คู่มือวิศวกรโยธา

อภินันทนาการจาก



บริษัท เจเนเนอรัล เอนจิเนียริ่ง จำกัด (มหาชน)
GENERAL ENGINEERING PUBLIC COMPANY LIMITED

คู่มือวิศวกรโยธา

พิมพ์ครั้งที่ 5

จำนวน 3,000 เล่ม

พ.ศ. 2549

คำนำ

บริษัท เจนเนอรัล เอนจิเนียริง จำกัด (มหาชน) ได้จัดพิมพ์หนังสือคู่มือวิศวกรโยธา ขึ้นมาเป็นครั้งที่ 5 เนื่องจากได้รับความสนใจจากวิศวกร หน่วยงานราชการ สถาบันการศึกษา และผู้ที่อยู่ในวงการก่อสร้างเป็นอย่างมาก คณะผู้จัดทำได้ปรับปรุง แก้ไขเพิ่มเติมข้อมูลให้ทันสมัยยิ่งขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นอภินันทนาการแก่ผู้มีอุปการคุณ

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือคู่มือวิศวกรโยธาเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่วิศวกรโยธา วิศวกรผู้ออกแบบ วิศวกรผู้ควบคุมงาน วิศวกรสนาม และผู้สนใจโดยทั่วไป หากมีคุณความดีอันเกิดจากหนังสือเล่มนี้ คณะผู้จัดทำขอยกให้แก่ผู้ประพันธ์ หนังสือทุกเล่มที่คณะผู้จัดทำได้คัดลอก คัดย่อ ตัดตอนข้อมูลอันมีประโยชน์มาเผยแพร่ หากแม้มีข้อผิดพลาด ข้อบกพร่องใดๆ คณะผู้จัดทำขออ้อมรับคำว่ากล่าวทั้งหมดด้วยความเคารพขง และยินดีที่จะรับข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะต่างๆจากทุกท่าน เพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

คณะผู้จัดทำ

บริษัท เจนเนอรัล เอนจิเนียริง จำกัด (มหาชน)

44/2 หมู่ 2 ถ.ติวานนท์ ต.บางกะดี ปทุมธานี 12000

โทร. 0-2501-1055, 0-2501-2020, 0-2501-2462-7, 0-2501-2128-31

โทรสาร. 0-2501-2134, 0-2501-2468

HOME PAGE : www.gel.co.th

E-mail : gel@gel.co.th

THAI UNIT OF WEIGHT AND MEASURES	15
SI UNITS	14
STRUCTURAL – TABLE	
BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS	23
REACTIONS, MOMENTS AND DEFLECTIONS FOR DIFFERENT LOADING CONDITIONS	42
แรงยึดแน่นปลายของชิ้นส่วนคุณสมบัติคงที่	53
แรงปฏิกิริยาที่เกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งที่ปลายของชิ้นส่วนคุณสมบัติคงที่	55
ค่าคงที่การบิด (TORSIONAL CONSTANT)	56
ค่าของ $Mm dx$	59
วิธีหาพื้นที่ (METHOD OF FINDING AREAS)	60
พื้นที่จุดศูนย์กลางและโมเมนต์อินเนอร์เซียของรูปหน้าตัด	61
จุดศูนย์กลาง (THE CENTROIDS)	62
พื้นที่ผิวข้างและปริมาตรของรูปแท่ง	63
คุณสมบัติของวงกลม (PROPERTIES OF THE CIRCLE)	64
ค่าตรีโกณมิติของรูปสามเหลี่ยม	68
CALCULATION OF QUANTITIES FOR EXCAVATION	69
STRUCTURAL – FORMULA.	
การออกแบบแผ่นพื้นสองทาง โดยวิธีที่ 1 (มาตรฐาน วสท. 1007-34)	73
การออกแบบแผ่นพื้นสองทาง โดยวิธีที่ 2 (มาตรฐาน วสท. 1007-34)	76
การออกแบบแผ่นพื้นสองทาง โดยวิธีที่ 3 (มาตรฐาน วสท. 1007-34)	77
การออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กไร้คาน (มาตรฐาน วสท. 1007-34)	81
โมเมนต์และแรงเฉือนในแผ่นพื้นและคาน (มาตรฐาน วสท.)	85
หน่วยแรงที่ยอมให้ของ CONCRETE (Working Stress Design)	86
PRESTRESSED CONCRETE DESIGN FORMULAR	87
GENERAL PRINCIPLES OF PRESTRESSED CONCRETE	93
THE EQUIVALENT FRAME METHOD (ACI 318 – 89, clause 13.7)	96
สูตรของเสาโดยข้อกำหนดของ AISC	98
ความยาวประสิทธิภาพของเสา-โครงสร้างรับแรงอัด	99
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (F_a)	100
การออกแบบโครงสร้างไม้ในอาคารพักอาศัย (โดยใช้แผนภูมิ)	101
STRUCTURAL – MATERIALS	
WEIGHTS OF BUILDING MATERIALS	111
เหล็กเส้นกลมเสริมคอนกรีต (มอก.20-2543)	112

เหล็กเส้นข้ออ้อยและเสริมคอนกรีต (มอก.24-2548)	112
PC WIRE SPECIFICATION	117
PC STRAND SPECIFICATION	118
ขนาดและมวลของเหล็กฉากเท่ากัน และขาไม่เท่ากันชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	120
ขนาดและมวลของเหล็กรูปร่างหน้าชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	121
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว C ชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	122
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว Z ชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	123
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว lip Z ชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	124
ขนาดและมวลของเหล็กรูปหมวกชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	125
ขนาดและมวลของเหล็กฉากเท่ากันชนิดรีดร้อน (มอก.)	126
ขนาดและมวลของเหล็กฉากขาไม่เท่ากันชนิดรีดร้อน (มอก.)	128
ขนาดและมวลของเหล็กรูปร่างหน้าชนิดรีดร้อน (มอก.)	129
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว H ชนิดรีดร้อน (มอก.)	130
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว I ชนิดรีดร้อน (มอก.)	131
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว T ชนิดรีดร้อน (มอก.)	132
MILD STEEL PLATES	133
CHECKERED PLATES	134
FLAT BARS	135
LIGHT LIP CHANNEL JIS G3350	136
EQUAL ANGLE JIS G3192	137
I – BEAM JIS G3192	138
CHANNEL JIS G3192	138
H – BEAM JIS G3192	139
WIDE FLANGE SHAPES	141
HEAVY COLUMN SECTION	144
CARBON STEEL TUBES FOR GENERAL STRUCTURAL PURPOSE JIS G 3444	145
BRITISH STANDARD PIPE BS 1387 : 1967 LIGHT	147
BRITISH STANDARD PIPE BS 1387 : 1967 MEDIUM	147
BRITISH STANDARD PIPE BS 1387 : 1967 HEAVY	148
น้ำหนักกำแพงชนิดต่าง ๆ	149
ขนาดไม้แปรรูปในท้องตลาด	149
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้นของวัสดุ	150
THERMAL CONDUCTIVITY (K – VALUES) OF BASIC MATERIALS	151
CONSTRUCTION PRACTICE	
มาตรฐาน วสท. และคู่มือการออกแบบ	157
มาตรฐานของแบบวิศวกรรม	158
การประเมินและการยอมรับงานคอนกรีต	159

การแปลงกำลังอัดคอนกรีต ลูกบาศก์เป็นทรงกระบอก	156
กำลังอัดของคอนกรีตตามอายุ และสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์	156
แรงดันคอนกรีตต่อแบบหล่อคอนกรีต	157
กำลังอัดคอนกรีตที่ยอมให้ถอดแบบได้	158
ระยะเวลาค้ำยันแบบหล่อคอนกรีต	159
ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้	159
ความหนาคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก	160
ความหนาคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมสำหรับคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป	161
ขง้อมาตรฐาน (มาตรฐาน วสท. และ ACI)	162
STANDARD HOOKS	163
รายละเอียดการเสริมเหล็กในพื้นที่ คสล. (ACI Code)	165
รายละเอียดการเสริมเหล็กในคาน (ACI Code)	166
รายละเอียดการเสริมเหล็กในพื้นที่ (CRSI Hand Book)	167
รายละเอียดการเสริมเหล็กในคาน (CRSI Hand Book)	168
ACI STANDARD CLOSED COLUMN TIES	169
UNIVERSAL STANDARD COLUMN TIES	170
การต่อเหล็กเสริมในเสา	171
ความยาวเหล็กเสริม	172
TYPES OF TIES การผูกเหล็กเสริมด้วยลวด	176
WELDED SPLICES	177
สัญลักษณ์มาตรฐานของการเชื่อม	178
ชนิดของรอยต่อเชื่อม	179
สถิติการทำงานต่อวัน	181
ปริมาณหินและยางในการทำถนนต่อตารางเมตร	182
วัสดุก่อสร้างในงานช่างปูน (ต่อ 1 ตารางเมตร)	183
ส่วนผสมคอนกรีตใน 1 ลูกบาศก์เมตร	184
TYPICAL READY MIX CONCRETE MIX PROPORTIONS	185
การให้สัญญาณมือสำหรับบั้งจันชนิดอยู่กับที่	186
การให้สัญญาณมือสำหรับบั้งจันชนิดเคลื่อนที่	187
ILLUSTRATION OF SOUND LEVELS	189
CONSTRUCTION PRODUCT	
เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ มอก. 396-2524	192
STRENGTH OF PC. PILE (PCI Design Handbook)	195
PRESTRESSED CONCRETE PILES	196
เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่	200
แผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จสำหรับระบบพื้นคอนกรีต มอก. 576-2531	203
วิธีทดสอบการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จสำหรับพื้นคอนกรีต มอก. 577-2531	205
HOLLOW CORE SLAB แผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตอัดแรงแบบกลวง	208

ข้อแนะนำในการออกแบบ และติดตั้งแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบกลวง	214
LOAD DISTRIBUTION ON HOLLOW CORE SLAB	223
งานพื้นคอนกรีตอัดแรงในที่ (POST – TENSIONED SLAB)	225
ข้อดีในการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงในที่	229
ALPHA TRUSS SLAB	230
PRECASTED WALL	235
METHOD OF TOLERANCE MEASUREMENT	236
GRC TECHNICAL DATA	239
NON – SHRINK GROUT MORTAR	242
GENERAL RULE FOR ANCHOR SPACING TO ACHIEVE FULL LOAD UTILIZATION	243
SPACERS AND CHAIR	245
STANDARD REQUIREMENTS AND TESTING SPACERS AND CHAIRS	252
SOIL MECHANIC AND FOUNDATION	
รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified	260
SOIL PROPERTIES FOR ANALYSIS AND DESIGN	263
TYPES OF TEST BORINGS	265
REQUIREMENTS FOR BORING DEPTHS	266
DIRECT SHEAR TEST	266
TRIAxIAL COMPRESSION TEST	267
UNCONFINED COMPRESSION TEST	267
STANDARD PENETRATION TEST	268
FIELD VANE SHEAR TEST	269
DUTCH – CONE – PENETRATION TEST	270
การคำนวณหาหน้าหนักบรรทุกของเสาเข็มจากคุณสมบัติของดิน	271
AVERAGE COHESION VALUE FOR BANGKOK AREA	275
สูตรในการตอกเสาเข็ม	276
การทดสอบหาหน้าหนักบรรทุกเสาเข็มโดยวิธี LOAD TEST	279
PRESUMED BEARING VALUES UNDER VERTICAL STSTIC LOADING	282
COMPACTION CHARACTERISTICS FOR SOILS IN EARTHWORK CONSTRUCTION	283
FIELD CHARACTERISTICS SOILS IN EARTHWORK CONSTRUCTION	288
EFFECT OF SURCHARGE LOADS ON RETAINING STRUCTURES	290
ANALYSIS OF STABILITY OF NATURAL SLOPES	292
ANALYSIS OF STABILITY	293
SLOPE STABILITY FORMULAS	294
BASIS OF THE DESIGN CHARTS	296
TYPICAL GEOTEXTILE STRENGTH AND MODULUS	299
THE FUNCTION OF FABRICS (GEOTEXTILE OR GEOGRID)	300
DESIGN OF VERTICAL, REINFORCED SOIL WALLS	301
DESIGN OF CANTILEVER SHEETPIILING IN GRANULAR SOILS	305

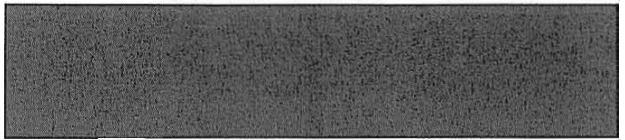
DESIGN OF CANTILEVER SHEETPIILING IN COHESIVE SOILS	305
DESIGN OF ANCHORED SHEETPIILING BY FREE – END METHOD	307
STABILITY O SHEETPIILING IN COHESIVE SOILS	308
VERTICAL DRAIN	311
DESIGNING WIH PREFABRICATED VERTICAL WICK DRAINS	314
TRANSPORTATION	
STANDARD HS – TRUCKS	320
DESIGN VEHICLE DIMENSIONS	321
MINIMUM TURNING RADII OF DESIGN VEHICLES	322
TRAFFIC RAILING	326
EXPANSION JOINTS	327
GUIDE SPECIFICATION FOR EXPANSION JOINT	335
PLUMBING SYSTEM	
แสดงจำนวนการใช้ น้ำ	
ขนาดเล็กที่สุดของท่อประปา	340
ข้อกำหนดจำนวนสุขภัณฑ์ (ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522)	341
รายการค้ายี่ห้อที่ควรเลือกใช้กับการเขียนแบบของวิศวกรรมสุขาภิบาล หรือแบบสถาปัตยกรรม	342
สัญลักษณ์ของข้อต่อ หรือวาล์ว	343
สัญลักษณ์ของเส้น และเส้นประกอบตัวอักษรสำหรับการเดินท่อ	344
สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบสถาปัตยกรรม หรือสุขาภิบาล	345
	346
ELECTRICAL	
ELECTRICAL ENGINEERING FORMULAS	350
ชนิดของสายไฟฟ้า	353
จำนวนกระแสสูงสุดที่ยอมให้ใช้กับสายไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ	355
ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงสำหรับสายไฟที่เดินในท่อโลหะ	357
ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงสำหรับสายไฟที่เดินในท่อพลาสติก	358
ค่ากระแสสูงสุดสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า	359
ค่ากระแสมอเตอร์ไฟฟ้า (ดีซี และเอซี)	360
ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	361
เปรียบเทียบสัญลักษณ์อุปกรณ์	362
กฎหมายก่อสร้าง	
ประมวลกฎหมายอาญา (พ.ศ. 2499-2532) ที่น่าสนใจ	372
คำจำกัดความของอาคารตาม พรบ. ควบคุมอาคาร	372
รายชื่อกฎหมายควบคุมอาคารที่ควรทราบ	373
การยื่นขออนุญาต หรือแจ้งความประสงค์ที่จะก่อสร้างอาคาร	380

ข้อกำหนดเรื่องแรงลม	384
หน่วยแรงของไม้	384
น้ำหนักบรรทุกของอาคาร (ตามข้อบัญญัติของ กทม. พ.ศ. 2522)	385
ข้อกำหนดการลดน้ำหนักบรรทุกของอาคาร (ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522)	386
ข้อกำหนดความสูงของอาคาร (ตามข้อบัญญัติ กทม. พ.ศ. 2522)	387
พ.ร.บ. วิชาชีพวิศวกรรม สาขาและประเภทวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม อื่น ๆ	388
ทางเดินของดวงอาทิตย์	394
ผังแสดงทิศทางลมของกรุงเทพฯ	395
แผนที่แสดงทิศทางลมทั่วประเทศ	396
แผนที่บริเวณเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย	398
แผนภูมิระยะทางระหว่างจังหวัด	399
แผนที่แสดงน้ำฝนประจำปี	400
GUTTER SIZES FOR VARIOUS RAINFALL INTENSITIES AND ROOF CATCHMENT AREAS PER DOWNPIPE	401
สัดส่วนมนุษย์	402

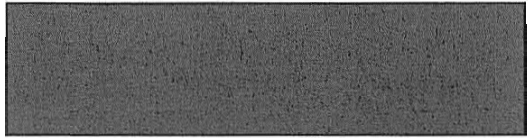
บรรณานุกรม

INDEX

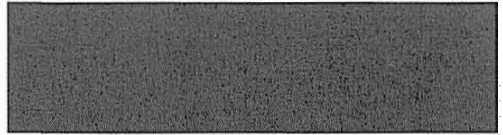
STRUCTURAL – TABLE



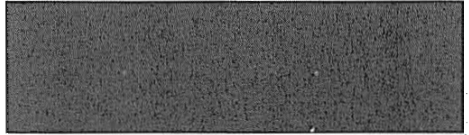
STRUCTURAL – FORMULA



STRUCTURAL – MATERIALS



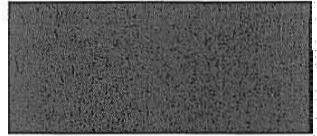
CONSTRUCTION PRACTICE



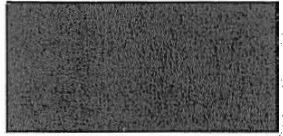
CONSTRUCTION PRODUCT



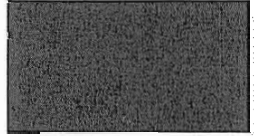
SOIL MECHANIC AND FOUNDATION



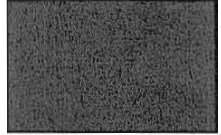
TRANSPORTATION



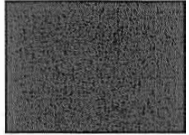
PLUMBING SYSTEM



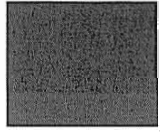
ELECTRICAL



กฎหมายก่อสร้าง



อื่น ๆ



Thai Units of Weights and Measures

With British and Metric Equivalents		Approximately equal to	
		BRITISH	METRIC
MEASURE OF LENGTH	1 kabiet	3/16 inch	5 millimetres
	4 kabiet = 1 nieu	3/4 inch	2 centimetres
	12 nieu = 1 keub	10 inches	25 "
	2 keub = 1 sawk	1 ft. 7 1/2 in	50 "
	4 sawk = 1 wah	6 ft. 6 1/4 in	2 metres
	20 wah = 1 sen	44 yards	10 metres
	400 sen = 1 yote	10 miles	16 kilometres
MEASURE OF SURFACE	1 sq. wah.....	4.78 sq. yards	4 sq. metres
	100 sq. wah = 1 ngan	478	400 " "
	4 ngan = 1 rai (1 sq. sen)	2/5 acre	1,600 " "
MEASURE OF CAPACITY	1 standard tanan	—	1 litre
	20 " tana – standard sat	—	20 litres
	50 " sat = " ban	—	1,000 "
	2 " ban = " kwien	—	2,000 "
PADDY & RICE MEASURE	1 coyan 16 pikuls paddy	2,133 1/3 lbs..	968 kgs
	or 22 " cargo rice	1.31 tons	1,330 kgs
	1 kwien 23 " white rice	1.37 tons	1,391 kgs
	The rice miller's kwien is 82 baskets of 40 lbs. each = 24 pikuls	1.46 tons	1,488 kgs
WEIGHT	1 baht (tical).....	1/2 oz. (AVDP)	15 grammes
	4 baht = 1 tamlung	2 1/10 oz "	60 "
	20 tamlung = 1 chang (kati)	2 5/8 lbs "	12 kilogram
	50 change or = 1 hap (pikul)	133 1/3 lbs "	60 "
	(Kajjis)		
CUSTOMS WEIGHT	1 standard carat =	20 centigram	—
	1 " catty =		600 grammes
	100 " catty = 1 std picul		60 kilogram

SI UNITS

The International System of Units (“Le Système International d’Unités”), or SI, has now been adopted in engineering practice in most industrial nations around the world. The United States is one of the few countries still using Imperial or British units. However, even in the United States professional engineers now accept, if not prefer SI units in technical and scientific publications.

The following tables list SI units as far as they are relevant for geotechnical engineering in general, and ground modification in particular. A distinction is made between base units, supplementary units, derived units, and units with special names. Certain well-recognized non-SI units are also given. These units were retained because of their practical importance any may be used in a limited way is combination with pure SI units.

1. BASE UNITS

Quantity	Name of unit	Symbol	Notes
Length	metre, or meter (U.S.)	m	In most English-speaking countries, the spelling is metre, as also recommended by ASTM
Mass	kilogram	kg	
Time	second	s	
Electric	ampere	A	
Thermodynamic temperature	kelvin	K	Celsius temperature (°C) is also used. Temperature differences are the same in K as in °C.

2. SUPPLEMENTARY UNITS

Quantity	Name of unit	Symbol	Notes
Plane angle	radian	rad	The radian is the plane angle between two radii of a circle which mark off on the circumference of the circle an arc equal in length to the radius.

3. SOME UNITS DERIVED FROM BASE AND SUPPLEMENTARY UNITS

Derived units are expressed in terms of base units and/or supplementary units. Multiplication within compound units may be indicated in one of the following ways:

$$N \cdot m \quad N \cdot m \quad N m$$

The first version is now preferred in many countries because it prevents confusion when the unit symbol coincides with a prefix and because of its ease of typing.

Quantity	Name of unit	Symbol
Acceleration	meter per second squared	m/s^2
Angular velocity	radian per second	rad/s
Area	square meter	m^2
Density	kilogram per cubic meter	kg/m^3
Kinematic viscosity	square meter per second	m^2/s
Mass per unit area	kilogram per square meter	kg/m^2
Moment of inertia	kilogram \times meter squared	$kg \cdot m^2$
Rotational frequency	unit per second	$1/s$ or s^{-1}
Velocity	meter per second	m/s
Volume	cubic meter	m^3

4. UNITS WITH SPECIAL NAMES

Units derived from base units and having special names:

Quantity	Name	Symbol	Definition	Derivation
Energy, work, quantity of heat	joule	J	$1 J = N \cdot m$	$1 kg \cdot m^2/s^2$
Electrical resistance	ohm	Ω	$1 \Omega = 1 V/A$	$1 kg \cdot m^2/(A^2 \cdot s^3)$
Force	newton	N	$1 N = 1 kg \cdot m/s^2$	
Frequency	hertz	Hz	$1 Hz = 1 s^{-1}$	
Power	watt	W	$1 W = 1 J/s$	$1 kg \cdot m^2/s^3$
Potential difference, electromotive force	volt	V	$1 V = 1 W/A$	
Pressure, stress	pascal	Pa	$1 Pa = 1 N/m^2$	$1 kg/(m \cdot s^2)$

Units derived from other units having special names:

Quantity	Symbol	Derivation
Resistivity	$\Omega\cdot\text{m}$	$\text{kg}\cdot\text{m}^3/(\text{A}^2\cdot\text{s}^3)$
Heat capacity	J/K	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{s}^2\cdot\text{K})$
Dynamic viscosity	Pa·s	$\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$
Specific heat capacity	J/(kg·K)	$\text{m}^2/(\text{s}^2\cdot\text{K})$
Thermal conductivity	W/(m·K)	$\text{kg}\cdot\text{m}/(\text{s}^3\cdot\text{K})$

5. PREFIXES FOR SI UNITS

Prefixes are used to form multiples of SI units. With formulas involving more than one unit, only SI base, supplementary, and derived units should be used. Note that kilogram is the only base unit which already contains a prefix. Multiples of mass units are formed by adding prefixes to the word "gram." Common prefixes are

Factor	Prefix	Symbol
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^{-2*}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ

*centi is no longer a preferred prefix, similar to hecto, deka (or deca), or deci, the prefixes for the factors 10^2 , 10, and 10^{-1} , respectively.

6. NON-SI UNITS OF IMPORTANCE

In geotechnical engineering and elsewhere, a number of non-SI units are retained alongside SI units because of their practical importance. These include:

Quantity	Name	Symbol	Definition
Volume	litre (or liter)*	L (l is also used)	$1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$
Mass	tonne (or metric ton)	t	$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 1 \text{ Mg}$
Plane angle	degree	... °	$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$
	minute	... '	$1' = (1/60)^\circ$
	second	... "	$1'' = (1/60)'$
Time	day	day	$1 \text{ day} = 24 \text{ h}$
	hour	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$
	minute	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
Temperature	degree Celsius	°C	$T_C = T_K - 273.15$ $T_C = \text{temperature in } ^\circ\text{C}$ $T_K = \text{temperature in K}$
Pressure	millibar	mb	$1 \text{ mb} = 100 \text{ Pa}$

*Multiples of liters are formed in the same manner as for SI units, for example; mL (milliliter).

7. CONVERSION FACTORS

SI units to other units	Other units to SI units
Length	
1 km = 0.621 371 mi (U.S. statute)	1 mi (U.S. statute) = 1.609 344 km
1 m = 1.093 61 yd	1 yd = 0.914 4 m
1 m = 3.280 84 ft	1 ft = 0.304 8 m
1 mm = 0.039 370 in	1 in = 25.4 mm
Area	
1 km ² = 0.386 102 mi ²	1 mi ² = 2.589 99 km ²
1 ha = 2.471 05 acre	1 acre = 0.404 686 ha
1 m ² = 1.195 99 yd ²	1 yd ² = 0.836 127 m ²
1 m ² = 10.763 9 ft ²	1 ft ² = 0.092 903 0 m ²
1 mm ² = 1.550 × 10 ⁻³ in ²	1 in ² = 645.2 mm ²
Volume, section modulus, etc.	
1 m ³ = 1.308 yd ³	1 yd ³ = 0.764 6 m ³
1 m ³ = 35.315 ft ³	1 ft ³ = 0.028 32 m ³
1 L = 0.035 315 ft ³	1 ft ³ = 28.32 L
1 L = 0.220 0 gal (British)	1 gal (British) = 4.546 L
1 L = 0.264 17 gal (U.S.)	1 gal (U.S.) = 3.785 L
1 mm ³ = 0.061 024 × 10 ⁻³ in ³	1 in ³ = 16.387 × 10 ³ mm ³
1 cm ³ = 0.061 024 in ³	1 in ³ = 16.387 cm ³
Second moment of area	
1 mm ⁴ = 2.402 5 × 10 ⁻⁶ in ⁴	1 in ⁴ = 0.416 231 × 10 ⁶ mm ⁴
1 cm ⁴ = 0.024 025 in ⁴	1 in ⁴ = 41.623 1 cm ⁴
Velocity	
1 m/s = 3.280 84 ft/s	1 ft/s = 0.304 8 m/s
1 km/h = 0.621 371 mi/h	1 mi/h = 1.609 344 km/h
1 m/s = 2.236 94 mi/h	1 mi/h = 0.447 04 m/s
Acceleration (standard acceleration of free fall = 9.806 65 m/s²)	
1 m/s ² = 3.280 84 ft/s ²	1 ft/s ² = 0.304 8 m/s ²
Volumetric flow	
1 m ³ /s = 35.315 ft ³ /s	1 ft ³ /s = 0.028 32 m ³ /s
1 L/s = 2.119 ft ³ /min	1 ft ³ /min = 0.471 9 L/s
1 L/s = 13.20 gal (British)/min	1 gal (British)/min = 0.075 77 L/s
1 L/s = 15.85 gal (U.S.)/min	1 gal (U.S.)/min = 0.063 08 L/s

SI units to other units	Other units to SI units
Mass (1 Mg = 1 tonne = 1 metric ton, 1 long ton = 2240 lb, 1 short ton = 2000 lb)	
1 Mg = 0.984 207 long ton 1 Mg = 1.102 31 short ton 1 Mg = 19.684 14 cwt 1 kg = 2.204 62 lb 1 g = 0.035 274 oz 1 kg = 0.068 521 slug [lb-force/(ft·s ²)]	1 long ton = 1.016 05 Mg 1 short ton = 0.907 185 Mg 1 cwt = 50.802 kg 1 lb = 0.453 592 kg 1 oz = 28.349 5 g 1 slug = 14.594 kg
Mass/unit length	
1 kg/m = 0.671 969 lb/ft 1 g/m = 0.201 591 lb/100 yd 1 g/m = 3.548 lb/mi	1 lb/ft = 1.488 16 kg/m 1 lb/100 yd = 4.960 55 g/m 1 lb/mi = 0.281 849 g/m
Mass/unit area	
1 kg/m ² = 0.204 816 lb/ft ² 1 g/m ² = 0.029 494 oz/yd ² 1 g/m ² = 0.003 277 oz/ft ²	1 lb/ft ² = 4.882 43 kg/m ² 1 oz/yd ² = 33.905 7 g/m ² 1 oz/ft ² = 305.151 3 g/m ²
Mass density (mass/unit volume) (1 Mg/m³ = 1 t/m³ = 1 g/cm³ = 1 g/mL)	
1 kg/m ³ = 0.062 428 lb/ft ³ 1 kg/m ³ = 1.685 56 lb/yd ³ 1 Mg/m ³ = 0.752 48 long ton/yd ³ 1 Mg/m ³ = 0.842 78 short ton/yd ³	1 lb/ft ³ = 16.018 5 kg/m ³ 1 lb/yd ³ = 0.593 278 kg/m ³ 1 long ton/yd ³ = 1.328 94 Mg/m ³ 1 short ton/yd ³ = 1.186 55 Mg/m ³
Force	
1 N = 0.224 809 lb-force 1 kN = 0.224 809 kip-force 1 kN = 0.100 361 long ton-force 1 kN = 0.112 405 short ton-force 1 N = 0.101 972 kg-force 1 kN = 0.101 972 metric ton-force 1 μN = 0.1 dyne	1 lb-force = 4.448 22 N 1 kip-force = 4.448 22 kN 1 long ton-force = 9.964 01 kN 1 short ton-force = 8.896 44 kN 1 kg-force (= 1 kp) = 9.806 65 N 1 metric ton-force = 9.806 65 kN 1 dyne (= 1 g·cm/s ²) = 10 μN
Moment of force, torque, bending moment	
1 kN m = 8.850 75 kip-in 1 kN m = 0.737 562 kip-ft 1 N m = 0.737 562 lb-force-ft 1 kN m = 0.329 269 long ton-force-ft	1 kip-in = 0.112 985 kN·m 1 kip-ft = 1.355 82 kN·m 1 lb-force-ft = 1.355 82 N·m 1 long ton-force-ft = 3.037 03 kN·m
Force/unit length	
1 N/m = 0.068 522 lb-force/ft 1 kN/m = 0.068 522 kip-force/ft 1 kN/m = 0.030 590 long ton-force/ft	1 lb-force/ft = 14.593 9 N/m 1 kip-force/ft = 14.593 9 kN/m 1 long ton-force/ft = 32.690 3 kN/m

SI units to other units	Other units to SI units
Pressure, stress, modulus of elasticity	
1 MPa = 0.064 749 long ton-force/in ²	1 long ton-force/in ² = 15.444 3 MPa
1 MPa = 0.145 038 kip-force/in ²	1 kip-force/in ² = 6.894 76 MPa
1 MPa = 145.038 lb-force/in ²	1 lb-force/in ² = 6.894 76 kPa
1 kPa = 0.009 323 85 long ton-force/ft ²	1 long ton-force/ft ² = 107.252 kPa
1 kPa = 0.010 442 7 short ton-force/ft ²	1 short ton-force/ft ² = 95.760 7 kPa
1 kPa = 0.020 885 4 kip-force/ft ²	1 kip-force/ft ² = 47.880 3 kPa
1 kPa = 0.009 868 7 atm	1 atm = 101.33 kPa
1 kPa = 10 mb	1 bar = 100 kPa
1 kPa = 0.010 197 kg-force/cm ²	1 kg-force/cm ² = 98.066 5 kPa
1 kPa = 0.101 97 metric ton-force/m ²	1 metric ton-force/m ² = 9.806 65 kPa
Unit weight	
1 kN/m ³ = 0.101 97 metric ton-force/m ³	1 metric ton-force/m ³ = 9.806 65 kN/m ³
1 kN/m ³ = 6.365 9 lb-force/ft ³	1 lb-force/ft ³ = 0.157 09 kN/m ³
Work, energy, heat (quantity) (HP = horsepower)	
1 J = 0.737 57 ft·lb-force	1 ft·lb-force = 1.355 8 J
1 MJ = 0.372 51 HP·h	1 HP·h = 2.684 5 MJ
1 MJ = 0.277 8 kW·h	1 kW·h = 3.600 MJ
1 J = 9.478 2 × 10 ⁻⁴ Btu	1 Btu = 1.055 1 × 10 ³ J
1 J = 0.238 85 calorie	1 calorie = 4.186 8 J
1 J/g = 0.378 5 HP h/ton	1 HP·h/ton = 2.642 1 J/g
Power, heat (flow)	
1 W = 0.737 57 ft·lb-force·s	1 ft·lb-force·s = 1.355 8 W
1 W = 1.341 0 × 10 ⁻³ HP	1 HP = 745.7 W
1 W = 3.412 1 Btu/h	1 Btu/h = 0.293 1 W
Dynamic viscosity	
1 Pa·s = 10 ³ cP (centipoise)	1 cP = 1 mPa·s
Kinematic viscosity	
1 m ² /s = 10 ⁶ cSt (centistoke)	1 cSt = 1 mm ² /s
Frequency	
1 Hz = 1 cycle/s	1 cycle/s = 1 Hz
Plane angle	
1 rad = (180/π) ^o	1 ^o = π/180 rad.

SI units to other units	Other units to SI units
Thermodynamic temperature (T_K , T_C , and T_F denote temperature in kelvin, degrees Celsius, and degrees Fahrenheit, respectively.)	
$T_K = T_C + 273^\circ$ $T_K = \frac{(T_F + 460)}{1.8}$ $T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32^\circ)$	$T_C = T_K - 273^\circ$ $T_F = 1.8T_K - 460^\circ$ $T_F = \frac{9}{5}T_C + 32^\circ$

STRUCTURAL TABLE

BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

Nomenclature

E	Modulus of Elasticity (Ksi).
I	Moment of Inertia of beam (in. ⁴).
M_{max}	Maximum moment (kip in.).
M_1	Maximum moment in left section of beam (kip in.).
M_2	Maximum moment in right section of beam (kip in.).
M_3	Maximum positive moment in beam with combined end moment conditions (kip in.).
M_x	Moment at distance x from end of beam (kip in.).
P	Concentrated load (kips).
P_1	Concentrated load nearest left reaction (kips).
P_2	Concentrated load nearest right reaction, and of different magnitude than P_1 (kips).
R	End beam reaction for any condition of symmetrical loading (kips).
R_1	Left end beam reaction (kips).
R_2	Right end or intermediate beam reaction (kips).
R_3	Right end beam reaction (kips).
V	Maximum vertical shear for any condition of symmetrical loading (kips).
V_1	Maximum vertical shear in left section of beam (kips).
V_2	Vertical shear at right reaction point, or to left of intermediate reaction point of beam (kips).
V_3	Vertical shear at right reaction point, or to right of intermediate reaction point of beam (kips).
V_x	Vertical shear at distance x from end of beam (kips).
W	Total load on beam (kips).
a	Measured distance along beam (in.).
b	Measured distance along beam which may be greater or less than "a" (in.).
l	Total length of beam between reaction points (in.).
w	Uniformly distributed load per unit of length (kips per in.).
w_1	Uniformly distributed load per unit of length nearest left reaction (kips per in.).
w_2	Uniformly distributed load per unit of length nearest right reaction, and of different magnitude than w_1 (kips per in.).
x	Any distance measured along beam from left reaction (in.).
x_1	Any distance measured along overhang section of beam from nearest reaction point (in.).
Δ_{max}	Maximum deflection (in.).
Δ_a	Deflection at point of load (in.).
Δ_x	Deflection at any point x distance from left reaction (in.).
Δ_{x_1}	Deflection at overhang section of beam at any distance from nearest reaction point (in.).

BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

Frequently used formulas

The formulas given below are frequently required in structural designing. They are included herein for the convenience of those engineers who have infrequent use for such formulas and hence may find reference necessary. Variation from the standard nomenclature on page 2-118 is noted.

BEAMS

Flexural stress at extreme fiber:

$$f = Mc/I = M/S.$$

Flexural stress at any fiber:

$$f = My/I \quad y = \text{distance from neutral axis to fiber.}$$

Average vertical shear (for maximum see below):

$$v = V/A = V/dt \quad (\text{for beams and girders})$$

Horizontal shearing stress at any section A-A:

$$v = VQ/IbQ = \text{statical moment about the neutral axis of the entire section of that portion of the cross-section lying outside of section A-A,}$$

$$b = \text{width at section A-A}$$

(Intensity of vertical shear is equal to that of horizontal shear acting normal to it at the same point and both are usually a maximum at mid-height of beam.)

Slope and deflection at any point:

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = M \quad \text{x and y are abscissa and ordinate respectively of a point on the neutral axis, referred to axes of rectangular coordinates through a selected point of support.}$$

(First integration gives slopes; second integration gives deflections: Constants of integration must be determined.)

CONTINUOUS BEAMS (THE THEOREM OF THREE MOMENTS)

$$\text{Uniform load:} \quad M_a \frac{l_1}{I_1} + 2M_b \left(\frac{l_1}{I_1} + \frac{l_2}{I_2} \right) + M_c \frac{l_2}{I_2} = -\frac{1}{4} \left(\frac{w_1 l_1^3}{I_1} + \frac{w_2 l_2^3}{I_2} \right)$$

Concentrated loads:

$$M_a \frac{l_1}{I_1} + 2M_b \left(\frac{l_1}{I_1} + \frac{l_2}{I_2} \right) + M_c \frac{l_2}{I_2} = -\frac{P_1 a_1 b_1}{I_1} \left(1 + \frac{a_1}{l_1} \right) - \frac{P_2 a_2 b_2}{I_2} \left(1 + \frac{b_2}{l_2} \right)$$

Considering any two consecutive spans in any continuous structure:

M_a, M_b, M_c = moments at left, center, and right supports respectively, of any pair of adjacent spans.

l_1 and l_2 = length of left and right spans respectively, of the pair.

I_1 and I_2 = moment of inertia of left and right spans respectively.

w_1 and w_2 = load per unit of length on left and right spans respectively.

P_1 and P_2 = concentrated loads on left and right spans respectively.

a_1 and a_2 = distance of concentrated loads from left support in left and right spans respectively.

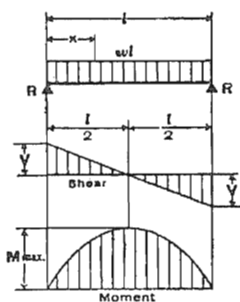
b_1 and b_2 = distance of concentrated loads from right support in left and right spans respectively.

The above equations are for beams with moment of inertia constant in each span but differing in different spans, continuous over three or more supports. By writing such an equation for each successive pair of spans and introducing the known values (usually zero) of end moments, all other moments can be found.

BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

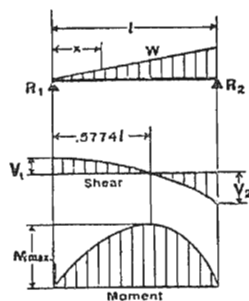
For various static loading conditions

1. SIMPLE BEAM—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD



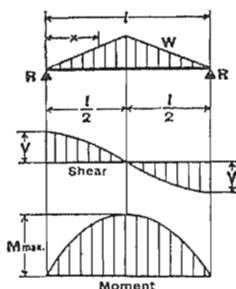
Equivalent Tabular Load	$= wl$	
$R = V$	$= \frac{wl}{2}$	
V_x	$= w \left(\frac{l}{2} - x \right)$	
M max. (at center)	$= \frac{wl^2}{8}$	
M_x	$= \frac{wx}{2} (l-x)$	
Δ max. (at center)	$= \frac{5}{384} \frac{wl^4}{EI}$	
Δ_x	$= \frac{wx}{24EI} (l^3 - 2lx^2 + x^3)$	

2. SIMPLE BEAM—LOAD INCREASING UNIFORMLY TO ONE END



Equivalent Tabular Load	$= \frac{16W}{9\sqrt{3}} = 1.0254W$	
$R_1 = V_1$	$= \frac{W}{3}$	
$R_2 = V_2$ max.	$= \frac{2W}{3}$	
V_x	$= \frac{W}{3} - \frac{Wx^2}{l^2}$	
M max. (at $x = \frac{l}{\sqrt{3}} = .5774l$)	$= \frac{2Wl}{9\sqrt{3}} = .1283 Wl$	
M_x	$= \frac{Wx}{3l^2} (l^2 - x^2)$	
Δ max. (at $x = l \sqrt{1 - \sqrt{\frac{8}{15}}} = .5193l$)	$= .01304 \frac{Wl^3}{EI}$	
Δ_x	$= \frac{Wx}{180EI l^2} (3x^4 - 10l^2x^2 + 7l^4)$	

3. SIMPLE BEAM—LOAD INCREASING UNIFORMLY TO CENTER

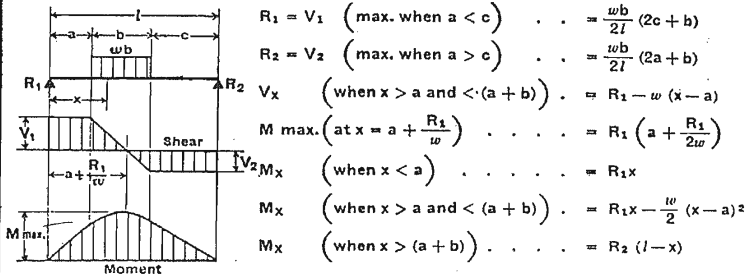


Equivalent Tabular Load	$= \frac{4W}{3}$	
$R = V$	$= \frac{W}{2}$	
V_x (when $x < \frac{l}{2}$)	$= \frac{W}{2l^2} (l^2 - 4x^2)$	
M max. (at center)	$= \frac{Wl}{6}$	
M_x (when $x < \frac{l}{2}$)	$= Wx \left(\frac{1}{2} - \frac{2x^2}{3l^2} \right)$	
Δ max. (at center)	$= \frac{Wl^3}{60EI}$	
Δ_x	$= \frac{Wx}{480EI l^2} (5l^2 - 4x^2)^2$	

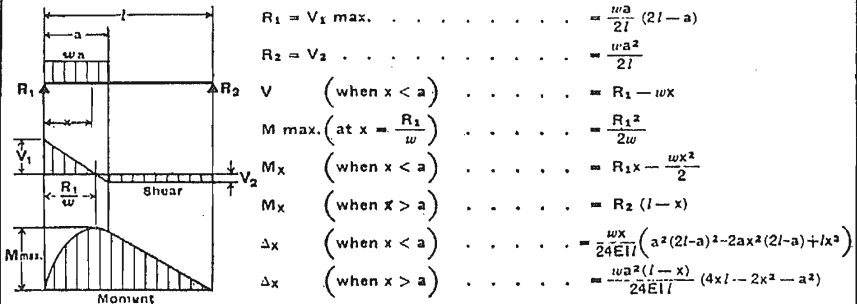
BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

For various static loading conditions

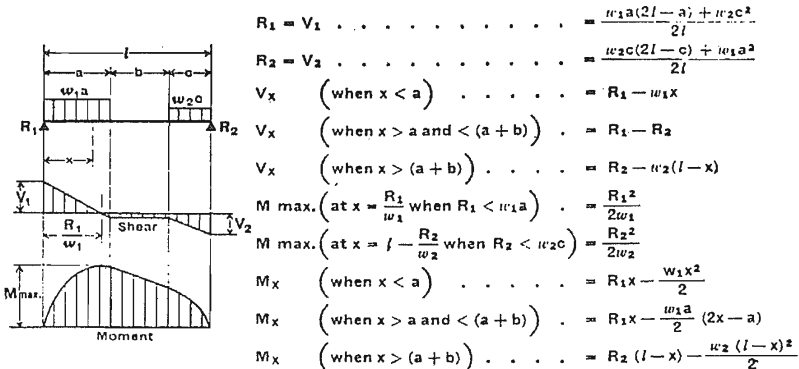
4. SIMPLE BEAM—UNIFORM LOAD PARTIALLY DISTRIBUTED



5. SIMPLE BEAM—UNIFORM LOAD PARTIALLY DISTRIBUTED AT ONE END



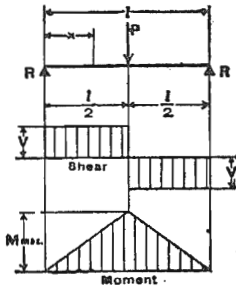
6. SIMPLE BEAM—UNIFORM LOAD PARTIALLY DISTRIBUTED AT EACH END



BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

For various static loading conditions

7. SIMPLE BEAM—CONCENTRATED LOAD AT CENTER



Equivalent Tabular Load = $2P$

$R = V$ = $\frac{P}{2}$

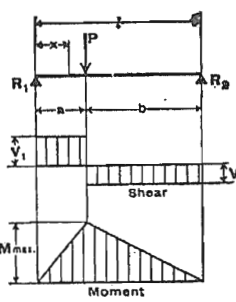
M max. (at point of load) = $\frac{Pl}{4}$

M_x (when $x < \frac{l}{2}$) = $\frac{Px}{2}$

Δ max. (at point of load) = $\frac{Pl^3}{48EI}$

Δ_x (when $x < \frac{l}{2}$) = $\frac{Px}{48EI} (3l^2 - 4x^2)$

8. SIMPLE BEAM—CONCENTRATED LOAD AT ANY POINT



Equivalent Tabular Load = $\frac{8 Pab}{l^2}$

$R_1 = V_1$ (max. when $a < b$) = $\frac{Pb}{l}$

$R_2 = V_2$ (max. when $a > b$) = $\frac{Pa}{l}$

M max. (at point of load) = $\frac{Pab}{l}$

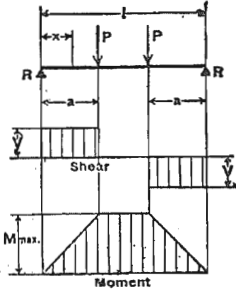
M_x (when $x < a$) = $\frac{Pbx}{l}$

Δ max. (at $x = \sqrt{\frac{a(a+2b)}{3}}$ when $a > b$) = $\frac{Pab(a+2b)\sqrt{3a(a+2b)}}{27EI}$

Δa (at point of load) = $\frac{Pa^2b^2}{3EI l}$

Δ_x (when $x < a$) = $\frac{Pbx}{6EI l} (l^2 - b^2 - x^2)$

9. SIMPLE BEAM—TWO EQUAL CONCENTRATED LOADS SYMMETRICALLY PLACED



Equivalent Tabular Load = $\frac{8 Pa}{l}$

$R = V$ = P

M max. (between loads) = Pa

M_x (when $x < a$) = Px

Δ max. (at center) = $\frac{Pa}{24EI} (3l^2 - 4a^2)$

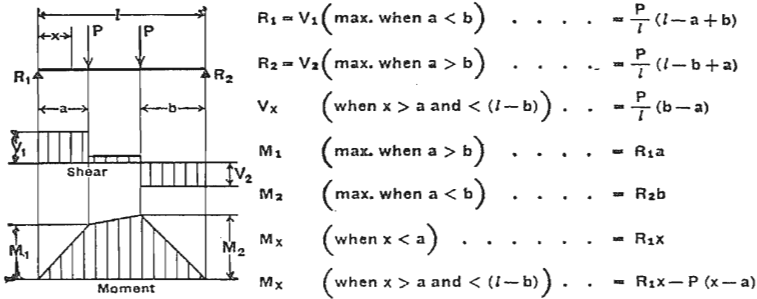
Δ_x (when $x < a$) = $\frac{Px}{6EI} (3la - 3a^2 - x^2)$

Δ_x (when $x > a$ and $< (l-a)$) = $\frac{Pa}{6EI} (3lx - 3x^2 - a^2)$

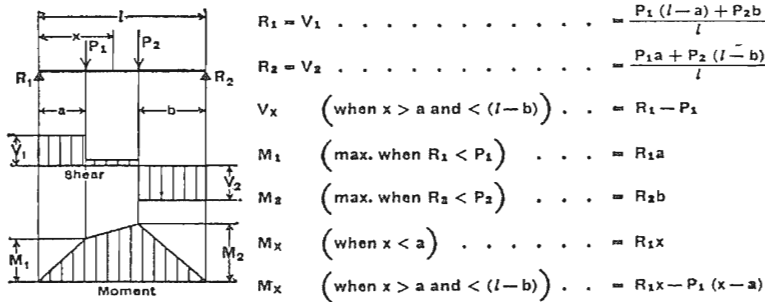
BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

For various static loading conditions

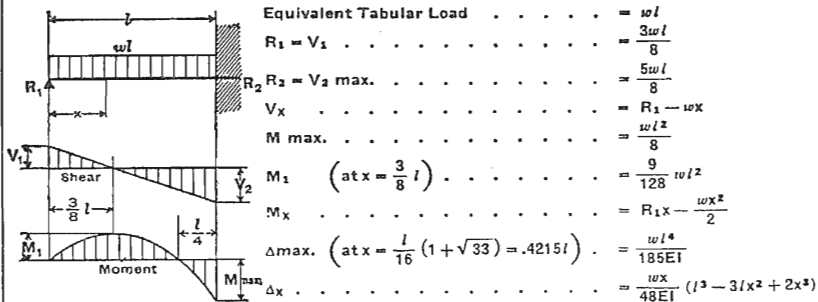
10. SIMPLE BEAM—TWO EQUAL CONCENTRATED LOADS UNSYMMETRICALLY PLACED



11. SIMPLE BEAM—TWO UNEQUAL CONCENTRATED LOADS UNSYMMETRICALLY PLACED



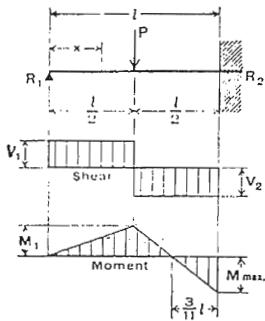
12. BEAM FIXED AT ONE END, SUPPORTED AT OTHER—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD



BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

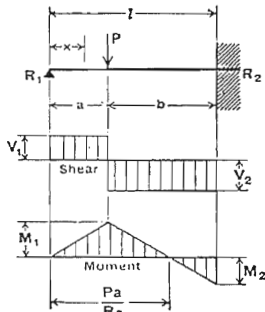
For various static loading conditions

13. BEAM FIXED AT ONE END, SUPPORTED AT OTHER CONCENTRATED LOAD AT CENTER



Equivalent Tabular Load	$= \frac{3P}{2}$
$R_1 = V_1$	$= \frac{5P}{16}$
$R_2 = V_2$ max.	$= \frac{11P}{16}$
M max. (at fixed end)	$= \frac{3Pl}{16}$
M_1 (at point of load)	$= \frac{5Pl}{32}$
M_x (when $x < \frac{l}{2}$)	$= \frac{5Px}{16}$
M_x (when $x > \frac{l}{2}$)	$= P \left(\frac{l}{2} - \frac{11x}{16} \right)$
Δ max. (at $x = l \sqrt{\frac{1}{5}} = .4472l$)	$= \frac{Pl^2}{48EI\sqrt{5}} = .009317 \frac{Pl^2}{EI}$
Δ_x (at point of load)	$= \frac{7Pl^3}{768EI}$
Δ_x (when $x < \frac{l}{2}$)	$= \frac{Px}{96EI} (3l^2 - 5x^2)$
Δ_x (when $x > \frac{l}{2}$)	$= \frac{P}{96EI} (x-l)^2 (11x - 2l)$

14. BEAM FIXED AT ONE END, SUPPORTED AT OTHER— CONCENTRATED LOAD AT ANY POINT

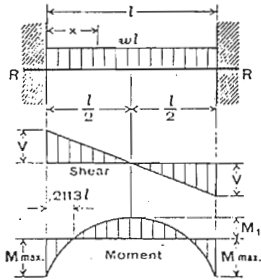


$R_1 = V_1$	$= \frac{Pb^2}{2l^3} (a + 2l)$
$R_2 = V_2$	$= \frac{Pa}{2l^3} (3l^2 - a^2)$
M_1 (at point of load)	$= R_1 a$
M_2 (at fixed end)	$= \frac{Pab^2}{2l^2} (a + l)$
M_x (when $x < a$)	$= R_1 x$
M_x (when $x > a$)	$= R_1 x - P(x - a)$
Δ max. (when $a < .414l$ at $x = l \frac{l^2 + a^2}{3l^2 - a^2}$)	$= \frac{Pa}{3EI} \frac{(l^2 - a^2)^3}{(3l^2 - a^2)^2}$
Δ max. (when $a > .414l$ at $x = l \sqrt{\frac{a}{2l+a}}$)	$= \frac{Pab^2}{6EI} \sqrt{\frac{a}{2l+a}}$
Δ_a (at point of load)	$= \frac{Pa^2b^3}{12EI l^3} (3l + a)$
Δ_x (when $x < a$)	$= \frac{Pb^2x}{12EI l^3} (3a l^2 - 2l x^2 - ax^2)$
Δ_x (when $x > a$)	$= \frac{Pa}{12EI l^3} (l-x)^2 (3l^2x - a^2x - 2a^2l)$

BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

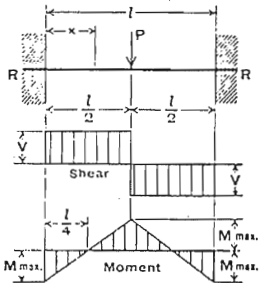
For various static loading conditions

15. BEAM FIXED AT BOTH ENDS—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOADS



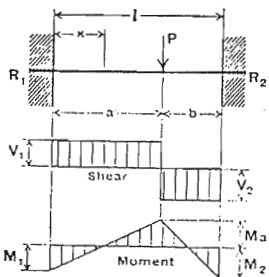
Equivalent Tabular Load	$= \frac{2wl}{3}$
$R = V$	$= \frac{wl}{2}$
V_x	$= w\left(\frac{l}{2} - x\right)$
M max. (at ends)	$= \frac{wl^2}{12}$
M_1 (at center)	$= \frac{wl^2}{24}$
M_x	$= \frac{w}{12}(6lx - l^2 - 6x^2)$
Δ max. (at center)	$= \frac{wl^4}{384EI}$
Δ_x	$= \frac{wx^2}{24EI}(l-x)^2$

16. BEAM FIXED AT BOTH ENDS—CONCENTRATED LOAD AT CENTER



Equivalent Tabular Load	$= P$
$R = V$	$= \frac{P}{2}$
M max. (at center and ends)	$= \frac{Pl}{8}$
M_x (when $x < \frac{l}{2}$)	$= \frac{P}{8}(4x - l)$
Δ max. (at center)	$= \frac{Pl^3}{192EI}$
Δ_x	$= \frac{Px^2}{48EI}(3l - 4x)$

17. BEAM FIXED AT BOTH ENDS—CONCENTRATED LOAD AT ANY POINT

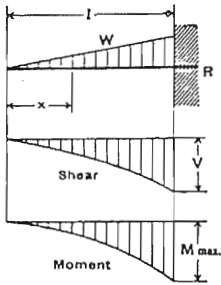


$R_1 = V_1$ (max. when $a < b$)	$= \frac{Pb^2}{l^3}(3a + b)$
$R_2 = V_2$ (max. when $a > b$)	$= \frac{Pa^2}{l^3}(a + 3b)$
M_1 (max. when $a < b$)	$= \frac{Pab^2}{l^2}$
M_2 (max. when $a > b$)	$= \frac{Pa^2b}{l^2}$
M_a (at point of load)	$= \frac{2Pa^2b^2}{l^3}$
M_x (when $x < a$)	$= R_1x - \frac{Pab^2}{l^2}$
Δ max. (when $a > b$ at $x = \frac{2al}{3a + b}$)	$= \frac{2Pa^3b^2}{3EI(3a + b)^2}$
Δ_a (at point of load)	$= \frac{Pa^3b^3}{3EI l^3}$
Δ_x (when $x < a$)	$= \frac{Pb^2x^2}{6EI l^3}(3al - 3ax - bx)$

BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

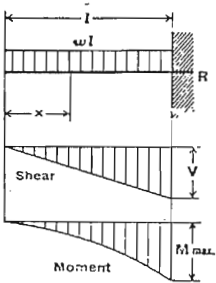
For various static loading conditions

18. CANTILEVER BEAM—LOAD INCREASING UNIFORMLY TO FIXED END



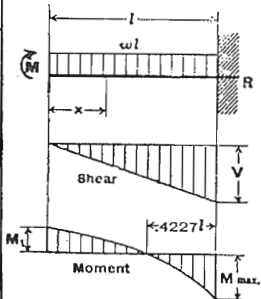
Equivalent Tabular Load	$= \frac{8}{3} W$
$R = V$	$= W$
V_x	$= W \frac{x^2}{l^2}$
$M_{max.}$ (at fixed end)	$= \frac{Wl}{3}$
M_x	$= \frac{Wx^3}{3l^2}$
$\Delta_{max.}$ (at free e.r.f.)	$= \frac{Wl^3}{15EI}$
Δ_x	$= \frac{W}{60EI l^2} (x^5 - 5l^2x + 4l^3)$

19. CANTILEVER BEAM—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD



Equivalent Tabular Load	$= 4wl$
$R = V$	$= wl$
V_x	$= wx$
$M_{max.}$ (at fixed end)	$= \frac{wl^2}{2}$
M_x	$= \frac{wx^2}{2}$
$\Delta_{max.}$ (at free end)	$= \frac{wl^4}{8EI}$
Δ_x	$= \frac{w}{24EI} (x^4 - 4l^2x + 3l^4)$

20. BEAM FIXED AT ONE END, FREE TO DEFLECT VERTICALLY BUT NOT ROTATE AT OTHER—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

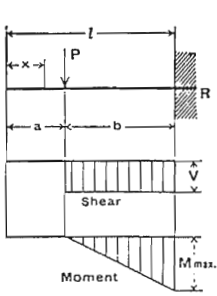


Equivalent Tabular Load	$= \frac{8}{3} wl$
$R = V$	$= wl$
V_x	$= wx$
$M_{max.}$ (at fixed end)	$= \frac{wl^2}{3}$
M_1 (at deflected end)	$= \frac{wl^2}{6}$
M_x	$= \frac{w}{6} (l^2 - 3x^2)$
$\Delta_{max.}$ (at deflected end)	$= \frac{wl^4}{24EI}$
Δ_x	$= \frac{w}{24EI} (l^2 - x^2)^2$

BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

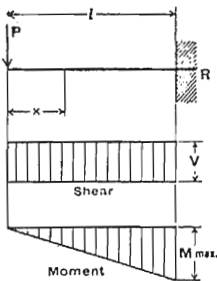
For various static loading conditions

21. CANTILEVER BEAM—CONCENTRATED LOAD AT ANY POINT



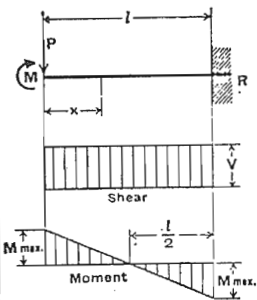
Equivalent Tabular Load	$= \frac{8Pb}{l}$
$R = V$ (when $x < a$)	$= P$
M max. (at fixed end)	$= Pb$
M_x (when $x > a$)	$= P(x - a)$
Δ max. (at free end)	$= \frac{Pb^2}{6EI} (3l - b)$
Δa (at point of load)	$= \frac{Pb^3}{3EI}$
Δx (when $x < a$)	$= \frac{Pb^2}{6EI} (3l - 3x - b)$
Δx (when $x > a$)	$= \frac{P(l - x)^2}{6EI} (3b - l + x)$

22. CANTILEVER BEAM—CONCENTRATED LOAD AT FREE END



Equivalent Tabular Load	$= 8P$
$R = V$	$= P$
M max. (at fixed end)	$= Pl$
M_x	$= Px$
Δ max. (at free end)	$= \frac{Pl^3}{3EI}$
Δx	$= \frac{P}{6EI} (2l^3 - 3l^2x + x^3)$

23. BEAM FIXED AT ONE END, FREE TO DEFLECT VERTICALLY BUT NOT ROTATE AT OTHER—CONCENTRATED LOAD AT DEFLECTED END

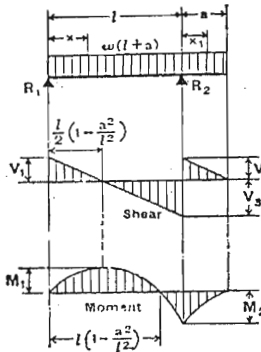


Equivalent Tabular Load	$= 4P$
$R = V$	$= P$
M max. (at both ends)	$= \frac{Pl}{2}$
M_x	$= P\left(\frac{l}{2} - x\right)$
Δ max. (at deflected end)	$= \frac{Pl^3}{12EI}$
Δx	$= \frac{P(l - x)^2}{12EI} (l + 2x)$

BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

For various static loading conditions

24. BEAM OVERHANGING ONE SUPPORT—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD



$$R_1 = V_1 \dots \dots \dots = \frac{w}{2l} (l^2 - a^2)$$

$$R_2 = V_2 + V_3 \dots \dots \dots = \frac{w}{2l} (l + a)^2$$

$$V_2 \dots \dots \dots = wa$$

$$V_3 \dots \dots \dots = \frac{wa}{2l} (l^2 + a^2)$$

$$V_x \text{ (between supports)} \dots \dots = R_1 - wx$$

$$V_{x_1} \text{ (for overhang)} \dots \dots \dots = wa (a - x_1)$$

$$M_1 \text{ (at } x = \frac{l}{2} [1 - \frac{a^2}{l^2}]) \dots \dots = \frac{wx}{8l^2} (l + a)^2 (l - a)^2$$

$$M_2 \text{ (at } R_2) \dots \dots \dots = \frac{wa^2}{2}$$

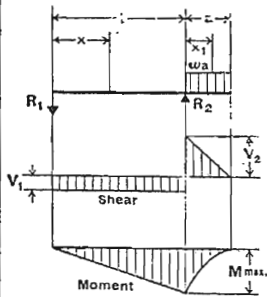
$$M_x \text{ (between supports)} \dots \dots = \frac{wx}{2l} (l^2 - a^2 - xl)$$

$$M_{x_1} \text{ (for overhang)} \dots \dots \dots = \frac{wx}{2} (a - x_1)^2$$

$$\Delta_x \text{ (between supports)} \dots \dots = \frac{wx}{24EI} (l^4 - 2l^2x^2 + lx^3 - 2a^2l^2 + 2a^2x^2)$$

$$\Delta_{x_1} \text{ (for overhang)} \dots \dots \dots = \frac{wx_1}{24EI} (4a^2l - l^3 + 6a^2x_1 - 4ax_1^2 + x_1^3)$$

25. BEAM OVERHANGING ONE SUPPORT—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD ON OVERHANG



$$R_1 = V_1 \dots \dots \dots = \frac{wa^2}{2l}$$

$$R_2 = V_1 + V_2 \dots \dots \dots = \frac{wa}{2l} (2l + a)$$

$$V_2 \dots \dots \dots = wa$$

$$V_{x_1} \text{ (for overhang)} \dots \dots \dots = wa (a - x_1)$$

$$M_{max} \text{ (at } R_2) \dots \dots \dots = \frac{wa^2}{2}$$

$$M_x \text{ (between supports)} \dots \dots = \frac{wa^2x}{2l}$$

$$M_{x_1} \text{ (for overhang)} \dots \dots \dots = \frac{wx}{2} (a - x_1)^2$$

$$\Delta_{max} \text{ (between supports at } x = \frac{l}{\sqrt{3}}) = \frac{wa^2l^2}{18\sqrt{3}EI} = .03208 \frac{wa^2l^2}{EI}$$

$$\Delta_{max} \text{ (for overhang at } x_1 = a) = \frac{wa^3}{24EI} (4l + 3a)$$

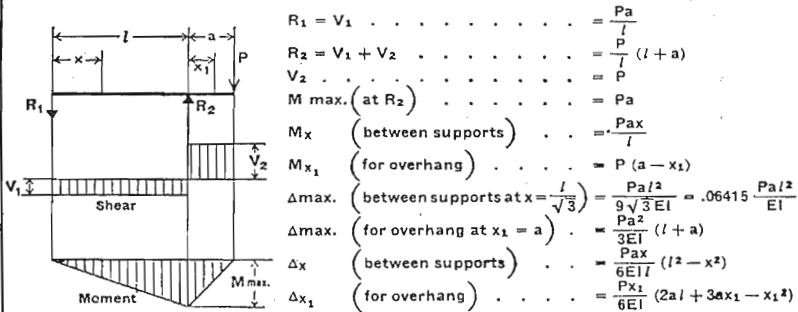
$$\Delta_x \text{ (between supports)} \dots \dots = \frac{wa^2x}{12EI} (l^2 - x^2)$$

$$\Delta_{x_1} \text{ (for overhang)} \dots \dots \dots = \frac{wx_1}{24EI} (4a^2l + 6a^2x_1 - 4ax_1^2 + x_1^3)$$

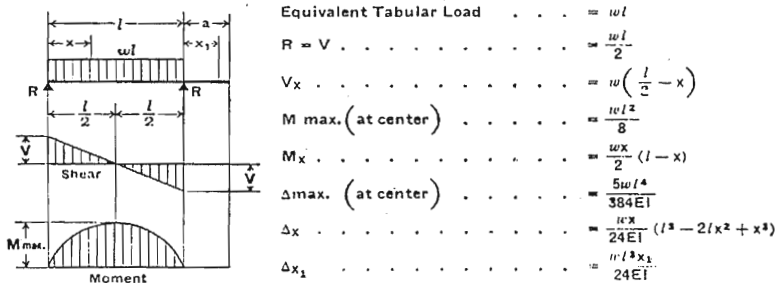
BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

For various static loading conditions

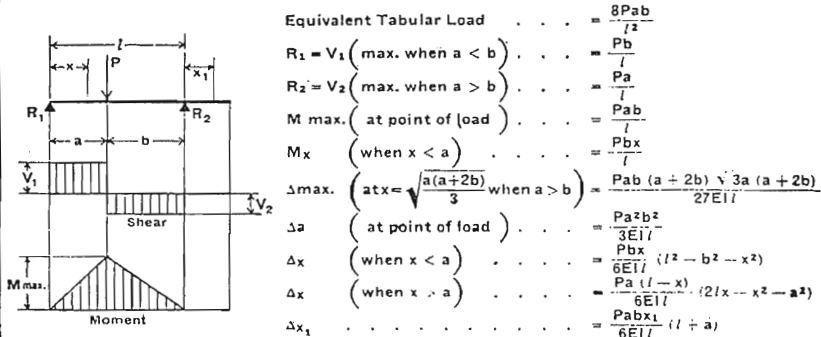
26. BEAM OVERHANGING ONE SUPPORT—CONCENTRATED LOAD AT END OF OVERHANG



27. BEAM OVERHANGING ONE SUPPORT—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD BETWEEN SUPPORTS



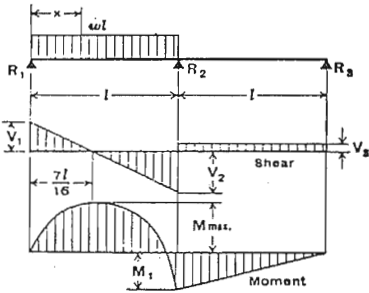
28. BEAM OVERHANGING ONE SUPPORT—CONCENTRATED LOAD AT ANY POINT BETWEEN SUPPORTS



BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

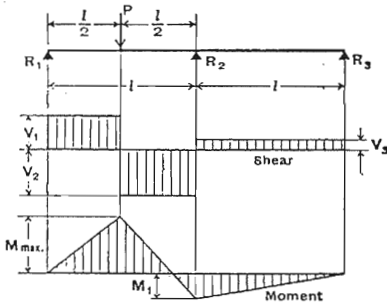
For various static loading conditions

29. CONTINUOUS BEAM—TWO EQUAL SPANS—UNIFORM LOAD ON ONE SPAN



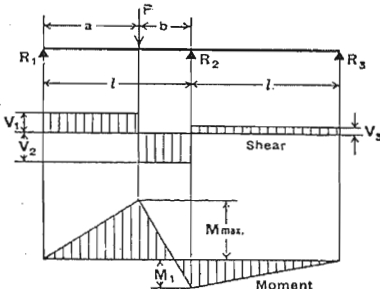
Equivalent Tabular Load	$= \frac{49}{64} wl$
$R_1 = V_1$	$= \frac{7}{16} wl$
$R_2 = V_2 + V_3$	$= \frac{5}{8} wl$
$R_3 = V_3$	$= -\frac{1}{16} wl$
V_2	$= \frac{9}{16} wl$
M Max. (at $x = \frac{7}{16} l$)	$= \frac{49}{512} wl^2$
M_1 (at support R_2)	$= \frac{1}{16} wl^2$
M_x (when $x < l$)	$= \frac{wx}{16} (7l - 8x)$
Δ Max. (0.472 l from R_1)	$= 0.0092 wl^4/EI$

30. CONTINUOUS BEAM—TWO EQUAL SPANS—CONCENTRATED LOAD AT CENTER OF ONE SPAN



Equivalent Tabular Load	$= \frac{13}{8} P$
$R_1 = V_1$	$= \frac{13}{32} P$
$R_2 = V_2 + V_3$	$= \frac{11}{16} P$
$R_3 = V_3$	$= -\frac{3}{32} P$
V_2	$= \frac{19}{32} P$
M Max. (at point of load)	$= \frac{13}{64} Pl$
M_1 (at support R_2)	$= \frac{3}{32} Pl$
Δ Max. (0.480 l from R_1)	$= 0.015 P^3/EI$

31. CONTINUOUS BEAM—TWO EQUAL SPANS—CONCENTRATED LOAD AT ANY POINT

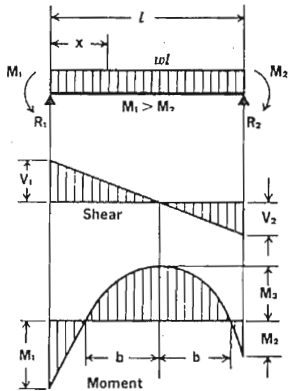


$R_1 = V_1$	$= \frac{Pb}{4l^3} (4l^2 - a(l+a))$
$R_2 = V_2 + V_3$	$= \frac{Pa}{2l^3} (2l^2 + b(l+a))$
$R_3 = V_3$	$= -\frac{Pab}{4l^3} (l+a)$
V_2	$= \frac{Pa}{4l^3} (4l^2 + b(l+a))$
M max. (at point of load)	$= \frac{Pab}{4l^3} (4l^2 - a(l+a))$
M_1 (at support R_2)	$= \frac{Pab}{4l^2} (l+a)$

BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

For various static loading conditions

32. BEAM—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD AND VARIABLE END MOMENTS



$$R_1 = V_1 = \frac{wl}{2} + \frac{M_1 - M_2}{l}$$

$$R_2 = V_2 = \frac{wl}{2} - \frac{M_1 - M_2}{l}$$

$$V_x = w \left(\frac{l}{2} - x \right) + \frac{M_1 - M_2}{l}$$

$$M_x \text{ (at } x = \frac{l}{2} + \frac{M_1 - M_2}{wl} \text{)}$$

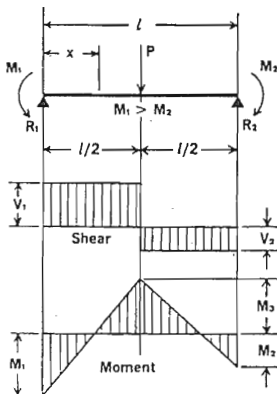
$$= \frac{wl^2}{8} - \frac{M_1 + M_2}{2} + \frac{(M_1 - M_2)^2}{2wl}$$

$$M_x = \frac{wx}{2} (l - x) + \left(\frac{M_1 - M_2}{l} \right) x - M_1$$

$$b \text{ (To locate inflection points)} = \sqrt{\frac{l^2}{4} - \left(\frac{M_1 + M_2}{w} \right) + \left(\frac{M_1 - M_2}{wl} \right)^2}$$

$$\Delta_s = \frac{wx}{24EI} \left[x^3 - \left(2l + \frac{4M_1}{wl} - \frac{4M_2}{wl} \right) x^2 + \frac{12M_1}{w} x + l^2 - \frac{8M_1 l}{w} - \frac{4M_2 l}{w} \right]$$

33. BEAM—CONCENTRATED LOAD AT CENTER AND VARIABLE END MOMENTS



$$R_1 = V_1 = \frac{P}{2} + \frac{M_1 - M_2}{l}$$

$$R_2 = V_2 = \frac{P}{2} - \frac{M_1 - M_2}{l}$$

$$M_x \text{ (At center)} = \frac{Pl}{4} - \frac{M_1 + M_2}{2}$$

$$M_x \text{ (When } x < \frac{l}{2} \text{)} = \left(\frac{P}{2} + \frac{M_1 - M_2}{l} \right) x - M_1$$

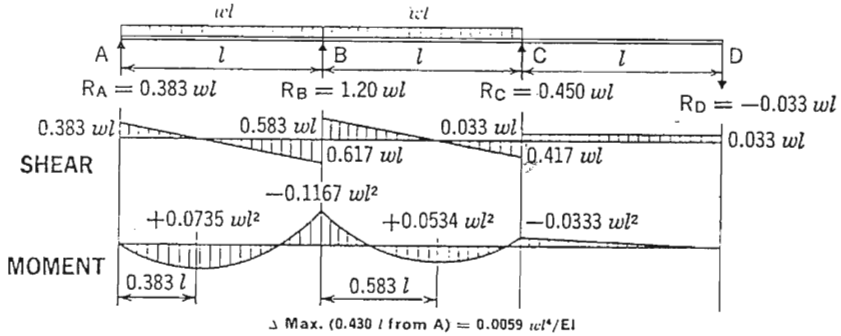
$$M_x \text{ (When } x > \frac{l}{2} \text{)} = \frac{P}{2} (l - x) + \frac{(M_1 - M_2)x}{l} - M_2$$

$$\Delta_s \text{ (When } x < \frac{l}{2} \text{)} = \frac{Px}{48EI} \left(3l^2 - 4x^2 - 8 \left(\frac{l-x}{Pl} \right) [M_1(2l-x) + M_2(l+x)] \right)$$

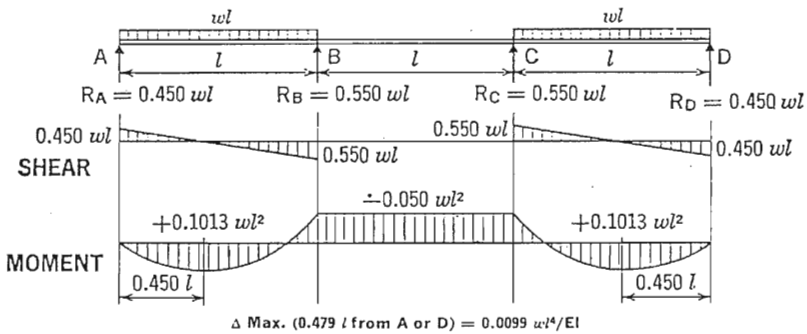
BEAM DIAGRAMS AND DEFLECTIONS

For various static loading conditions

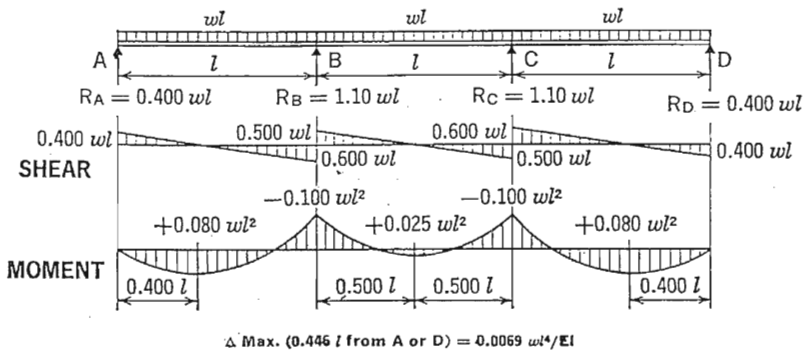
34. CONTINUOUS BEAM—THREE EQUAL SPANS—ONE END SPAN UNLOADED



35. CONTINUOUS BEAM—THREE EQUAL SPANS—END SPANS LOADED



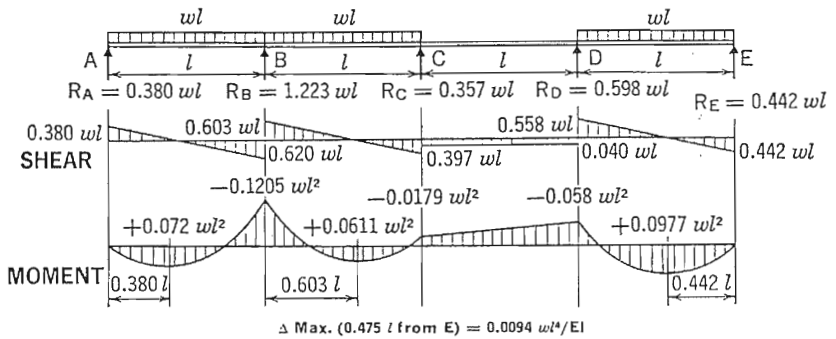
36. CONTINUOUS BEAM—THREE EQUAL SPANS—ALL SPANS LOADED



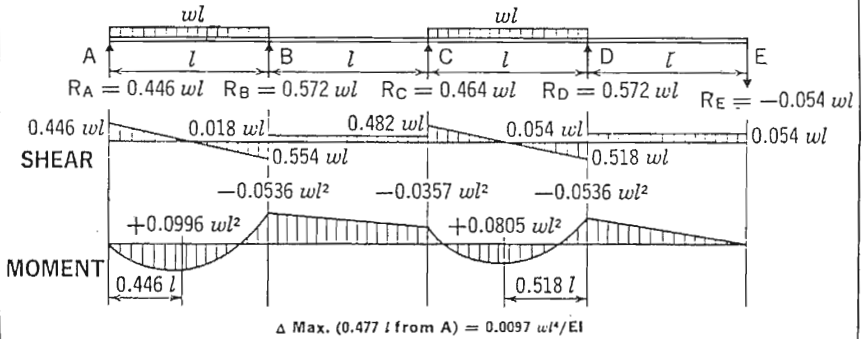
BEAM DIAGRAMS AND DEFLECTIONS

For various static loading conditions

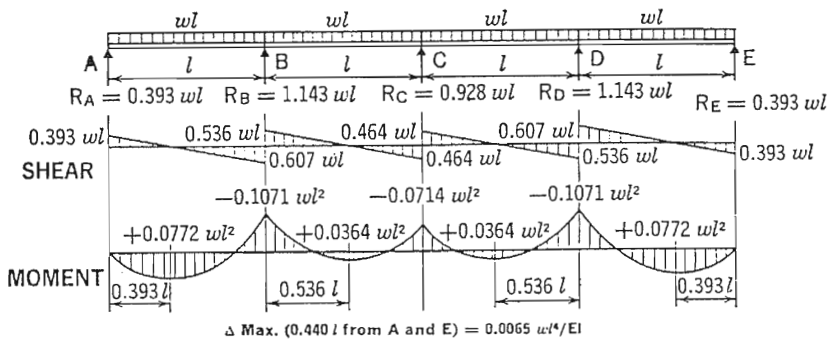
37. CONTINUOUS BEAM—FOUR EQUAL SPANS—THIRD SPAN UNLOADED



38. CONTINUOUS BEAM—FOUR EQUAL SPANS—LOAD FIRST AND THIRD SPANS



39. CONTINUOUS BEAM—FOUR EQUAL SPANS—ALL SPANS LOADED

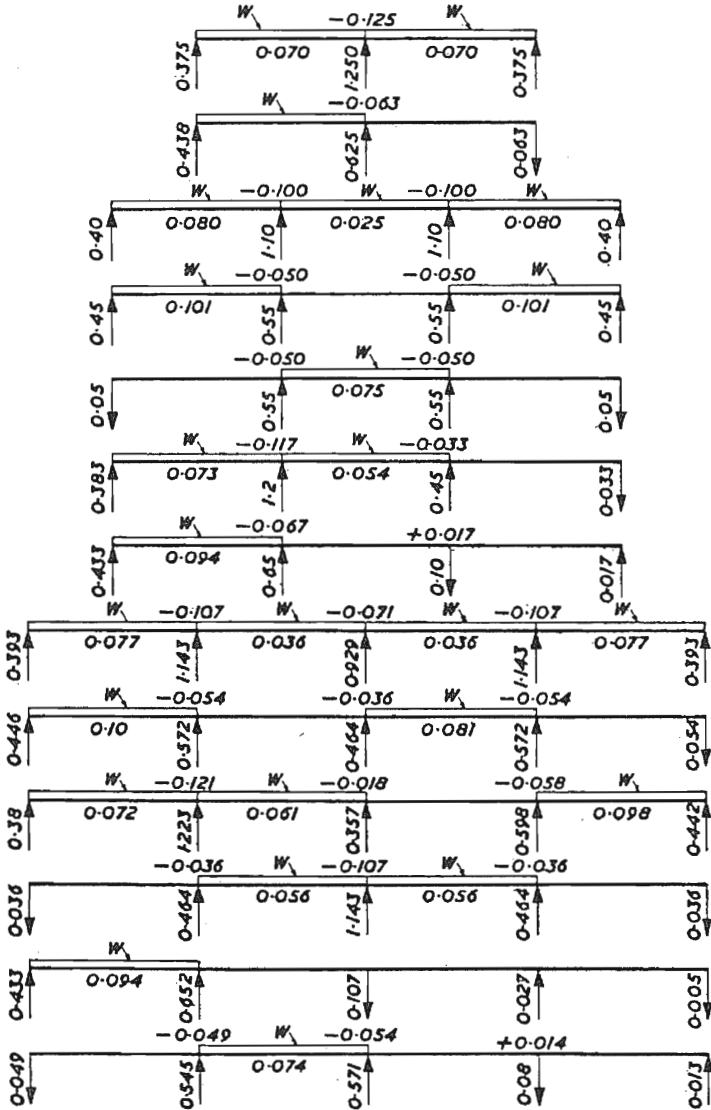


**EQUAL SPAN CONTINUOUS BEAMS
UNIFORMLY DISTRIBUTED LOADS**

Moment = coefficient x W x L

Reaction = coefficient x W

where *W* is the U.D.L. on one span only and *L* is one span

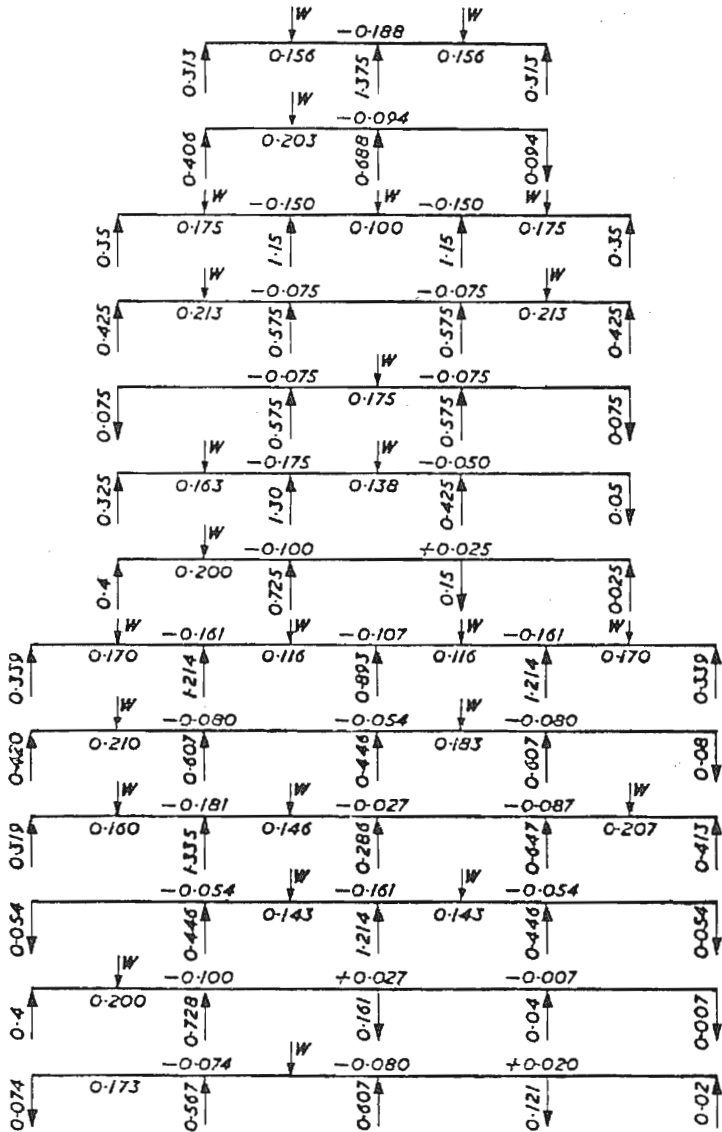


EQUAL SPAN CONTINUOUS BEAMS CENTRAL POINT LOADS

Moment = coefficient $\times W \times L$

Reaction = coefficient $\times W$

where W is the Load on one span only and L is one span

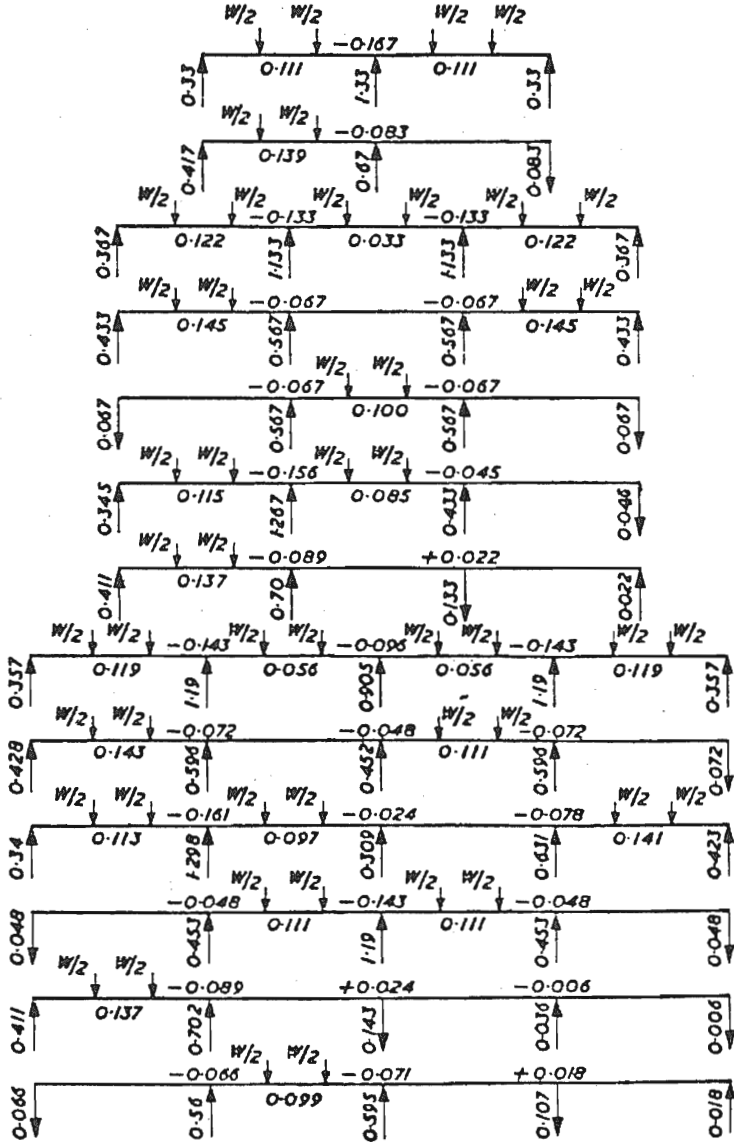


**EQUAL SPAN CONTINUOUS BEAMS
POINT LOADS AT THIRD POINTS OF SPANS**

Moment = coefficient $\times W \times L$

Reaction = coefficient $\times W$

where W is the total load on one span only & L is one span



REACTIONS, MOMENTS AND DEFLECTIONS FOR DIFFERENT LOADING CONDITIONS

The results of the deflection formulae are given in centimetres. The notation of the original French edition has been retained as follows (customary British notation is indicated here in brackets.)

p = load per linear metre in tonnes (w)

p = point load in tonnes

Q = total load in tonnes (W)

M = bending moment in tonnes metre

l = length in metres

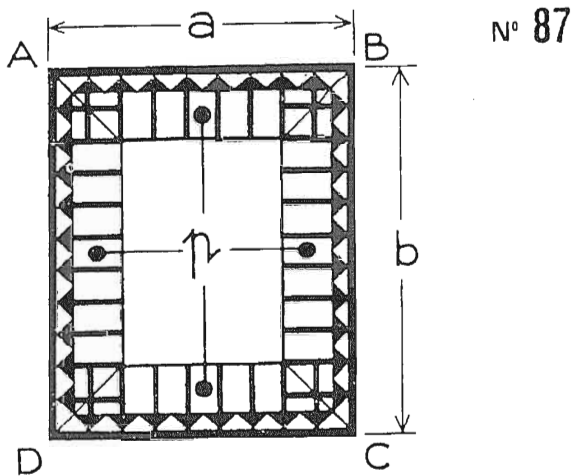
I = inertia in centimetres to power of four (cm^4)

f = deflection in centimetres (δ)

The deflection formula is reduced to a coefficient and to l by adopting $E = 2100 \text{ t/cm}_2$ as the approximate modulus of elasticity of steel. This is multiplied by 10^{-6} to give 0.0021 in order to maintain the coherence of the magnitude

Where the modulus of elasticity is different, for example, 100 t/cm^2 for wood or 700 t/cm^2 for standard aluminium alloy, it is sufficient to adjust the result in the ratio of the modulus of elasticity. For wood, the calculated deflection is multiplied by 21; for aluminium by 3.

Positive deflections are directed downwards or, more exactly, in the opposite direction to the direction of the reactions or points of support.



$$M_A = M_B = M_C = M_D = \frac{\eta r}{12} (a^2 - ab + b^2)$$

$$M_{AB} = \frac{\eta r}{24} (a^2 + 2ab - b^2) = M_{DC}$$

$$M_{BC} = \frac{\eta r}{24} (b^2 + 2ab - 2a^2) = M_{AC}$$

$$f_{AB} = \frac{1,24 \eta a^2}{I} (a^2 + 4ab - 4b^2)$$

$$f_{BC} = \frac{1,24 \eta b^2}{I} (b^2 + 4ab - 4a^2)$$

$$\text{for } a = b \begin{cases} \rightarrow M_A = \frac{\eta a^2}{12} \\ \rightarrow M_{AB} = \frac{\eta a^2}{24} \\ \rightarrow f_{AB} = \frac{1,24 \eta a^4}{I} \end{cases}$$

$$R_A = R_B = \frac{P}{2}$$

$$F = P \left[\frac{\frac{1}{2} \sin^2 \beta - \cos \beta (\cos \beta + \beta \sin \beta) + \cos \beta}{\beta (2 + \cos^2 \beta - \sin^2 \beta) - 3 \sin \beta \cos \beta} \right]$$

$$M = \frac{Pr}{2} (\sin \beta - \sin \alpha) - Fr (\cos \alpha - \cos \beta)$$

$$M \text{ in } P = \frac{Pr}{2} \sin \beta - Fr (1 - \cos \beta)$$

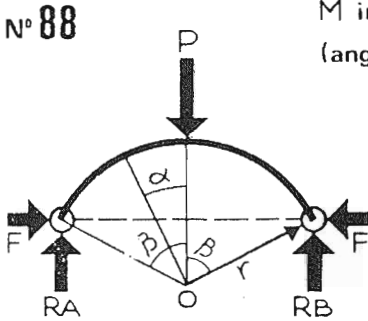
(angles in radians)

$$\text{for } \beta = 90^\circ \text{ or } \frac{\pi}{2} \text{ radians}$$

$$R_A = R_B = \frac{P}{2} \quad F = \frac{P}{\pi}$$

$$M = Pr \left(\frac{1}{2} - \frac{\sin \alpha}{2} - \frac{\cos \alpha}{\pi} \right)$$

$$M \text{ in } P = 0,1817 Pr = Pr \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \right)$$



$$R_A = \frac{P}{2} \left(1 + \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \right) \quad R_B = \frac{P}{2} \left(1 - \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \right)$$

$$F = P \left[\frac{\frac{1}{2} (\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha) - \cos \beta (\cos \beta + \beta \sin \beta) + \cos \beta (\cos \alpha + \alpha \sin \alpha)}{\beta (2 + \cos^2 \beta - \sin^2 \beta) - 3 \sin \beta \cos \beta} \right]$$

$$M \text{ in } P = RA \cdot a - Fh = RB \cdot b - Fh$$

(angles in radians)

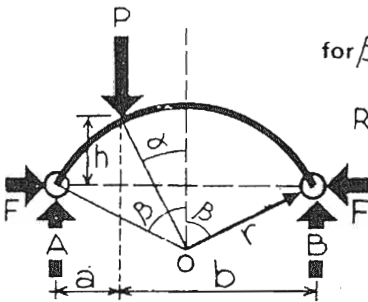
N° 89

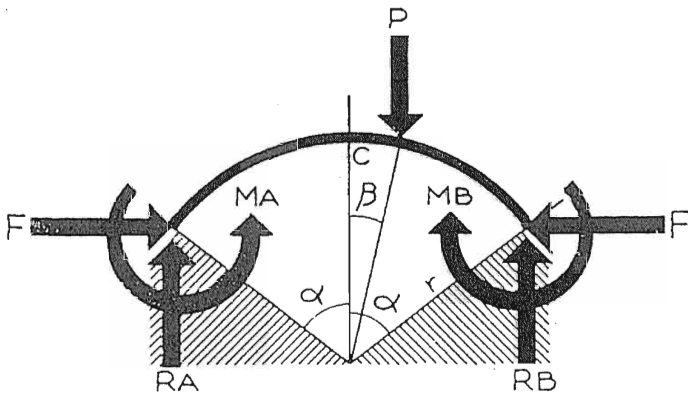
$$\text{for } \beta = 90^\circ \text{ or } \frac{\pi}{2} \text{ radians}$$

$$R_A = \frac{P}{2} (1 + \sin \alpha) \quad R_B = \frac{P}{2} (1 - \sin \alpha)$$

$$F = P \frac{\cos^2 \alpha}{\pi}$$

$$M \text{ in } P = Pr \left(\frac{\cos^2 \alpha}{2} - \frac{\cos^3 \alpha}{\pi} \right)$$





$$F = \frac{P}{2} \left[\frac{\frac{2}{\alpha} (\sin \alpha \cos \beta + \beta \sin \alpha \sin \beta - \sin \alpha \cos \alpha) - \sin^2 \alpha - \sin^2 \beta - k^2 (\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta)}{\alpha + \sin \alpha \cos \alpha - \frac{2 \sin^2 \alpha}{\alpha} + k^2 (\alpha + \sin \alpha \cos \alpha)} \right]$$

$$k = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \begin{array}{l} I : \text{inertia of the section} \\ A : \text{area of the section} \end{array}$$

$$R_B = \frac{P}{2} \left[\frac{\alpha + \beta - \cos \alpha \sin \alpha + \cos \beta \sin \beta - 2 \sin \beta \cos \alpha}{\alpha - \cos \alpha \sin \alpha} \right]$$

$$R_A = P - R_B$$

$$M_B = R_B r \sin \alpha + Fr \left(\frac{\alpha \cos \alpha - \sin \alpha}{\alpha} \right) + \frac{Pr}{2} \left(\frac{\cos \alpha - \cos \beta - \beta \sin \beta - \alpha \sin \beta}{\alpha} \right)$$

$$\text{for } \alpha = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ radians}$$

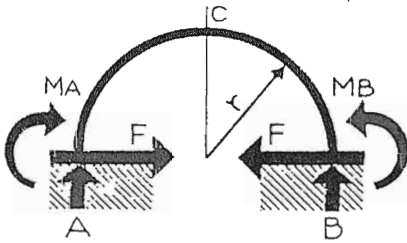
$$F = P \left(\frac{4 \cos \beta + 4 \beta \sin \beta - \pi - \pi \sin^2 \beta - \pi k^2 \cos^2 \beta}{\pi^2 - 8 + k^2 \pi^2} \right)$$

$$R_B = \frac{P}{2\pi} (\pi + 2\beta + 2 \cos \beta \sin \beta)$$

$$M_B = R_B r - \frac{2Fr}{\pi} - \frac{Pr}{\pi} (\cos \beta + \beta \sin \beta + \frac{\pi}{2} \sin \beta)$$

Weight of the arc per metre : π

N° 91



$$R_A = R_B = \frac{\pi \pi r r}{2}$$

$$F = 0,639 \pi r$$

$$M_A = M_B = 0,1095 \pi r^2$$

$$M_C = 0,0409 \pi r^2$$

$$R_A = R_B = \frac{\pi l}{2}$$

N° 92

$$F = \frac{\pi l}{12 \sin \beta} \left[\frac{\sin \beta (3\beta - 3 \sin \beta \cos \beta - 2\beta \sin^2 \beta) - 4k^2 \beta \sin^2 \beta}{\beta^2 + \beta \sin \beta \cos \beta - 2 \sin^2 \beta + k^2 (\beta^2 + \beta \sin \beta \cos \beta)} \right]$$

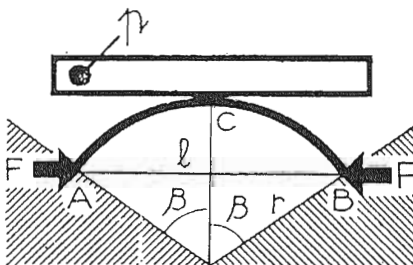
$$k = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{I}{A}}$$

I : inertia of the section

A : area of the section

$$M_A = M_B = \frac{\pi l^2}{16 \beta \sin^2 \beta} (\beta - \sin \beta \cos \beta)$$

$$M_C = M_A - \frac{Fr}{\beta} (\beta - \sin \beta)$$



(angles in radians)

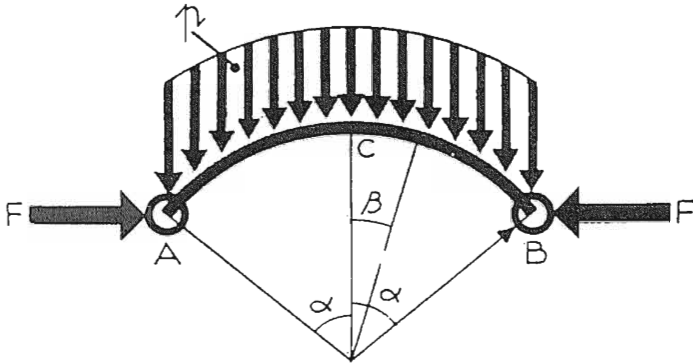
for

$$\beta = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ radians}$$

$$F = \frac{\pi l \pi}{12} \left(\frac{1 - 4k^2}{\pi^2 - 8 + k^2 \pi^2} \right)$$

$$M_A = M_B = \frac{\pi l^2}{8\pi}$$

$$M_C = \frac{\pi l^2}{8\pi} - \frac{2Fr}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right)$$



$$R_A = R_B = \pi r \alpha$$

$$F = \frac{\pi r}{2} \left[\frac{(9 - 4\alpha^2) \sin 2\alpha - 10\alpha \cos 2\alpha - 8\alpha}{2\alpha - 3\sin 2\alpha + 4\alpha \cos^2 \alpha + 4k^2 \alpha} \right]$$

$$k = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \begin{array}{l} I : \text{inertia of the section} \\ A : \text{area of the section} \end{array}$$

$$M = \pi r^2 (\alpha \sin \alpha - \beta \sin \beta + \cos \alpha - \cos \beta) - Fr (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$M_C = \pi r^2 (\alpha \sin \alpha + \cos \alpha - 1) - Fr (1 - \cos \alpha)$$

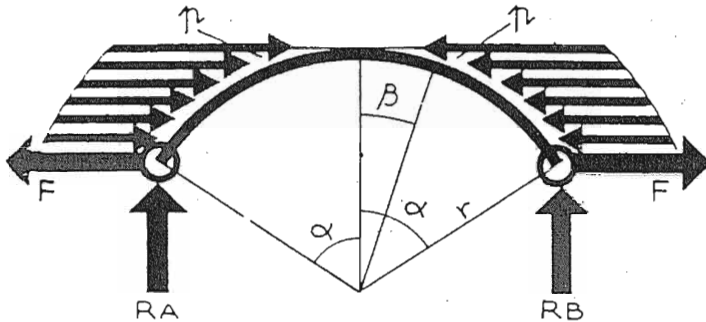
for $\alpha = 90^\circ$ or $\frac{\pi}{2}$ radians

$$R_A = R_B = \frac{\pi r \pi}{2}$$

$$F = \frac{\pi r}{2(1+2k^2)}$$

$$M = \frac{\pi r^2}{2} \left[\frac{\pi}{2} - 2\beta \sin \beta - 2 \cos \beta - \frac{\cos \beta}{1+2k^2} \right]$$

$$M_C = \frac{\pi r^2}{2} \left[\frac{\pi}{2} - 2 - \frac{1}{1+2k^2} \right]$$



$$R_A = R_B = 0$$

$$F = pr \cdot \frac{\alpha^2 - 1 - 8 \cos \alpha + 2\alpha \sin 2\alpha + 9 \cos^2 \alpha + 2k^2 \alpha^2}{2\alpha - 3 \sin 2\alpha + 4\alpha \cos^2 \alpha + 4k^2 \alpha}$$

$$M = pr^2 [(\alpha - \beta) \cos \beta - \sin \alpha + \sin \beta] - Fr (\cos \beta - \cos \alpha)$$

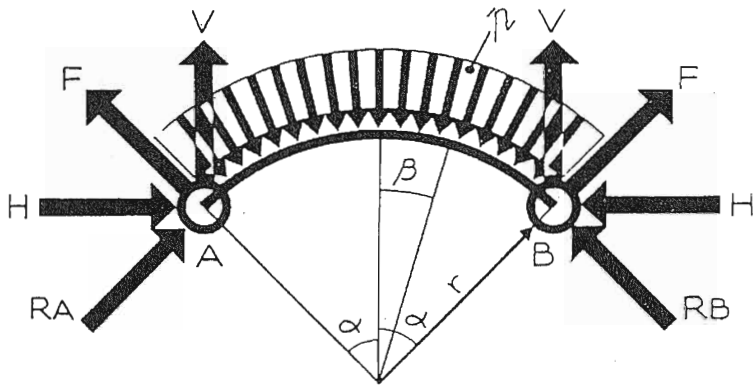
$$M_C = pr^2 (\alpha - \sin \alpha) - Fr (1 - \cos \alpha)$$

$$\text{for } \alpha = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ radians}$$

$$= \frac{pr}{4\pi} \cdot \frac{\pi^2 - 4 + 2k^2 \pi^2}{1 + 2k^2}$$

$$= pr^2 \left[\left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \cos \beta - 1 + \sin \beta \right] - Fr \cos \beta$$

$$M_C = pr^2 \left[\frac{\pi}{2} - 1 - \frac{\pi^2 - 4 + 2k^2 \pi^2}{4\pi(1 + 2k^2)} \right]$$



$$R_A = R_B = \frac{4k^2 \pi r \sin \alpha \cos \alpha}{2\alpha - 3 \sin 2\alpha + 4\alpha \cos^2 \alpha + 4k^2 \alpha}$$

$$k = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \begin{array}{l} I : \text{inertia of the section} \\ A : \text{area of the section} \end{array}$$

$$F = \frac{4k^2 \pi r \sin^2 \alpha}{4k^2 \alpha + 2\alpha - 3 \sin 2\alpha + 4\alpha \cos^2 \alpha}$$

$$M = \frac{Fr}{\sin \alpha} (\cos \beta - \cos \alpha) \quad M_C = \frac{Fr}{\sin \alpha} (1 - \cos \alpha)$$

$$H = \pi r \cos \alpha - \frac{F}{\sin \alpha} \quad V = \pi r \sin \alpha$$

$$\text{for } \alpha = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ radians}$$

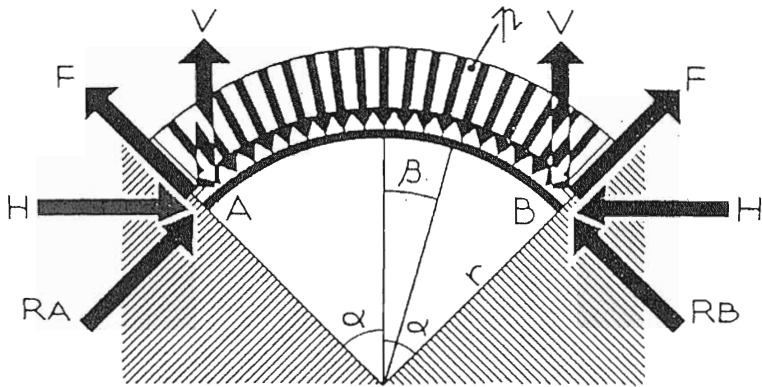
$$R_A = R_B = 0$$

$$F = \frac{4k^2 \pi r}{\pi(2k^2 + 1)}$$

$$M = Fr \cos \beta \quad M_C = Fr$$

$$H = -F \quad V = \pi r$$

Nº 95



$$R_A = R_B = \frac{4k^2 \pi r \alpha \sin \alpha \cos \alpha}{2\alpha^2 + \alpha \sin 2\alpha - 4\sin^2 \alpha + 4k^2 \alpha^2}$$

$$k = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \begin{array}{l} I : \text{inertia of the section} \\ A : \text{area of the section} \end{array}$$

$$F = \frac{4k^2 \pi r \alpha \sin^2 \alpha}{2\alpha^2 + \alpha \sin 2\alpha - 4\sin^2 \alpha + 4k^2 \alpha^2}$$

$$M_A = M_B = \frac{Fr}{\sin \alpha} \left(\cos \alpha - \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right) \quad M_C = \frac{Fr}{\sin \alpha} \left(1 - \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)$$

$$H = \pi r \cos \alpha - \frac{F}{\sin \alpha} \quad V = \pi r \sin \alpha$$

$$\text{for } \alpha = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ radians}$$

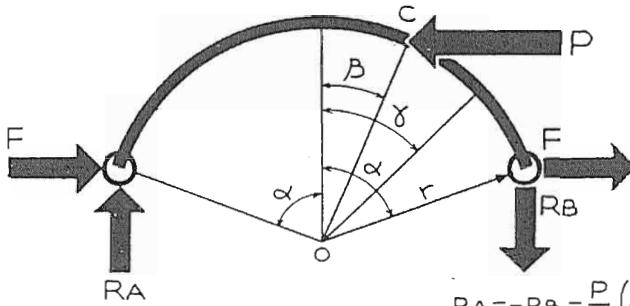
$$R_A = R_B = 0$$

$$F = \frac{2k^2 \pi r}{\pi^2 - 8 + 2k^2 \pi^2} \quad M = \frac{Fr}{\alpha} (\alpha \cos \beta - 1)$$

$$M_A = M_B = -\frac{2Fr}{\pi} = -0,6366 Fr \quad M_C = \frac{Fr}{\pi} (\pi - 2) = 0,3634 Fr$$

$$H = -F \quad V = \pi r$$

Nº 96



Nº 97

$$RA = -RB = \frac{P}{2} \left(\frac{\cos \beta - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)$$

$$F = \frac{P}{2} \left[\frac{4 \cos \alpha \sin \beta + \sin 2\beta - 2\beta - 4\beta \cos \beta \cos \alpha - 4k^2 \beta}{2\alpha - 3 \sin 2\alpha + 4\alpha \cos^2 \alpha + 4k^2 \alpha} + 1 \right]$$

$$k = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{I}{A}}$$

I : inertia of the section
 A : area of the section

$$M = \frac{Pr}{2 \sin \alpha} \left[(\cos \beta - \cos \alpha)(\sin \alpha + \sin \delta) - 2 \sin \alpha (\cos \beta - \cos \delta) \right] - Fr(\cos \delta - \cos \alpha)$$

$$Mc = r(\cos \beta - \cos \alpha) \left[\frac{P(\sin \alpha + \sin \beta)}{2 \sin \alpha} - F \right]$$

$$\text{for } \beta = 0 \quad RA = -RB = \frac{P}{2} \left(\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)$$

$$F = \frac{P}{2} \quad Mc = 0$$

$$M = \frac{Pr}{2 \sin \alpha} \left[\sin \delta (1 - \cos \alpha) - \sin \alpha (1 - \cos \delta) \right]$$

$$\text{for } \alpha = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \quad RA = -RB = \frac{P \cos \beta}{2}$$

$$F = \frac{P}{2} \left(\frac{\sin 2\beta - 2\beta - 4k^2 \beta}{\pi(1+2k^2)} + 1 \right)$$

$$M = \frac{Pr}{2} \left[\cos \beta (1 + \sin \delta) - 2(\cos \beta - \cos \delta) \right] - Fr \cos \delta$$

$$Mc = r \cos \beta \left[\frac{P}{2} (1 + \sin \beta) - F \right]$$

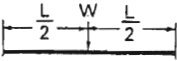
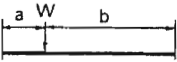
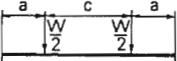
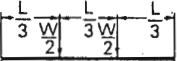
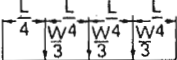
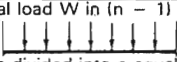
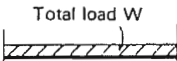
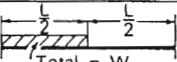
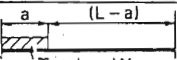
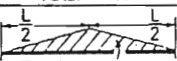
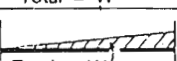
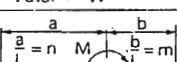
$$\text{for } \alpha = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ and } \beta = 0$$

$$RA = -RB = \frac{P}{2} \quad F = \frac{P}{2} \quad Mc = 0$$

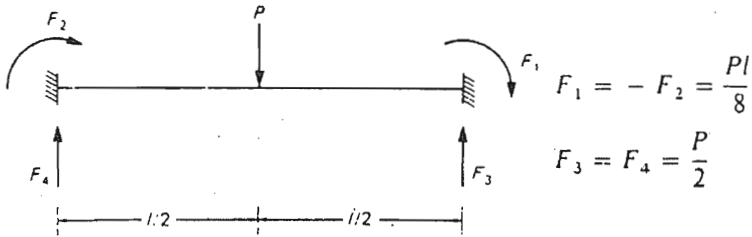
$$M = \frac{Pr}{2} (\sin \delta + \cos \delta - 1) \text{ maxi for } \delta = 45^\circ \text{ and } M = 0,207 Pr$$

FIXED END MOMENTS

For use in analysis by 'Moment Distribution'

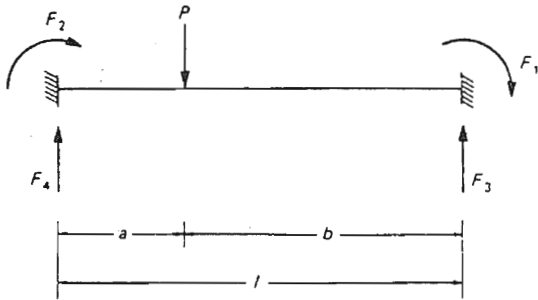
Fixing Moment at LH End		LOADING	Fixing Moment at RH End	
Both Ends Fixed	This End only Fixed		Both Ends Fixed	This End only Fixed
$\frac{WL}{8}$	$\frac{3WL}{16}$	Span = L All cases 	$\frac{WL}{8}$	$\frac{3WL}{16}$
$\frac{Wab^2}{L^2}$	$\frac{Wab(a+2b)}{2L^2}$		$\frac{Wa^2b}{L^2}$	$\frac{Wab(2a+b)}{2L^2}$
$\frac{Wa(a+c)}{2L}$	$\frac{3Wa(a+c)}{4L}$		$\frac{Wa(a+c)}{2L}$	$\frac{3Wa(a+c)}{4L}$
$\frac{WL}{9}$	$\frac{WL}{6}$		$\frac{WL}{9}$	$\frac{WL}{6}$
$\frac{5WL}{48}$	$\frac{5WL}{32}$		$\frac{5WL}{48}$	$\frac{5WL}{32}$
$\frac{WL}{12} \left(\frac{n+1}{n} \right)$	$\frac{WL}{8} \left(\frac{n+1}{n} \right)$	Total load W in (n - 1) parts Span divided into n equal parts 	$\frac{WL}{12} \left(\frac{n+1}{n} \right)$	$\frac{WL}{8} \left(\frac{n+1}{n} \right)$
$\frac{WL}{12}$	$\frac{WL}{8}$	Total load W 	$\frac{WL}{12}$	$\frac{WL}{8}$
$\frac{11WL}{96}$	$\frac{9WL}{64}$		$\frac{5WL}{96}$	$\frac{7WL}{64}$
$\frac{Wa}{12L^2} (6L^2 - 8aL + 3a^2)$	$\frac{Wa}{8L^2} (2L - a)^2$		$\frac{Wa^2}{12L^2} (4L - 3a)$	$\frac{Wa}{8L^2} (2L^2 - a^2)$
$\frac{5WL}{48}$	$\frac{5WL}{32}$		$\frac{5WL}{48}$	$\frac{5WL}{32}$
$\frac{WL}{15}$	$\frac{7WL}{60}$		$\frac{WL}{10}$	$\frac{2WL}{15}$
$\frac{Mb}{L^2} (3a - L)$	$\frac{M}{2} (2 - 6n + 3n^2)$		$\frac{Ma}{L^2} (3b - L)$	$\frac{M}{2} (2 - 6m + 3m^2)$

แรงยึดแน่นปลายของชิ้นส่วนคุณสมบัติคงที่



$$F_1 = -F_2 = \frac{Pl}{8}$$

$$F_3 = F_4 = \frac{P}{2}$$

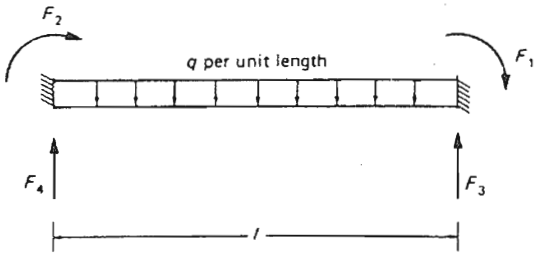


$$F_1 = \frac{Pa^2b}{l^2}$$

$$F_2 = -\frac{Pab^2}{l^2}$$

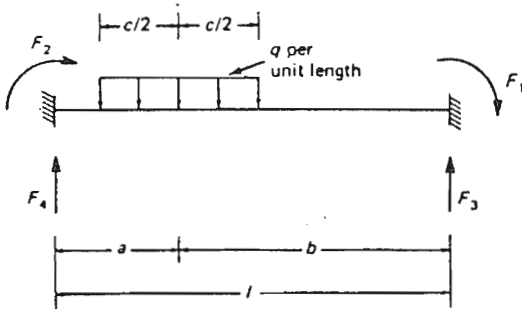
$$F_3 = P\left(\frac{a}{l} + \frac{a^2b}{l^3} - \frac{ab^2}{l^3}\right)$$

$$F_4 = P\left(\frac{b}{l} - \frac{a^2b}{l^3} + \frac{ab^2}{l^3}\right)$$



$$F_1 = -F_2 = \frac{ql^2}{12}$$

$$F_3 = F_4 = \frac{ql}{2}$$

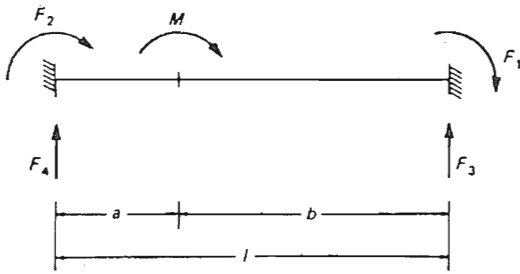


$$F_1 = \frac{qc}{12l^2} [12a^2b + c^2(l - 3a)]$$

$$F_2 = -\frac{qc}{12l^2} [12ab^2 + c^2(l - 3b)]$$

$$F_3 = \frac{qca}{l} + \frac{(F_1 + F_2)}{l}$$

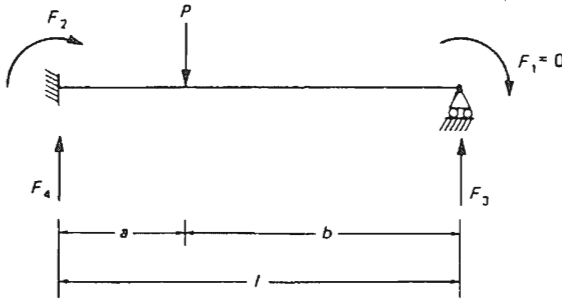
$$F_4 = \frac{qcb}{l} - \frac{(F_2 + F_1)}{l}$$



$$F_1 = \frac{Ma}{l} \left(2 - \frac{3a}{l} \right)$$

$$F_2 = \frac{Mb}{l} \left(2 - \frac{3b}{l} \right)$$

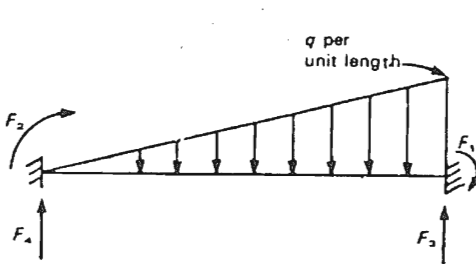
$$F_3 = -F_4 = \frac{6Mab}{l^3}$$



$$F_2 = -\frac{Pab}{l} \left(\frac{b}{l} + \frac{a}{2l} \right)$$

$$F_3 = \frac{P \cdot a}{l} + \frac{F_2}{l}$$

$$F_4 = P - F_3$$

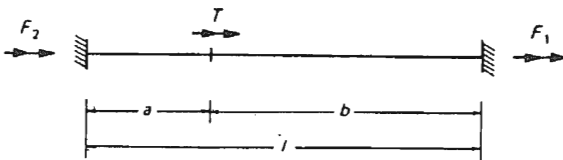


$$F_1 = \frac{ql^2}{20}$$

$$F_2 = -\frac{ql^2}{30}$$

$$F_3 = \frac{7}{20} ql$$

$$F_4 = \frac{3}{20} ql$$

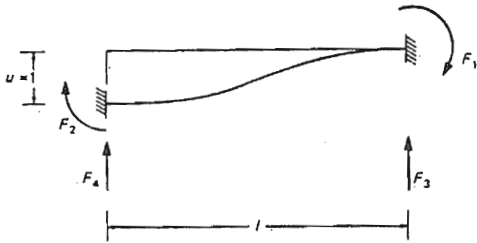


$$F_1 = -\frac{Ta}{l}$$

$$F_2 = -\frac{Tb}{l}$$

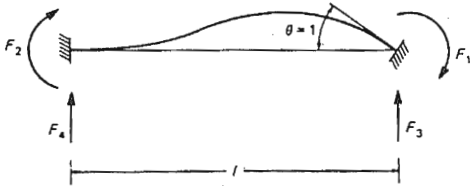
หมายเหตุ ทิศทางของแรง (และโมเมนต์) ที่แสดงในรูปเป็นทิศทาง
 ที่ให้เป็นเครื่องหมายบวก

แรงปฏิกิริยาที่เกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งที่ปลายของ ชิ้นส่วนคุณสมบัติคงที่



$$F_1 = F_2 = \frac{6EI}{l^2}$$

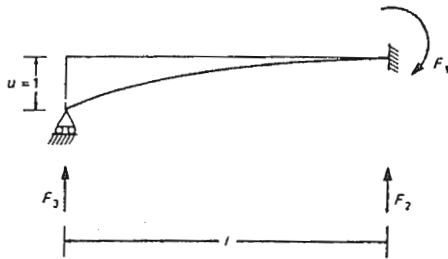
$$F_3 = -F_4 = \frac{12EI}{l^3}$$



$$F_1 = \frac{4EI}{l}$$

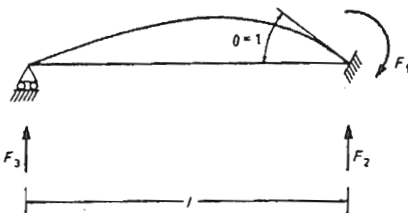
$$F_2 = \frac{2EI}{l}$$

$$F_3 = -F_4 = \frac{6EI}{l^2}$$



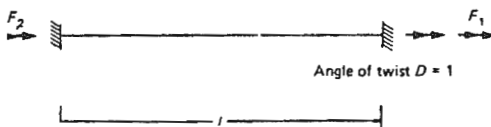
$$F_1 = \frac{3EI}{l^2}$$

$$F_2 = -F_3 = \frac{3EI}{l^3}$$



$$F_1 = \frac{3EI}{l}$$

$$F_2 = -F_3 = \frac{3EI}{l^2}$$



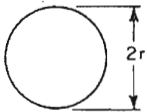
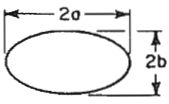
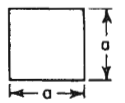
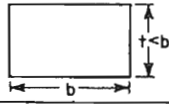
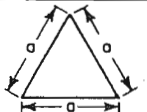
$$F_1 = -F_2 = \frac{GJ}{l}$$

(Effect of warping ignored)

ค่าคงที่การบิด (Torsional Constant)

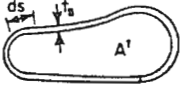

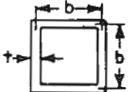
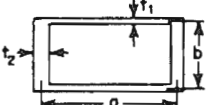
สูตรสำหรับ J_x ใน $\theta = \frac{T}{JG}$

Torsional Properties of Solid Cross Sections

Cross section	Torsional stiffness J	Shear stress
	$\frac{1}{2} \pi r^4$	$\frac{2T}{\pi r^3}$
	$\frac{\pi a^3 b^3}{a^2 + b^2}$	$\frac{2T}{\pi ab^2}$ at ends of minor axis
	$0.141a^4$	$\frac{T}{0.208a^3}$ at midpoint each side
	$\frac{bt^3}{3} \left[1 - 0.63 \frac{t}{b} + 0.052 \left(\frac{t}{b} \right)^2 \right]$	$\frac{3T}{bt^2} \left(1 + 0.6 \frac{t}{b} \right)$ at midpoint each long side
	$\frac{a^4 \sqrt{3}}{80}$	$\frac{20T}{a^3}$ at midpoint each side

* $T = GJ\theta$, where T = torque, G = shearing modulus of elasticity, J = torsional stiffness, θ = angle of twist, radians per unit length.

Torsional Properties of Closed Thin-walled Sections*

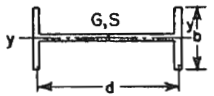
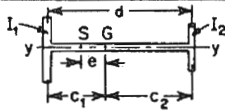
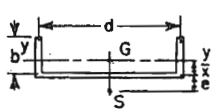
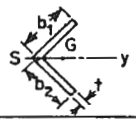
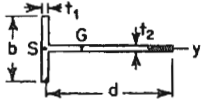

Cross section	Torsional stiffness J	Shear stress
	$\frac{4A'^2}{\int ds/t_s}$	$\frac{T}{2A't}$
	$2\pi r^3 t$	$\frac{T}{2\pi r^2 t}$
	$b^3 t$	$\frac{T}{2b^2 t}$
	$\frac{2a^2 b^2}{\frac{a}{t_1} + \frac{b}{t_2}}$	$\frac{T}{2abt}$

* $T = GJ\theta$, where T = torque, G = shearing modulus of elasticity, J = torsional stiffness, θ = angle of twist, radians per unit length.

A = area bounded by midline of wall.

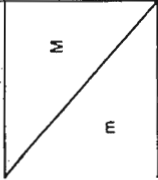

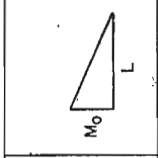
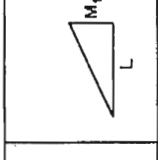
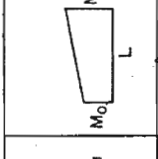
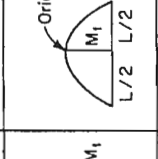
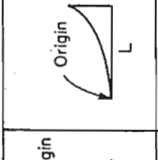
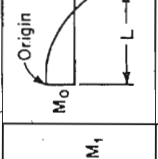
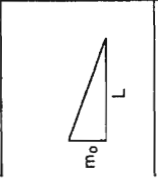
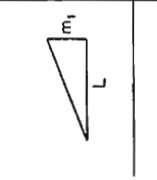
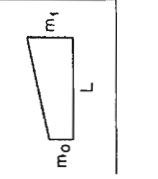
NOTE: Warping constant C is usually negligible for closed thin-walled cross sections.

Torsional Properties of Open Cross Sections

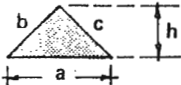

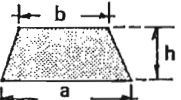





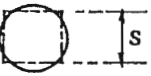



Cross section	Location e of shear center S	Warping constant C
		$\frac{d^2 I_y}{4}$
	$\frac{c_1 I_1 - c_2 I_2}{I_y}$	$\frac{d^2 I_1 I_2}{I_y}$
	$\frac{\bar{x}}{4} \left(\frac{d}{r_x} \right)^2$	$\frac{d^2 I_y}{4} \left[1 - \frac{\bar{x}(e - \bar{x})}{r_y^2} \right]$
		$(b_1^3 + b_2^3) \frac{t^3}{36}$
		$\frac{t_1^3 b^3}{144} + \frac{t_2^3 d^3}{36}$
		$\frac{d^2}{4} I_a$

NOTE: The torsional stiffness J for cross sections in this table can be determined closely enough for most applications by $J = \Sigma bt^3/3$. The warping constant C is usually negligible for the angle and the T.

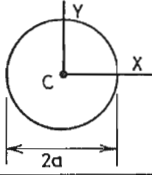
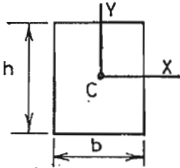
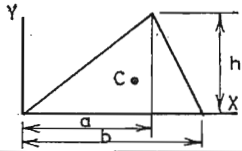
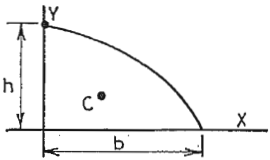
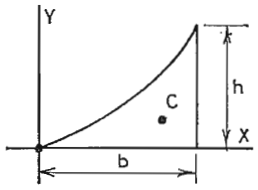
ตาราง ค่าของ $\int_0^L Mm \, dx$

Linear M diagrams					Parabolic M diagrams		
							
m	mML	$\frac{1}{2} mM_0L$	$\frac{1}{2} mM_1L$	$\frac{1}{2} mL(M_0 + M_1)$	$\frac{2}{3} mM_1L$	$\frac{1}{3} mM_1L$	$\frac{1}{3} mL(2M_0 - M_1)$
	$\frac{1}{2} m_0ML$	$\frac{1}{3} m_0M_0L$	$\frac{1}{6} m_0M_1L$	$\frac{1}{6} m_0L(2M_0 + M_1)$	$\frac{1}{3} m_0M_1L$	$\frac{1}{12} m_0M_1L$	$\frac{1}{12} m_0L(5M_0 - M_1)$
	$\frac{1}{2} m_1ML$	$\frac{1}{6} m_1M_0L$	$\frac{1}{3} m_1M_1L$	$\frac{1}{6} m_1L(2M_1 + M_0)$	$\frac{1}{3} m_1M_1L$	$\frac{1}{4} m_1M_1L$	$\frac{1}{4} m_1L(M_0 - M_1)$
	$\frac{1}{2} ML(m_0 + m_1)$	$\frac{1}{6} M_0L(2m_0 + m_1)$	$\frac{1}{6} M_1L(m_0 + 2m_1)$	$\frac{L}{6} [m_0(2M_0 + M_1) + m_1(2M_1 + M_0)]$	$\frac{1}{3} M_1L(m_0 + m_1)$	$\frac{1}{12} M_1L(m_0 + 3m_1)$	$\frac{L}{12} [m_0(5M_0 - M_1) + 3m_1(M_0 - M_1)]$

วิธีหาพื้นที่ METHOD OF FINDING AREAS

ชื่อเรียก	รูป	สูตรพื้นที่
สามเหลี่ยม		$= \frac{a h}{2}$
สี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า		= ผลรวมพื้นที่สามเหลี่ยม
สี่เหลี่ยมคางหมู		$= \frac{(a + b) h}{2}$
สี่เหลี่ยมด้านขนาน		$= a h$
หกเหลี่ยมด้านเท่า		$= 0.866 d^2$
วงกลม		$= \pi R^2 = 0.7854 d^2$
ส่วนของวงกลม		$= \frac{\pi R^2 A}{360} = 0.0087266 R^2 A$
เสี้ยววงกลมฐานเรียบ		$= \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi A}{180} - \sin A \right)$
วงกลมมีพื้นที่เท่าสี่เหลี่ยม		$= d = 1.12838 S$
สี่เหลี่ยมมีพื้นที่เท่าวงกลม		$S = 0.88623 d$
วงรี		$0.7854 d d$
รูปพาราโบลา		$\frac{2 a h}{3}$

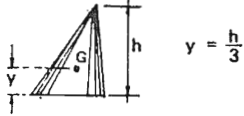
พื้นที่ จุดศูนย์กลางและโมเมนต์อินเนอร์เซียของรูปหน้าตัด

Figure	Area and Centroid	Moments of Inertia
	$A = \pi a^2$ $x_c = 0$ $y_c = 0$	$I_x = I_y = \frac{\pi}{4} a^4$
	$A = bh$ $x_c = 0$ $y_c = 0$	$I_x = \frac{1}{12} bh^3$ $I_y = \frac{1}{12} b^3h$
	$A = \frac{1}{2} bh$ $x_c = \frac{1}{3} (a+b)$ $y_c = \frac{1}{3} h$	$I_x = \frac{1}{12} bh^3$ $I_y = \frac{bh}{12} (b^2+ab+a^2)$ $I_{x_c} = \frac{1}{36} bh^3$ $I_{y_c} = \frac{bh}{36} (b^2-ab+a^2)$
	<p>Equation : $y = \frac{h}{b^2} (b^2-x^2)$</p> $A = \frac{2}{3} bh$ $x_c = \frac{3}{8} b$ $y_c = \frac{2}{5} h$	$I_x = \frac{16}{105} bh^3$ $I_y = \frac{2}{15} hb^3$
	<p>Equation : $y = \frac{h}{b^n} x^n$</p> $A = \frac{bh}{(n+1)}$ $x_c = \left(\frac{n+1}{n+2}\right) b$; $y_c = \frac{1}{2} \left(\frac{n+1}{2n+1}\right) h$ <p>Equation : $y = \frac{h}{b^2} x^2$</p> $A = \frac{1}{3} bh$ $x_c = \frac{3}{4} b$; $y_c = \frac{3}{10} h$	$I_x = \frac{bh^3}{3(3n+1)}$ $I_y = \frac{hb^3}{n+3}$ $I_x = \frac{1}{21} bh^3$ $I_y = \frac{1}{5} hb^3$

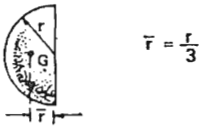
Note : Apex of parabolas are indicated by small circles.

จุดศูนย์กลางถ่วง THE CENTROIDS

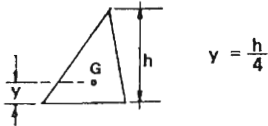
LATERAL AREA OF CONE



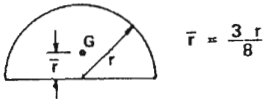
AREA OF HEMISPHERE



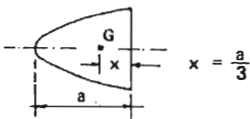
VOLUME OF CONE



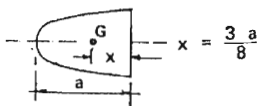
HEMISPHERICAL VOLUME



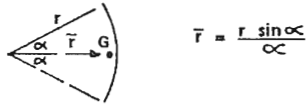
VOLUME OF PARABOLOID



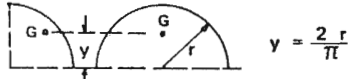
VOLUME OF HALF ELLIPSOID



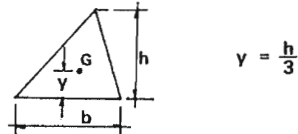
ARC SEGMENT



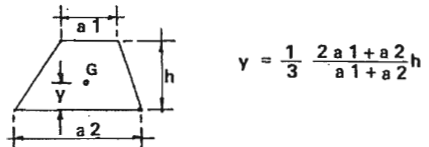
QUARTER & SEMICIRCULAR ARCE



TRIANGULAR AREA



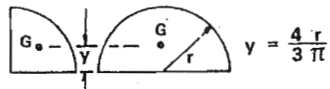
TRAPEZOIDAL AREA



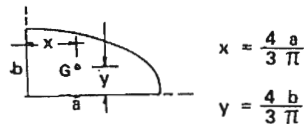
AREA OF CIRCULAR SECTOR



QUARTER & SEMICIRCULAR AREA



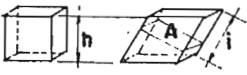
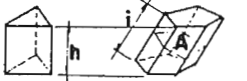
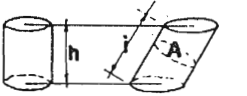
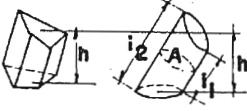
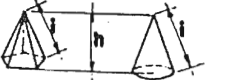
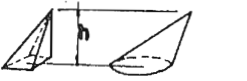
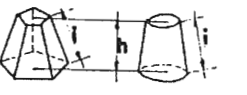
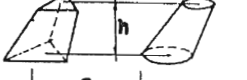

AREA OF ELLIPTICAL QUADRANT



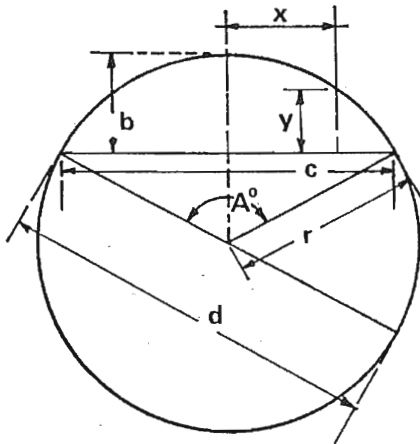
พื้นที่ผิวข้างและปริมาตรของรูปทรง

ชื่อย่อ NOMENCLATURE

S พื้นที่ผิวรอบข้าง	P_1 เส้นรอบรูปฐานบน	h ส่วนสูงตั้ง	B พื้นที่ฐานล่าง
V ปริมาตร	P_2 เส้นรอบรูปฐานล่าง	i ส่วนสูงเอียง	b พื้นที่ฐานบน

รูปทรง SHAPE	ชื่อ NAME	สูตร FORMULAS
	รูปทรง 4 เหลี่ยม	$S = P_2 h, P_2 i$ $IV = Bh, Ai$
	ปริซึม-หลายเหลี่ยม	$S = Ph, Pi$ $V = Bh, Ai$
	ทรงกระบอก	$S = Ph, Pi$ $V = Bh, Ai$
	แท่งตัดหลายเหลี่ยม	$S = Ph$ $S = \frac{P(i_1 + i_2)}{2}$ $V = Bh$
	แท่งกรวย	$S = \frac{Pi}{2}$ $V = \frac{Bh}{3}$
	แท่งกรวยเฉียง	$S = \frac{Pi}{2}$ $V = \frac{i}{2}$
	ทรงกรวยตัด	$S = \frac{P_1 + P_2}{2}$ $V = \frac{h}{3} (B + b' + \sqrt{Bb'})$
	กรวยเฉียงตัด	$S = \frac{P_1 + P_2}{2}$ $V = \frac{h}{3} (B + b' + \sqrt{Bb'})$
	ทางลิ้ม	$S = \frac{P_1 + P_2}{2}$ $V = \frac{dh(2a+b)}{6}$

คุณสมบัติของวงกลม PROPERTIES OF THE CIRCLE



$$a = \frac{\pi r A}{180} = 0.017453 r A^\circ$$

$$A^\circ = \frac{180 a}{\pi r} = 57.29578 \frac{a}{r}$$

$$r = \frac{4b^2 + c^2}{8b}$$

$$c = 2\sqrt{2br - b^2} = 2r \sin \frac{A^\circ}{2}$$

$$b = r - \frac{1}{2}\sqrt{4r^2 - c^2} = \frac{c}{2} \tan \frac{A^\circ}{4}$$

$$= 2r \sin^2 \frac{A^\circ}{4} = r + y - \sqrt{r^2 - x^2}$$

$$\pi = 3.14159265359 \quad y = b - r + \sqrt{r^2 - x^2}$$

$$\sqrt{\pi} = 1.7724539 \quad x = \sqrt{r^2 - (r + y - b)^2}$$

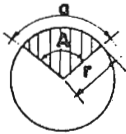
$$\pi^2 = 9.8696044 \quad \text{เส้นรอบวง} = 6.28318 r$$

$$\pi (\log) 0.4971499 \quad = 3.14159 d$$

$$\text{เส้นผ่าศูนย์กลาง} = 0.3183 \text{ ของเส้นรอบวง}$$

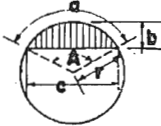
เมื่อเส้นรอบวงของวงกลมกับด้านทั้งสี่ของสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวเท่ากัน
 เส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลม = 1.27324 ของด้านหนึ่งของสี่เหลี่ยม
 ด้านหนึ่งของสี่เหลี่ยมจัตุรัส = 0.7854 ของเส้นผ่าศูนย์กลางวงกลม

พื้นที่ต่าง ๆ ของวงกลม CIRCULAR SECTIONS



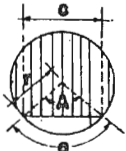
AREA OF CIRCULAR SECTOR

$$= \frac{ar}{2} = \frac{SA}{360}$$



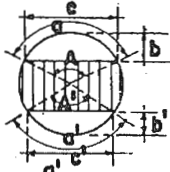
AREA OF CIRCULAR SEGMENT

$$= \frac{ar - c(r-b)}{2} = \frac{SA}{360} - \frac{c(r-b)}{2}$$



AREA OF CIRCULAR SEGMENT

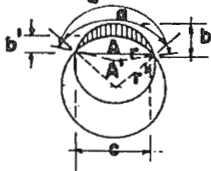
$$= S - \left[\frac{ar - c(r-b)}{2} \right] = S - \left[\frac{SA}{360} - \frac{c(r-b)}{2} \right]$$



AREA OF CIRCULAR ZONE

$$= S - \left[\frac{ar - c(r-b)}{2} + \frac{a'r' - c'(r'-b')}{2} \right]$$

$$= S - \left[\frac{SA}{360} - \frac{c(r-b)}{2} + \frac{SA'}{360} - \frac{c'(r'-b')}{2} \right]$$



AREA OF CIRCULAR LUNE

$$= \left[\frac{ar - c(r-b)}{2} \right] - \left[\frac{a'r' - c'(r'-b')}{2} \right]$$

$$= \left[\frac{SA}{360} - \frac{c(r-b)}{2} \right] - \left[\frac{S'A'}{360} - \frac{c'(r'-b')}{2} \right]$$

NOMENCLATURE

A = มุมที่จุดศูนย์กลาง (องศา) = $\frac{180 a}{\pi r}$

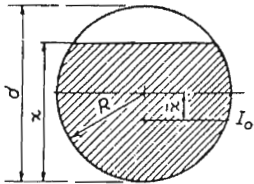
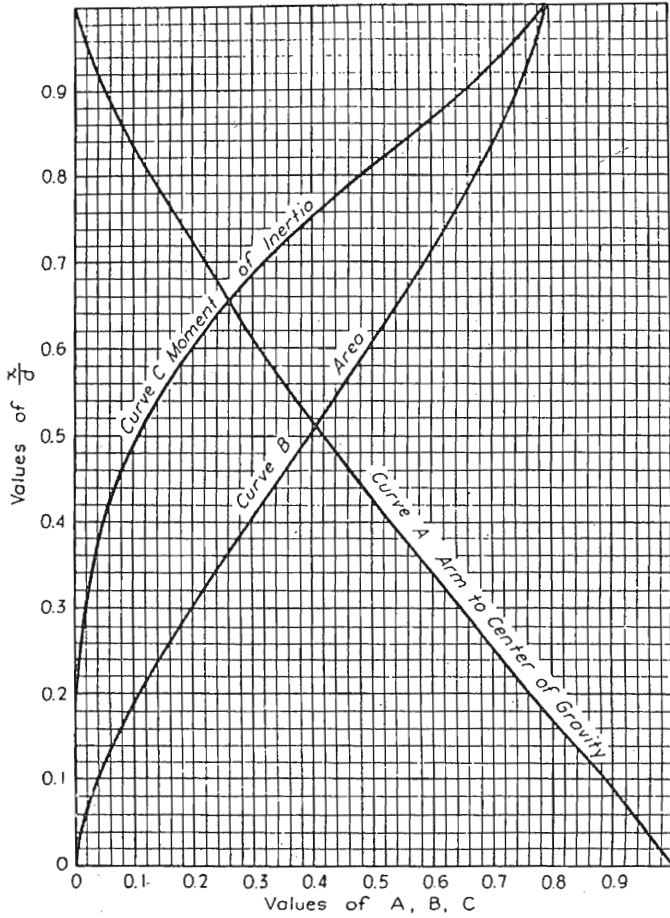
S = พื้นที่วงกลม = $\pi r^2 = 0.785398 d^2$

a = ส่วนโค้งของวงกลม = $0.017453 r A$

b = ความสูงทางตั้ง = $2r \frac{\sin^2 A}{4}$

c = เส้นผ่านวงกลม (ภายใน) = $2r \frac{\sin A}{2}$

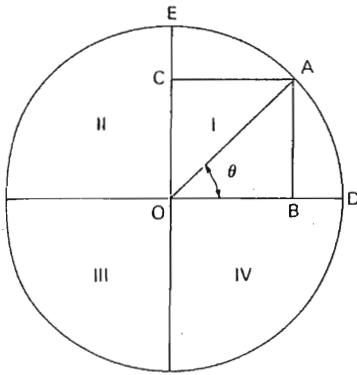
r = รัศมี = $\frac{4b^2 + c^2}{8b}$



Properties of Shaded Segment
 $\bar{x} = AR$
 $Area = \beta d^2$
 $I_0 = CR^4$ *Values of A, B, C, taken from above chart*

Fig. Constants for properties of circular segments. (Courtesy Prof. J. R. Shank, Ohio State University.)

TRIGONOMETRICAL FORMULAE



$$\begin{aligned} \sin \theta &= \frac{AB}{OA} = \frac{1}{\operatorname{cosec} \theta} = \cos (90^\circ - \theta) \\ \cos \theta &= \frac{OB}{OA} = \frac{1}{\operatorname{sec} \theta} = \sin (90^\circ - \theta) \\ \tan \theta &= \frac{AB}{OB} = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \operatorname{cotan} (90^\circ - \theta) \\ \operatorname{cosec} \theta &= \frac{OA}{AB} = \frac{1}{\sin \theta} = \operatorname{sec} (90^\circ - \theta) \\ \operatorname{sec} \theta &= \frac{OA}{OB} = \frac{1}{\cos \theta} = \operatorname{cosec} (90^\circ - \theta) \\ \operatorname{cotan} \theta &= \frac{OB}{AB} = \frac{1}{\tan \theta} = \tan (90^\circ - \theta) \end{aligned}$$

In quadrant

- I All ratios are positive
- II Sin, Cosec are positive
Cos, Tan, Sec, Cotan are negative
- III Tan, Cotan are positive
Sin, Cosec, Cos, Sec are negative
- IV Cos, Sec are positive
Sin, Tan, Cosec, Cotan are negative

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$$

$$\sin (\theta \pm \varphi) = \sin \theta \cos \varphi \pm \cos \theta \sin \varphi$$

$$\cos (\theta \pm \varphi) = \cos \theta \cos \varphi \mp \sin \theta \sin \varphi$$

$$\tan (\theta + \varphi) = \frac{\tan \theta + \tan \varphi}{1 - \tan \theta \tan \varphi}$$

$$\tan (\theta - \varphi) = \frac{\tan \theta - \tan \varphi}{1 + \tan \theta \tan \varphi}$$

$$\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta \quad \sin \frac{1}{2}\theta = \sqrt{\frac{1 - \cos \theta}{2}}$$

$$\cos 2\theta = \cos^2 \theta - \sin^2 \theta \quad \cos \frac{1}{2}\theta = \sqrt{\frac{1 + \cos \theta}{2}}$$

$$\tan 2\theta = \frac{2 \tan \theta}{1 - \tan^2 \theta} \quad \tan \frac{1}{2}\theta = \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta}$$

$$\sin \theta + \sin \varphi = 2 \sin \left(\frac{\theta + \varphi}{2} \right) \cos \left(\frac{\theta - \varphi}{2} \right)$$

$$\sin \theta - \sin \varphi = 2 \cos \left(\frac{\theta + \varphi}{2} \right) \sin \left(\frac{\theta - \varphi}{2} \right)$$

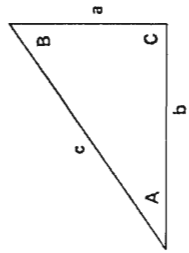
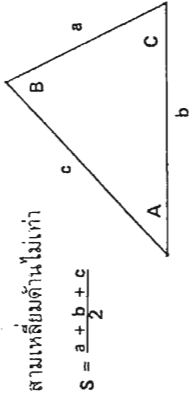
$$\cos \theta + \cos \varphi = 2 \cos \left(\frac{\theta + \varphi}{2} \right) \cos \left(\frac{\theta - \varphi}{2} \right)$$

$$\cos \theta - \cos \varphi = -2 \sin \left(\frac{\theta + \varphi}{2} \right) \sin \left(\frac{\theta - \varphi}{2} \right)$$

$$\tan \theta + \tan \varphi = \sin (\theta + \varphi) \div \cos \theta \cos \varphi$$

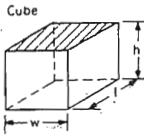
$$\tan \theta - \tan \varphi = \sin (\theta - \varphi) \div \cos \theta \cos \varphi$$

ค่าตรีโกณมิติของรูปสามเหลี่ยม TRIGONOMETRIC FUNCTIONS OF TRIANGLES

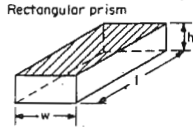


รู้ค่า.	หา	ใช้สูตร	รู้ค่า	หา	ใช้สูตร
a c	A B b	$\sin A = \frac{a}{c}, \cos B = \frac{b}{c}, b = \sqrt{c^2 - a^2}$	A	$\sin \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{bc}}$	
	AREA	$= -\frac{a}{2} \sqrt{c^2 - a^2}$	B	$\tan \frac{1}{2} B = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)}{s(s-c)}}$	
a b	A B c	$\tan A = \frac{a}{b}, \tan B = \frac{b}{c}, c = \sqrt{a^2 + b^2}$	C	$\sin \frac{1}{2} C = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)}{ab}}$	
	AREA	$= \frac{a \cdot b}{2}$	AREA	$= \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}$	
A a	B b c	$B = 90 - A, b = a \cot A, c = \frac{a}{\sin A}$	b c	$B = \frac{a \sin B}{\sin A}, c = \frac{a \sin(A+B)}{\sin A}$	
	AREA	$= \frac{a^2 \cot A}{2}$	AREA	$= \frac{1}{2} a b \sin C = \frac{a^2 \sin B \sin C}{2 \sin A}$	
A b	B a c	$B = 90 - A, a = b \tan A, c = \frac{b}{\cos A}$	B	$\sin B = \frac{b \sin A}{a}$	
	AREA	$= \frac{b^2 \tan A}{2}$	c	$c = \frac{b \sin C}{\sin B} = \sqrt{a^2 + b^2} - 2 a b \cos C$	
A c	B a b	$B = 90 - A, a = c \sin A, b = c \cos A$	AREA	$= \frac{1}{2} a b \sin C$	
	AREA	$= \frac{c^2 \sin A \cos A}{2} \quad \& \quad \frac{c^2 \sin^2 A}{4}$	A	$\tan A = \frac{a \sin C}{b - c \cos C}$	
			c	$= \sqrt{a^2 + b^2} - 2 a b \cos C = \frac{a \sin C}{\sin A}$	
			AREA	$= \frac{1}{2} a b \sin C$	

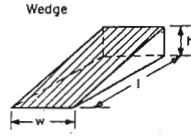
CALCULATIONS OF QUANTITIES FOR EXCAVATION



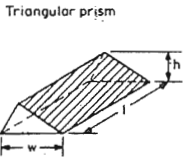
Volume = h^3 , as $h = w = l$



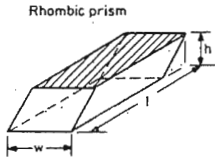
Volume = $l \times w \times h$



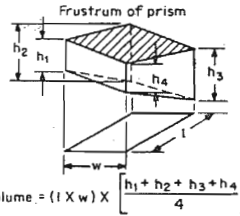
Volume = $\frac{l \times w \times h}{2}$



Volume = $\frac{l \times w \times h}{2}$

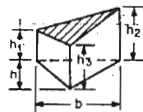


Volume = $l \times w \times h$



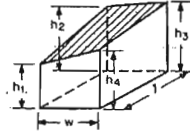
Volume = $(l \times w) \times \left[\frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \right]$

Truncated triangular prism



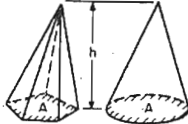
Volume = $\left[\frac{h \times b}{2} \right] \times \left[\frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} \right]$

Truncated rectangular prism



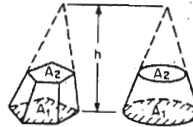
Volume = $l \times w \times \left[\frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \right]$

Pyramid and cone



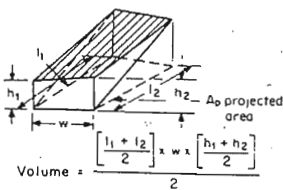
Volume = $\frac{A \times h}{3}$
A = area of base

Frustrum of pyramid and cone



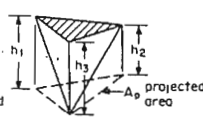
Volume = $\frac{h}{3} \times \left[A_1 + A_2 + (A_1 \times A_2)^{\frac{1}{2}} \right]$
 A_1, A_2 = areas of bases in parallel planes

Wedge-like prism



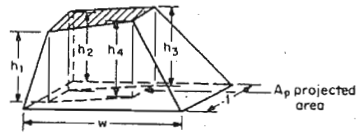
Volume = $\frac{\left[\frac{l_1 + l_2}{2} \right] \times w \times \left[\frac{h_1 + h_2}{2} \right]}{2}$

Pyramid, inverted



Volume = $\frac{A_p}{3} \times \left[\frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} \right]$

Irregular solid



Volume = $\left[\frac{(l \times w) + A_p}{2} \right] \times \left[\frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \right]$

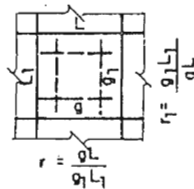
STRUCTURAL FORMULAR

การออกแบบแผ่นพื้นสองทาง โดยวิธีที่ 1 (มาตรฐาน ว.ส.ท. 1007-34)

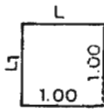
		ในทิศทาง L	ในทิศทาง L_1
โมเมนต์คัต	แถบแผ่นพื้น	$M = CBWL$	$M_1 = C_1 BW_1 L_1$
	คาน	$M = (1 - C) BWL$	$M_1 = (1 - C_1) BW_1 L_1$

		ในทิศทาง L	ในทิศทาง L_1
แรงเฉือน	แถบแผ่นพื้น	$V = C_s W$	$V_1 = C_{s1} W_1$
	คาน	$V = C_b W$	$V_1 = C_{b1} W_1$

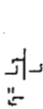
เมื่อ L หรือ L_1 มีค่าไม่น้อยกว่า $2/3$ หรือไม่เกิน $3/2$ ของช่วงต่อเนื่องที่อยู่ติดกันช่วงเดียว หรือหลายช่วงก็ตาม ให้หาค่า r หรือ r_1 จากกรณี 1 ถึง 6 (รูปที่ 1) ด้านนอกเหนือจากนี้ ให้หาค่า g และ g_1 โดยวิธีวิเคราะห์ทางอีลาสติก เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกเฉพาะช่วงที่กำลังพิจารณาเท่านั้น



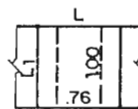
ทั่วไป



① $r = \frac{L}{L_1} = 1.00$



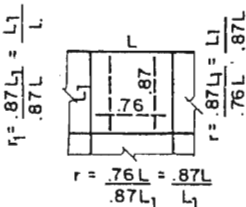
② $r = \frac{.87L}{L_1}$



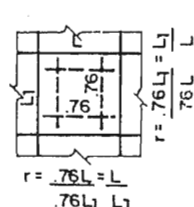
③ $r = \frac{.76L}{L_1}$



④ $r = \frac{.87L}{.87L_1} = \frac{L}{L_1}$



⑤ $r = \frac{.76L}{.87L_1} = \frac{.87L}{L_1}$



⑥ $r = \frac{.76L}{.76L_1} = \frac{L}{L_1}$

วิธีที่ 1 ตาราง 9101 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแผ่นพื้น

เลขบน		C_s					C	
เลขล่าง		C_{s1}					C_i	
r	$r_1 = \frac{1}{r}$	ค่าของ x						
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4		
0.00	∞	0.50 0.00	0.40 0.00	0.30 0.00	0.20 0.00	0.10 0.00	1.00 0.00	
0.50	2.00	0.44 0.06	0.36 0.03	0.27 0.02	0.18 0.00	0.09 0.00	0.89 0.06	
0.55	1.82	0.43 0.07	0.33 0.04	0.23 0.02	0.15 0.01	0.07 0.00	0.79 0.08	
0.60	1.67	0.41 0.09	0.30 0.05	0.20 0.03	0.12 0.01	0.05 0.00	0.70 0.10	
0.65	1.54	0.39 0.11	0.28 0.06	0.18 0.03	0.10 0.01	0.04 0.00	0.64 0.13	
0.70	1.43	0.37 0.13	0.26 0.08	0.16 0.04	0.09 0.01	0.03 0.00	0.58 0.15	
0.80	1.25	0.33 0.17	0.22 0.10	0.13 0.05	0.07 0.02	0.02 0.00	0.48 0.21	
0.90	1.11	0.29 0.21	0.19 0.13	0.11 0.07	0.05 0.03	0.01 0.01	0.40 0.27	
1.00	1.00	0.25 0.25	0.16 0.16	0.09 0.09	0.04 0.04	0.01 0.01	0.33 0.33	
1.10	0.91	0.21 0.29	0.13 0.19	0.07 0.11	0.03 0.05	0.01 0.01	0.28 0.39	
1.20	0.83	0.18 0.32	0.11 0.21	0.06 0.13	0.02 0.06	0.00 0.02	0.23 0.45	
1.30	0.77	0.16 0.34	0.10 0.23	0.05 0.14	0.02 0.07	0.00 0.03	0.19 0.51	
1.40	0.71	0.13 0.37	0.08 0.25	0.04 0.16	0.02 0.09	0.00 0.03	0.16 0.57	
1.50	0.67	0.11 0.39	0.07 0.27	0.04 0.17	0.01 0.10	0.00 0.04	0.14 0.61	
1.60	0.63	0.10 0.40	0.06 0.29	0.03 0.19	0.01 0.11	0.00 0.05	0.12 0.66	
1.80	0.55	0.07 0.43	0.04 0.33	0.02 0.23	0.01 0.15	0.00 0.07	0.08 0.79	
2.00	0.50	0.06 0.44	0.03 0.36	0.02 0.27	0.00 0.18	0.00 0.09	0.06 0.89	
∞	0.00	0.00 0.50	0.00 0.40	0.00 0.30	0.00 0.20	0.00 0.10	0.00 1.00	

วิธีที่ 1 ตาราง 9102 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคาน

เลขบน		C_b					1-C
เลขล่าง		C_{b1}					1-C ₁
r	$r_1 = \frac{1}{r}$	ค่าของ x					
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	
0.00	∞	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	1.00
0.50	2.00	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	0.11
		0.44	0.37	0.28	0.20	0.10	0.94
0.55	1.82	0.07	0.07	0.07	0.05	0.03	0.21
		0.43	0.36	0.28	0.19	0.10	0.92
0.60	1.67	0.09	0.10	0.10	0.08	0.05	0.30
		0.41	0.35	0.27	0.19	0.10	0.90
0.65	1.54	0.11	0.12	0.12	0.10	0.06	0.36
		0.39	0.34	0.27	0.19	0.10	0.87
0.70	1.43	0.13	0.14	0.14	0.11	0.07	0.42
		0.37	0.32	0.26	0.19	0.10	0.85
0.80	1.25	0.17	0.18	0.17	0.13	0.08	0.52
		0.33	0.30	0.24	0.18	0.10	0.79
0.90	1.11	0.21	0.21	0.19	0.15	0.09	0.60
		0.29	0.27	0.23	0.17	0.09	0.73
1.00	1.00	0.25	0.24	0.21	0.16	0.09	0.67
		0.25	0.24	0.21	0.16	0.09	0.67
1.10	0.91	0.29	0.27	0.23	0.17	0.09	0.72
		0.21	0.21	0.19	0.15	0.09	0.61
1.20	0.83	0.32	0.29	0.24	0.18	0.10	0.77
		0.18	0.19	0.17	0.14	0.08	0.55
1.30	0.77	0.34	0.30	0.25	0.18	0.10	0.81
		0.16	0.17	0.16	0.13	0.07	0.49
1.40	0.71	0.37	0.32	0.26	0.18	0.10	0.84
		0.13	0.15	0.14	0.11	0.07	0.43
1.50	0.67	0.39	0.33	0.26	0.19	0.10	0.86
		0.11	0.13	0.13	0.10	0.06	0.39
1.60	0.63	0.40	0.34	0.27	0.19	0.10	0.88
		0.10	0.11	0.11	0.09	0.05	0.34
1.80	0.55	0.43	0.36	0.28	0.19	0.10	0.92
		0.07	0.07	0.07	0.05	0.03	0.21
2.00	0.50	0.44	0.37	0.28	0.20	0.10	0.94
		0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	0.11
∞	0.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	1.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

การออกแบบแผ่นพื้นสองทาง โดยวิธีที่ 2 (มาตรฐาน ว.ส.ท. 1007-34)

น้ำหนักเฉลี่ยลงคานที่รองรับ

$$\text{สำหรับช่วงสั้น : } W = \frac{wS}{3}$$

น้ำหนักเฉลี่ยลงคานที่รองรับ

$$\text{สำหรับช่วงยาว : } W = \frac{wS}{3} \left(\frac{3-m^2}{2} \right)$$

$$\text{MOMENT} = C ws^2$$

C = สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์สำหรับแผ่นพื้นสองทาง ซึ่งให้ไว้ในตาราง 9103

m = อัตราส่วนระหว่างช่วงสั้นต่อช่วงยาว สำหรับแผ่นพื้นสองทาง

s = ความยาวของช่วงสั้นสำหรับแผ่นพื้นสองทาง โดยคิดระยะศูนย์กลางถึงศูนย์กลางระหว่างที่รองรับหรือช่วงว่างบวกกับอีก 2 เท่าของความหนาของแผ่นพื้น แล้วแต่ค่าไหนจะน้อยกว่ากัน

w = น้ำหนักบรรทุกแผ่กระจายทั้งหมดต่อตารางเมตร

วิธีที่ 2 ตาราง 9103 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์

โมเมนต์	ช่วงสั้น						ช่วงยาว สำหรับ m ทุกค่า
	ค่าต่าง ๆ ของ m						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5 และ ต่ำกว่า	
กรณีที่ 1 ช่วงที่ภายใน โมเมนต์ลบ - ที่คานซึ่งต่อเนื่องกัน - ที่คานซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.033 - 0.025	0.040 - 0.030	0.048 - 0.036	0.055 - 0.041	0.063 - 0.047	0.083 - 0.062	0.033 - 0.025
กรณีที่ 2 ไม่ต่อเนื่องกันด้านเดียว โมเมนต์ลบ - ที่คานซึ่งต่อเนื่องกัน - ที่คานซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.041 0.021 0.031	0.048 0.024 0.036	0.055 0.027 0.041	0.062 0.031 0.047	0.069 0.035 0.052	0.085 0.042 0.064	0.041 0.021 0.031
กรณีที่ 3 ไม่ต่อเนื่องกันสองด้าน โมเมนต์ลบ - ที่คานซึ่งต่อเนื่องกัน - ที่คานซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.049 0.025 0.037	0.057 0.028 0.043	0.064 0.032 0.048	0.071 0.036 0.054	0.078 0.039 0.059	0.090 0.045 0.068	0.049 0.025 0.037
กรณีที่ 4 ไม่ต่อเนื่องกันสามด้าน โมเมนต์ลบ - ที่คานซึ่งต่อเนื่องกัน - ที่คานซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.058 0.029 0.044	0.066 0.033 0.050	0.074 0.037 0.056	0.082 0.041 0.062	0.090 0.045 0.068	0.098 0.049 0.074	0.058 0.029 0.044
กรณีที่ 5 ไม่ต่อเนื่องกันทั้งสี่ด้าน โมเมนต์ลบ - ที่คานซึ่งต่อเนื่องกัน - ที่คานซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	- 0.033 0.050	- 0.038 0.057	- 0.043 0.064	- 0.047 0.072	- 0.053 0.080	- 0.055 0.083	- 0.033 0.050

การออกแบบแผ่นพื้นสองทาง โดยวิธีที่ 3 (มาตรฐาน ว.ส.ท. 1007-34)










วิธีที่ 3 ตาราง 9104 สัมประสิทธิ์สำหรับโมเมนต์ลบในแผ่นพื้น

$$M_{A \text{ neg}} = C_{A \text{ neg}} \times w \times A^2$$

w = น้ำหนักกระจายของน้ำหนัก

$$M_{B \text{ neg}} = C_{B \text{ neg}} \times w \times B^2$$

คงที่บวกกับน้ำหนักจร










อัตราส่วน $m = \frac{A}{B}$		กรณีที่ 1 	กรณีที่ 2 	กรณีที่ 3 	กรณีที่ 4 	กรณีที่ 5 	กรณีที่ 6 	กรณีที่ 7 	กรณีที่ 8 	กรณีที่ 9 
1.00	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.045 0.045		0.050 0.050	0.075	0.071		0.033 0.061	0.061 0.033
0.95	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.050 0.041		0.055 0.045	0.079	0.075		0.038 0.067	0.065 0.029
0.90	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.055 0.037		0.060 0.040	0.080	0.079		0.043 0.062	0.068 0.025
0.85	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.060 0.031		0.066 0.034	0.082	0.083		0.049 0.057	0.072 0.021
0.80	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.065 0.027		0.071 0.029	0.083	0.086		0.055 0.051	0.075 0.017
0.75	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.069 0.022		0.076 0.024	0.085	0.088		0.061 0.044	0.078 0.014
0.70	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.074 0.017		0.081 0.019	0.086	0.091		0.068 0.038	0.081 0.011
0.65	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.077 0.014		0.085 0.015	0.087	0.093		0.074 0.031	0.083 0.008
0.60	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.081 0.010		0.089 0.011	0.088	0.095		0.080 0.024	0.085 0.006
0.55	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.084 0.007		0.092 0.008	0.089	0.096		0.085 0.019	0.086 0.005
0.50	$C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0.086 0.006		0.094 0.006	0.090	0.097		0.089 0.014	0.088 0.003

* ขอบที่มีเส้นแรง แสดงว่าที่รองรับของแผ่นพื้นด้านนั้นมีกำลังค้ำยัน หรือติดตาย และขอบที่ไม่มีเส้นแรง แสดงว่าที่รองรับด้านนั้นมีความต้านทานแรงบิดน้อยมาก

วิธีที่ 3 ตาราง 9105 สัมประสิทธิ์สำหรับโมเมนต์บวกในแผ่นพื้น
 คิดเฉพาะน้ำหนักบรรทุกคงที่เท่านั้น*

$$M_{A \text{ pos DL}} = C_{A \text{ DL}} \times w \times A^2 \quad w = \text{น้ำหนักคงที่แผ่กระจาย}$$

$$M_{B \text{ pos DL}} = C_{B \text{ DL}} \times w \times B^2 \quad \text{ทั้งหมด}$$

อัตราส่วน $m = \frac{A}{B}$		กรณีที่ 1 	กรณีที่ 2 	กรณีที่ 3 	กรณีที่ 4 	กรณีที่ 5 	กรณีที่ 6 	กรณีที่ 7 	กรณีที่ 8 	กรณีที่ 9 
1.00	$C_{A \text{ DL}}$	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{B \text{ DL}}$	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$C_{A \text{ DL}}$	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{B \text{ DL}}$	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{A \text{ DL}}$	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{B \text{ DL}}$	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$C_{A \text{ DL}}$	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{B \text{ DL}}$	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{A \text{ DL}}$	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$C_{B \text{ DL}}$	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$C_{A \text{ DL}}$	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{B \text{ DL}}$	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{A \text{ DL}}$	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{B \text{ DL}}$	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{A \text{ DL}}$	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{B \text{ DL}}$	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{A \text{ DL}}$	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{B \text{ DL}}$	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{A \text{ DL}}$	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.58	0.81	0.52	0.37
	$C_{B \text{ DL}}$	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{A \text{ DL}}$	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{B \text{ DL}}$	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

- * ขอบที่มีเส้นแวง แสดงว่าที่รองรับของแผ่นพื้นด้านนั้นมีการต่อเนื่อง หรือติดตาย และขอบที่ไม่มีเส้นแวง แสดงว่าที่รองรับด้านนั้นมีความต้านทานแรงบิดน้อยมาก

วิธีที่ 3 ตาราง 9106 สัมประสิทธิ์สำหรับโมเมนต์บวกในแผ่นพื้น
คิดเฉพาะน้ำหนักบรรทุกเท่านั้น*

โดยที่

$$M_{A \text{ pos DL}} = C_{A \text{ DL}} \times w \times A^2$$

$$w = \text{น้ำหนักคงที่แผ่กระจาย}$$










$$M_{B \text{ pos DL}} = C_{B \text{ DL}} \times w \times B^2$$

ทั้งหมด

อัตราส่วน $m = \frac{A}{B}$	อัตราส่วน	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4	กรณีที่ 5	กรณีที่ 6	กรณีที่ 7	กรณีที่ 8	กรณีที่ 9
1.00	$C_{A \text{ LL}}$	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$C_{B \text{ LL}}$	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$C_{A \text{ LL}}$	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$C_{B \text{ LL}}$	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$C_{A \text{ LL}}$	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$C_{B \text{ LL}}$	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$C_{A \text{ LL}}$	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$C_{B \text{ LL}}$	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$C_{A \text{ LL}}$	0.058	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$C_{B \text{ LL}}$	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$C_{A \text{ LL}}$	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$C_{B \text{ LL}}$	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$C_{A \text{ LL}}$	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$C_{B \text{ LL}}$	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$C_{A \text{ LL}}$	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$C_{B \text{ LL}}$	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$C_{A \text{ LL}}$	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$C_{B \text{ LL}}$	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$C_{A \text{ LL}}$	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$C_{B \text{ LL}}$	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$C_{A \text{ LL}}$	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$C_{B \text{ LL}}$	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

- * ขอบที่มีเส้นแรเงา แสดงว่าที่รองรับของแผ่นพื้นด้านนั้นมีการต่อเนื่อง และขอบที่ไม่มีเส้นแรเงา แสดงว่าที่รองรับด้านนั้นมีความต้านทานแรงบิดน้อยมาก

วิธีที่ 3 ตาราง 9107 อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักบรรทุก w ในทิศทาง A และ B สำหรับ
 คัดแรงเฉือนในแผ่นพื้น และน้ำหนักบรรทุกที่ลงบนที่รองรับ*

อัตราส่วน $m = \frac{A}{B}$		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4	กรณีที่ 5	กรณีที่ 6	กรณีที่ 7	กรณีที่ 8	กรณีที่ 9
		A 								
1.00	W_A	0.50	0.50	0.17	0.50	0.83	0.71	0.29	0.33	0.67
	W_B	0.50	0.50	0.83	0.50	0.17	0.29	0.71	0.67	0.33
0.95	W_A	0.55	0.55	0.20	0.55	0.86	0.75	0.33	0.38	0.71
	W_B	0.45	0.45	0.80	0.45	0.14	0.25	0.67	0.62	0.29
0.90	W_A	0.60	0.60	0.23	0.60	0.88	0.79	0.38	0.43	0.75
	W_B	0.40	0.40	0.77	0.40	0.12	0.21	0.62	0.57	0.25
0.85	W_A	0.66	0.66	0.28	0.66	0.90	0.83	0.43	0.49	0.79
	W_B	0.34	0.34	0.72	0.34	0.10	0.17	0.57	0.51	0.21
0.80	W_A	0.71	0.71	0.33	0.71	0.92	0.86	0.49	0.55	0.83
	W_B	0.29	0.29	0.67	0.29	0.08	0.14	0.51	0.45	0.17
0.75	W_A	0.76	0.76	0.39	0.76	0.94	0.88	0.56	0.61	0.86
	W_B	0.24	0.24	0.61	0.24	0.06	0.12	0.44	0.39	0.14
0.70	W_A	0.81	0.81	0.45	0.81	0.95	0.91	0.62	0.68	0.89
	W_B	0.19	0.19	0.55	0.19	0.05	0.09	0.38	0.32	0.11
0.65	W_A	0.85	0.85	0.53	0.85	0.96	0.93	0.69	0.74	0.92
	W_B	0.15	0.15	0.47	0.15	0.04	0.07	0.31	0.26	0.08
0.60	W_A	0.89	0.89	0.61	0.89	0.97	0.95	0.76	0.80	0.94
	W_B	0.11	0.11	0.39	0.11	0.03	0.05	0.24	0.20	0.06
0.55	W_A	0.92	0.92	0.69	0.92	0.98	0.96	0.81	0.85	0.95
	W_B	0.08	0.08	0.31	0.08	0.02	0.04	0.19	0.15	0.05
0.50	W_A	0.94	0.94	0.76	0.94	0.99	0.97	0.86	0.89	0.97
	W_B	0.06	0.06	0.24	0.06	0.01	0.03	0.14	0.11	0.03

- * ขอบที่มีเส้นแวง แสดงว่าที่รองรับของแผ่นพื้นด้านนั้นมีการต่อเนื่อง หรือติดตาย และขอบที่ไม่มีเส้นแวง แสดงว่าที่รองรับด้านนั้นมีความต้านทานแรงบิดน้อยมาก

การออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กไร้คาน (มาตรฐาน ว.ส.ท. 1007-34)

1. ผลรวมตามตัวเลขของโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบในทิศทางแต่ละด้านของช่วงพื้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าต้องไม่น้อยกว่า

$$M_0 = 0.09 WLF \left(1 - \frac{2c}{3L}\right)^2$$

โดยที่ $F = 1.15 - c/L$ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1 ; c = ขนาดประสิทธิภาพของที่รองรับ

2. โมเมนต์ดัด ณ หน้าที่ดัดวิกฤตของแถบเสา และแถบกลาง ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในตาราง 7204 (ฉ)

ความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้นไร้คาน

$\frac{L}{36}$ สำหรับแผ่นพื้นที่ไม่มีแป้นหัวเสา

$\frac{L}{40}$ สำหรับแผ่นพื้นที่มีแป้นหัวเสา ความหนาของแผ่นพื้นต้องไม่น้อยกว่า 10 ซม.

เมื่อ L = ความยาวช่วงของแผ่นพื้นไร้คานจากศูนย์ถึงศูนย์ของที่รองรับ

ร้อยละของน้ำหนักบรรทุกของช่วงพื้นที่รองรับโดยคานขอบหรือผนังเป็นตัวรับเพิ่มเติมจากน้ำหนักที่กระทำโดยตรง	ชนิดของที่รองรับที่ปรากฏในตาราง 7204 (ฉ)		
	ที่รองรับด้านข้างขนานกับแถบ	สภาพขอบด้านข้างหรือคานปลายตรงขอบของแผ่นพื้นที่มีความหนา e	ที่รองรับที่ปลายซึ่งตั้งฉากกับแถบ
0	1	เสาที่ไม่มีคาน	A
20	2	เสาที่มีคานลึก $1\frac{1}{2}e$	
40	3	เสาที่มีคานลึก $3e$ หรือมากกว่า	B
		ผนัง ค.ส.ล. หล่อเป็นเนื้อเดียวกับแผ่นพื้น	
		ผนังก่อหรือผนังอย่างอื่นซึ่งให้สภาพยึดรั้งน้อยมาก	C

ตารางที่ 7204 (ฉ) โมเมนต์ในช่วงแผ่นพื้นไร้คานคิดเป็นร้อยละของ M_0

แถบ	หัวเสา	ชนิดของ ที่รองรับ ด้านข้าง	ชนิดของ ที่รองรับ ที่ปลาย	ช่วงพื้นริมออกสุด			ช่วงพื้นภายใน	
				โมเมนต์ลบ ริมออกสุด	โมเมนต์ บวก	โมเมนต์ ลบภายใน	โมเมนต์ บวก	โมเมนต์ ลบ
แถบเสา	มีแป้น		A	44	24	56	20	50
			B	36				
			C	6				
	ไม่มี แป้น		A	40	28	50	22	46
			B	32				
			C	6				
แถบกลาง	มีแป้น		A	10	20	17*	15	15*
			B	20				
			C	6				
	ไม่มี แป้น		A	10	20	18*	16	16*
			B	20				
			C	6				
ครึ่งแถบเสา ที่อยู่ติดกับคาน ขอบหรือผนัง	มีแป้น	1	A	22	12	28	10	25
			B	18				
			C	3				
		2	A	17	9	21	8	19
			B	14				
			C	3				
		3	A	11	6	14	5	13
			B	9				
			C	3				
	ไม่มี แป้น	1	A	20	14	25	11	23
			B	16				
			C	3				
		2	A	15	11	19	9	18
			B	12				
			C	3				
3		A	10	7	13	6	12	
		B	8					
		C	3					

* ถ้าแถบกลางต่อเนื่องกัน ผ่านที่รองรับชนิด B หรือ C ให้เพิ่มโมเมนต์ลบจากที่แสดงไว้ในตารางอีกร้อยละ 30 สำหรับค้ำอื่น ๆ ไม่ต้องเพิ่ม

หมายเหตุ : สำหรับอัตราส่วนอื่นระหว่างความลึกของคานต่อความหนาของแผ่นพื้นให้ใช้ค่าเทียบจากอัตราส่วนของหน้าหนักและโมเมนต์ รูป 7204 (ฉ) ก และ 7204 (ฉ) ข ด้วย

ชั้นพื้น	ภายใน				ภายนอก						
	ที่รองรับ	กึ่งกลางช่อง	ที่รองรับภายในตัวแรก	กึ่งกลางช่อง	ที่รองรับหัวรับเสาจุด	ที่รองรับภายในตัวแรก		กึ่งกลางช่อง	ที่รองรับหัวรับเสาจุด		
โมเมนต์					B	A			C		
ที่รองรับที่ปลาย											
ศรีนแบบเสริมเหล็ก	ที่รองรับด้านข้าง	3	-12	+6	-13	+7	-8	-10	-17	+10	-3
		2	-18	+9	-19	+11	-12	-15	-25	+15	-3
		1	-23	+11	-25	+14	-16	-20	-33	+21	-3
แบบตรง		-16*	+16	-18*	+20	-20	-10	-24*	+28	-6	
แบบเสา		-46	+22	-50	+28	-32	-40	-66	+40	-6	

← ที่ค้ำของโมเมนต์ →

รูป 7204 (ฉ) ก-โมเมนต์ในแผ่นพื้นไร้คาน คิดเป็นร้อยละของ Mo - ไม่มีบันทึหั่วเสา

(ดูหมายเหตุในตาราง 7204 (ฉ) ว่าด้วยการแบ่งประเภทของปลายที่รองรับและที่รองรับด้านข้าง)

* ถ้าแถบกลางต่อเนื่องกันผ่านเหนือที่รองรับชนิด B หรือชนิด C ให้เพิ่มค่าโมเมนต์ลบอีกร้อยละ 30 สำหรับค่าอื่นนอกจากนั้นไม่ต้องเพิ่ม

ชั้นพื้น	ภายใน				ภายนอก						
	ที่รองรับ	กึ่งกลางช่อง	ที่รองรับภายในตัวแรก	กึ่งกลางช่อง	ที่รองรับหัวรับเสาจุด	ที่รองรับภายในตัวแรก		กึ่งกลางช่อง	ที่รองรับหัวรับเสาจุด		
โมเมนต์					B	A			C		
ที่รองรับที่ปลาย											
ศรีนแบบเสริมเหล็ก	ที่รองรับด้านข้าง	3	-13	+5	-18	+8	-9	-11	-18	+9	-3
		2	-19	+8	-21	+9	-14	-17	-27	+14	-3
		1	-24	+10	-28	+12	-18	-22	-36	+18	-3
แบบตรง		-15*	+15	-17*	+20	-20	-10	-22*	+26	-6	
แบบเสา		-50	+20	-66	+24	-36	-44	-72	+36	-6	

← ที่ค้ำของโมเมนต์ →

รูป 7204 (ฉ) ข-โมเมนต์ในแผ่นพื้นไร้คาน คิดเป็นร้อยละของ Mo - ไม่มีบันทึหั่วเสา

(ดูหมายเหตุในตาราง 7204 (ฉ) ว่าด้วยการแบ่งประเภทของปลายที่รองรับและที่รองรับด้านข้าง)

* ถ้าแถบกลางต่อเนื่องกันผ่านเหนือที่รองรับชนิด B หรือชนิด C ให้เพิ่มค่าโมเมนต์ลบอีกร้อยละ 30 สำหรับค่าอื่นนอกจากนั้นไม่ต้องเพิ่ม

โมเมนต์และแรงเฉือนในแผ่นพื้นและคาน

ในกรณีที่โครงสร้างมีช่วงตั้งแต่สองช่วงขึ้นไป และความยาวช่วงเกือบเท่ากัน โดยความยาวของช่วงที่เคียงกันยาวกว่าช่วงสั้นไม่เกิน 1.2 เท่า และน้ำหนักบรรทุกแผ่เท่ากันเต็ม ช่วงบนของค้ำอาคารดังกล่าวและน้ำหนักบรรทุกจรมากกว่าน้ำหนักบรรทุกคงที่ไม่เกิน 3 เท่าแล้ว หากไม่หาโมเมนต์และแรงเฉือนโดยการวิเคราะห์อย่างละเอียด อาจใช้ค่าที่ให้ไว้ดังต่อไปนี้ :-

โมเมนต์บวก

คานช่วงนอก :

- ปลายโมยึดร่วมกับที่รองรับ $\frac{1}{11} wL'^2$
 - ปลายหล่อเป็นเนื้อเดียวกับที่รองรับ $\frac{1}{14} wL'^2$
- คานช่วงใน :
- $\frac{1}{16} wL'^2$

โมเมนต์ลบ :

- โมเมนต์ที่ขอบนอกของที่รองรับ
- ตัวในแรก เมื่อมีช่วงต่อเนื่องกัน 2 ช่วง $\frac{1}{9} wL'^2$
- เมื่อมีช่วงต่อเนื่องกันมากกว่า 2 ช่วง $\frac{1}{10} wL'^2$
- โมเมนต์ที่ขอบของที่รองรับตัวในอื่น ๆ $\frac{1}{11} wL'^2$
- โมเมนต์ที่ขอบของที่รองรับทุกแห่งสำหรับ

(ก) แผ่นพื้นที่มีช่วงยาวไม่เกิน 3.00 ม. และ

(ข) คานที่มีอัตราส่วนผลรวมของสติเฟเนสของเสา

ต่อของคานที่มีบรรับกันมากกว่า 8 $\frac{1}{12} wL'^2$

- โมเมนต์ที่ขอบในของที่รองรับตัวริมและองค้ำอาคาร
- หล่อเป็นเนื้อเดียวกับที่รองรับ $\frac{1}{24} wL'^2$
- เมื่อที่รองรับเป็นคานขอบ $\frac{1}{16} wL'^2$
- เมื่อที่รองรับเป็นเสา

แรงเฉือน :

- แรงเฉือนที่ขอบของที่รองรับตัวในแรก $1.15 \frac{wL'}{2}$
- แรงเฉือนที่ขอบของที่รองรับตัวอื่น ๆ $\frac{wL'}{2}$

หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต (working stress design)

รายการ		หน่วยแรงที่ยอมให้ กก./ซม. ²						
		สำหรับกำลัง อัดต่าง ๆ ของคอนกรีต	กำลังอัดของคอนกรีต f'_c					
			100	150	200	250	300	350
อัตราส่วนโมดูลัส n สำหรับคอนกรีตหนัก 2.323 ตัน/ม ³	n	$\frac{2,040,000}{15,210 \sqrt{f'_c}}$	14	11	10	9	8	7
แรงค้ำ: - หน่วยแรงอัดที่ผิว - หน่วยแรงดึงที่ผิวในฐานราก และ กำแพงคอนกรีตล้วน	f_c f_c	$0.45 f'_c$ $0.42 \sqrt{f'_c}$	45 4.2	67.5 5.2	90 6.0	112.5 6.6	135 7.3	157.5 7.9
แรงเฉือน: - คานที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน - ดงที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน - องค์กรอาคารเสริมเหล็กลวดดึงหรือคอกม้า หรือใช้ประกอบกันอย่างเหมาะสม - แผ่นพื้นและฐานราก (แรงเฉือน ตามเส้นขอบ)	v_c v_c v v_c	$0.29 \sqrt{f'_c}$ $0.32 \sqrt{f'_c}$ $1.32 \sqrt{f'_c}$ $0.53 \sqrt{f'_c}$	2.9 3.2 13.2 5.3	3.6 3.9 16.2 6.5	4.1 4.5 18.7 7.5	4.6 5.0 20.9 8.4	5.0 5.5 22.9 9.2	5.4 6.0 24.7 9.9
แรงแบกทาน : f_c - รับเต็มเนื้อที่ - รับหนึ่งในสามของเนื้อที่หรือ น้อยกว่า*		$0.25 f'_c$ $0.37 f'_c$	25.0 37.0	37.5 55.5	50.5 74.0	62.5 92.5	75.0 111.0	87.5 129.5

* ค่าที่เพิ่มให้ที่นี่ใช้เฉพาะเมื่อระยะสั้นสุดระหว่างขอบของเนื้อที่แบกทาน และไม่แบกทาน มีความยาวไม่น้อยกว่าหนึ่งในสี่ของมิติด้านขนานของเนื้อที่แบกทาน สำหรับเนื้อที่แบกทาน ซึ่งนับว่าเรียงศูนย์ร่วมและมีเนื้อที่มากกว่าหนึ่งในสามของเนื้อที่เต็ม ให้ใช้หน่วยแรงที่ยอมให้เป็นส่วนระหว่างค่าทั้งสองที่กำหนดให้

PRESTRESSED CONCRETE DESIGN FORMULAR

1. Structural Analysis

By Equivalent Frame Method (ACI 318-89, Clause 13.7)

2. Losses

a) Elastic loss

$$\Delta_{es} = \frac{E_s f_i}{2E_c}$$

where f_i = Stress in adjacent adjacent to tendon

b) Creep of concrete

$$\Delta_{cr} = 3.6 \times 10^{-6} \times \frac{420}{U_t} \times f_i \times E_c \quad [\text{CP. 110 clause 4.8.3.6}]$$

where U_t = Ultimate strength of concrete

c) Shrinkage of concrete

$$\Delta_{sh} = 300 \times 10^{-6} E_c$$

d) Friction & Wobble loss

$$P_e = P_i e^{-(\mu \alpha + k)l}$$

where P_e = Effective force

P_i = Initial force

μ = Coefficient of friction

α = Total angle change (radian)

k = Wobble factor

l = Length of tendon

e) Grip set losse

$$X = \sqrt{\frac{SALEs}{a}}$$

$$p = \frac{2 \times a}{L}$$

where x = Length of drawn-in of strand

S = Grip seating distance

A = Area if strand

a = Total friction loss

3. Elastic stresses

$$f = \frac{P}{A} + \frac{P_e}{Z} + \frac{M}{Z}$$

where f = Elastic Fiber stresses

P = Effective force

A = Area of concrete

e = Eccentricity of tendon

Z = Section Modulus

M = External Moments

4. Ultimate Flexural Strength (Unbonded Tendon)

a) When $p \text{ fps} < 0.3$ then section is underreinforced

$f'c$

$$\phi M_n = \phi A_p s \text{ fps} (d - a/2)$$

$$a = \frac{A_p s \text{ fps}}{0.85 f_{cb}}$$

$$P_p = \frac{A_{ps}}{bd}$$

$$f_{ps} = f_{se} + 703.3 + \frac{f_c'}{100 P_p}$$

where f_{se} = effective stresses in strand

A_{ps} = Area of strand

d = effective depth

b) When bonded non-prestressing Steel is included

$$\phi M_n = \phi [A_{ps} f_{ps}(d-p-a/2) + A_s f_y (d-a/2)]$$

$$a = \frac{A_{ps} f_{ps} + A_s f_y}{0.85 f_c' b}$$

5 Ultimate Flexural Strength (Bonded Tendon)

a) When $\frac{p_p f_{ps}}{f'_c} < 0.3$ then section is underreinforced

$$\phi M_n = \phi A_{ps} f_{ps} (d - a/2)$$

$$a = \frac{A_{ps} f_{ps}}{0.85 f'_c b}$$

$$p_p = \frac{A_{ps}}{b d}$$

$$f_{ps} = f_{pu} (1 - 0.5 \frac{p_p f_{pu}}{f'_c})$$

where f_{pu} = Ultimate stresses in strand

A_{ps} = Area of strand

d = effective depth

b) When bonded non-prestressing Steel is included

$$\phi M_n = \phi [A_{ps} f_{ps} (d_p - a/2) + A_s f_y (d - a/2)]$$

$$a = \frac{A_{ps} f_{ps} + A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

6 Web Shear Strength (or Punching Shear Strength)

$$V_{cw} = (0.93 \sqrt{f'_c} + 0.3 f_{pe}) b_w d + V_p$$

where V_p = vertical force due to prestressing force.

7 Flexural Shear Strength (or Beam Shear Strength)

$$V_{ci} = 0.16 \sqrt{f'_c} b_w d + \frac{V_i M_{cr} + V_d}{M_{max}} \\ \geq 0.45 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$\text{and } M_{cr} = (1.6 \sqrt{f'_c} + f_{pe} + f_d) Z_{to}$$

where V_i = factored shear force at section, simultaneously with M_{max} ;

M_{max} = maximum factored moment at section;

V_d = shear force at section due to unfactored dead load;

f_{pe} = compressive stress in concrete due to effective prestress forces only, at extreme fiber of section where tensile stress is caused by externally applied load; and

f_d = stress due to unfactored dead load at extreme fiber of the section at zero prestressing force ($f_{ps} = 0$), e.g. at the end of pre-tensioned beam.

For simplification:

$$V_c = (0.16 \sqrt{f'_c} + 49 \frac{V_u d}{M_u}) b_w d$$

where V_u = factored shear force at section; and

M_u = factored moment at section.

8 Shear Reinforcement

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

where s = stirrup spacing;

A_v = cross section area of shear reinforcement;

f_y = yield strength of shear reinforcement; and

V_s = nominal shear force resisted by steel.

And; $V_s = V_u - V_{ci}$

or $V_s = V_u - V_{cw}$ whichever smaller

The maximum spacing of stirrup

$$S \leq 3h/4; \text{ if } V_s \geq 0.53 f'_c b_w d$$

$$S \leq 3h/8; \text{ if } V_s \geq 1.06 f'_c b_w d$$

$$\leq 60 \text{ cm.}$$

In case of sufficient concrete shear strength, minimum area of shear reinforcement is controlled by stirrup spacing

$$S = \frac{80 A_v f_y d}{A_{ps} f_{pu} \sqrt{d/b_w}}$$

where f_{pu} = ultimate tensile strength of prestressing tendon; and

h = total depth of beam.

Friction Coefficients for Post-Tensioning Tendons

Type of Tendon	Wobble Coefficient K per foot	Curvature coefficient μ
Grouted tendons in metal sheathing		
Wire tendons	0.0010–0.0015	0.15–0.25
High-strength bars	0.0001–0.0006	0.08–0.30
Seven-wire strand	0.0005–0.0020	0.15–0.25
Unbonded tendons		
Mastic coated		
Wire tendons	0.0010–0.0020	0.05–0.15
Seven-wire strand	0.0010–0.0020	0.05–0.15
Pregreased		
Wire tendons	0.0003–0.0020	0.05–0.15
Seven-wire strand	0.0003–0.0020	0.05–0.15

Source: Adapted with permission of the American Concrete Institute from ACI Building Code Commentary 318R-83

ความหนาอย่างน้อยที่สุดของคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมอัดแรงในคาน (มาตรฐาน ว.ส.ท)

สภาพการเนืยวรั้ง	ความกว้างของคาน* (มม.)	ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมอัดแรง (มม.) สำหรับระยะเวลาคงทนต่อเพลิงไหม้				
		1 ชม.	1½ ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.
- ไม่เนืยวรั้ง	200	45	50	65	115**	—
- มีการเนืยวรั้ง	200	40	40	45	50**	65***
- ไม่เนืยวรั้ง	> 300	40	45	50	65	75
- มีการเนืยวรั้ง	> 300	40	40	40	45	50

ความหนาอย่างน้อยที่สุดของคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมอัดแรง เพื่อความคงทนต่อเพลิงไหม้

สภาพการเนืยวรั้ง	ชนิดของมวลรวม	ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมอัดแรง (มม.) สำหรับระยะเวลาคงทนต่อเพลิงไหม้				
		1 ชม.	1½ ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.
- ไม่เนืยวรั้ง	คาร์บอนเนต	20	25	35	45	—
- ไม่เนืยวรั้ง	ซิลิเซียส	20	30	40	55	—
- มีการเนืยวรั้ง	คาร์บอนเนต	20	20	20	25	30
- มีการเนืยวรั้ง	ซิลิเซียส	20	20	20	25	30

* สำหรับคานที่มีความกว้างระหว่าง 200–300 มม. ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมอัดแรง หาได้จากการประมาณค่าโดยการอินเทอร์โพลेट (interpolation)

** ความกว้างจริงของคานไม่ควรน้อยกว่า 240 มม. แต่แสดงค่าไว้เพื่อให้ประมาณค่าโดยการอินเทอร์โพลेटได้

*** ความกว้างจริงของคานไม่ควรน้อยกว่า 280 มม.

AASHTO Lump Sum Losses

Type of prestressing steel	Total loss	
	$f'_c = 4,000$ psi (280 ksc)	$f'_c = 5,000$ psi (350 ksc)
Pretensioning: Strand		45,000 psi (3,160 ksc)
Post-tensioning: ^a Wire or strand	32,000 psi (2,270 ksc)	33,000 psi (2,320 ksc)
Bars	22,000 psi (1,570 ksc)	23,000 psi (1,620 ksc)

^aLosses due to friction are excluded.

PTI Lump Sum Losses for Post-Tensioned Members

Type of Post-Tensioning Steel	Total Loss ^a	
	Slabs	Beams and Joists
Stress-relieved grade 270 strand and stress-relieved grade 240 wire Bars	30,000 psi (207 MPa)	35,000 psi (241 MPa)
Low-relaxation grade 270 strand	20,000 psi (138 MPa)	25,000 psi (172 MPa)
	15,000 psi (103 MPa)	20,000 psi (138 MPa)

^aLosses due to friction are excluded.

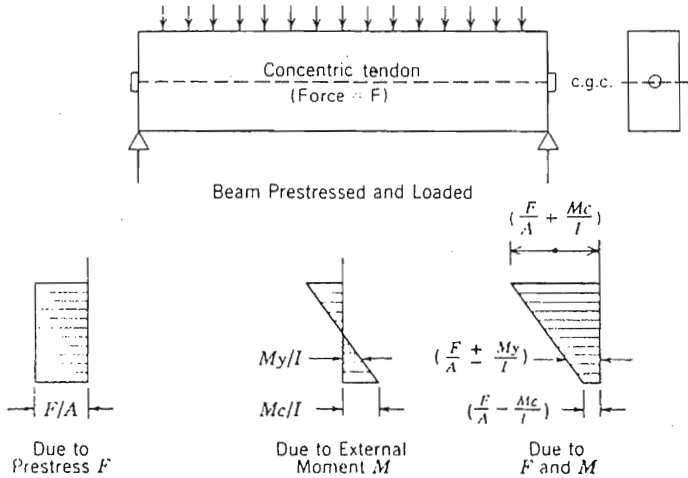
ESTIMATED TOTAL LOSSES

	Pretensioning, %	Posttensioning, %
Elastic shortening and bending of concrete	4	1
Creep of concrete	6	5
Shrinkage of concrete	7	6
Steel relaxation	8	8
Total loss	25	20

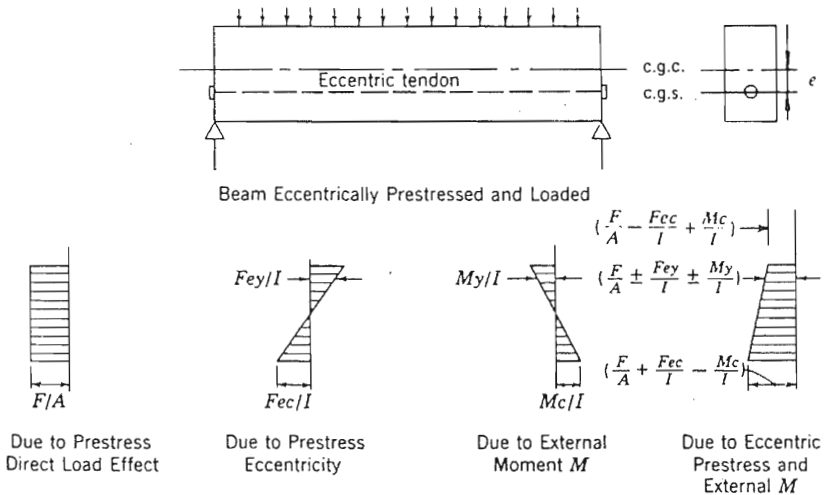
Source : Design of Prestressed concrete Structures T.Y. LIN

General Principles of Prestressed Concrete

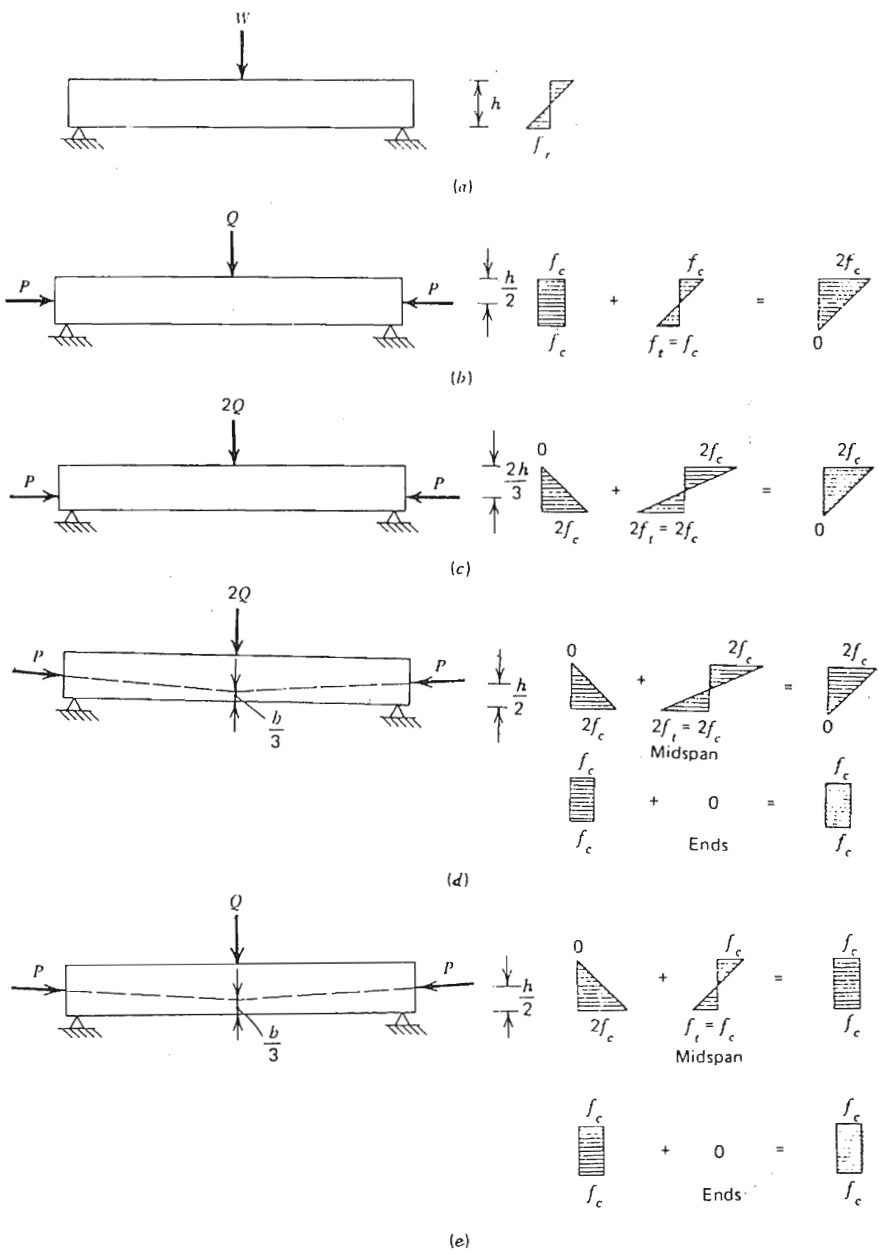
$$\text{Elastic Stresses : } f = \frac{F}{A} \pm \frac{Fey}{I} \pm \frac{My}{I}$$



Stress distribution across a concentrically prestressed-concrete section.

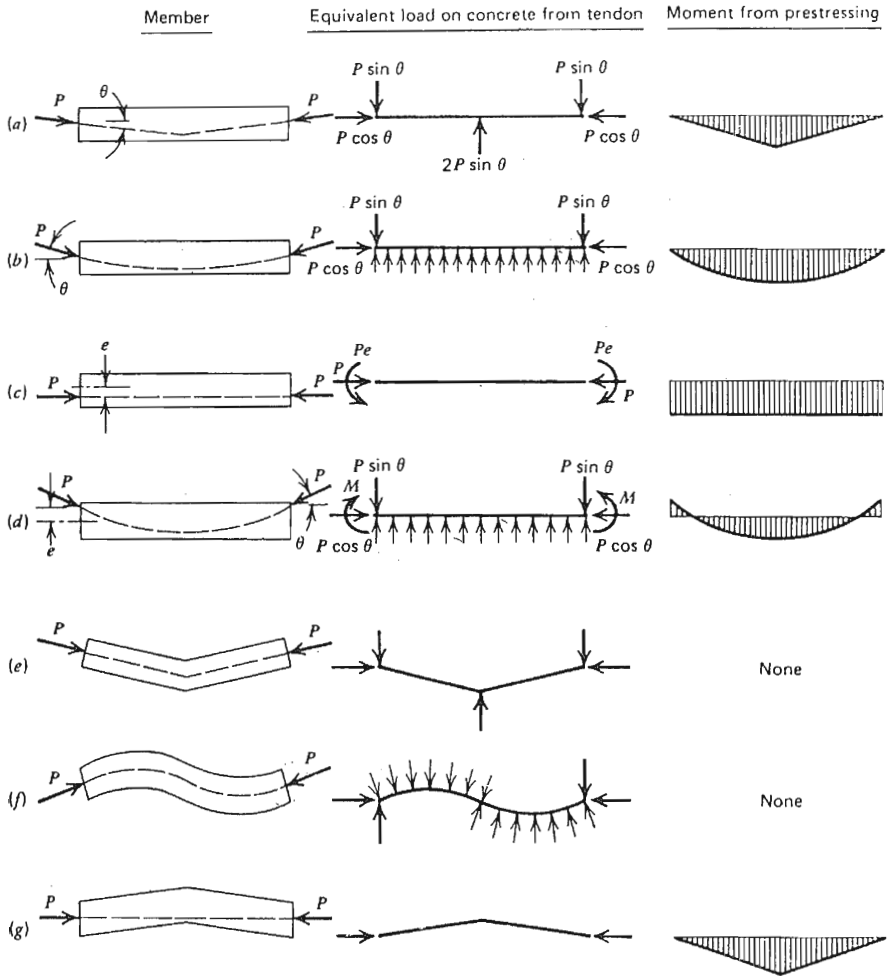


Stress distribution across an eccentrically prestressed-concrete section.



BASIC CONCEPTS

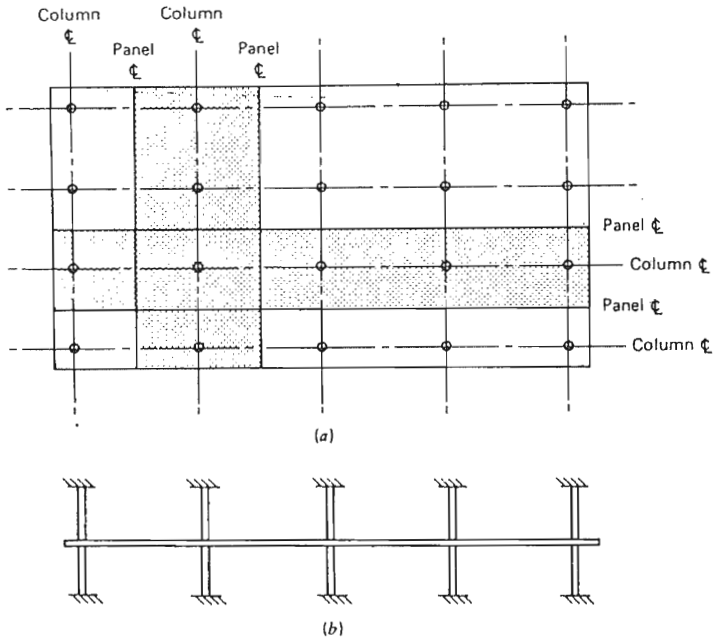
for prestressing a rectangular concrete beam. (a) Plain concrete beam. (b) Axially prestressed beam. (c) Eccentrically prestressed beam. (d) Beam prestressed with variable eccentricity. (e) Balanced load stage for a beam with variable eccentricity.



BASIC CONCEPTS :

Equivalent loads and moments produced by prestressing tendons.

THE EQUIVALENT FRAME METHOD (ACI 318-89, Clause 13.7)



Building idealization for equivalent frame analysis. (a) Plan. (b) Elevation.

The actual column and transverse slab strip are replaced by an equivalent column, defined so that the total flexibility (inverse of stiffness) of the equivalent column is the sum of the flexibilities of the actual column and the slab strip. Thus

$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\Sigma K_c} + \frac{1}{K_t}$$

where K_{ec} = flexural stiffness of equivalent column

K_c = flexural stiffness of actual column

K_t = torsional stiffness fo transverse slab strip

$$K_c = 4E_c I_c / l_c$$

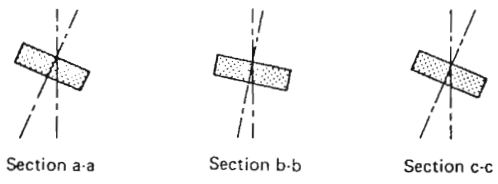
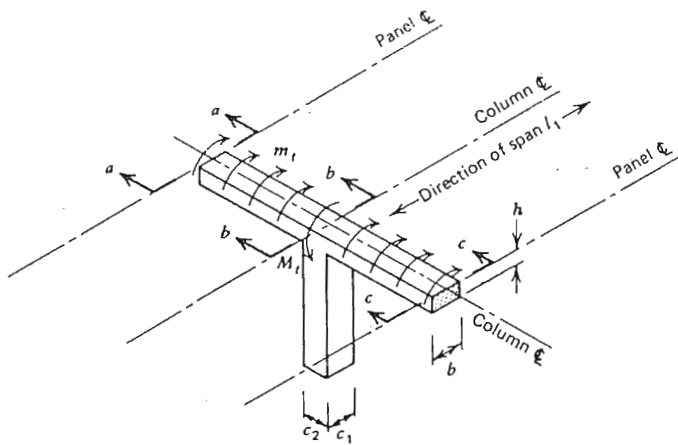
$$K_t = \Sigma \frac{9E_c C}{l_2(1-c_2)^3}$$

where c_2 = transverse column dimension as shown in Fig. 10.15

C = cross-sectional constant for the transverse strip.

l_1 is the span in the direction that moments are being determined

l_2 is the length of span transverse to l_1 .



Basis of equivalent column.

$$C = \left(1 - 0.63 \frac{x}{y}\right) \frac{x^3 y}{3}$$

where x and y are, respectively, the smaller and larger dimensions of the rectangular cross section (h and b in Fig.)

สูตรของเสาโดยข้อกำหนดของ AISC

หน่วยแรงอัดที่ยอมให้โดยข้อกำหนดของ AISC จะแยกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ในองค์อาคารเอกและองค์อาคารรอง ในองค์อาคารเอก ถ้าอัตราส่วนความขลุ้ด (Kl/r) น้อยกว่าหรือเท่ากับ C_c แล้ว

$$F_a = \frac{F_y \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{Kl/r}{C_c} \right)^2 \right]}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{Kl/r}{C_c} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{Kl/r}{C_c} \right)^3}$$

แต่ถ้าอัตราส่วนความขลุ้ด (Kl/r) มีค่ามากกว่า C_c แล้ว

$$F_a = \frac{12 \pi^2 E}{23 (Kl/r)^2} = \frac{10.51 \times 10^6}{(Kl/r)^2}$$

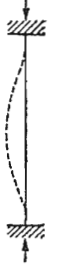










$$\text{ในเมื่อ } C_c = \frac{2 \pi^2 E}{F_y}$$

- F_a = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ กก./ตร.ซม.
- F_y = หน่วยแรงคลากต่ำสุด กก./ตร.ซม.
- E = โมดูลัสความยืดหยุ่น = 2,040,000 กก./ตร.ซม.
- K = ตัวประกอบความยาวประสิทธิผล
- l = ความยาวขององค์อาคารอัด
- r = รัศมีจําเริญของหน้าตัด

ในองค์อาคารรอง ที่มีอัตราส่วนความขลุ้ด (Kl/r) เกินกว่า 120 หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ มีค่า

$$F_{as} = \frac{F_a \text{ จากสมการข้างต้น}}{1.6 - l/200 r}$$

ความยาวประสิทธิผลของเสา-โครงสร้างรับแรงอัด

	(ก)	(ข)	(ค)	(ง)	(จ)	(ฉ)
ลักษณะการโค้งงอของเสา แสดงโดยเส้นประ						
ค่า K ตามทฤษฎี	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
ค่า K ที่ใช้ในการออกแบบ	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
สัญลักษณ์ของ การยึดปลาย		การหมุนที่ปลายเสา		การเคลื่อนที่ของปลายเสา		
		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี		
	มี	มี	ไม่มี			
	ไม่มี	ไม่มี	มี			
	มี	มี	มี			

หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)

กำลังจุดคานงของเหล็ก 2520 กก. ต่อตาราง ซม. โมดูลัสยืดหยุ่น 2.04×10^6 กก. ต่อตาราง ซม.

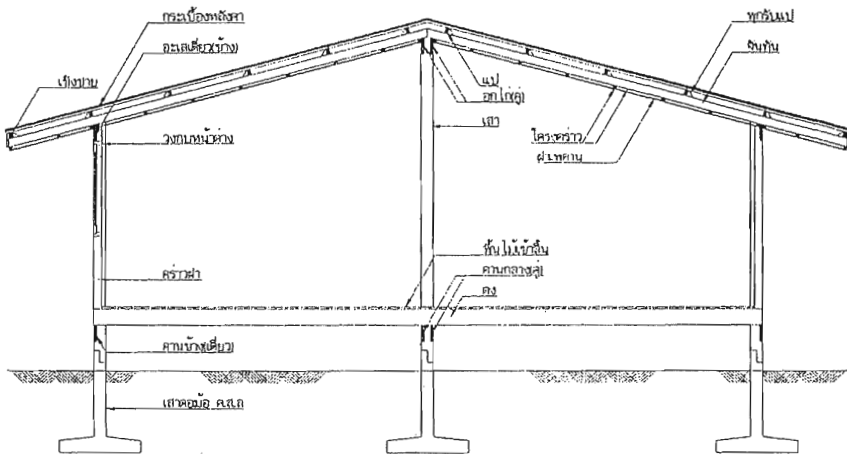
Main and Secondary Members Kl/r not over 120				Main Members Kl/r 121 to 200				Secondary Members* l/r 121 to 200					
Kl r	Fa kg./cm. ²	Kl r	Fa kg./cm. ²	Kl r	Fa kg./cm. ²	Kl r	Fa kg./cm. ²	$\frac{l}{r}$	Fas kg./cm. ²	$\frac{l}{r}$	Fas kg./cm. ²		
1	1509.3	41	1338.2	81	1088.8	121	712.8	181	405.3	121	716.2	161	509.8
2	1606.5	42	1332.6	82	1080.7	122	702.5	182	400.3	122	709.6	162	506.7
3	1503.8	43	1326.9	83	1062.8	123	692.4	183	395.4	123	703.0	163	503.7
4	1500.6	44	1321.1	84	1044.9	124	682.2	184	390.6	124	696.1	164	500.7
5	1497.5	45	1315.3	85	1036.9	125	671.9	185	386.9	125	689.1	165	497.0
6	1494.4	46	1309.4	86	1028.8	126	661.6	186	381.2	126	682.0	166	495.1
7	1491.1	47	1303.5	87	1020.7	127	651.3	187	376.7	127	675.0	167	492.4
8	1487.8	48	1297.5	88	1012.6	128	641.2	188	372.2	128	667.9	168	489.7
9	1484.4	49	1291.4	89	1004.4	129	631.3	189	367.8	129	661.0	169	487.2
10	1481.0	50	1285.3	90	996.1	130	621.6	190	363.5	130	654.3	170	484.6
11	1477.4	51	1279.1	91	987.8	131	612.1	171	359.2	131	647.8	171	482.2
12	1473.8	52	1272.9	92	979.4	132	602.9	172	355.1	132	641.4	172	479.8
13	1470.1	53	1266.6	93	971.0	133	593.9	173	351.0	133	635.1	173	477.5
14	1466.3	54	1260.3	94	962.5	134	585.0	174	347.0	134	629.1	174	475.3
15	1462.6	55	1253.9	95	954.0	135	576.4	175	343.0	135	623.1	175	473.1
16	1458.6	56	1247.4	96	945.4	136	568.0	176	339.1	136	617.3	176	471.0
17	1454.6	57	1240.9	97	936.8	137	559.7	177	335.3	137	611.7	177	469.0
18	1450.5	58	1234.3	98	928.1	138	551.6	178	331.5	138	606.2	178	467.0
19	1446.4	59	1227.7	99	919.4	139	543.7	179	327.0	139	600.8	179	465.0
20	1442.2	60	1221.0	100	910.6	140	536.0	180	324.2	140	595.5	180	463.2
21	1437.9	61	1214.3	101	901.7	141	528.4	181	320.7	141	590.4	181	461.4
22	1433.5	62	1207.5	102	892.8	142	521.0	182	317.1	142	585.4	182	459.6
23	1429.1	63	1200.7	103	883.8	143	513.7	183	313.7	143	580.5	183	457.9
24	1424.6	64	1193.8	104	874.8	144	506.6	184	310.3	144	575.7	184	456.3
25	1420.1	65	1186.9	105	865.7	145	499.6	185	307.0	145	571.0	185	454.7
26	1415.4	66	1179.9	106	856.6	146	492.8	186	303.6	146	566.4	186	453.2
27	1410.7	67	1172.8	107	847.4	147	486.1	187	300.4	147	562.0	187	451.7
28	1406.0	68	1165.7	108	838.2	148	479.6	188	297.2	148	557.7	188	450.3
29	1401.2	69	1158.6	109	828.9	149	473.2	189	294.1	149	553.4	189	449.0
30	1396.3	70	1151.4	110	819.5	150	466.9	190	291.0	150	549.3	190	447.7
31	1391.3	71	1144.1	111	810.1	151	460.7	191	288.0	151	545.2	191	446.4
32	1386.3	72	1136.8	112	800.6	152	454.7	192	286.0	152	541.3	192	445.3
33	1381.2	73	1129.4	113	791.1	153	448.7	193	282.0	153	537.4	193	444.1
34	1376.0	74	1122.0	114	781.5	154	442.9	194	279.1	154	533.7	194	443.0
35	1370.8	75	1114.5	115	771.8	155	437.2	195	276.3	155	530.0	195	442.0
36	1365.5	76	1107.0	116	762.1	156	431.7	196	273.5	156	526.4	196	441.0
37	1360.2	77	1099.4	117	752.3	157	426.2	197	270.7	157	522.9	197	440.1
38	1354.8	78	1091.8	118	742.5	158	420.8	198	268.0	158	519.5	198	439.3
39	1349.3	79	1084.1	119	732.6	159	415.5	199	265.3	159	516.2	199	438.5
40	1343.8	80	1076.4	120	722.6	160	410.3	200	262.6	160	512.9	200	437.7

*K taken as 1.0 for Secondary members.

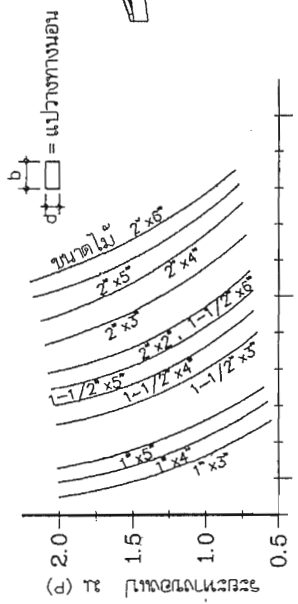
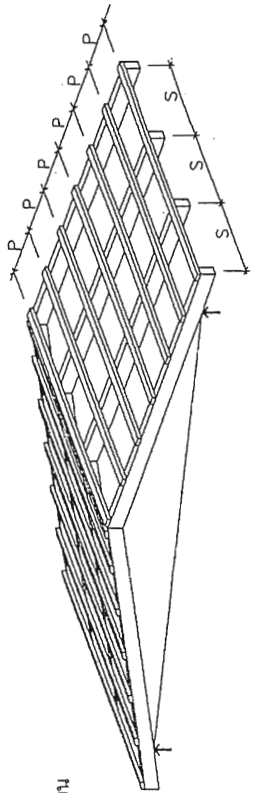
Note: $C_c = 126.4$

การออกแบบโครงสร้างไม้ในอาคารพักอาศัย (โดยใช้แผนภูมิ)

(คัดลอกจากหนังสือ "การเลือกขนาดไม้โครงสร้างในบ้านพักอาศัย" โดย ผศ.รังษี นันทสาร พ.ศ. 2524)

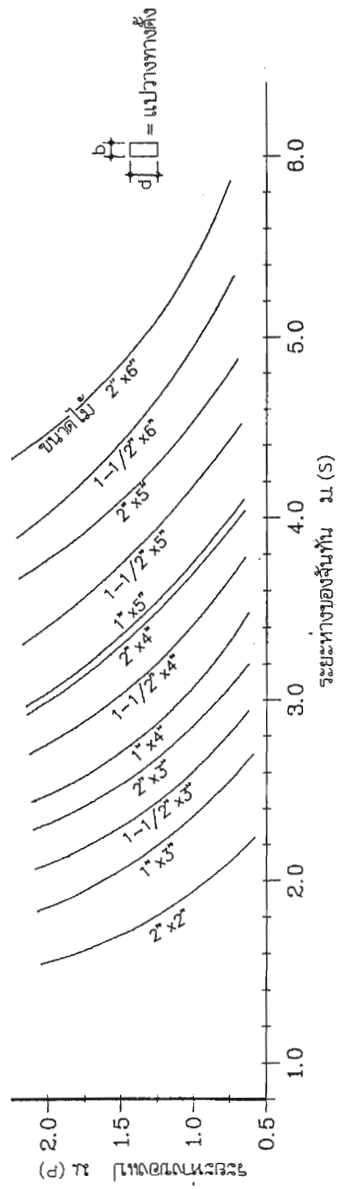


รูปที่ 1.1 โครงสร้างอาคารไม้



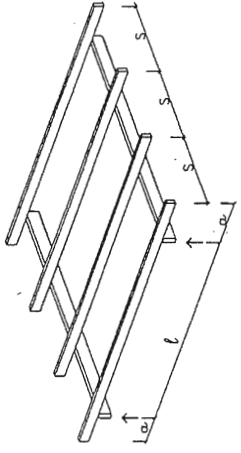
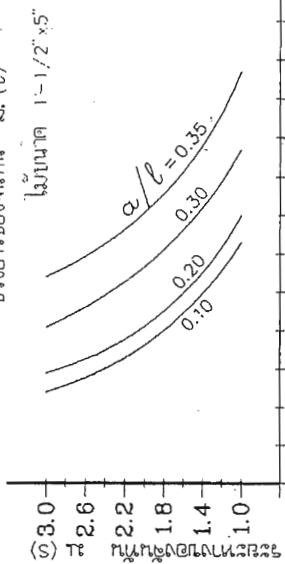
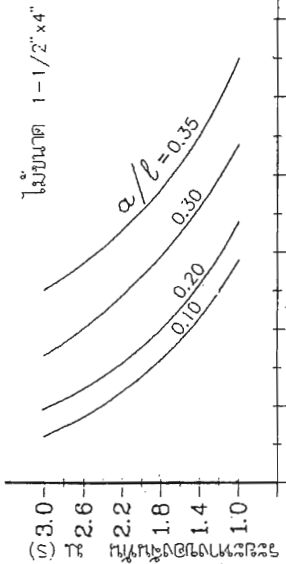
P = ระยะทางของแป
 S = ระยะทางของจันทัน

แผนภูมิที่ 2.2 ขนาดของแปไม้ (วางทางนอน)

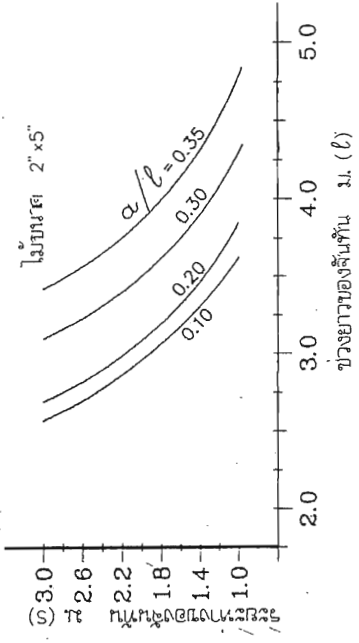


แผนภูมิที่ 2.1 ขนาดของแปไม้ (วางทางตั้ง)

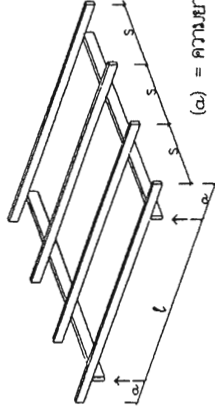
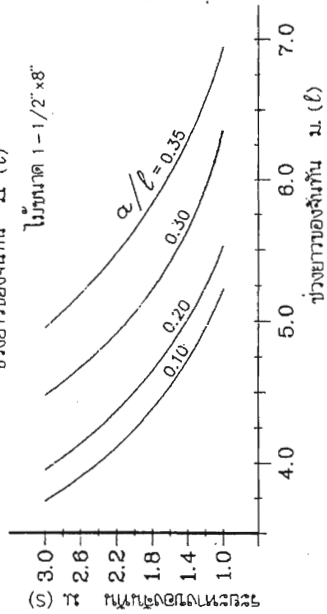
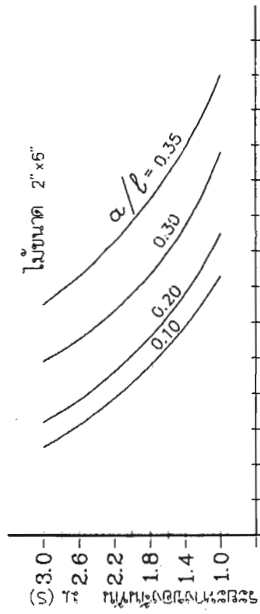
แผนภูมิที่ 3.1 ขนาด ระยะห่าง และช่วงยาวของไม้สังกะสีแบบ ก



(a) = ความสูงส่วนยื่นของสังกะสี ม.
 (ℓ) = ช่วงยาวของสังกะสี ม.
 (s) = ระยะห่างของสังกะสี ม.



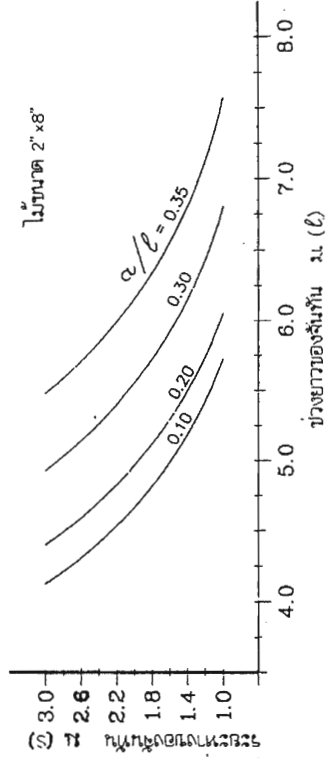
แผนภูมิที่ 3.1 ขนาด ระยะห่าง และช่วงยาวของไม้ฉันทันแบบ ก (ต่อ)



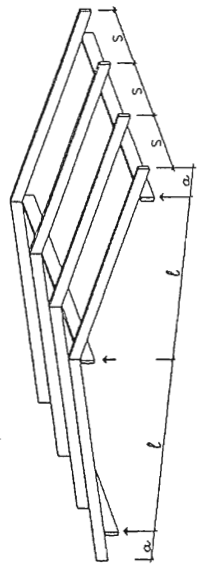
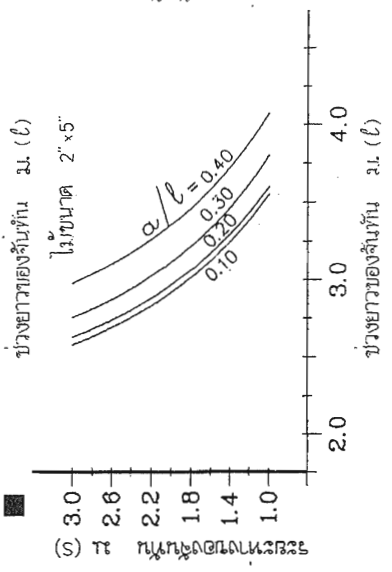
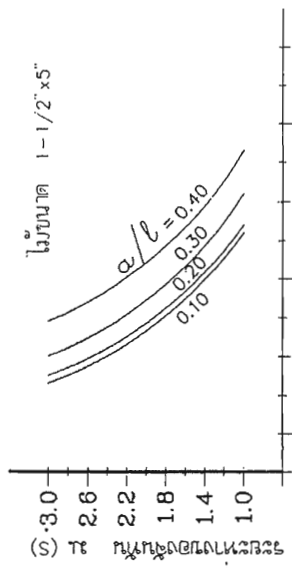
(a) = ความยาวส่วนยื่นของฉันทัน มม.

(b) = ช่วงยาวของฉันทัน มม.

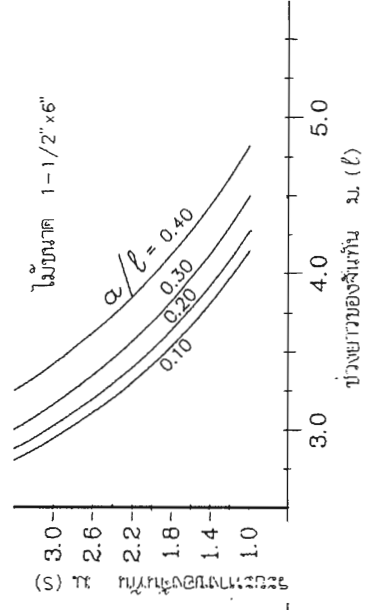
(s) = ระยะห่างของฉันทัน มม.



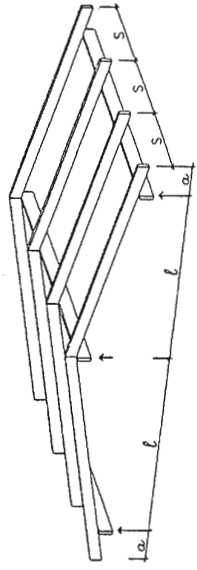
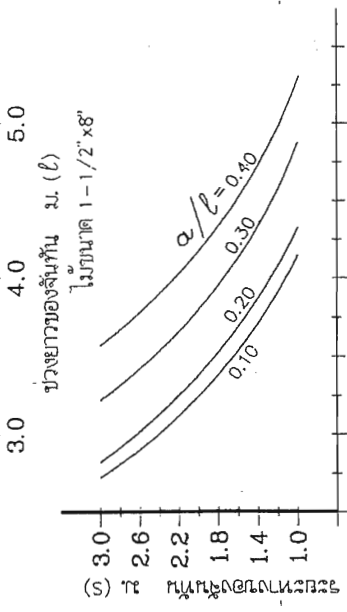
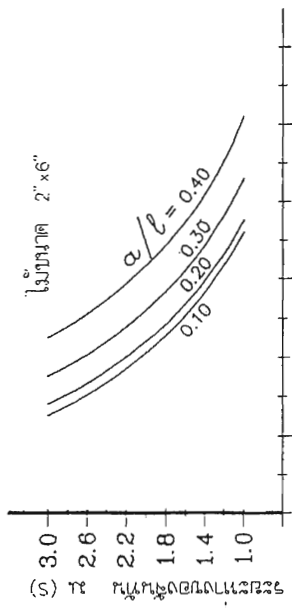
แผนภูมิที่ 3.2 ขนาด ระยะทาง และช่วงยาวของ ไม้อัดพื้นแบบ ข



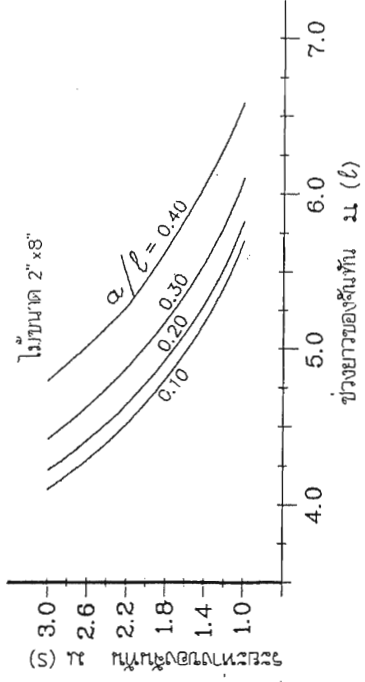
- (a) = ความหนาของไม้อัดพื้น ม.
- (l) = ช่วงยาวของพื้น ม.
- (s) = ระยะทางของพื้น ม.

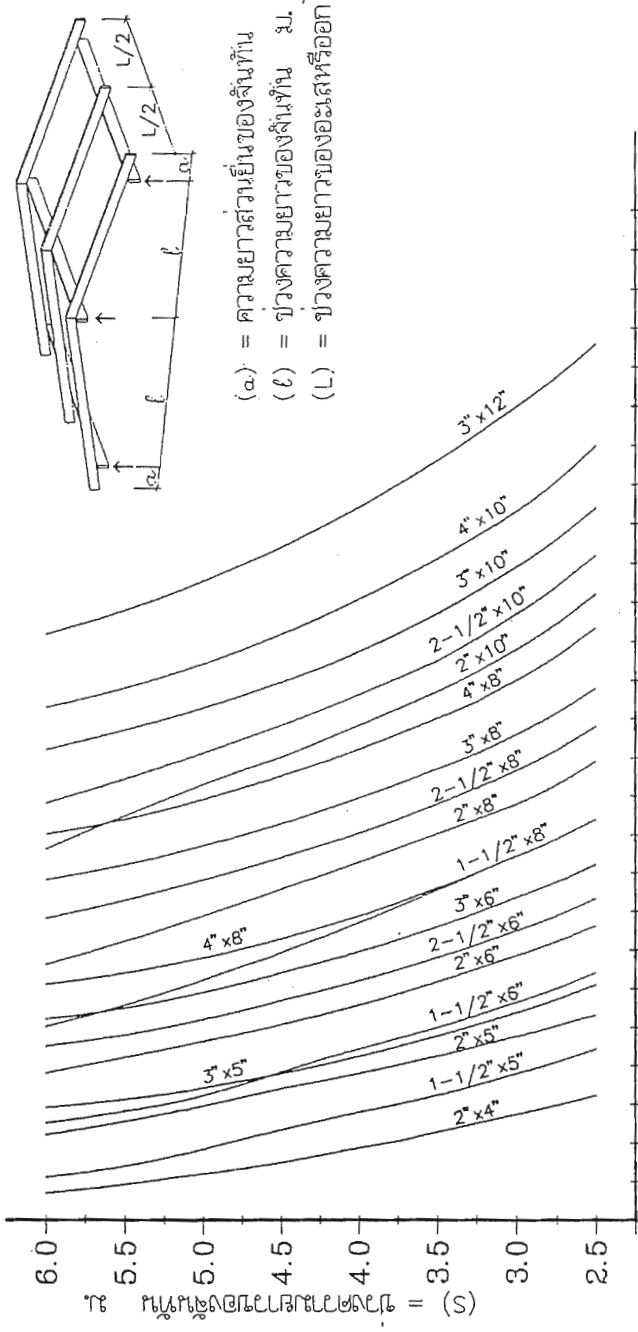


แผนภูมิที่ 3.2 ขนาด ระยะทาง และช่วงยาวของไม้ฉันทันแบบ ข (ต่อ)



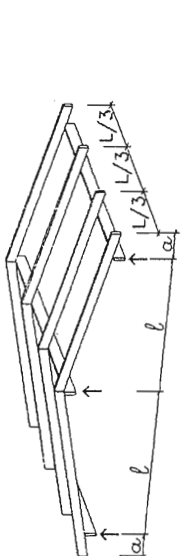
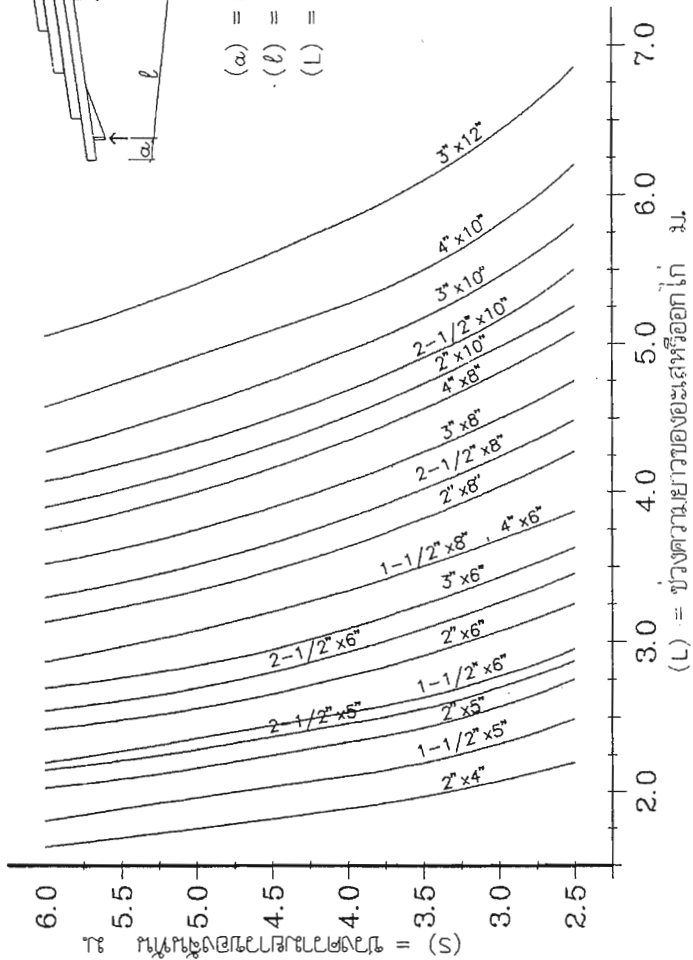
- (a) = ความยาวส่วนยื่นของฉันทัน ม.
- (l) = ช่วงยาวของฉันทัน ม.
- (s) = ระยะห่างของฉันทัน ม.





- (δ) = ความยาวส่วนยื่นของจันทัน ม.
- (ℓ) = ช่วงความยาวของจันทัน ม.
- (L) = ช่วงความยาวของเสาหรืออกไก่ ม.

แผนภูมิที่ 4.1 ขนาดของไม้อะเส หรืออกไก่ เมื่อนำหนักลงกึ่งกลาง (L/2)



- (δ) = ความยาวส่วนยื่นของลำต้น มม.
- (ℓ) = ช่วงความยาวของลำต้น มม.
- (L) = ช่วงความยาวของอะเสหรืออกไม้ มม.

แผนภูมิที่ 4.2 ขนาดของไม้ อะเสหรืออกไม้ เมื่อำหนักลำต้นลงที่ L/3

STRUCTURAL MATERIALS

WEIGHTS OF BUILDING MATERIALS

ASBESTOS CEMENT SHEETING

Corrugated 1/4" thick as laid	16,6 Kg/sq.m.
Flat 1/4" thick as laid	11,2 Kg/sq.m.

ASPHALT

Rock and Mastic, per 1" of thickness as laid	58,6 Kg/sq.m.
--	---------------

BLOCKWORK, WALLING

Clay, hollow per 1" thickness	25,9 Kg/sq.m.
Concrete, hollow per 1" thickness	34,7 Kg/sq.m.
Concrete, solid per 1" thickness	54,7 Kg/sq.m.
Lightweight Concrete, hollow per 1" thickness	25,9 Kg/sq.m.
Solid per 1" thickness	32,2 Kg/sq.m.
Breeze Block, 3" thick	43,9 Kg/sq.m.
4" thick	53,2 Kg/sq.m.

BOARDS

Cork, Compressed 1" thick	7,3 Kg/sq.m.
Fibre Insulating 1" thick	3,4 Kg/sq.m.
Laminated Blockboard 1" thick	11,2 Kg/sq.m.
Plaster Cored 3/4" thick	9,8 Kg/sq.m.
Plaster Cored 3/4" thick plus setting coat	14,6 Kg/sq.m.
Plywood per 1mm. thickness	0,6 Kg/sq.m.
Hardboard 1/4" thick	3,4 Kg/sq.m.

BRICKWORK

"Common" London stock or "Flettons" Including sand-lime	2002 kg/cu.m.
Glazed	2082 kg/cu.m.
Heavy Pressed Brick	2243 kg/cu.m.
Engineering, Dense	2403 kg/cu.m.

CAST IRON

7208 kg/cu.m.

CONCRETE

Natural Aggregates	2307 kg/cu.m.
Brick	2002 kg/cu.m.
Clinker	1522 kg/cu.m.
Pumice	1121 kg/cu.m.
Reinforced (about 2% steel)	2403 kg/cu.m.

COPPER ROOFING SHEET

24 S.W.G. as laid	6,5 Kg/sq.m.
-------------------	--------------

CORRUGATED STEEL SHEETING

Galvanised 18 B.G. as laid	13,7 Kg/sq.m.
Protected 20 B.G. as laid	15,6 Kg/sq.m.

FLOORS

Hollow Concrete with topping 4" thick	171 Kg sq.m.
6" thick	220 Kg sq.m.
8" thick	269 Kg sq.m.

FLOORING

Rubber 1/4" thick	10,7 Kg/sq.m.
Compressed Cork 1" thick	9,8 Kg/sq.m.

FLOORING, WOOD

Hardwood - Oak or Maple 1/4"	16,1 Kg/sq.m.
Hardwood - Oak or Maple 1/2"	21,0 Kg/sq.m.
Pitchpine (longleaf dense) 1/4"	15,1 Kg/sq.m.
Pitchpine (longleaf dense) 1/2"	19,0 Kg/sq.m.

GLASS

Per 1/4" of thickness	17,1 Kg/sq.m.
-----------------------	---------------

GLASS FIBRE

Thermal Insulation per 1" thickness	0,5 Kg/sq.m.
-------------------------------------	--------------

GLAZING, PATENT

1/4" Glass including lead-covered steel bars at 24" centres	29,3 Kg/sq.m.
Aluminium Alloy Bars at 24" centres	19,5 Kg/sq.m.

LEAD, CAST

11325 Kg/sq.m.

LEAD, SHEET

Per 1/16" of thickness as laid	39,1 Kg/sq.m.
--------------------------------	---------------

PLASTER

Acoustic 1/2" thick	9,8 Kg/sq.m.
Fibrous 1/2" thick	14,6 Kg/sq.m.
Gypsum 1/2" thick	21,9 Kg/sq.m.
Lime 1/2" thick	24,4 Kg/sq.m.
(Add 1,3 lb/sq.ft. for wood or metal lathing)	

ROOFING BOARDING

Softwood rough sawn 3/4" thick	9,8 Kg/sq.m.
Softwood rough sawn 1" thick	12,2 Kg/sq.m.
Softwood rough sawn 1 1/4" thick	14,6 Kg/sq.m.

ROOFING FELT

Bituminous (in layers)	7,3 Kg/sq.m.
For 1/2" Macadam Finish add	34,2 Kg/sq.m.

SLATING

Laid with 3" Lap including nails but not battens:	
Scottish:	53,7 Kg/sq.m.
Welsh: Thin	24,4 Kg/sq.m.
Thick	48,8 Kg/sq.m.
Westmorland: Thin	48,4 Kg/sq.m.
Thick	78,1 Kg/sq.m.
(add 0,7 lb/sq.ft. for timber battens)	

STEEL, MILD

7849 Kg/cu.m.

STONE

Bath Stone	2082 Kg/cu.m.
Portland Stone	2243 Kg/cu.m.
Marble	2723 Kg/cu.m.
Sandstone, medium	2323 Kg/cu.m.
Granite, medium	2643 Kg/cu.m.

STRAW

Compressed slab	9,6 Kg/sq.m.
-----------------	--------------

TERRAZZO

Paving 3/4" thick	32,7 Kg/sq.m.
-------------------	---------------

TILING, ROOF

Clay or concrete roof, plain, laid to 4" gauge	63,5 - 70,8 Kg/sq.m.
Concrete roof, interlocking	48,8 Kg/sq.m.

TIMBER, SEASONED

Hardwoods - Teak, Oak	720,8 Kg/cu.m.
Pitchpine (longleaf dense)	672,8 Kg/cu.m.
Softwoods - Pine, Spruce, Douglas Fir	480,6 Kg/cu.m.

WEATHER BOARDING

3/4"	7,3 Kg/sq.m.
1"	8,8 Kg/sq.m.

WOODWOOL

Slabs, 1" thick	14,6 Kg/sq.m.
-----------------	---------------

ZINC SHEET

No. 14 Zinc Gauge as laid	7,8 Kg/sq.m.
---------------------------	--------------

ตารางเหล็กเส้นกลม (มอก.20-2543)

ชื่อขนาด	ขนาดระบุ		มวลระบุ กิโลกรัมต่อเมตร
	เส้นผ่าศูนย์กลางระบุ มิลลิเมตร	พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ ตารางมิลลิเมตร	
RB 6	6	28.3	0.222
RB 8	8	50.3	0.395
RB 9	9	63.3	0.499
RB 10	10	78.5	0.616
RB 12	12	113.1	0.888
RB 15	15	176.7	1.387
RB 19	19	283.5	2.226
RB 22	22	380.1	2.984
RB 25	25	490.9	3.853
RB 28	28	615.8	4.834
RB 34	34	907.9	7.127

ตารางเหล็กเส้นเสริมข้ออ้อย (มอก.24-2548)

ชื่อขนาด	ขนาดระบุ		มวลระบุ (W_N) kg/m
	เส้นผ่าศูนย์กลางระบุ (d_N) mm	พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ (S_N) mm ²	
DB 6	6	28.3	0.222
DB 8	8	50.3	0.395
DB 10	10	78.5	0.616
DB 12	12	113.1	0.888
DB 16	16	201.1	1.578
DB 20	20	314.2	2.466
DB 22	22	380.1	2.984
DB 25	25	490.9	3.853
DB 28	28	615.8	4.834
DB 32	32	804.2	6.313
DB 36	36	1017.9	7.990
DB 40	40	1256.6	9.865

PC WIRE SPECIFICATION

TIS 95 - 2540

Type of wire	Nominal Diameter		Tolerance ϕ On Diameter		Nominal Cross-Sectional Area		Mass per length permissible deviation		Nominal Tensile Strength		Characteristic Maximum force			Elongation %	Gage length mm.	Reverse bend (min. time)	Straightness (max.)	Relaxation Max. relaxation after 1,000 hrs Relax.1 Relax. 2	
	mm.	in.	mm.	in.	mm. ²	in. ²	g/m	kg/mm. ²	N/mm. ²	kg/mm. ²	Maximum force kN	0.10% kgf	0.20% kgf						Proof force(min.) kN
Grade 1770	4 mm.	(0.157)	± 0.04	(± 0.0016)	12.6	(0.020)	98.9	± 2.0	1770	(180)	22.3	(2274)	18.5	(1886)	19.0	(1937)	For all wires Plain wires - 4 times for - 3 times for Indicited wire and Rubbed wire	For all wires 60 % 70 % 80 %	For all wires 4.5 % 1.0 % 8.0 % 2.5 % 12.0 % 4.5 %
	5 mm.	(0.197)	± 0.05	(± 0.0020)	19.6	(0.030)	154	± 3.1	1770	(180)	34.7	(3538)	28.8	(2937)	29.5	(3008)			
	6 mm.	(0.236)	± 0.05	(± 0.0020)	28.3	(0.044)	222	± 3.7	1770	(180)	50.1	(5109)	41.6	(4242)	42.5	(4344)			
Grade 1670	4 mm.	(0.157)	± 0.04	(± 0.0016)	12.6	(0.020)	98.9	± 2.0	1670	(170)	21.0	(2141)	17.5	(1764)	17.9	(1825)	For all wires 3.5%	200	
	5 mm.	(0.197)	± 0.05	(± 0.0020)	19.6	(0.030)	154	± 3.1	1670	(170)	32.7	(3334)	27.2	(2774)	27.8	(2835)			
	6 mm.	(0.236)	± 0.05	(± 0.0020)	28.3	(0.438)	222	± 3.7	1670	(170)	47.3	(4823)	39.3	(4007)	40.2	(4099)			
	7 mm.	(0.276)	± 0.05	(± 0.0020)	38.5	(0.060)	302	± 4.3	1670	(170)	64.3	(6557)	53.4	(5445)	54.7	(5578)			
8 mm.	(0.315)	± 0.06	(± 0.0024)	50.3	(0.078)	395	± 5.9	1670	(170)	84.0	(8565)	69.7	(7107)	71.4	(7281)				
Grade 1570	7 mm.	(0.276)	± 0.05	(± 0.0020)	38.5	(0.060)	302	± 4.3	1570	(160)	60.4	(6159)	50.1	(5109)	51.3	(5231)			
	8 mm.	(0.315)	± 0.06	(± 0.0024)	50.3	(0.078)	395	± 5.9	1570	(160)	79.0	(8056)	65.6	(6689)	67.1	(6842)			
	10 mm.	(0.394)	± 0.07	(± 0.0030)	78.5	(0.122)	617	± 8.6	1570	(160)	123	(12542)	98.6	(10054)	101	(10299)			
	12.2 mm.	(0.480)	± 0.07	(± 0.0030)	117	(0.181)	918	± 10.5	1570	(160)	184	(18762)	147	(14990)	151	(15397)			
	14.70	(0.583)	± 0.08	(± 0.0034)	161	(0.253)	1220	± 13.4	1570	(160)	250	(25442)	198	(20154)	203	(20699)			
Grade 1470	9 mm.	(0.354)	± 0.06	(± 0.0024)	63.6	(0.099)	499	± 7.2	1470	(150)	93.5	(9534)	74.8	(7627)	76.7	(7821)			
	10 mm.	(0.394)	± 0.07	(± 0.0030)	78.5	(0.122)	617	± 8.6	1470	(150)	115	(11727)	92.3	(9412)	94.3	(9616)			
	12.2 mm.	(0.480)	± 0.07	(± 0.0030)	117	(0.181)	918	± 10.5	1470	(150)	172	(17539)	138	(14072)	141	(14378)			

Remarks: ϕ The Tolerance on diameter is given for information only.

PC STRAND SPECIFICATION

TIS 420 - 2540

Type of Strand	Nominal Diameter		Tolerance On Diameter		Nominal Cross-Sectional Area	Nominal Tensile Strength	Nominal Strength		Characteristic Proof force (min.)				Elongation %	Gage length mm.	Difference between diameter of center wire and outer wire		Pitch of strand X D	Straightness (max.)	Relaxation			
	mm.	in.	mm.	in.			mm. ²	in. ²	N/mm ²	kgf/mm ²	min.	max.			min.	max.			min.	max.	min.	max.
Grade 1860 3-wire 3x2.48	5.2	(0.205)	+ 0.03	(± 0.001)	13.6	(0.021)	107	1960	(200)	26.7	(2723)	22.7	(2315)	23.5	(2396)							
	5.8	(0.228)	+ 0.03	(± 0.001)	13.2	(0.020)	104	1910	(195)	25.2	(2570)	21.4	(2182)	22.3	(2274)							
Grade 1910 3-wire 3x2.9	6.2	(0.244)	+ 0.03	(± 0.001)	19.8	(0.030)	155	1910	(195)	37.8	(3854)	32.1	(3273)	33.2	(3385)							
	7.5	(0.295)	+ 0.03	(± 0.001)	29.0	(0.045)	228	1860	(190)	54.0	(5506)	45.9	(4680)	47.0	(4793)							
Grade 1860 3-wire 3x2.4	5.2	(0.205)	+ 0.03	(± 0.001)	13.6	(0.021)	107	1770	(180)	24.0	(2447)	20.4	(2089)	21.1	(2152)							
	7.5	(0.295)	+ 0.03	(± 0.001)	29.0	(0.045)	228	1770	(180)	51.2	(5221)	43.5	(4426)	45.0	(4589)							
7-wire ordinary 1720	9.3	(3/8)	+ 0.3	(± 0.001)	51.6	(0.080)	405	1720	(175)	88.8	(9055)	72.8	(7423)	75.4	(7689)							
	10.8	(7/16)	- 0.15	(± 0.006)	69.7	(0.108)	546	1720	(175)	120	(12236)	98.4	(10034)	102	(10401)							
Grade 1860 3-wire 3x3.50	12.4	(1/2)	+ 0.4	(± 0.016)	92.9	(0.144)	729	1720	(175)	160	(16315)	131	(13358)	136	(13868)							
	15.2	(0.600)	- 0.2	(± 0.008)	139	(0.215)	1101	1720	(175)	239	(24371)	196	(19956)	203	(20700)							
Grade 1860 7-wire Composed	9.5	(3/8)	+ 0.3	(± 0.001)	54.8	(0.085)	432	1860	(190)	102	(10401)	83.6	(8525)	86.6	(8831)							
	11.1	(7/16)	+ 0.3	(± 0.001)	74.2	(0.115)	580	1860	(190)	138	(14072)	113	(11523)	117	(11930)							
Grade 1860 7-wire Composed	12.7	(1/2)	- 0.15	(± 0.006)	98.7	(0.153)	774	1860	(190)	184	(18762)	151	(15397)	156	(15907)							
	15.2	(0.600)	- 0.2	(± 0.008)	139	(0.215)	1101	1860	(190)	259	(26410)	212	(21618)	220	(22433)							
Grade 1860 7-wire Composed	12.7	(1/2)	- 0.2	(± 0.008)	112	(0.174)	890	1860	(190)	209	(21312)	178	(18150)	184	(18762)							
	15.2	(0.600)	- 0.2	(± 0.008)	165	(0.256)	1295	1820	(186)	300	(30591)	255	(26002)	264	(26920)							
Grade 1860 7-wire Composed	18.0	(0.710)	+ 0.4	(± 0.016)	223	(0.346)	1750	1700	(173)	380	(38749)	323	(32836)	334	(34058)							
	17.8	(0.700)	+ 0.5	(± 0.024)	208	(0.322)	1652	1860	(190)	387	(39402)	317	(32374)	329	(33546)							
Grade 1860 7-wire Composed	19.3	(0.760)	+ 0.6	(± 0.024)	244	(0.378)	1931	1860	(190)	454	(46294)	372	(37992)	386	(39390)							
	20.3	(0.800)	+ 0.6	(± 0.024)	271	(0.420)	2148	1810	(185)	491	(50067)	403	(41094)	417	(42521)							
Grade 1860 7-wire Composed	21.8	(0.860)	+ 0.6	(± 0.024)	313	(0.490)	2482	1810	(185)	567	(57817)	465	(46498)	482	(49150)							
			- 0.25	(± 0.010)																		

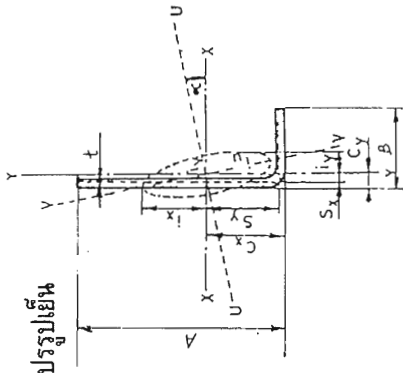
Remarks: ① The Tolerance on diameter is given for information only.

STANDARD SPECIFICATION FOR STEEL STRAND, UNCOATED SEVEN-WIRE FOR PRESTRESSED CONCRETE

ASTM A 416 / A 416 M - 99

Type	Strand Designation	Nominal Diameter		Tolerance on Diameter		Nominal Area mm ² / in. ²	Nominal Strength of Strand kN / kgf.	Minimum Breaking Strength of Strand		Minimum Load at 1% Extension kN / kgf.	Nominal Weight kg / 1,000 mm.	Weight lb / 1,000 ft.	Min. Total Elongation under load % in 600 mm. (in 24 inches)	Minimum Difference between center wire diameter and diameter of any other wire		Pitch X D	Max. Relaxation loss after 1,000 hrs in % Specified Minimum Specified Minimum Breaking strength	
		mm.	in.	mm.	in.			mm.	in.									
Normal Relaxation strand																		
Grade 250 (1725)	6	6.4	(0.250)	± 0.40	(± 0.016)	23.2	(0.916)	40.0	(4,000)	(9,000)	34.0	(3,470)	(7,620)	182	0.025	(0.001)	12-16 D	70%
	8	7.9	(0.313)	± 0.40	(± 0.016)	37.4	(0.958)	54.5	(6,580)	(14,500)	54.7	(5,580)	(12,200)	234	0.036	(0.0015)	12-16 D	
	9	9.5	(0.375)	± 0.40	(± 0.016)	51.6	(0.986)	89.0	(9,070)	(20,000)	75.6	(7,710)	(17,000)	405	0.051	(0.002)	12-16 D	
	11	11.1	(0.438)	± 0.40	(± 0.016)	69.7	(0.998)	130.1	(12,250)	(27,000)	102.3	(10,430)	(23,000)	548	0.064	(0.0025)	12-16 D	
	13	12.7	(0.500)	± 0.40	(± 0.016)	92.9	(0.944)	163.1	(16,320)	(36,000)	135.2	(13,890)	(30,500)	720	0.076	(0.003)	12-16 D	
Grade 270 (1850)	6	6.4	(0.250)	± 0.40	(± 0.016)	23.2	(0.916)	40.0	(4,000)	(9,000)	34.0	(3,470)	(7,620)	182	0.025	(0.001)	12-16 D	70%
	8	7.9	(0.313)	± 0.40	(± 0.016)	37.4	(0.958)	54.5	(6,580)	(14,500)	54.7	(5,580)	(12,200)	234	0.036	(0.0015)	12-16 D	
	9	9.5	(0.375)	± 0.40	(± 0.016)	51.6	(0.986)	89.0	(9,070)	(20,000)	75.6	(7,710)	(17,000)	405	0.051	(0.002)	12-16 D	
	11	11.1	(0.438)	± 0.40	(± 0.016)	69.7	(0.998)	130.1	(12,250)	(27,000)	102.3	(10,430)	(23,000)	548	0.064	(0.0025)	12-16 D	
	13	12.7	(0.500)	± 0.40	(± 0.016)	92.9	(0.944)	163.1	(16,320)	(36,000)	144.1	(14,690)	(32,400)	720	0.076	(0.003)	12-16 D	
Low Relaxation strand																		
Grade 250 (1725)	6	6.4	(0.250)	± 0.40	(± 0.016)	23.2	(0.916)	40.0	(4,000)	(9,000)	36.0	(3,670)	(8,100)	182	0.025	(0.001)	12-16 D	2.5
	8	7.9	(0.313)	± 0.40	(± 0.016)	37.4	(0.958)	54.5	(6,580)	(14,500)	56.1	(5,690)	(12,500)	234	0.036	(0.0015)	12-16 D	
	9	9.5	(0.375)	± 0.40	(± 0.016)	51.6	(0.986)	89.0	(9,070)	(20,000)	60.1	(6,170)	(18,000)	405	0.051	(0.002)	12-16 D	
	11	11.1	(0.438)	± 0.40	(± 0.016)	69.7	(0.998)	130.1	(12,250)	(27,000)	105.1	(11,070)	(24,300)	548	0.064	(0.0025)	12-16 D	
	13	12.7	(0.500)	± 0.40	(± 0.016)	92.9	(0.944)	163.1	(16,320)	(36,000)	144.1	(14,690)	(32,400)	720	0.076	(0.003)	12-16 D	
Grade 270 (1850)	6	6.4	(0.250)	± 0.40	(± 0.016)	23.2	(0.916)	40.0	(4,000)	(9,000)	36.0	(3,670)	(8,100)	182	0.025	(0.001)	12-16 D	2.5
	8	7.9	(0.313)	± 0.40	(± 0.016)	37.4	(0.958)	54.5	(6,580)	(14,500)	56.1	(5,690)	(12,500)	234	0.036	(0.0015)	12-16 D	
	9	9.5	(0.375)	± 0.40	(± 0.016)	51.6	(0.986)	89.0	(9,070)	(20,000)	60.1	(6,170)	(18,000)	405	0.051	(0.002)	12-16 D	
	11	11.1	(0.438)	± 0.40	(± 0.016)	69.7	(0.998)	130.1	(12,250)	(27,000)	105.1	(11,070)	(24,300)	548	0.064	(0.0025)	12-16 D	
	13	12.7	(0.500)	± 0.40	(± 0.016)	92.9	(0.944)	163.1	(16,320)	(36,000)	144.1	(14,690)	(32,400)	720	0.076	(0.003)	12-16 D	

ตารางที่ 2 ขนาดและมวลของเหล็กฉากขาเท่ากับ และขาไม่เท่ากันชนิดแปรรูปเย็น (มาตรฐาน มอก.)

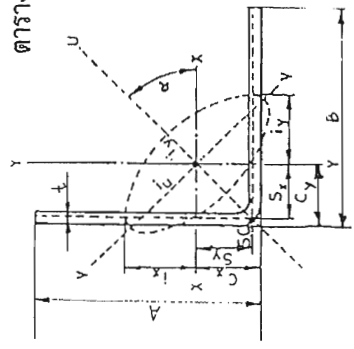


โมเมนต์ความเฉื่อย $I = at^3$

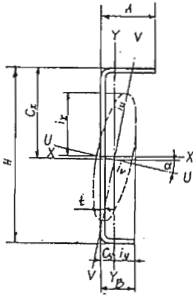
รัศมีไจเรชั่น $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$

โมดูลัสภาคตัด $Z_x = \frac{I_x}{A - C_x}$

$Z_y = \frac{I_y}{B - C_y}$



ขนาด	ความหนา	พื้นที่ภาคตัดขวาง		มวลต่อเมตร	ระยะห่างจากศูนย์กลาง		โมเมนต์ความเฉื่อย				รัศมีไจเรชั่น				โมดูลัสภาคตัด		ระยะจุดแรงเฉือน		
		mm	cm ²		kg/m	C _x	C _y	I _x	I _y	I _u	I _v	i _x	i _y	i _u	i _v	Z _x	Z _y	S _x	S _y
A x B	1		a																
30 x 30	3.2	1.752		1.38	0.90	0.90	1.50	1.50	2.45	0.54	0.92	0.92	1.18	0.56	0.71	0.71	0.74	0.74	
40 x 40	3.2	2.392		1.88	1.15	1.15	3.72	3.72	6.04	1.39	1.25	1.25	1.59	0.76	1.30	1.30	0.99	0.99	
50 x 50	3.2	3.032		2.38	1.40	1.40	7.47	7.47	12.1	2.83	1.57	1.57	2.00	0.97	2.07	2.07	1.24	1.24	
60 x 60	3.2	3.672		2.88	1.65	1.65	13.1	13.1	21.3	5.03	1.89	1.89	2.41	1.17	3.02	3.02	1.49	1.49	
75 x 30	3.2	3.192		2.51	2.86	0.57	18.9	1.94	19.6	1.47	2.43	0.78	0.62	0.198	4.07	0.80	0.41	0.41	

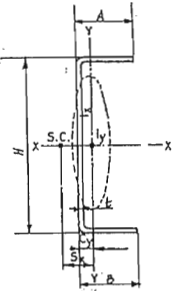


ตารางที่ 3 ขนาดและมวลของเหล็กทรงหน้าผัดแปรูปเย็น
(มาตรฐาน มอก.)

โมเมนต์ความเฉื่อย $I = at^3$

รัศมีจายเรชัน $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$

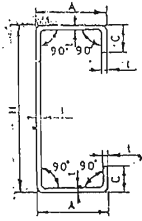
โมดูลัสภาคตัด $Z_x = \frac{I_x}{H - H/2}$
 $Z_y = \frac{I_y}{A - C_y}$



ขนาด	ความหนา mm	พื้นที่ภาคตัดขวาง cm ²	มวลต่อเมตร kg/m	ระยะห่างจากศูนย์กลาง		โมเมนต์ความเฉื่อย cm ⁴		รัศมีจายเรชัน cm		โมดูลัสภาคตัด cm ³		ระยะขุมวงเวียน cm	
				C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	S _x	S _y
H x A x B	t	a		C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	S _x	S _y
40 x 40 x 15	3.2	2.703	2.12	1.46	1.14	5.71	3.68	1.45	1.17	2.24	1.29	1.4	1.2
40 x 40 x 40	3.2	3.503	2.75	0	1.51	9.21	5.72	1.62	1.28	4.60	2.30	3.0	0
	2.3	2.586	2.03	0	1.46	7.13	3.54	1.66	1.17	3.57	1.39	3.0	0
50 x 25 x 10	2.3	1.781	1.40	1.97	0.54	5.59	0.79	1.77	0.67	1.84	0.40	0.7	1.5
60 x 30 x 30	2.3	2.586	2.03	0	0.86	14.2	2.27	2.34	0.94	4.72	1.06	1.8	0
75 x 40 x 15	3.2	3.823	3.00	3.91	0.80	21.0	3.93	2.34	1.01	4.68	1.23	2.2	2.1
	2.3	2.816	2.21	3.01	0.81	20.8	3.12	2.72	1.05	4.63	0.98	1.2	2.1
80 x 40 x 40	2.3	3.506	2.75	0	1.11	34.9	5.56	3.16	1.26	8.73	1.92	2.4	0
100 x 40 x 40	3.2	5.423	4.26	0	1.03	78.6	7.99	3.81	1.21	15.7	2.69	2.2	0
	2.3	3.966	3.11	0	0.99	58.9	5.96	3.85	1.23	11.8	1.98	2.2	0
100 x 50 x 15	2.3	3.621	2.84	3.91	0.94	46.4	4.96	3.58	1.17	7.62	1.22	1.2	3.0
100 x 50 x 50	3.2	6.063	4.76	0	1.40	93.6	14.9	3.93	1.57	18.7	4.15	3.1	0
	2.3	4.426	3.47	0	1.36	69.9	11.1	3.97	1.58	14.0	3.04	3.1	0
120 x 40 x 40	3.2	6.063	4.76	0	0.94	122	8.43	4.48	1.18	20.3	2.75	2.1	0
150 x 50 x 50	4.5	10.58	8.31	0	1.20	329	22.8	5.58	1.47	43.9	5.99	2.6	0
	3.2	7.653	6.02	0	1.14	244	16.9	5.64	1.48	32.5	4.37	2.6	0
150 x 75 x 30	6.0	14.12	11.1	6.33	1.56	4.06	56.4	5.36	2.00	46.9	9.49	2.2	4.5
150 x 75 x 75	6.0	16.82	13.2	0	2.15	573	91.9	5.84	2.34	76.4	17.2	4.6	0
	4.5	12.83	10.1	0	2.08	448	71.4	5.91	2.36	59.8	13.2	4.6	0
4.0	11.47	9.00	0	2.06	404	64.2	5.93	2.36	53.9	11.8	4.6	0	
200 x 50 x 50	4.5	12.83	10.1	0	1.03	666	24.6	7.20	1.38	66.6	6.19	2.2	0
	4.0	11.47	9.00	0	1.00	600	22.2	7.23	1.39	60.0	5.55	2.2	0
3.2	9.263	7.27	0	0.97	490	18.2	7.28	1.40	49.0	4.51	2.3	0	
200 x 75 x 75	6.0	19.82	15.6	0	1.87	1130	101	7.56	2.25	113	17.9	4.1	0
250 x 50 x 50	4.5	15.08	11.8	0	0.91	1160	25.9	8.78	1.31	93.0	6.31	2.0	0
	4.0	13.47	10.6	0	0.88	1050	23.3	8.81	1.32	83.7	5.66	2.0	0
250 x 75 x 75	6.0	22.82	17.9	0	1.66	1940	107	9.23	2.17	155	18.4	3.7	0
300 x 50 x 50	4.5	17.33	13.6	0	0.82	1850	26.8	10.3	1.24	123	6.41	1.8	0
	4.0	15.47	12.1	0	0.80	1660	24.1	10.4	1.25	111	5.74	1.8	0
350 x 50 x 50	4.5	19.58	15.4	0	0.75	2750	27.5	11.9	1.19	157	6.48	1.6	0
	4.0	17.47	13.7	0	0.73	2470	24.8	11.9	1.19	141	5.81	1.6	0
400 x 75 x 75	6.0	31.82	25.0	0	1.28	6230	120	14.0	1.94	312	19.2	2.9	0
	4.5	24.08	18.9	0	1.21	4780	92.2	14.1	1.96	239	14.7	2.9	0
450 x 75 x 75	6.0	34.82	27.3	0	1.19	8400	122	15.5	1.87	374	19.4	2.7	0
	4.5	26.33	20.7	0	1.13	6430	94.3	15.6	1.87	286	14.8	2.7	0

ตารางที่ 4 ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว C ชนิดแปรรูปเย็น

(มาตรฐาน มอก.)



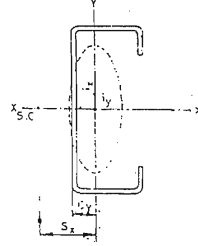
โมเมนต์ความเฉื่อย $I = at^3$

รัศมีไจเรชั่น $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$

โมดูลัสภาคตัด

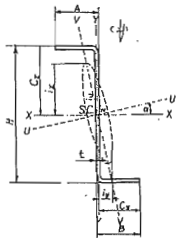
$$Z_x = \frac{I_x}{H - H/2}$$

$$Z_y = \frac{I_y}{A - C_y}$$

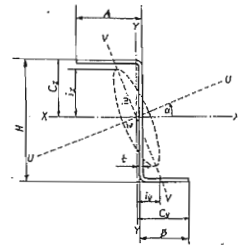


ขนาด HxAxC	ความหนา mm	พื้นที่ภาคตัดขวาง cm ²	มวลต่อเมตร kg/m	ระยะห่างจากศูนย์กลาง		โมเมนต์ความเฉื่อย cm ⁴		รัศมีไจเรชั่น cm		โมดูลัสภาคตัด cm ³		ระยะจุดวางเงื่อนไข	
				C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	S _x	S _y
60×30×10	2.3	2.872	2.25	0	1.06	15.6	3.32	2.33	1.07	5.20	1.71	2.5	0
75×35×15	2.3	3.677	2.89	0	1.29	31.0	6.58	2.91	1.34	8.28	2.98	3.1	0
75×45×15	2.3	4.137	3.25	0	1.72	37.1	11.8	3.00	1.69	9.90	4.24	4.0	0
90×45×20	3.2	6.367	5.00	0	1.72	76.9	13.3	3.48	1.69	17.1	6.57	4.1	0
	2.3	4.712	3.70	0	1.73	58.6	14.2	3.53	1.74	13.0	5.14	4.1	0
100×50×20	4.5	9.469	7.43	0	1.86	139	30.9	3.82	1.81	27.7	9.82	4.3	0
	4.0	8.548	6.71	0	1.86	127	28.7	3.85	1.83	25.4	9.13	4.3	0
	3.2	7.007	5.50	0	1.86	107	24.5	3.90	1.87	21.3	7.81	4.4	0
	2.3	5.172	4.06	0	1.86	80.7	19.0	3.95	1.92	16.1	6.06	4.4	0
120×40×20	3.2	7.007	5.50	0	1.32	144	15.3	4.53	1.48	24.0	5.71	3.4	0
120×60×20	3.2	8.287	6.51	0	2.12	186	40.9	4.74	2.22	31.0	10.5	4.9	0
120×60×25	4.5	11.72	9.20	0	2.25	252	58.0	4.63	2.22	41.9	15.5	5.3	0
125×50×20	4.5	10.59	8.32	0	1.68	238	33.5	4.74	1.78	33.0	10.0	4.0	0
	4.0	9.548	7.50	0	1.68	217	33.1	4.77	1.81	34.7	9.38	4.0	0
	3.2	7.807	6.13	0	1.68	181	26.6	4.82	1.85	29.0	8.02	4.0	0
150×50×20	4.5	11.72	9.20	0	1.54	368	35.7	5.60	1.75	49.0	10.5	3.7	0
	3.2	8.607	6.76	0	1.54	280	28.3	5.71	1.81	37.4	8.19	3.8	0
150×65×20	4.0	11.75	9.22	0	2.11	401	63.7	5.84	2.33	53.5	14.5	5.0	0
	3.2	9.567	7.51	0	2.11	332	53.8	5.89	2.37	44.3	12.2	5.1	0
150×75×20	4.5	13.97	11.0	0	2.50	489	99.2	5.92	2.66	65.2	19.8	6.0	0
	4.0	12.55	9.85	0	2.51	445	91.0	5.95	2.69	59.3	18.2	5.8	0
	3.2	10.21	8.01	0	2.51	366	76.4	5.99	2.74	48.9	15.3	5.1	0
150×75×25	4.5	14.42	11.3	0	2.65	501	109	5.90	2.75	66.9	22.5	6.3	0
	4.0	12.95	10.2	0	2.65	455	99.8	5.93	2.78	60.6	20.6	6.3	0
	3.2	10.53	8.27	0	2.66	375	83.6	5.97	2.82	50.0	17.3	6.4	0
200×75×20	4.5	16.22	12.7	0	2.19	963	109	7.71	2.60	96.3	20.6	5.3	0
	4.0	14.55	11.4	0	2.19	871	100	7.74	2.62	87.1	18.9	5.3	0
	3.2	11.81	9.27	0	2.19	716	84.1	7.79	2.67	71.6	15.8	5.4	0
200×75×25	4.5	16.67	13.1	0	2.32	990	121	7.61	2.69	99.0	23.3	5.6	0
	4.0	14.95	11.7	0	2.32	895	110	7.74	2.72	89.5	21.3	5.7	0
	3.2	12.13	9.52	0	2.33	736	92.3	7.70	2.76	73.6	17.8	5.7	0
250×75×25	4.5	18.92	14.9	0	2.07	1690	129	9.44	2.62	135	23.8	5.1	0

ตารางที่ 5 ขนาดและมวลของเหล็กกรุปตัว Z ชนิดแปรรูปเย็น
(มาตรฐาน มอก.)

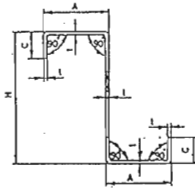


โมเมนต์ความเฉื่อย $I = ai^2$
 รัศมีจอร์ชัน $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$
 โมดูลัสภาคตัด $Z = \frac{I}{c}$



ขนาด	ความหนา	พื้นที่ภาคตัดขวาง	มวลต่อหน่วยความยาว	ระยะห่างจากศูนย์กลาง		โมเมนต์ ความเฉื่อย				รัศมีจอร์ชัน				tan a	โมดูลัสภาคตัด		ระยะตรงพื้นผิ	
				C _x	C _y	I _x	I _y	I _u	I _v	i _x	i _y	i _u	i _v		Z _x	Z _y	S _x	S _y
40x20x20	2.3	1.666	1.31	2.00	1.88	3.86	1.03	4.54	0.35	1.52	0.79	1.65	0.46	0.443	1.93	0.55	0	0
60x30x30	2.3	2.586	2.03	3.00	2.88	14.2	3.69	16.5	1.31	2.34	1.19	2.53	0.71	0.430	4.72	1.28	0	0
75x30x20	2.3	2.701	2.12	3.44	2.09	20.7	2.25	21.9	1.08	2.77	0.913	2.85	0.631	0.245	5.10	0.839	0.03	1.86
75x30x30	3.2	3.983	3.13	3.75	2.84	31.6	4.91	34.5	2.00	2.82	1.11	2.94	0.71	0.313	8.42	1.73	0	0
75x40x30	2.3	3.161	2.48	3.49	3.13	26.8	6.15	30.6	2.39	2.91	1.40	3.11	0.865	0.394	6.68	1.69	0.05	1.38
100x50x50	2.3	4.426	3.47	5.00	4.88	69.9	17.9	81.2	6.53	3.97	2.01	4.28	1.21	0.423	14.0	3.66	0	0
100x50x50	3.2	6.063	4.76	5.00	4.84	93.6	24.2	109	8.70	3.93	2.00	4.24	1.20	0.427	18.7	5.00	0	0

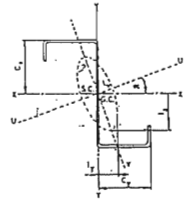
ตารางที่ 6 ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว lip Z ชนิดแปรรูปเย็น
(มาตรฐาน มอก.)



โมเมนต์ความเฉื่อย $I = ai^2$

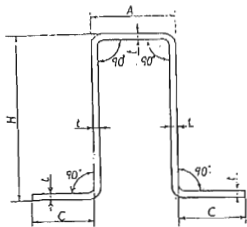
รัศมีจายเรชัน $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$

โมดูลัสภาคตัด $Z = \frac{I}{C}$



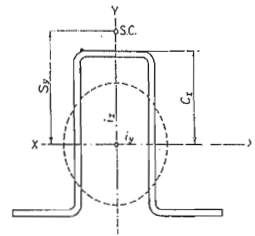
ขนาด	ความหนา mm	พื้นที่ภาคตัด cm ²	มวลต่อ หน่วยความยาว kg/m	ระยะห่างจาก ศูนย์กลาง		โมเมนต์ความ เฉื่อย				รัศมีจายเรชัน				tan a	โมดูลัสภาคตัด		ระยะจุดเฉือน	
				C _x	C _y	I _x	I _y	I _u	I _v	i _x	i _y	i _u	i _v		Z _x	Z _y	S _x	S _y
100x50x20	2.3	5.172	4.06	5.00	4.88	80.7	34.8	104	11.4	3.95	2.59	4.49	1.48	0.581	16.1	7.13	0	0
100x50x20	3.2	7.007	5.50	5.00	4.84	107	44.8	137	14.7	3.90	2.53	4.41	1.45	0.572	21.3	9.25	0	0

ตารางที่ 7 ขนาดและมวลของเหล็กgrup หมวกชนิดแปรรูปเย็น
(มาตรฐาน มอก.)



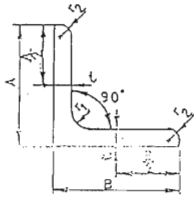
โมเมนต์ความเฉื่อย $I = ai^2$
รัศมีไจเรชั่น $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$

โมดูลัสภาคตัด $Z_x = \frac{I_x}{H - H/2}$
 $Z_y = \frac{I_y}{A - C_y}$



ขนาด	คาบ หนา mm	พื้นที่ภาคตัดขวาง cm ²	มวลต่อเมตร kg/m	ระยะห่างจากศูนย์ถ่วง		โมเมนต์ความเฉื่อย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสภาคตัด		ระยะจุดมวงเงื่อน	
				C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	S _x	S _y
HxAxC	t	a											
40x20x20	2.3	2.978	2.34	2.36	0	6.08	5.40	1.43	1.35	2.58	1.80	0	2.8
50x40x20	2.3	2.898	3.06	2.56	0	13.8	17.1	1.88	2.10	5.39	4.28	0	3.5
50x40x30	3.2	5.932	4.66	2.83	0	20.9	35.9	1.88	2.46	7.36	7.19	0	3.6
60x30x20	2.3	4.128	3.24	3.23	0	19.4	11.4	2.17	1.66	5.88	3.26	0	4.5
60x30x20	2.3	4.358	3.42	3.37	0	20.9	14.7	2.19	1.83	6.20	3.66	0	4.1

ตารางที่ 2 ขนาดและมวลของเหล็กฉากขาเท่ากันชนิดรีดร้อน
(มาตรฐาน มอก.)



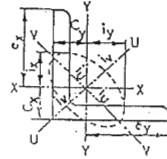
โมเมนต์ความเฉื่อย $I = ai^2$

รัศมีไจเรชัน $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$

โมดูลัสภาคตัด

$$Z_x = \frac{I_x}{A \cdot C_x}$$

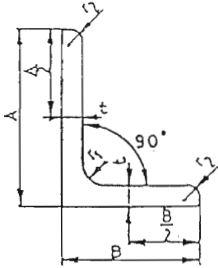
$$Z_y = \frac{I_y}{B \cdot C_y}$$



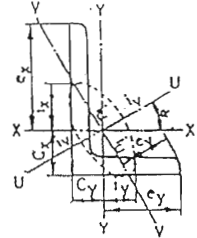
ขนาด	ความหนา		รัศมีส่วนโค้ง	พื้นที่ภาคตัดขวาง	มวลต่อเมตร	ระยะห่างจากศูนย์กลาง		โมเมนต์ ความเฉื่อย				รัศมีไจเรชัน		โมดูลัสภาคตัด			
	mm	mm				cm	kg/m	C _x	C _y	I _x	I _y	I _u	I _v	i _x	i _y	I _u	I _v
AxB	t	r ₁	r ₂	a		C _x	C _y	I _x	I _y	I _u สูงสุด	I _v ต่ำสุด	i _x	i _y	I _u สูงสุด	I _v ต่ำสุด	Z _x	Z _y
25x25	3	4	2	1.427	1.12	0.719	0.719	0.797	0.797	1.26	0.332	0.747	0.747	0.940	0.433	0.448	0.448
25x25	5	3.5	2.4	2.26	1.77	0.80	0.80	1.20	1.20	1.89	0.52	0.73	0.73	0.91	0.43	0.45	0.45
30x30	3	4	2	1.727	1.36	0.844	0.844	1.42	1.42	2.26	0.590	0.908	0.908	1.14	0.585	0.661	0.661
30x30	5	5	2.4	2.78	2.18	0.92	0.92	2.16	2.16	3.41	0.92	0.88	0.88	1.11	0.57	1.04	1.04
40x40	3	4.5	2	2.336	1.83	1.09	1.09	3.53	3.53	5.60	1.46	1.23	1.23	1.55	0.790	1.21	1.21
40x40	4	6	2.4	3.08	2.42	1.12	1.12	4.47	4.47	7.09	1.85	1.21	1.21	1.52	0.78	1.55	1.55
40x40	5	4.5	3	3.755	2.95	1.17	1.17	5.42	5.42	8.59	2.25	1.20	1.20	1.51	0.774	1.91	1.91
40x40	6	6	2.4	4.48	3.52	1.20	1.20	6.31	6.31	9.98	2.65	1.19	1.19	1.49	0.77	2.26	2.26
45x45	4	6.5	3	3.492	2.74	1.24	1.24	6.50	6.50	10.3	2.70	1.36	1.36	1.72	0.880	2.00	2.00
45x45	5	6.5	3	4.302	3.38	1.28	1.28	7.91	7.91	12.5	3.29	1.36	1.36	1.71	0.874	2.46	2.46
50x50	3	7	2.4	2.96	1.3	2.33	1.31	6.86	6.86	10.8	2.88	1.52	1.52	1.91	0.99	1.86	1.86
50x50	4	6.5	3	3.892	3.06	1.37	1.37	9.06	9.06	14.4	3.76	1.53	1.53	1.92	0.983	2.49	2.49
50x50	5	6.5	3	4.802	3.77	1.41	1.41	11.1	11.1	17.5	4.58	1.52	1.52	1.91	0.976	3.08	3.08
50x50	6	6.5	4.5	1.50	5.644	4.43	1.44	1.44	12.6	12.6	20.0	5.23	1.50	1.88	0.963	3.55	3.55
60x60	4	6.5	3	4.692	3.68	1.61	1.61	16.0	16.0	25.4	6.62	1.85	1.85	2.33	1.19	3.66	3.66
60x60	5	6.5	3	5.802	4.55	1.66	1.66	19.6	19.6	31.2	8.09	1.84	1.84	2.32	1.18	4.52	4.52
65x65	5	8.5	3	6.367	5.00	1.77	1.77	25.3	25.3	40.1	10.5	1.99	1.99	2.51	1.28	5.35	5.35
65x65	6	8.5	4	7.527	5.91	1.81	1.81	29.4	29.4	46.6	12.2	1.98	1.98	2.49	1.27	6.26	6.26
65x65	8	8.5	6	9.761	7.66	1.88	1.88	36.8	36.8	58.3	15.3	1.94	1.94	2.44	1.25	7.96	7.96

ขนาด	ความหนา		รัศมีส่วนโค้ง	พื้นที่ภาคตัดขวาง	มวลต่อเมตร	ระยะห่างจากศูนย์กลาง		โมเมนต์ ความเฉื่อย				รัศมี โจร ชั้น		โมดูลัสภาคตัด			
	mm	mm				cm	cm	c m ⁴				cm		cm ³			
	l	r ₁	r ₂	a	C _x	C _y	I _x	I _y	I _u สูงสุด	I _v ต่ำสุด	i _x	i _y	i _u สูงสุด	i _v ต่ำสุด	Z _x	Z _y	
70 x 70	6	8.5	4	8.127	6.38	1.93	1.93	37.1	37.1	58.9	15.3	2.14	2.14	2.69	1.37	7.33	7.33
75 x 75	6	8.5	4	8.727	6.85	2.06	2.06	46.1	46.1	73.2	19.0	2.30	2.30	2.90	1.48	8.47	8.47
75 x 75	9	8.5	6	12.69	9.96	2.17	2.17	64.4	64.4	102	26.7	2.25	2.25	2.84	1.45	12.1	12.1
75 x 75	12	8.5	6	16.56	13.0	2.29	2.29	81.9	81.9	129	34.5	2.22	2.22	2.79	1.44	15.7	15.7
80 x 80	6	8.5	4	9.327	7.32	2.18	2.18	56.4	56.4	89.6	23.2	2.46	2.46	3.10	1.58	9.70	9.70
90 x 90	6	10	5	10.55	8.28	2.42	2.42	80.7	80.7	128	33.4	2.77	2.77	3.48	1.78	12.3	12.3
90 x 90	7	10	5	12.22	9.59	2.46	2.46	93.0	93.0	148	38.3	2.76	2.76	3.48	1.77	14.2	14.2
90 x 90	10	10	7	17.00	13.3	2.57	2.57	125	125	199	51.7	2.71	2.71	3.42	1.74	19.5	19.5
90 x 90	12	11	4.8	20.3	15.9	2.66	2.66	148	148	234	61.7	2.7	2.7	3.4	1.75	23.3	23.3
90 x 90	13	10	7	21.71	17.0	2.69	2.69	156	156	248	65.3	2.68	2.68	3.38	1.73	24.8	24.8
100 x 100	7	10	5	13.62	10.7	2.71	2.71	129	129	205	53.2	3.03	3.08	3.88	1.98	17.7	17.7
100 x 100	10	10	7	19.00	14.9	2.82	2.82	175	175	278	72.0	3.04	3.04	3.83	1.95	24.4	24.4
100 x 100	12	12	4.8	22.7	17.8	2.90	2.90	207	207	328	85.7	3.02	3.02	3.8	1.94	29.1	29.1
100 x 100	13	10	7	24.31	19.1	2.94	2.94	220	220	348	91.1	3.00	3.00	3.78	1.94	31.1	31.1
120 x 120	8	12	5	18.76	14.7	3.24	3.24	258	258	410	106	3.71	3.71	4.67	2.38	29.5	29.5
130 x 130	9	12	6	22.74	17.9	3.53	3.53	366	366	583	150	4.01	4.01	5.06	2.57	38.7	38.7
130 x 130	12	12	8.5	29.76	23.4	3.64	3.64	467	467	743	192	3.96	3.96	5.00	2.54	49.9	49.9
130 x 130	15	12	8.5	36.75	28.8	3.76	3.76	568	568	902	234	3.93	3.93	4.95	2.53	61.5	61.5
150 x 150	12	14	7	34.77	27.3	4.14	4.14	740	740	1180	304	4.61	4.61	5.82	2.96	68.1	68.1
150 x 150	15	14	10	42.74	33.6	4.24	4.24	888	888	1410	365	4.56	4.56	5.75	2.92	82.6	82.6
150 x 150	19	14	10	53.38	41.9	4.40	4.40	1090	1090	1730	451	4.52	4.52	5.69	2.91	103	103
175 x 175	12	15	1	40.52	31.8	4.73	4.73	1170	1170	1860	480	5.38	5.38	6.78	3.44	91.8	91.8
175 x 175	15	15	11	50.21	39.4	4.85	4.85	1440	1440	2290	589	5.35	5.35	6.75	3.42	114	114
200 x 200	15	17	12	57.75	45.3	5.46	5.46	2180	2180	3470	891	6.14	6.14	7.75	3.93	150	150
200 x 200	20	17	12	76.00	59.7	5.67	5.67	2820	2820	4490	1160	6.09	6.09	7.68	3.90	197	197
200 x 200	25	17	12	93.75	73.6	5.86	5.86	3420	3420	5420	1410	6.04	6.04	7.61	3.88	242	242
250 x 250	25	24	12	119.4	93.7	7.10	7.10	6950	6950	11000	2860	7.63	7.63	9.62	4.90	386	386
250 x 250	35	24	18	162.6	128	7.45	7.45	9110	9110	14400	3790	7.49	7.49	9.42	4.83	519	519

ตารางที่ 3 ขนาดและมวลของเหล็กฉากขาไม่เท่ากันชนิดรีดร้อน
(มาตรฐาน มอก.)

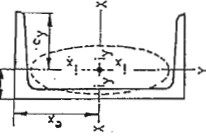


โมเมนต์ความเฉื่อย $I = ai^2$
 รัศมีจอยเรชั่น $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$
 โมดูลัสภาคตัด $Z_x = \frac{I_x}{A - C_x}$
 $Z_y = \frac{I_y}{B - C_y}$



ขนาด	ความหนา mm	รัศมีส่วนโค้ง			พื้นที่ภาคตัดจริง cm ²	มวลต่อเมตร kg/m	ระยะห่างจากศูนย์กลาง		โมเมนต์ความเฉื่อย				รัศมีจอยเรชั่น				tan α	โมดูลัสภาคตัด	
		r ₁	r ₂	a			C _x	C _y	cm ⁴		cm				Z _x	Z _y			
AxB	t	r ₁	r ₂	a		C _x	C _y	I _x	I _y	I _u สูงสุด	I _v ต่ำสุด	i _x	i _y	i _u สูงสุด	i _v ต่ำสุด		Z _x	Z _y	
90x75	9	8.5	6	14.04	11.0	2.75	2.00	109	63.1	143	34.1	2.78	2.20	3.19	1.56	0.676	17.4	12.4	
100x75	7	10	5	11.87	9.32	3.06	1.83	118	56.9	144	30.8	3.15	2.19	3.49	1.61	0.548	17.0	10.0	
100x75	10	10	7	16.50	13.0	3.17	1.94	159	76.1	194	41.3	3.11	2.15	3.43	1.58	0.543	23.3	13.7	
125x75	7	10	5	13.62	10.7	4.10	1.64	219	60.4	243	36.4	4.01	2.11	4.23	1.64	0.362	26.1	10.3	
125x75	10	10	7	19.00	14.9	4.22	1.75	299	80.8	330	49.0	3.96	2.06	4.17	1.61	0.357	36.1	14.1	
125x75	13	10	7	24.31	19.1	4.35	1.87	376	101	415	61.9	3.93	2.04	4.13	1.60	0.352	46.1	17.9	
125x90	10	10	7	20.50	16.1	3.95	2.22	318	138	380	76.2	3.94	2.59	4.30	1.93	0.505	37.2	20.3	
125x90	13	10	7	26.26	20.6	4.07	2.34	401	173	477	96.3	3.91	2.57	4.26	1.91	0.501	47.5	25.9	
150x90	9	12	6	20.94	16.4	4.95	1.99	485	133	537	80.4	4.81	2.52	5.06	1.96	0.361	48.2	19.0	
150x90	12	12	8.5	27.36	21.5	5.07	2.10	619	167	685	102	4.76	2.47	5.00	1.93	0.357	62.3	24.3	
150x100	9	12	6	21.84	17.1	4.76	2.30	502	181	579	104	4.79	2.88	5.15	2.18	0.439	49.1	23.5	
150x100	12	12	8.5	28.56	22.4	4.88	2.41	642	223	733	132	4.74	2.83	5.09	2.15	0.435	63.4	30.1	
150x100	15	12	8.5	35.25	27.7	5.00	2.53	782	276	897	161	4.71	2.80	5.04	2.14	0.431	78.2	37.0	

ตารางที่ 4 ขนาดและมวลของเหล็กทรงพรางหน้าชนิดรีต่อน (มาตรฐาน มอก.)

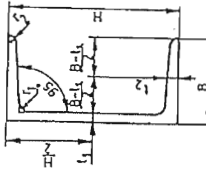


โมเมนต์ความเฉื่อย $I = a^2$

รัศมีไจเรชั่น $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$

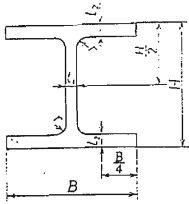
โมเมนต์สัมภาคตัด $Z_x = \frac{l_x}{H - H/2}$

$Z_y = \frac{l_y}{B - C_y}$

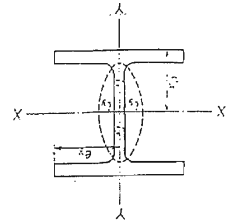


ขนาด	ความหนา		รัศมีส่วนโค้ง		พื้นที่หน้าตัด	น้ำหนัก	ความหนา	ระยะห่างจากศูนย์กลาง		โมเมนต์ความเฉื่อย		รัศมีไจเรชั่น		โมเมนต์สัมภาคตัด	
	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂				C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
H x B	5	6	3	4	3.96	0	0.81	16.8	2.49	1.85	0.71	6.73	1.48		
50 x 25	5	6	3	4	4.92	0	0.81	16.8	2.49	1.85	0.71	6.73	1.48		
75 x 40	5	7	4	4	8.818	0	1.28	75.3	12.2	2.92	1.17	20.1	4.47		
100 x 50	5	7.5	4	4	11.92	0	1.54	188	26.0	3.97	1.48	37.6	7.52		
125 x 65	6	8	4	4	17.11	0	1.20	424	61.8	4.98	1.90	70.8	13.4		
150 x 75	6.5	10	5	5	23.71	0	2.28	861	117	6.03	2.22	115	22.4		
150 x 75	9	12.5	15	7.5	30.59	24.0	0	2.31	1090	147	5.86	140	28.3		
180 x 75	7	10.5	11	5.5	27.20	21.4	0	2.13	1380	131	7.12	153	24.3		
200 x 80	7.5	11	12	6	31.33	24.6	0	2.21	1950	168	7.88	195	29.1		
200 x 90	8	13.5	14	7	38.65	30.3	0	2.74	2490	277	8.02	249	44.2		
250 x 90	9	13	14	7	44.07	34.6	0	2.40	4180	294	9.74	334	44.5		
250 x 90	11	14.5	17	8.5	51.17	40.2	0	2.40	4680	329	9.50	374	49.9		
300 x 90	9	13	14	7	48.57	38.1	0	2.22	6440	309	11.5	252	45.7		
300 x 90	10	15.5	19	9.5	55.74	43.8	0	2.34	7410	360	11.5	254	54.1		
300 x 90	12	16	19	9.5	61.90	48.6	0	2.28	7870	379	11.3	248	56.4		
380 x 100	10.5	16	18	9	69.39	54.5	0	2.41	14500	535	14.5	278	70.5		
380 x 100	13	16.5	18	9	78.96	62.0	0	2.33	15600	565	14.1	267	73.6		
380 x 100	13	20	24	12	85.71	67.3	0	2.54	17600	655	14.3	276	87.8		

ตารางที่ 5 ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว H ชนิดรีดร้อน (มาตรฐาน มอก.)

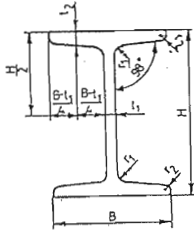


โมเมนต์ความเฉื่อย $I = ai^2$
 รัศมีจอร์แดน $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$
 โมดูลัสภาคตัด $Z_x = \frac{I_x}{H - H/2}$
 $Z_y = \frac{I_y}{B - B/2}$



ขนาด	ความหนา		รัศมีส่วนโค้ง	พื้นที่ภาคตัดขวาง	มวลต่อเมตร	โมเมนต์ความเฉื่อย		รัศมีจอร์แดน		โมดูลัสภาคตัด	
	mm					cm ²	kg/m	cm ⁴		cm	
H × B	t ₁	t ₂	r	a		I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
100 × 50	5	7	8	11.85	9.30	187	14.8	3.98	1.12	37.5	5.91
100 × 100	6	8	10	21.90	17.2	383	134	4.18	2.47	76.5	26.7
125 × 60	6	8	9	16.84	13.2	413	29.2	4.95	1.32	66.1	9.73
125 × 125	6.5	9	10	30.31	23.8	847	293	5.29	3.11	136	47.0
150 × 75	5	7	8	17.85	14.0	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2
150 × 150	7	10	11	40.14	31.5	1640	563	6.39	3.75	219	75.1
175 × 90	5	8	9	23.04	18.1	1210	97.5	7.26	2.06	139	21.7
175 × 175	7.5	11	12	51.21	40.2	2880	984	7.50	4.38	330	112
200 × 100	5.5	8	11	27.16	21.3	1840	134	8.24	2.22	184	26.8
200 × 200	8	12	13	63.53	49.9	4720	1600	8.62	5.02	472	160
250 × 125	6	9	12	37.66	29.6	4050	294	10.4	2.79	324	47.0
250 × 250	9	14	16	92.18	72.4	10800	3650	10.8	6.29	867	292
300 × 150	6.5	9	13	46.78	36.7	7210	508	12.4	3.29	481	67.7
300 × 300	10	15	18	119.8	94.0	20400	6750	13.1	7.51	1360	450
350 × 175	7	11	14	63.14	49.6	1600	984	14.7	3.95	776	112
350 × 350	12	19	20	173.9	137	40300	13600	15.2	8.84	2300	776
400 × 200	8	13	16	84.12	66.0	23700	1740	16.8	4.54	1190	174
400 × 400	13	21	22	218.7	172	66600	22400	17.5	10.1	3330	1120
459 × 200	9	14	18	96.76	76.0	33500	1870	18.6	4.40	1490	187
500 × 200	10	16	20	114.2	89.6	47800	2140	20.5	4.33	1910	214
600 × 200	11	17	22	134.4	106	77600	2280	24.0	4.12	2590	228
700 × 300	13	24	28	235.5	185	201000	10800	29.3	6.78	5760	722
800 × 300	14	26	28	267.4	210	292000	11700	33.0	6.62	7290	782
900 × 300	16	28	28	309.8	243	411000	12600	36.4	6.39	9140	843

ตารางที่ 6 ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว ขชนิดรีดร้อน
(มาตรฐาน มอก.)

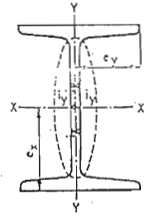


โมเมนต์ความเฉื่อย $I = ai^2$

รัศมีไจเรชัน $i = \sqrt{\frac{I}{a}}$

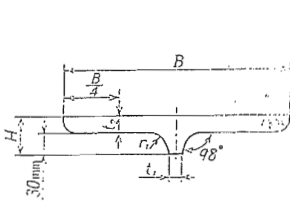
โมดูลัสภาคตัด $Z_x = \frac{I_x}{H - H/2}$

$Z_y = \frac{I_y}{B - B/2}$



ขนาด.	ความหนา		รัศมีส่วนโค้ง		พื้นที่ภาคตัดขวาง cm ²	มวลต่อเมตร kg/m.	ระยะห่างจากศูนย์กลาง		โมเมนต์ความเฉื่อย		รัศมีไจเรชัน		โมดูลัสภาคตัด	
	t ₁	t ₂	r ₁	r ₂			C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
H × B.	t ₁	t ₂	r ₁	r ₂	a		C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
100 × 75	5	8	7	3.5	16.43	12.9	0	0	281	47.3	4.14	1.70	56.2	12.6
125 × 75	5.5	9.5	9	4.5	20.45	16.1	0	0	538	57.5	5.13	1.68	86.0	15.3
150 × 75	5.5	9.5	9	4.5	21.83	17.1	0	0	819	57.5	6.12	1.62	109	15.3
150 × 125	8.5	14	13	6.5	46.15	36.2	0	0	1760	385	6.18	2.89	235	61.6
180 × 100	6	10	10	5	30.06	23.6	0	0	1670	138	7.45	2.14	186	27.5
200 × 100	7	10	10	5	33.06	26.0	0	0	2170	138	8.11	2.05	217	27.7
200 × 150	9	16	15	7.5	64.16	50.4	0	0	4460	753	8.34	3.43	446	10.0
250 × 125	7.5	12.5	12	6	48.79	38.3	0	0	5180	337	10.3	2.63	414	53.9
250 × 125	10	19	21	10.5	70.73	55.5	0	0	7310	538	10.2	2.76	585	86.0
300 × 150	8	13	12	6	61.58	48.3	0	0	9480	588	12.4	3.09	632	78.4
300 × 150	10	18.5	19	9.5	83.47	65.5	0	0	12700	886	12.3	3.26	849	118
300 × 150	11.5	22	23	11.5	97.88	76.8	0	0	14700	1080	12.2	3.32	978	143
350 × 150	9	15	13	6.5	74.58	58.5	0	0	15200	702	14.3	3.07	870	93.5
350 × 150	12	24	25	12.5	111.1	87.2	0	0	22400	1180	14.2	3.26	1280	158
400 × 150	10	18	17	8.5	91.73	72.0	0	0	24100	864	16.2	3.07	1200	115
400 × 150	12.5	25	27	13.5	122.1	95.8	0	0	31700	1240	16.1	3.18	1580	165
450 × 175	11	20	19	9.5	116.8	91.7	0	0	39200	1510	18.3	3.60	1740	173
450 × 175	13	26	27	13.5	146.1	115	0	0	48800	2020	18.3	3.72	2170	231
600 × 190	13	25	25	12.5	169.4	133	0	0	98400	2460	24.1	3.81	3280	259
600 × 190	16	35	38	19	224.5	176	0	0	130000	3540	24.1	3.97	4330	373

ตารางที่ 7 ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว T ชนิดรีดร้อน
(มาตรฐาน มอก.)



โมเมนต์ความเฉื่อย $I = ai^2$

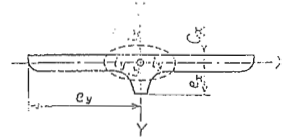
รัศมีไจเรชั่น

$$i = \sqrt{\frac{I}{a}}$$

โมดูลัสภาคตัด

$$Z_x = \frac{I_x}{H - H/2_x}$$

$$Z_y = \frac{I_y}{B - B/2}$$



ขนาด	ความ ถว้ mm	ความ สูง mm	ความหนา		รัศมีส่วนโค้ง		พื้นที่ภาค ตัดขวาง cm ²	มวลต่อ เมตร kg/m	ระยะห่างจาก ศูนย์กลาง		โมเมนต์ความเฉื่อย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสภาคตัด	
			t ₁	t ₂	r ₁	r ₂			a	C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x
150 × 9	150	39	12	9	8	3	18.52	14.5	0.934	0	16.5	254	0.942	3.70	5.55	33.8
150 × 12	150	42	12	12	8	3	23.02	18.1	1.02	0	20.7	338	0.949	3.83	6.52	45.1
150 × 15	150	45	12	15	8	3	27.52	21.6	1.13	0	25.9	423	0.971	3.92	7.70	56.4
200 × 12	200	42	12	12	8	3	29.02	22.8	0.935	0	22.3	799	0.877	5.25	6.83	79.9
200 × 16	200	46	12	16	8	3	37.02	29.1	1.09	0	30.5	1070	0.907	5.37	8.68	107
200 × 19	200	49	12	19	8	3	43.02	33.8	1.22	0	38.5	1270	0.946	5.43	10.4	127
200 × 22	200	52	12	22	8	3	49.02	38.5	1.35	0	48.3	1470	0.993	5.47	12.6	147
250 × 16	250	46	12	16	20	3	46.05	36.2	1.06	0	33.6	2080	0.854	6.72	9.49	167
250 × 19	250	49	12	19	20	3	53.55	42.0	1.19	0	43.1	2470	0.897	6.80	11.6	198
250 × 22	250	52	12	22	20	3	61.05	47.9	1.33	0	55.0	2870	0.949	6.85	14.2	229
250 × 25	250	55	12	25	20	3	68.55	53.8	1.46	0	69.6	3260	1.01	6.90	17.2	261

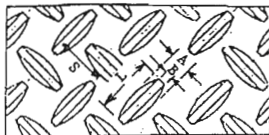
MILD STEEL PLATES:

Thickness/mm.	Size : 4' x 8' Weight : kg/pc.	5 x 10' kg/pc.	5 x 20' kg/pc.
3	70	—	—
3.2	75	117	—
4.5	105	164	—
6	140	219	—
8	187	292	—
9	210	328	—
10	233	365	—
12	280	438	—
15	350	547	1,094
16	373	584	1,167
18	420	656	1,313
19	444	693	1,386
21	490	766	1,532
22	513	802	1,604
25	583	912	1,823
28	653	—	2,042
29	677	—	2,115
32	747	—	2,334
38	887	—	2,771
44	1,050	1,641	—
50	1,167	1,823	—
55	1,284	—	—
60	1,400	—	—
65	1,517	2,370	—

CHECKERED PLATES

Standard Sizes of Floor Plates

Style	A	B	L	S
M	5.1	2.5	25.3	20.2
H	6.0	3.2	25.5	28.3



Metric Size

Thickness		Dimension							
		Width x Length							
		3ft x 6ft		4ft x 8ft		5ft x 10ft		5ft x 20ft	
		Weight of One Plate							
mm.	in	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb
M 2.3	0.0906	33.0	72.7	66.1	146				
M 3.2	0.1260	44.8	98.7	89.7	198				
M 4.5	0.1772	61.9	136	123	271				
H 3.2	0.1260	45.1	99.4	80.2	177	125	276	251	553
H 4.5	0.1772	62.2	137	111	245	173	381	345	760
H 6	0.2362	81.9	181	146	322	227	500	455	1003
H 8	0.3150	108	238	192	423	300	661	601	1325
H 9	0.3543	121	267	216	476	337	743	674	1485
H 10	0.3937	134	295	239	527	373	822	747	1646
H 12	0.4724	161	355	286	63	446	983	892	1966

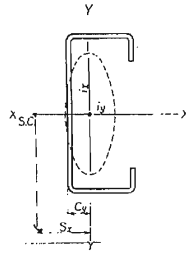
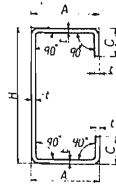
Flat Bars

Metric Size

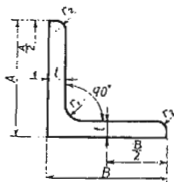
Standard Sectional Dimension		Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Standard Sectional Dimension		Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Standard Sectional Dimension		Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Standard Sectional Dimension		Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m
Thickness mm	Width mm			Thickness mm	Width mm			Thickness mm	Width mm			Thickness mm	Width mm		
4.5	25	1.125	0.88	9	180	16.20	12.7	16	300	48.00	37.7	25	180	45.00	35.3
4.5	32	1.440	1.13	9	200	18.00	14.1	19	38	7.22	5.67	25	200	50.00	39.2
4.5	38	1.710	1.34	9	230	20.70	16.2	19	44	8.360	6.56	25	230	57.50	45.1
4.5	44	1.980	1.55	9	250	22.50	17.7	19	50	9.500	7.46	25	250	62.50	49.1
4.5	50	2.250	1.77	12	25	3.000	2.36	19	65	12.35	9.69	25	280	70.00	55.0
6	25	1.500	1.18	12	32	3.810	3.01	19	75	14.25	11.2	25	300	75.00	58.9
6	32	1.920	1.51	12	38	4.560	3.58	19	90	17.10	13.4	28	100	28.00	22.0
6	38	2.280	1.79	12	44	5.280	4.14	19	100	19.00	14.9	28	125	35.00	27.5
6	44	2.640	2.07	12	50	6.000	4.71	19	125	23.75	18.6	28	150	42.00	33.0
6	50	3.000	2.36	12	65	7.800	6.12	19	150	28.50	22.4	28	180	50.40	39.6
6	65	3.900	3.06	12	75	9.000	7.06	19	180	34.20	26.8	28	200	56.00	44.0
6	75	4.500	3.53	12	90	10.80	8.48	19	200	38.00	29.8	28	230	64.40	50.6
6	90	5.400	4.24	12	100	12.00	9.42	19	230	43.70	34.3	28	250	70.00	55.0
6	100	6.000	4.71	12	125	15.00	11.8	19	250	47.50	37.3	28	280	78.40	61.5
6	125	7.500	5.89	12	150	18.00	14.1	19	280	53.20	41.8	28	300	84.00	65.9
8	25	2.000	1.57	12	180	21.60	17.0	19	300	57.00	44.7	32	100	32.00	25.1
8	32	2.560	2.01	12	200	24.00	18.8	22	50	11.00	8.64	32	125	40.00	31.4
8	38	3.040	2.39	12	230	27.60	21.7	22	65	14.30	11.2	32	150	48.00	37.7
8	44	3.520	2.76	12	250	30.00	23.6	22	75	16.50	13.0	32	180	57.60	45.2
8	50	4.000	3.14	12	280	33.60	26.4	22	90	19.80	15.5	32	200	64.00	50.2
8	65	5.200	4.08	12	300	36.00	28.3	22	100	22.00	17.3	32	230	73.60	57.8
8	75	6.000	4.71	16	32	5.120	4.02	22	125	27.50	21.6	32	250	80.00	62.8
8	90	7.200	5.65	16	38	6.080	4.77	22	150	33.00	25.9	32	280	89.60	70.3
8	100	8.000	6.28	16	44	7.040	5.53	22	180	39.60	31.1	32	300	96.00	75.4
8	125	10.00	7.85	16	50	8.000	6.28	22	200	44.00	34.5	36	100	36.00	28.3
9	25	2.250	1.77	16	65	10.40	8.16	22	230	50.60	39.7	36	125	45.00	35.3
9	32	2.880	2.26	16	75	12.00	9.42	22	250	55.00	43.2	36	150	54.00	42.4
9	38	3.420	2.68	16	90	14.40	11.3	22	280	61.60	48.4	36	180	64.80	50.9
9	44	3.960	3.11	16	100	16.00	12.6	22	300	66.00	51.8	36	200	72.00	56.5
9	50	4.500	3.53	16	125	20.00	15.7	25	50	12.50	9.81	36	230	82.80	65.0
9	65	5.850	4.59	16	150	24.00	18.8	25	65	16.25	12.8	36	250	90.00	70.6
9	75	6.750	5.30	16	180	28.80	22.6	25	75	18.75	14.7	36	280	100.8	79.1
9	90	8.100	6.36	16	200	32.00	25.1	25	90	22.50	17.7	36	300	108.0	84.8
9	100	9.000	7.06	16	230	36.80	28.9	25	100	25.00	19.6				
9	125	11.25	8.83	16	250	40.00	31.4	25	125	31.25	24.5				
9	150	13.50	10.6	16	280	44.80	35.2	25	150	37.50	29.4				

LIGHT LIP CHANNEL

JIS G3350



Dimensions mm		Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Centre of Gravity cm		Secondary Moment of Area cm ⁴		Radius of Gyration of Area cm		Modulus of Section cm ³		Centre of Shear cm	
HxAxC	t			C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	S _x	S _y
250x75x25	4.5	18.92	14.6	0	2.07	1690	129	9.44	2.62	135	23.8	5.1	0
200x75x25	4.5	16.67	13.1	0	2.32	990	121	7.61	2.69	99.0	23.3	5.6	0
	4.0	14.95	11.7	0	2.32	895	110	7.74	2.72	89.5	21.3	5.7	0
	3.2	12.13	9.52	0	2.33	736	92.3	7.70	2.76	73.6	17.8	5.7	0
200x75x20	4.5	16.22	12.7	0	2.19	963	109	7.71	2.60	96.3	20.6	5.3	0
	4.0	14.55	11.4	0	2.19	871	100	7.74	2.62	87.1	18.9	5.3	0
	3.2	11.81	9.2	0	2.19	716	84.1	7.79	2.67	71.6	15.8	5.4	0
150x75x25	4.5	14.42	11.5	0	2.65	501	109	5.90	2.75	66.9	22.5	6.3	0
	4.0	12.95	10.2	0	2.65	455	98.8	5.93	2.78	60.6	20.6	6.3	0
	3.2	10.53	8.27	0	2.66	375	83.6	5.97	2.82	50.0	17.3	6.4	0
150x75x20	4.5	13.97	11.0	0	2.50	489	99.2	5.92	2.66	65.2	19.8	6.0	0
	4.0	12.55	9.8	0	2.51	445	91.0	5.95	2.69	59.3	18.2	5.8	0
	3.2	10.21	8.0	0	2.51	366	76.4	5.99	2.74	48.9	15.3	5.1	0
150x65x20	4.0	11.75	11.2	0	2.11	401	63.7	5.84	2.33	53.5	14.5	5.0	0
	3.2	9.567	7.97	0	2.11	332	53.8	5.89	2.37	44.3	12.2	5.1	0
	2.3	7.012	6.50	0	2.12	248	41.1	5.94	2.42	33.0	9.37	5.2	0
150x50x20	4.5	11.72	9.20	0	1.54	368	35.7	5.60	1.75	49.0	10.5	3.7	0
	3.2	8.607	6.76	0	1.54	280	28.3	5.71	1.81	37.4	8.19	3.8	0
	2.3	6.322	4.9	0	1.55	210	21.9	5.77	1.86	28.0	6.33	3.8	0
125x50x20	4.5	10.59	8.5	0	1.68	238	33.5	4.74	1.78	38.0	10.0	4.0	0
	4.0	9.548	7.80	0	1.68	217	33.1	4.77	1.81	34.7	9.38	4.0	0
	3.2	7.807	6.13	0	1.68	181	26.6	4.82	1.85	29.0	8.02	4.0	0
125x50x15	4.5	9.548	7.80	0	1.69	137	20.6	4.88	1.89	21.9	6.22	4.1	0
	3.2	7.012	5.5	0	1.68	181	26.6	4.82	1.85	29.0	8.02	4.0	0
	2.3	5.747	4.5	0	1.69	137	20.6	4.88	1.89	21.9	6.22	4.1	0
120x60x25	4.5	11.72	9.20	0	2.25	252	58.0	4.63	2.22	41.9	15.5	5.3	0
	3.2	8.287	6.5	0	2.12	186	40.9	4.74	2.22	31.0	10.5	4.9	0
120x60x20	3.2	8.287	6.5	0	2.12	186	40.9	4.74	2.22	31.0	10.5	4.9	0
	2.3	6.092	4.7	0	2.13	140	31.3	4.79	2.27	23.3	8.10	5.1	0
120x40x20	3.2	7.007	5.50	0	1.32	144	15.3	4.53	1.48	24.0	5.71	3.4	0
100x50x20	4.5	9.469	7.4	0	1.86	139	30.9	3.82	1.31	27.7	9.82	4.3	0
	4.0	8.548	6.7	0	1.86	127	28.7	3.85	1.83	25.4	9.13	4.3	0
	3.2	7.007	5.5	0	1.86	107	24.5	3.90	1.87	21.3	7.81	4.4	0
	2.8	6.205	4.9	0	1.88	99.8	23.2	3.96	1.91	20.0	7.44	4.3	0
	2.3	5.172	4.0	0	1.86	80.7	19.0	3.95	1.92	16.1	6.06	4.4	0
	2.0	4.537	3.5	0	1.86	71.4	16.9	3.97	1.93	14.3	5.40	4.4	0
	1.6	3.672	2.8	0	1.87	58.4	14.0	3.99	1.95	11.7	4.47	4.5	0
90x45x20	3.2	6.367	5.00	0	1.72	76.9	18.3	3.48	1.69	17.1	6.57	4.1	0
	2.3	4.712	3.70	0	1.73	58.6	14.2	3.53	1.74	13.0	5.14	4.1	0
	1.6	3.352	2.63	0	1.73	42.6	10.5	3.56	1.77	9.46	5.80	4.2	0
75x45x15	2.3	4.137	3.25	0	1.72		11.8	3.00	1.69	9.90	4.24	4.0	0
	2.0	3.637	2.8	0	1.72		10.5	3.01	1.70	8.79	3.76	4.0	0
	1.6	2.952	2.3	0	1.72		8.71	3.03	1.72	7.24	3.13	4.1	0
75x35x15	2.3	3.677	2.8	0	1.29	31.0	6.58	2.91	1.34	8.28	2.98	3.1	0
70x40x25	1.6	3.032	2.3	0	1.80	22.0	8.00	2.69	1.62	6.29	3.64	4.4	0
60x30x10	2.3	2.872	2.25	0	1.06	15.6	3.32	2.33	1.07	5.20	1.71	2.5	0
	2.0	2.537	1.99	0	1.06	14.0	3.01	2.35	1.09	4.65	1.55	2.5	0
	1.6	2.072	1.5	0	1.06	11.6	2.56	2.37	1.11	3.88	1.32	2.5	0

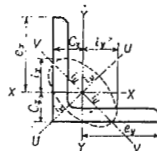


Geometrical moment of inertia $I = a r^2$

Radius of gyration of area $i = \sqrt{I/a}$

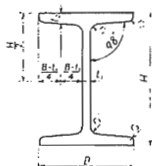
Modulus of section $Z = I/e$

(a : sectional area)

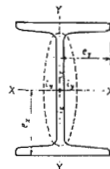


Equal Angle JIS G 3192

Standard sectional dimension mm				Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Reference											
A x B	t	f1	f2			Position of Centre of Gravity cm		Geometrical moment of inertia cm ⁴				Radius of Gyration of Area cm				Modulus of Section cm ³	
						Cx	Cy	Ix	Iy	Max Ix	Min Iy	Ix	Iy	Max Ix	Min Iy	Zx	Zy
25 x 25	3	4	2	1.427	0.719	0.719	0.789	0.797	1.26	0.332	0.747	0.747	0.940	0.483	0.448	0.448	
30 x 30	3	4	2	1.727	0.864	0.864	1.42	1.42	2.26	0.590	0.900	0.900	1.14	0.565	0.661	0.661	
40 x 40	3	4.5	2	2.336	1.09	1.09	3.53	3.53	5.60	1.46	1.23	1.23	1.85	0.790	1.21	1.21	
40 x 40	5	4.5	3	3.785	1.17	1.17	5.42	5.42	8.59	2.25	1.20	1.20	1.51	0.774	1.91	1.91	
45 x 45	4	6.5	3	3.492	1.24	1.24	6.50	6.50	10.3	2.70	1.36	1.36	1.72	0.880	2.00	2.00	
45 x 45	5	6.5	3	4.302	1.28	1.28	7.91	7.91	12.5	3.29	1.36	1.36	1.71	0.874	2.46	2.46	
50 x 50	4	8.5	3	3.892	1.37	1.37	9.06	9.06	14.4	3.76	1.53	1.53	1.92	0.983	2.49	2.49	
50 x 50	5	8.5	3	4.802	1.41	1.41	11.1	11.1	17.5	4.58	1.62	1.62	1.91	0.976	3.08	3.08	
50 x 50	6	8.5	4.5	5.644	1.44	1.44	12.6	12.6	20.0	5.23	1.50	1.50	1.88	0.953	3.69	3.69	
60 x 60	4	6.5	3	4.692	1.81	1.81	16.0	16.0	25.4	6.62	1.85	1.85	2.33	1.19	3.66	3.66	
60 x 60	5	8.5	3	5.802	1.86	1.86	19.6	19.6	31.2	8.09	1.94	1.94	2.32	1.18	4.52	4.52	
65 x 65	5	8.5	3	6.389	1.77	1.77	25.3	25.3	40.1	10.5	1.99	1.99	2.51	1.28	5.35	5.35	
65 x 65	6	8.5	4	7.527	1.81	1.81	29.4	29.4	46.6	12.2	1.98	1.98	2.49	1.27	6.28	6.28	
65 x 65	8	8.5	6	9.761	1.88	1.88	36.8	36.8	58.3	15.3	1.94	1.94	2.44	1.25	7.96	7.96	
70 x 70	6	8.5	4	8.127	1.93	1.93	37.1	37.1	58.9	15.3	2.14	2.14	2.69	1.37	7.33	7.33	
75 x 75	6	8.5	4	8.727	2.06	2.06	46.1	46.1	73.2	19.0	2.30	2.30	2.90	1.48	8.47	8.47	
75 x 75	9	8.5	6	12.69	2.17	2.17	64.4	64.4	102	26.7	2.25	2.25	2.84	1.45	12.1	12.1	
75 x 75	12	8.5	6	16.56	2.29	2.29	81.9	81.9	129	34.5	2.22	2.22	2.79	1.44	15.7	15.7	
80 x 80	6	8.5	4	9.327	2.18	2.18	56.4	56.4	89.6	23.2	2.46	2.46	3.10	1.58	9.70	9.70	
90 x 90	6	10	5	10.55	2.42	2.42	80.7	80.7	128	33.4	2.77	2.77	3.48	1.78	12.3	12.3	
90 x 90	7	10	5	12.22	2.46	2.46	93.0	93.0	148	38.3	2.76	2.76	3.48	1.77	14.2	14.2	
90 x 90	10	10	7	17.00	2.57	2.57	125	125	199	51.7	2.71	2.71	3.42	1.74	19.5	19.5	
90 x 90	13	10	7	21.71	2.69	2.69	166	166	248	65.3	2.68	2.68	3.38	1.73	24.8	24.8	
100 x 100	7	10	6	13.62	2.71	2.71	129	129	205	53.2	3.08	3.08	3.88	1.98	17.7	17.7	
100 x 100	10	10	7	19.00	2.82	2.82	175	175	278	72.0	3.04	3.04	3.83	1.95	24.4	24.4	
100 x 100	13	10	7	24.31	2.94	2.94	220	220	348	91.1	3.00	3.00	3.78	1.94	31.1	31.1	
120 x 120	8	12	5	18.76	3.24	3.24	258	258	410	106	3.71	3.71	4.67	2.38	29.5	29.5	
130 x 130	9	12	6	22.74	3.53	3.53	366	366	593	150	4.01	4.01	5.06	2.57	38.7	38.7	
130 x 130	12	12	8.5	29.76	3.64	3.64	467	467	743	192	3.96	3.96	5.00	2.54	49.9	49.9	
130 x 130	15	12	8.5	36.75	3.76	3.76	568	568	902	234	3.93	3.93	4.95	2.53	61.5	61.5	
150 x 150	12	14	7	34.37	4.14	4.14	740	740	1180	304	4.61	4.61	5.82	2.96	68.1	68.1	
150 x 150	15	14	10	42.74	4.24	4.24	888	888	1410	365	4.56	4.56	5.76	2.92	82.6	82.6	
150 x 150	19	14	10	53.38	4.40	4.40	1090	1090	1730	451	4.52	4.52	5.69	2.91	103	103	
175 x 175	12	15	11	40.52	4.73	4.73	1170	1170	1860	480	5.38	5.38	6.78	3.44	91.8	91.8	
175 x 175	16	15	11	60.21	4.85	4.85	1440	1440	2290	589	5.35	5.35	6.75	3.42	114	114	
200 x 200	15	17	12	67.75	5.45	5.45	2180	2180	3470	891	6.14	6.14	7.75	3.93	150	150	
200 x 200	20	17	12	76.00	5.67	5.67	2820	2820	4450	1160	6.09	6.09	7.69	3.90	197	197	
200 x 200	25	17	12	93.75	5.86	5.86	3420	3420	5420	1410	6.04	6.04	7.61	3.88	242	242	
250 x 250	25	24	12	118.4	83.7	7.10	7.10	6950	6950	11000	2860	7.63	7.63	9.62	4.90	388	388
250 x 250	35	24	18	162.6	7.45	7.45	9110	9110	14400	3790	7.49	7.49	9.42	4.83	519	519	

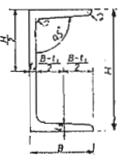


Geometrical moment of inertia $I = a^2$
 Radius of gyration of area $i = \sqrt{I/a}$
 Modulus of section $Z = I/e$
 (a : sectional area)

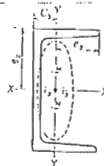


I-Beam JIS G 3192

Standard Sectional Dimension mm					Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Reference							
HxB	t ₁	t ₂	r ₁	r ₂			Position of Centre of Gravity cm		Geometrical Moment of Inertia cm ⁴		Radius of Gyration of Area cm		Modulus of Section cm ³	
							C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
100 x 75	5	8	7	3.5	16.43	12.9	0	0	281	47.3	4.14	1.70	56.2	12.6
125 x 75	5.5	9.5	9	4.5	20.45	16.1	0	0	538	57.5	5.13	1.68	86.0	15.3
150 x 75	5.5	9.5	9	4.5	21.83	17.1	0	0	819	57.5	6.12	1.62	109	15.3
150 x 125	8.5	14	13	6.5	46.15	36.2	0	0	1760	385	6.18	2.89	235	61.6
180 x 100	6	10	10	5	30.06	23.6	0	0	1670	138	7.46	2.14	186	27.5
200 x 100	7	10	10	5	33.06	26.0	0	0	2170	138	8.11	2.05	217	27.7
200 x 150	9	16	15	7.5	64.16	50.4	0	0	4460	753	8.34	3.43	446	10.0
250 x 125	7.5	12.5	12	6	48.79	38.3	0	0	5180	337	10.3	2.63	414	53.9
250 x 125	10	19	21	10.5	70.73	55.5	0	0	7310	538	10.2	2.76	585	86.0
300 x 150	8	13	12	6	61.58	48.3	0	0	9480	588	12.4	3.09	632	78.4
300 x 150	10	18.5	19	9.5	83.47	65.5	0	0	12700	886	12.3	3.26	849	118
300 x 150	11.5	22	23	11.5	97.88	78.8	0	0	14700	1080	12.2	3.32	978	143
350 x 150	9	15	13	6.5	74.58	58.5	0	0	15200	702	14.3	3.07	870	93.5
350 x 150	12	24	25	12.5	111.1	87.2	0	0	22400	1180	14.2	3.26	1280	158
400 x 150	10	18	17	8.5	91.73	72.0	0	0	24100	864	16.2	3.07	1200	115
400 x 150	12.5	25	27	13.5	122.1	95.8	0	0	31700	1240	16.1	3.18	1580	165
450 x 175	11	20	19	9.5	116.8	91.7	0	0	39200	1510	18.3	3.60	1740	173
450 x 175	13	26	27	13.5	146.1	115	0	0	48800	2020	18.3	3.72	2170	231
600 x 190	13	25	25	12.5	169.4	133	0	0	98400	2460	24.1	3.81	3280	259
600 x 190	16	35	38	19	224.5	176	0	0	130000	3540	24.1	3.97	4330	373

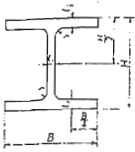


Geometrical moment of inertia $I = a^2$
 Radius of gyration of area $i = \sqrt{I/a}$
 Modulus of section $Z = I/e$
 (a : sectional area)

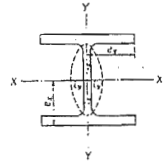


Channel JIS G 3192

Standard Sectional Dimension mm					Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Reference							
HxB	t ₁	t ₂	r ₁	r ₂			Position of Centre of Gravity cm		Geometrical Moment of Inertia cm ⁴		Radius of Gyration of Area cm		Modulus of Section cm ³	
							C _x	C _y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
75 x 40	5	7	8	4	8.818	6.92	0	1.28	75.3	12.2	2.92	1.17	20.1	4.47
100 x 50	5	7.5	8	4	11.92	9.36	0	1.54	188	26.0	3.97	1.48	37.6	7.52
125 x 65	6	8	8	4	17.11	13.4	0	1.90	424	61.8	4.98	1.90	67.8	13.4
150 x 75	6.5	10	10	5	23.71	18.6	0	2.28	861	117	6.03	2.22	115	22.4
150 x 75	9	12.5	15	7.5	30.59	24.0	0	2.31	1050	147	5.86	2.19	140	28.3
180 x 75	7	10.5	11	5.5	27.20	21.4	0	2.13	1380	131	7.12	2.19	153	24.3
200 x 80	7.5	11	12	6	31.33	24.8	0	2.21	1950	168	7.88	2.32	195	29.1
200 x 90	8	13.5	14	7	38.65	30.3	0	2.74	2490	277	8.02	2.68	249	44.2
250 x 90	9	13	14	7	44.07	34.6	0	2.40	4180	294	9.74	2.58	334	44.5
250 x 90	11	14.5	17	8.5	51.17	40.2	0	2.40	4680	329	9.56	2.54	374	49.9
300 x 90	9	13	14	7	48.57	38.1	0	2.22	6440	309	11.5	2.52	429	45.7
300 x 90	10	15.5	19	9.5	55.74	43.8	0	2.34	7410	360	11.5	2.54	494	54.1
300 x 90	12	16	19	9.5	61.90	48.6	0	2.28	7870	379	11.3	2.48	525	56.4
380 x 100	10.5	16	18	9	69.39	54.5	0	2.41	14500	535	14.5	2.78	763	70.5
380 x 100	13	16.5	18	9	78.96	62.0	0	2.33	15600	565	14.1	2.67	823	73.6
380 x 100	13	20	24	12	85.71	67.3	0	2.54	17600	655	14.2	2.76	893	77.0

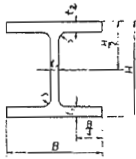


Geometrical moment of inertia $I = a^2$
 Radius of gyration of area $i = \sqrt{I/a}$
 Modulus of section $Z = I/e$
 (a : sectional area)

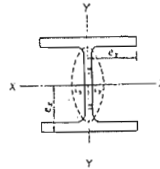


H-Beam JIS G 3192

Standard Sectional Dimension mm					Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Reference					
Nominal Dimension (Height x flange)	HxB	t ₁	t ₂	r			Geometrical Moment of Inertia cm ⁴		Radius of Gyration of Area cm		Modulus of Section cm ³	
							I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
100 x 50	100 x 50	5	7	8	11.85	9.30	187	14.8	3.98	1.12	37.5	5.91
100 x 100	100 x 100	6	8	10	21.90	17.2	383	134	4.18	2.47	76.5	26.7
125 x 60	125 x 60	6	8	9	16.84	13.2	413	29.2	4.95	1.32	66.1	9.73
125 x 125	125 x 125	6.5	9	10	30.31	23.8	847	293	5.29	3.11	136	47.0
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.0	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2
150 x 100	148 x 100	6	9	11	26.84	21.1	1020	151	6.17	2.37	138	30.1
150 x 150	150 x 150	7	10	11	40.14	31.5	1640	563	6.39	3.75	219	75.1
175 x 90	175 x 90	5	8	9	23.04	18.1	1210	97.5	7.26	2.06	139	21.7
175 x 175	175 x 175	7.5	11	12	51.21	40.2	2880	984	7.50	4.38	330	112
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.2	1580	114	8.26	2.21	184	23.0
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.3	1840	134	8.24	2.22	184	26.8
200 x 150	194 x 150	6	9	13	39.01	30.6	2690	507	8.30	3.61	277	67.6
200 x 200	200 x 200	8	12	13	63.53	49.9	4720	1600	8.62	5.02	472	160
	200 x 204	12	12	13	71.53	56.2	4980	1700	8.35	4.88	498	167
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.7	3540	255	10.4	2.79	285	41.1
	250 x 125	6	9	12	37.66	29.6	4050	294	10.4	2.79	324	47.0
250 x 175	244 x 175	7	11	16	56.24	44.1	6120	984	10.4	4.18	502	113
250 x 250	250 x 250	9	14	16	92.18	72.4	10800	3650	10.8	6.29	867	292
	250 x 255	14	14	16	104.7	82.2	11500	3880	10.5	6.09	919	304
300 x 150	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32.0	6320	442	12.4	3.29	424	59.3
	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.7	7210	508	12.4	3.29	481	67.7
300 x 200	294 x 200	8	12	18	72.38	56.8	11300	1600	12.5	4.71	771	160
300 x 300	294 x 302	12	12	18	107.7	84.5	16900	5520	12.5	7.16	1150	365
	300 x 300	10	15	18	119.8	94.0	20400	6750	13.1	7.51	1360	450
	300 x 305	15	15	18	134.8	106	21500	7100	12.6	7.26	1440	466
350x175	346 x 174	6	9	14	52.68	41.4	11100	792	14.5	3.88	641	91.0
	350x175	7	11	14	63.14	49.6	13600	984	14.7	3.95	775	112
350 x 250	340 x 250	9	14	20	101.5	79.7	21700	3650	14.6	6.00	1280	292

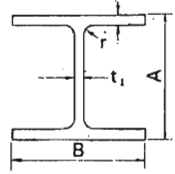


Geometrical moment of inertia $I = ar^2$
 Radius of gyration of area $i = \sqrt{I/a}$
 Modulus of section $Z = I/e$
 (a : sectional area)



H-BEAM continued

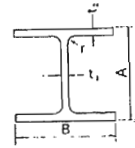
Standard sectional dimension mm					Sectional area cm ²	Unit weight kg/m	Reference					
Nominal Dimension (Height x flange)	.H x B	t ₁	t ₂	r			Geometrical moment of inertia cm ⁴		Radius of gyration of area cm		Modulus of section cm ³	
							I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
350 x 350	344 x 348	10	16	20	146.0	115	33300	11200	15.1	8.78	1940	646
	350 x 350	12	19	20	173.9	137	40300	13600	15.2	8.84	2300	776
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.6	20000	1450	16.7	4.48	1010	145
	400 x 200	8	13	16	84.12	68.0	23700	1740	16.8	4.54	1190	174
400 x 300	390 x 300	10	16	22	136.0	107	38700	7210	16.9	7.28	1980	481
	*388 x 402	15	15	22	178.5	140	49000	16300	16.6	9.54	2520	809
400 x 400	*394 x 398	11	18	22	186.8	147	56100	18900	17.3	10.1	2850	951
	400 x 400	13	21	22	218.7	172	66600	22400	17.5	10.1	3330	1120
	*400 x 408	21	21	22	250.7	197	70900	23800	16.8	9.75	3540	1170
	*414 x 405	18	28	22	295.4	232	92800	31000	17.7	10.2	4480	1530
	*428 x 407	20	35	22	360.7	283	119000	39400	18.2	10.4	5570	1930
	*458 x 417	30	50	22	528.6	415	187000	60500	18.8	10.7	8170	2900
	*498 x 432	45	70	22	770.1	605	298000	94400	19.7	11.1	12000	4370
450 x 200	446 x 199	8	12	18	84.30	66.2	28700	1580	18.5	4.33	1290	158
	450 x 200	9	14	18	96.76	76.0	33500	1870	18.6	4.40	1490	187
450 x 300	440 x 300	11	18	24	157.4	124	56100	8110	18.9	7.18	2550	541
500 x 200	496 x 199	9	14	20	101.3	79.5	41900	1840	20.3	4.27	1690	185
	500 x 200	10	16	20	114.2	89.8	47800	2140	20.5	4.33	1910	214
	*506 x 201	11	19	20	131.3	103	56500	2580	20.7	4.43	2230	257
500 x 300	482 x 300	11	15	26	145.5	114	60400	6760	20.4	6.82	2500	451
	488 x 300	11	18	26	163.5	128	71000	8110	20.8	7.04	2910	541
600 x 200	596 x 199	10	15	22	120.5	94.8	68700	1980	23.9	4.05	2310	199
	600 x 200	11	17	22	134.4	106	77600	2280	24.0	4.12	2590	228
	*606 x 201	12	20	22	152.5	120	90400	2720	24.3	4.22	2980	271
600 x 300	582 x 300	12	17	28	174.5	137	103000	7670	24.3	6.63	3530	511
	588 x 300	12	20	28	192.5	151	118000	9020	24.8	6.85	4020	601
	*594 x 302	14	23	28	222.4	175	137000	10600	24.9	6.90	4620	701
700 x 300	*692 x 300	13	20	28	211.5	166	172000	9020	28.6	6.53	4980	602
	700 x 300	13	24	28	235.5	185	201000	10800	29.3	6.78	5760	722
800 x 300	*792 x 300	14	22	28	243.4	191	254000	9930	32.3	6.39	6410	662
	800 x 300	14	26	28	267.4	210	292000	11700	33.0	6.62	7290	782
900 x 300	*890 x 299	15	23	28	270.9	213	345000	10300	35.7	6.16	7760	688
	900 x 300	16	28	28	309.8	243	411000	12600	36.4	6.39	9140	843
	*912 x 302	18	34	28	364.0	286	498000	15700	37.0	6.56	10900	1040



Wide Flange Shapes

(Metric Series)

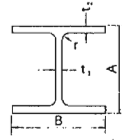
Section Index	Weight	Depth of Section (A)	Flange Width (B)	Thickness		Corner Radius (r)	Sectional Area	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
				Web (t _w)	Flange (t _f)			J _x	J _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
900 × 300	286	912	302	18	34	28	364.0	498,000	15,700	37.0	6.56	10,900	1,040
	243	900	300	16	28	28	309.8	411,000	12,600	36.4	6.39	9,140	843
	213	890	299	15	23	28	270.9	345,000	10,300	35.7	6.16	7,760	688
800 × 300	241	808	302	16	30	28	307.6	339,000	13,800	33.2	6.70	8,400	915
	210	800	300	14	26	28	267.4	292,000	11,700	33.0	6.62	7,290	782
	191	792	300	14	22	28	243.4	254,000	9,930	32.3	6.39	6,410	662
700 × 300	215	708	302	15	28	28	273.6	237,000	12,900	29.4	6.86	6,700	853
	185	700	300	13	24	28	235.5	201,000	10,800	29.3	6.78	5,760	722
	166	692	300	13	20	28	211.5	172,000	9,020	28.6	6.53	4,980	602
600 × 300	175	594	302	14	23	28	222.4	137,000	10,600	24.9	6.90	4,620	701
	151	588	300	12	20	28	192.5	118,000	9,020	24.8	6.85	4,020	601
	137	582	300	12	17	28	174.5	103,000	7,670	24.3	6.63	3,530	511
600 × 200	134	612	202	13	23	22	107.7	103,000	3,180	24.6	4.31	3,380	314
	120	606	201	12	20	22	152.5	90,400	2,720	24.3	4.22	2,980	271
	106	600	200	11	17	22	134.4	77,600	2,280	24.0	4.12	2,590	228
	94.6	596	199	10	15	22	120.5	68,700	1,980	23.9	4.05	2,310	199
500 × 300	128	488	300	11	18	26	163.5	71,000	8,110	20.8	7.04	2,910	541
	114	482	300	11	15	26	145.5	60,400	6,760	20.4	6.82	2,500	451
500 × 200	103	506	201	11	19	20	131.3	56,500	2,580	20.7	4.43	2,230	257
	89.6	500	200	10	16	20	114.2	47,800	2,140	20.5	4.33	1,910	214
	79.5	496	199	9	14	20	101.3	41,900	1,840	20.3	4.27	1,690	185
450 × 300	124	440	300	11	18	24	157.4	56,100	8,110	18.9	7.18	2,550	541
	106	434	299	10	15	24	135.0	46,800	6,690	18.6	7.04	2,160	448
450 × 200	76.0	450	200	9	14	18	96.76	33,500	1,870	18.6	4.40	1,490	187
	66.2	446	199	8	12	18	84.30	28,700	1,580	18.5	4.33	1,290	159
400 × 400	605	498	432	45	70	22	770.1	298,000	94,400	19.7	11.1	12,000	4,370
	415	458	417	30	50	22	528.6	187,000	60,500	18.8	10.7	8,170	2,900
	283	428	407	20	35	22	360.7	119,000	39,400	18.2	10.4	5,570	1,930
	232	414	405	18	28	22	295.4	92,800	31,000	17.7	10.2	4,480	1,530



Wide Flange Shapes

(Metric Series)-Continued

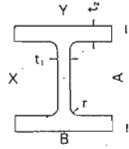
Section Index	Weight	Depth of Section (A)	Flange Width (B)	Thickness		Corner Radius (r)	Sectional Area	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
				Web (t _w)	Flange (t _f)			J _x	J _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
400 × 400	200	406	403	16	24	22	254.9	78,000	26,200	17.5	10.1	3,840	1,300
	197	400	408	21	21	22	250.7	70,900	23,800	16.8	9.75	3,540	1,170
	172	400	400	13	21	22	218.7	66,600	22,400	17.5	10.1	3,330	1,120
	168	394	405	18	18	22	214.4	59,700	20,000	16.7	9.65	3,030	985
	147	394	398	11	18	22	186.8	56,100	18,900	17.3	10.1	2,850	951
	140	388	402	15	15	22	178.5	49,000	16,300	16.6	9.54	2,520	809
400 × 300	107	390	300	10	16	22	136.0	38,700	7,210	16.9	7.28	1,980	481
	94.3	386	299	9	14	22	120.1	33,700	6,240	16.7	7.21	1,740	418
400 × 200	66.0	400	200	8	13	16	84.12	23,700	1,740	16.8	4.54	1,190	174
	56.6	396	199	7	11	16	72.16	20,000	1,450	16.7	4.48	1,010	145
350 × 350	159	356	352	14	22	20	202.0	47,600	16,000	15.3	8.90	2,670	909
	156	350	357	19	19	20	198.4	42,800	14,400	14.7	8.53	2,450	809
	137	350	350	12	19	20	173.9	40,300	13,600	15.2	8.84	2,300	776
	131	344	354	16	16	20	166.6	35,300	11,800	14.6	8.43	2,050	669
	115	344	348	10	16	20	146.0	33,300	11,200	15.1	8.78	1,940	646
	106	338	351	13	13	20	135.3	28,200	9,380	14.4	8.33	1,670	534
350 × 250	79.7	340	250	9	14	20	101.5	21,700	3,650	14.6	6.00	1,280	292
	69.2	336	249	8	12	20	88.15	18,500	3,090	14.5	5.92	1,100	248
350 × 175	49.6	350	175	7	11	14	63.14	13,600	984	14.7	3.95	775	112
	41.4	346	174	6	9	14	52.68	11,100	792	14.5	3.88	641	91.0
300 × 300	106	304	301	11	17	18	134.8	23,400	7,730	13.2	7.57	1,540	514
	106	300	305	15	15	18	134.8	21,500	7,100	12.6	7.26	1,440	466
	94.0	300	300	10	15	18	119.8	20,400	6,750	13.1	7.51	1,360	450
	87.0	298	299	9	14	18	110.8	18,800	6,240	13.0	7.51	1,270	417
	84.5	294	302	12	12	18	107.7	16,900	5,520	12.5	7.16	1,150	365
300 × 200	65.4	298	201	9	14	18	83.36	13,300	1,900	12.6	4.77	893	189
	56.8	294	200	8	12	18	72.38	11,300	1,600	12.5	4.71	771	160
300 × 150	36.7	300	150	6.5	9	13	46.78	7,210	508	12.4	3.29	481	67.7
	32.0	298	149	5.5	8	13	40.80	6,320	442	12.4	3.29	424	59.3



Wide Flange Shapes

(Metric Series)-Continued

Section Index	Weight	Depth of Section (A)	Flange Width (B)	Thickness		Corner Radius (r)	Sectional Area	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
				Web (t)	Flange (t ₁)			J _x	J _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
250 × 250	82.2	250	255	14	14	16	104.7	11,500	3,880	10.5	6.09	919	304
	72.4	250	250	9	14	16	92.18	10,800	3,650	10.8	6.29	867	292
	66.5	248	249	8	13	16	84.70	9,930	3,350	10.8	6.29	801	269
	64.4	244	252	11	11	16	82.06	8,790	2,940	10.3	5.98	720	233
250 × 175	44.1	244	175	7	11	16	56.24	6,120	984	10.4	4.18	502	113
250 × 125	29.6	250	125	6	9	12	37.68	4,050	294	10.4	2.79	324	47.0
	25.7	248	124	5	8	12	32.68	3,540	255	10.4	2.79	285	41.1
200 × 200	65.7	208	202	10	16	13	83.69	6,530	2,200	8.83	5.18	628	218
	56.2	200	204	12	12	13	71.53	4,980	1,700	8.35	4.88	498	167
	49.9	200	200	8	12	13	63.53	4,720	1,600	8.62	5.02	472	160
200 × 150	30.6	194	150	6	9	13	39.01	2,690	507	8.30	3.61	277	67.6
200 × 100	21.3	200	100	5.5	8	11	27.16	1,840	134	8.24	2.22	184	26.8
	18.2	198	99	4.5	7	11	23.18	1,580	114	8.26	2.21	160	23.0
175 × 175	40.2	175	175	7.5	11	12	51.21	2,880	984	7.50	4.38	330	112
175 × 125	23.3	169	125	5.5	8	12	29.65	1,530	261	7.18	2.97	181	41.8
175 × 90	18.1	175	90	5	8	9	23.04	1,210	97.5	7.26	2.06	139	21.7
150 × 150	31.5	150	150	7	10	11	40.14	1,640	563	6.39	3.75	219	75.1
150 × 100	21.1	148	100	6	9	11	26.84	1,020	151	6.17	2.37	136	30.1
150 × 75	14.0	150	75	5	7	8	17.85	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2
125 × 125	23.8	125	125	6.5	9	10	30.31	847	293	5.29	3.11	136	47.0
125 × 80	13.2	125	80	6	8	9	16.84	413	29.2	4.95	1.32	66.1	9.73
100 × 100	17.2	100	100	6	8	10	21.90	383	134	4.18	2.47	76.5	26.7
100 × 50	9.30	100	50	5	7	8	11.85	187	14.8	3.98	1.12	37.5	5.91



Heavy Column Sections

(Metric Series)

Section Index	Weight	Depth of Section (A)	Flange Width (B)	Thickness		Corner Radius (r)	Sectional Area	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
				Web (t ₁)	Flange (t ₂)			J _x	J _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
90	930	538	477	90	90	22	1,185	472,000	165,000	20.0	11.8	17,600	6,920
85	1,170	608	472	85	125	22	1,488	737,000	221,000	22.3	12.2	24,300	9,360
75	758	508	462	75	75	22	965.7	358,000	125,000	19.3	11.4	14,100	5,390
70	953	568	457	70	105	22	1,214	551,000	168,000	21.3	11.8	19,400	7,360
60	804	538	447	60	90	22	1,024	433,000	135,000	20.6	11.5	16,100	6,030
	593	478	447	60	60	22	755.4	260,000	90,000	18.6	10.9	10,900	4,030
50	658	508	437	50	75	22	838.7	331,000	105,000	19.9	11.2	13,000	4,790
45	740	538	432	45	90	22	942.9	414,000	121,000	21.0	11.3	15,400	5,610
	605	498	432	45	70	22	770.1	298,000	94,400	19.7	11.1	12,000	4,370
	435	448	432	45	45	22	554.1	177,000	60,800	17.9	10.5	7,900	2,810
40	518	478	427	40	60	22	659.8	242,000	78,100	19.1	10.9	10,100	3,660
	384	438	427	40	40	22	489.0	152,000	52,100	17.6	10.3	6,950	2,440
35	466	468	422	35	55	22	593.7	214,000	69,000	19.0	10.8	9,130	3,270
	334	428	422	35	35	22	424.9	129,000	44,000	17.4	10.2	6,030	2,080
30	480	478	417	30	60	22	612.0	233,000	72,600	19.5	10.9	9,740	3,480
	415	458	417	30	50	22	528.6	187,000	60,500	18.8	10.7	8,170	2,900
	284	418	417	30	30	22	361.8	107,000	36,400	17.2	10.0	5,120	1,740
25	332	438	412	25	40	22	423.3	142,000	46,700	18.3	10.5	6,470	2,270
20	283	428	407	20	35	22	360.7	119,000	39,400	18.2	10.4	5,570	1,930

CARBON STEEL TUBES FOR GENERAL STRUCTURAL PURPOSE JIS G 3444

Outside diameter mm	Thickness mm	Weight kg/m	Reference			
			Cross-sectional area cm ²	Geometrical moment of inertia cm ⁴	Modulus of section cm ³	Radius of gyration of area cm
21.7	2.0	0.972	1.238	0.607	0.560	0.700
27.2	2.0	1.24	1.583	1.26	0.930	0.890
	2.3	1.41	1.799	1.41	1.03	0.880
34.0	2.3	1.80	2.291	2.89	1.70	1.12
	2.3	2.29	2.919	5.97	2.80	1.43
42.7	2.8	2.76	3.510	7.02	3.29	1.41
	2.3	2.63	3.345	8.99	3.70	1.64
48.6	2.8	3.16	4.029	10.6	4.36	1.62
	3.2	3.58	4.564	11.8	4.86	1.61
60.5	2.3	3.30	4.205	17.8	5.90	2.06
	3.2	4.52	5.760	23.7	7.84	2.03
76.3	4.0	5.57	7.100	28.5	9.41	2.00
	2.8	5.08	6.465	43.7	11.5	2.60
89.1	3.2	5.77	7.349	49.2	12.9	2.59
	4.0	7.13	9.085	59.5	15.6	2.56
89.1	2.8	5.96	7.591	70.7	15.9	3.05
	3.2	6.78	8.636	79.8	17.9	3.04
101.6	4.0	8.39	10.69	97.0	21.8	3.01
	3.2	7.76	9.892	120	23.8	3.48
101.6	4.0	9.63	12.26	146	28.8	3.45
	5.0	11.9	15.17	177	34.9	3.42
114.3	3.2	8.77	11.17	172	30.2	3.93
	3.6	9.83	12.52	192	33.6	3.92
139.8	4.5	12.2	15.52	234	41.0	3.89
	5.6	15.0	19.12	283	49.6	3.85
139.8	3.6	12.1	15.40	357	51.1	4.82
	4.0	13.4	17.07	394	56.3	4.80
165.2	4.5	15.0	19.13	438	62.7	4.79
	6.0	19.8	25.22	566	80.9	4.74
165.2	4.5	17.8	22.72	734	88.9	5.68
	5.0	19.8	25.16	808	97.8	5.67
190.7	6.0	23.6	30.01	952	115	5.63
	7.0	27.3	34.79	109x10	132	5.60
190.7	4.5	20.7	26.32	114x10	120	6.59
	5.0	22.9	29.17	126x10	132	6.57
216.3	6.0	27.3	34.82	149x10	156	6.53
	7.0	31.7	40.40	171x10	179	6.50
216.3	4.5	23.5	29.94	168x10	155	7.49
	6.0	31.1	39.61	219x10	203	7.44
287.4	7.0	36.1	46.03	252x10	233	7.40
	8.0	41.1	52.35	284x10	263	7.37
287.4	6.0	38.7	49.27	421x10	315	9.24
	7.0	45.0	57.27	486x10	363	9.21
318.5	8.0	51.2	65.19	549x10	411	9.18
	9.0	57.4	73.06	611x10	457	9.14
318.5	6.0	46.2	58.91	719x10	452	11.1
	7.0	53.8	68.50	831x10	552	11.0
355.6	8.0	61.3	78.04	941x10	591	11.0
	9.0	68.7	87.51	105 x 10 ²	659	10.9
355.6	6.3	54.3	69.13	105x10 ²	593	12.4
	8.0	68.6	87.36	132x10 ²	742	12.3
406.4	9.0	76.9	98.00	147x10 ²	828	12.3
	12.0	102	129.5	191x10 ²	108x10	12.2
406.4	9.0	88.2	112.4	222x10 ²	109x10	14.1
	12.0	117	148.7	289x10 ²	142x10	14.0
457.2	16.0	154	196.2	374x10 ²	184x10	13.8
	19.0	182	231.2	435x10 ²	214x10	13.7
457.2	9.0	99.5	126.7	318x10 ²	140x10	15.8
	12.0	132	167.8	416x10 ²	182x10	15.7
457.2	16.0	174	221.8	540x10 ²	236x10	15.6
	19.0	205	261.6	629x10 ²	275x10	15.5

JIS G 3444 (Continued)

Outside diameter mm	Thickness mm	Weight kg/m	Reference			
			Cross-sectional area cm ²	Gommetrical moment of inertia cm ⁴	Modulus of section cm ³	Radius of gyration of area cm
500	9.0	109	138.8	418x10 ²	167x10	17.4
	12.0	144	184.0	548x10 ²	219x10	17.3
	14.0	168	213.8	632x10 ²	253x10	17.2
508.0	9.0	111	141.1	439x10 ²	173x10	17.6
	12.0	147	187.0	575x10 ²	226x10	17.5
	14.0	171	217.3	663x10 ²	261x10	17.5
	16.0	194	247.3	749x10 ²	295x10	17.4
	19.0	229	291.9	874x10 ²	344x10	17.3
	22.0	284	335.9	994x10 ²	391x10	17.2
558.8	9.0	122	155.5	588x10 ²	210x10	19.4
	12.0	162	206.1	771x10 ²	276x10	19.3
	16.0	214	272.8	101x10 ³	360x10	19.2
	19.0	253	322.2	118x10 ³	421x10	19.1
	22.0	291	371.0	134x10 ³	479x10	19.0
600	9.0	131	167.1	730x10 ²	243x10	20.9
	12.0	174	221.7	968x10 ²	320x10	20.8
	14.0	202	257.7	111x10 ³	369x10	20.7
609.6	16.0	230	293.6	125x10 ³	418x10	20.7
	9.0	133	169.8	766x10 ²	251x10	21.2
	12.0	177	225.3	101x10 ³	330x10	21.1
700	14.0	206	262.0	116x10 ³	381x10	21.1
	16.0	234	298.4	132x10 ³	432x10	21.0
	19.0	277	352.5	154x10 ³	505x10	20.9
	22.0	319	406.1	176x10 ³	576x10	20.8
	9.0	153	195.4	117x10 ³	333x10	24.4
711.2	12.0	204	259.4	154x10 ³	439x10	24.3
	14.0	237	301.7	178x10 ³	507x10	24.3
	16.0	270	343.8	201x10 ³	575x10	24.2
	9.0	156	198.5	122x10 ³	344x10	24.8
	12.0	207	263.6	161x10 ³	453x10	24.7
812.8	14.0	241	306.6	186x10 ³	524x10	24.7
	16.0	274	349.4	212x10 ³	594x10	24.6
	19.0	324	413.2	248x10 ³	696x10	24.5
	22.0	374	476.3	283x10 ³	796x10	24.4
	9.0	178	227.3	184x10 ³	452x10	28.4
914.4	12.0	237	301.9	242x10 ³	596x10	28.3
	14.0	276	351.3	280x10 ³	690x10	28.2
	16.0	314	400.5	318x10 ³	782x10	28.2
	19.0	372	473.8	373x10 ³	919x10	28.1
	22.0	429	546.6	428x10 ³	106x10 ²	28.0
1016.0	12.0	267	340.2	346x10 ³	758x10	31.9
	14.0	311	396.0	401x10 ³	878x10	31.8
	16.0	354	451.6	456x10 ³	997x10	31.8
	19.0	420	534.5	536x10 ³	117x10 ²	31.7
	22.0	484	616.5	614x10 ³	134x10 ²	31.5
1016.0	12.0	297	378.5	477x10 ³	939x10	35.5
	14.0	346	440.7	553x10 ³	109x10 ²	35.4
	16.0	395	502.7	628x10 ³	124x10 ²	35.4
	19.0	467	595.1	740x10 ³	146x10 ²	35.2
	22.0	539	687.0	849x10 ³	167x10 ²	35.2

JIS G 3444 Mechanical Properties

Class	Notation	Tension Test				Bending test		Flattening test Distance between flat plates (D is outside diameter of tube)
		Tensile strength kg/mm ²	Yield point or yield strength kg/mm ²	Elongation		Bending angle	Inside radius (D is outside diameter of tube)	
				For pipes see 11 For plates see 12 Without direction	For plates see 5 With direction			
Class 1	STK 30	30 min.	—	30 min.	25 min.	90°	6 D	2/3 D
Class 2	STK 41	41 min.	24 min.	23 min.	18 min.	90°	6 D	2/3 D
Class 3	STK 51	51 min.	36 min.	15 min.	10 min.	90°	8 D	7/8 D
Class 4	STK 50	50 min.	32 min.	23 min.	18 min.	90°	6 D	7/8 D
Class 5	STK 55	55 min.	40 min.	20 min.	16 min.	90°	6 D	7/8 D

BRITISH STANDARD PIPE BS 1387 ● 1967 LIGHT

Nominal bore		Outside diameter				Thickness		Calculated weight of black tube			
		max.	min.	max.	min.			Plain end		Screwed and socketed	
in	mm	in	in	mm	mm	in	mm	lb/ft	kg/m	lb/ft	kg/m
1/4	8	0.532	0.518	13.6	13.2	0.072	1.8	0.347	0.517	0.360	0.521
3/8	10	0.671	0.656	17.1	16.7	0.072	1.8	0.453	0.674	0.457	0.680
1/2	15	0.841	0.825	21.4	21.0	0.080	2.0	0.640	0.952	0.646	0.961
3/4	20	1.059	1.041	26.9	26.4	0.082	2.35	0.944	1.41	0.954	1.42
1	25	1.328	1.309	33.8	33.2	0.104	2.65	1.35	2.01	1.36	2.03
1 1/4	32	1.670	1.650	42.5	41.9	0.104	2.65	1.73	2.58	1.75	2.61
1 1/2	40	1.903	1.882	48.4	47.8	0.116	2.9	2.19	3.25	2.22	3.29
2	50	2.370	2.347	60.2	59.6	0.116	2.9	2.76	4.11	2.81	4.18
2 1/2	65	2.991	2.960	76.0	75.2	0.128	3.25	3.90	5.80	3.98	5.92
3	80	3.491	3.460	88.7	87.9	0.128	3.25	4.58	6.81	4.69	6.98
3 1/2	90	3.981	3.950	101.1	103.3	0.144	3.65	5.88	8.750	6.00	8.929
4	100	4.481	4.450	113.9	113.0	0.144	3.65	6.64	9.89	6.84	10.2

BRITISH STANDARD PIPE BS 1387 : 1967 MEDIUM

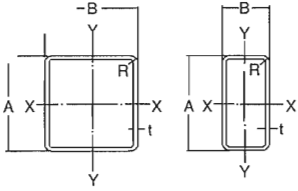
Nominal bore		Outside diameter				Thickness		Calculated weight of black tube			
		max.	min.	max.	min.			Plain end		Screwed and socketed	
in	mm	in	in	mm	mm	in	mm	lb/ft	kg/m	lb/ft	kg/m
3/8	10	0.685	0.660	17.4	16.8	0.092	2.35	0.573	0.852	0.577	0.858
1/2	15	0.856	0.831	21.7	21.1	0.104	2.65	0.822	1.22	0.828	1.23
3/4	20	1.072	1.047	27.2	26.6	0.104	2.65	1.06	1.58	1.07	1.59
1	25	1.346	1.316	34.2	33.4	0.128	3.25	1.64	2.44	1.65	2.46
1 1/4	32	1.687	1.657	42.9	42.1	0.128	3.25	2.11	3.14	2.13	3.17
1 1/2	40	1.919	1.889	48.8	48.0	0.128	3.25	2.43	3.61	2.46	3.65
2	50	2.394	2.354	60.8	59.8	0.144	3.65	3.42	5.10	3.47	5.17
2 1/2	65	3.014	2.969	76.6	75.4	0.144	3.65	4.38	6.51	4.46	6.63
3	80	3.524	3.469	89.5	88.1	0.160	4.05	5.69	8.47	5.80	8.64
3 1/2	90	4.019	3.959	102.1	100.6	0.160	4.05	6.53	9.718	6.65	9.896
4	100	4.524	4.459	114.9	113.3	0.176	4.5	8.14	12.1	8.34	12.4
5	125	5.534	5.459	140.6	138.7	0.192	4.85	10.9	10.2	11.2	16.7
6	150	6.539	6.459	166.1	164.1	0.192	4.85	12.9	19.2	13.3	19.8

BRITISH STANDARD PIPE BS 1387 : 1967 HEAVY

Nominal bore		Outside diameter				Thickness		Calculated weight of black tube			
		max.	min.	max.	min.			Plain and		Screwed and socketed	
in	mm	in	in	mm	mm	in	mm	lb/ft	kg/m	lb/ft	kg/m
1/2	15	0.856	0.813	21.7	21.1	0.128	3.25	0.977	1.45	0.983	1.46
3/4	20	1.072	1.047	27.2	26.6	0.128	3.25	1.27	1.90	1.28	1.91
1	25	1.346	1.316	34.2	33.4	0.160	4.05	2.00	2.97	2.01	2.99
1 1/4	32	1.687	1.657	42.9	42.1	0.160	4.05	2.58	3.84	2.60	3.87
1 1/2	40	1.919	1.889	48.8	48.0	0.160	4.05	2.98	4.43	3.01	4.47
2	50	2.394	2.354	60.8	59.8	0.176	4.5	4.14	6.17	4.19	6.24
2 1/2	65	3.014	2.969	76.6	75.4	0.176	4.5	5.31	7.90	5.39	8.02
3	80	3.524	3.469	89.5	88.6	0.192	4.85	6.76	10.1	6.87	10.3
3 1/2	90	4.019	3.959	102.1	100.6	0.192	4.85	7.76	11.548	7.88	11.727
4	100	4.524	4.459	114.9	113.3	0.212	5.4	9.71	14.4	9.91	14.7
5	125	5.534	5.459	140.6	138.7	0.212	5.4	12.0	17.8	12.3	18.3
6	160	6.539	6.459	166.1	164.1	0.212	5.4	14.3	21.2	14.7	21.8

- Notes:**
- 1) 3-1/2" nominal size was listed in BS 1387:1957 but has been deleted from BS 1387:1967. This size is available only by special order.
 - 2) 5" and 6" nominal sizes are also available in Class B, BS 1387:1947. The wall thickness of Class B 5" and 6" pipes is 4.5 mm, while other dimensions are identical with those of Medium series given in Table 2.
 - 3) Test pressure is 700 psi or 49.2 kg/cm² for all sizes and same for light, Medium and Heavy.

WELDED STEEL TUBING SQUARE TUBE RECTANGULAR TUBE



Metric Size

Dimensions	mm		Sectional Area mm ²	Weight Kg/m	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
	AxB	t			R	lxcm ⁴	ly cm ⁴	i x cm	iy cm	Zx cm ³
150x150	6.0	12	33.63	26.4	1150	1150	5.84	5.84	153	153
150x150	4.5	9	25.67	20.2	896	896	5.91	5.91	120	120
125x125	6.0	12	27.63	21.7	641	641	4.82	4.82	103	103
125x125	4.5	9	21.17	16.6	506	506	4.89	4.89	80.9	80.9
125x125	3.2	6.4	15.33	12.0	379	379	4.97	4.97	60.6	60.6
100x100	6.0	12	21.63	17.0	312	312	3.80	3.80	62.4	62.4
100x100	4.5	9	16.67	13.1	249	249	3.87	3.87	49.9	49.9
100x100	3.2	6.4	12.13	9.52	187	187	3.97	3.97	28.0	28.0
75x75	4.5	9	12.17	9.55	99	99	2.85	2.85	26.3	26.3
75x75	3.2	6.4	8.25	7.01	75.6	75.6	2.91	2.91	20.2	20.2
75x75	2.3	4.6	6.552	5.14	57.1	57.1	2.95	2.95	15.2	15.2
60x60	2.3	4.6	5.172	4.06	28.3	28.3	2.34	2.34	9.44	9.44
60x60	1.6	3.2	3.672	2.88	20.7	20.7	2.37	2.37	6.89	6.89
50x50	2.3	4.6	4.252	3.34	15.9	15.9	1.93	1.91	6.36	6.36
50x50	1.6	3.2	3.032	2.38	11.7	11.7	1.97	1.97	4.68	4.68
200x200	6.0	12	33.63	26.4	1700	577	7.12	4.14	170	115
200x200	4.5	9	25.67	20.2	1330	455	7.20	4.21	133	90.9
150x100	6.0	12	27.63	21.7	835	444	5.50	4.01	111	88.8
150x100	4.5	9	21.17	16.6	658	352	5.58	4.08	87.7	70.4
150x100	3.2	6.4	15.33	12.0	488	262	5.64	4.14	65.1	52.5
150x75	4.5	9	18.92	14.9	537	182	5.33	3.10	71.6	48.5
150x75	3.2	6.4	13.73	10.8	401	124	5.41	3.01	55.1	33.2
125x75	3.2	6.4	12.13	9.52	256	117	4.60	3.10	41.0	31.1
125x75	2.3	4.6	8.852	6.95	192	87.5	4.65	3.14	30.6	23.3
100x50	3.2	6.4	8.952	7.01	112	38.0	3.55	2.06	22.5	15.2
100x50	2.3	4.6	6.552	5.14	84.9	29.0	3.60	2.10	17.0	11.6
75x45	3.2	6.4	7.007	5.50	50.8	22.8	2.69	1.81	13.6	10.2
75x45	2.3	4.6	5.172	4.06	38.9	17.6	2.74	1.85	10.4	7.84

น้ำหนักกำแพงชนิดต่าง ๆ

ชนิดผนัง-กำแพง

น้ำหนัก (กก./ม²)

ผนังอิฐมอญก่อครึ่งแผ่นอิฐ+ปูนฉาบ	180
ผนังอิฐมอญก่อเต็มแผ่นอิฐ+ปูนฉาบ	360
ผนังคอนกรีตบล็อกหนา 7 ซม.	120
ผนังคอนกรีตบล็อกหนา 9 ซม.	160
ฝาไม้อัด 6 มม.+ 2 ด้าน+ไม้เคร่า	22
ฝาเซลโลกรีต+ไม้เคร่า	30
ผนังก่ออิฐ บ.ป.ก. ก่อเต็มแผ่น	240
ผนังก่ออิฐ บ.ป.ก. ก่อครึ่งแผ่น	220
ผนังก่ออิฐบล็อกแก้ว ขนาด 7.25"×7.25"×3"	90

ขนาดไม้แปรรูปในท้องตลาด

ความหนา (นิ้ว)	หน้ากว้าง (นิ้ว)	ขนาดตามท้องตลาด (ความหนา × หน้ากว้าง) (นิ้ว × นิ้ว)	ขนาดสังเกตุ (ความหนา × หน้ากว้าง) (นิ้ว × นิ้ว)
$\frac{1}{2}$	2,3,5,8,10	$\frac{1}{2} \times 2, \frac{1}{2} \times 3, \frac{1}{2} \times 6$	$\frac{1}{2} \times 8, \frac{1}{2} \times 10$
$\frac{3}{4}$	4,6,8,10	$\frac{3}{4} \times 4, \frac{3}{4} \times 6$	$\frac{3}{4} \times 8, \frac{3}{4} \times 10$
1	1,2,3,4,6,8 10,12,	1 × 1, 1 × 2, 1 × 3, 1 × 4, 1 × 6, 1 × 8, 1 × 10	1 × 12
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$		$1\frac{1}{4} \times 1\frac{1}{4}$
$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$, 2,3,4 5,6,8,10,12 14	$1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}, 1\frac{1}{2} \times 2, 1\frac{1}{2} \times 3, 1\frac{1}{2} \times 4, 1\frac{1}{2} \times 5$ $1\frac{1}{2} \times 6, 1\frac{1}{2} \times 8, 1\frac{1}{2} \times 10$	$1\frac{1}{2} \times 12, 1\frac{1}{2} \times 14$
2	2,3,4,5,6, 8,10,12,14	2 × 2, 2 × 3, 2 × 4, 2 × 5, 2 × 6, 2 × 8, 2 × 10	2 × 12, 2 × 14
3	3	3 × 3	
4	4	4 × 4	
5	5	5 × 5	
6	6	6 × 6	
8	8	8 × 8	
10	10		10 × 10
12	12		12 × 12

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้นของวัสดุ
(นิ้วต่อองศาฟาเรนไฮต์)

COEFFICIENTS OF LINEAR EXPANSION

อลูมิเนียม	.0000128
ทองเหลือง	.0000104
ทองคำ	.0000101
ทองแดง	.0000093
ปูนฉาบ	.0000092
เหล็กแข็ง	.0000073
คอนกรีตไม่เสริมเหล็ก	.0000067
เหล็กอ่อน	.0000061
เหล็กหล่อ	.0000059
ปูนซีเมนต์	.0000059
หินอ่อน	.0000056
คอนกรีตเสริมเหล็ก	.0000055
หินอัคนี	.0000047
หินปูน	.0000044
ไม้ทั่วไปที่ฝั่งแห้ง (ค่าเฉลี่ย)	.0000035
อิฐมอญทั่วไป (ค่าเฉลี่ย)	.0000033
ปูนก่อ	.0000031
คอนกรีตบล็อก	.0000030

THERMAL CONDUCTIVITY (K-VALUES) OF BASIC MATERIALS

No	Material	Density kg/m ³	K-value W/m ² K
1	Asbestos cement sheet	1488	0.317
2	Asbestos insulating board	720	0.108
3	Asphalt, roofing	2240	1.226
4	Bitumen		1.298
5	Brick:		
	(a) dry (covered by plaster or tiles outside)	1760	0.807
	(b) Common brickwall (brickwall directly exposed to weather outside)		1.154
6	Concrete	2400	1.442
		64	0.144
7	Concrete, light weight	960	0.303
		1120	0.346
		1280	0.476
8	Cork board	144	0.042
9	Fibre board	264	0.052
10	Fibre glass (see Glass Wool and Mineral Wool)		
11	Glass, sheet	2512	1.053
12	Glass wool, mat or quilt (dry)	32	0.035
13	Gypsum plaster board	880	0.170
14	Hard board:		
	(a) standard	1024	0.216
	(b) medium	640	0.123
15	Metals:		
	(a) Aluminium alloy, typical	2672	211
	(b) copper, commercial	8784	385
	(c) Steel	7840	47.6
16	Mineral wool, felt	32 – 104	0.035 – 0.032

SOURCE: HANDBOOK ON ENERGY CONSERVATION IN BUILDING AND BUILDING SERVICES

THERMAL CONDUCTIVITY (K-VALUES) OF BASIC MATERIALS (Con't)

No	Material	Density kg/m ³	K-value W/m ² K
17	Plaster		
	(a) gypsum	1216	0.370
	(b) perlite	616	0.115
	(c) sand /cement	1568	0.533
	(d) vermiculite	640 – 960	0.202 – 0.303
18	Polystyrene, expanded	16	0.035
19	Polyurethane, foam	24	0.024
20	PVC flooring	1360	0.713
21	Soil, loosely packed	1200	0.375
22	Stone, tile:		
	(a) sand stone	2000	1.298
	(b) granite	2640	2.927
	(c) marble / terrazzo / ceramic / mosaic	2640	1.298
23	Tile, roof	1890	0.836
24	Timber:		
	(a) across grain softwood	608	0.125
	(b) hardwood	702	0.138
	(c) plywood	528	0.138
25	Vermiculite, loose granules	80 – 112	0.065
26	Wood chipboard	800	0.144
27	Woodwool slab	400 480	0.086 0.101
28	Autoclaved Aerated Concrete (AAC)	500-650	0.13-0.19

เรื่องราวเกี่ยวกับความร้อน

1 แกลลอนของน้ำ = 231 ลบ.นิ้ว (ที่ 39.2°F)

1 ลูกบาศก์ฟุตของน้ำ = 62.418 ปอนด์ (ที่ 39.2°F)

1 บีทียู (BTU.) = ความร้อนที่ทำให้น้ำซึ่งหนัก 1 ปอนด์เปลี่ยนอุณหภูมิ 1°F

1 แคลอรี = ความร้อนที่ทำให้น้ำซึ่งหนัก 1 กรัมเปลี่ยนอุณหภูมิ 1°C

ความร้อนจำเพาะ = ความจุความร้อนของสารเทียบกับน้ำเมื่อมีน้ำหนักเท่ากัน

ความร้อนจำเพาะของน้ำ

= 1 บีทียู

ความร้อนจำเพาะของอากาศ

= 0.24 บีทียู

การเคลื่อนที่ของลม AIR FLOW

$$BTU = \frac{TC}{55}$$

T = อุณหภูมิ (°F) (จำนวนอุณหภูมิที่ขึ้น)

C = จำนวนลม (ลบ.ฟุต/ชั่วโมง)

DS = พื้นที่หน้าตัดของท่อลม (นิ้ว×นิ้ว)

$$DS = \frac{144C}{60V}$$

V = ความเร็วของลม (ลบ.ฟุต/นาที)

การแผ่รังสีความร้อน RADIATION

1 ตารางฟุตของโื่อน้ำแผ่ความร้อน

= 240 บีทียู

1 ตารางฟุตของน้ำร้อนแผ่ความร้อน

= 150 บีทียู

CONSTRUCTION PRACTICE

มาตรฐาน วสท. และคู่มือการออกแบบ

- วสท. 0001-29 มาตรฐานการติดตั้งสัญญาณเตือนอัคคีภัย
- วสท. 1001-16 มาตรฐานการเขียนแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก
(มาตรฐาน อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเดิม แก้ไข ปรับปรุง เป็น วสท. 1007, 1008, 1009)
- วสท. 1002-16 มาตรฐานสำหรับอาคารไม้
- วสท. 1003-18 มาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรูปพรรณ
- วสท. 1004-16 มาตรฐานการเดินท่อในอาคาร
- วสท. 1005-18 มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ
- วสท. 1006-26 มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย
- วสท. 1007-34 มาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยงานใช้แรง
- วสท. 1008 มาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง
- วสท. 1009 มาตรฐานอาคารคอนกรีตอัดแรง
- วสท. 1010-34 มาตรฐานและแบบก่อสร้าง อาคารชั่วคราวสำหรับคนงานก่อสร้าง
และสถานรับเลี้ยงเด็กก่อนวัยเรียน
- วสท. 1100-18 มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคาร
- มาตรฐานอาคารเหล็กยึดเย็น
 - คู่มือตรวจสอบคอนกรีต
 - คู่มือการออกแบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน
 - บทกำหนดทั่วไปสำหรับการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก
 - วิศวกรรมไฟฟ้าภาคปฏิบัติ
 - ศัพท์เทคนิควิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
 - ศัพท์เทคนิควิศวกรรมคอมพิวเตอร์
 - ศัพท์เทคนิควิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง
 - ศัพท์เทคนิควิศวกรรมโยธา
 - ศัพท์วิทยาการพลังงาน การประหยัดพลังงาน พลังงานรังสี
 - สารานุกรม แผนที่ และการสำรวจ

มาตราส่วนของแบบวิศวกรรม

มาตราส่วนควรจัดให้เหมาะสมกับหน้ากระดาษ เพื่อแสดงรายละเอียดที่ต้องการได้ครบถ้วน และชัดเจน มาตราส่วนของรูปควรจะเป็นไปตามข้อแนะนำดังนี้

ผังบริเวณ	1 : 200	หรือ 1 : 500
ผังองค์อาคาร	1 : 100	หรือ 1 : 50
รายละเอียดพื้นและกำแพง	1 : 50	
รูปด้านข้างอาคาร	1 : 100	หรือ 1 : 50
รูปตัดอาคาร	1 : 100	หรือ 1 : 50
รูปตัดอาคาร	1 : 100	หรือ 1 : 50
รูปด้านเสาและคาน	1 : 20	
รูปตัดเสาและคาน	1 : 20	หรือ 1 : 10
รายละเอียดการทาบต่อเหล็กเสริมในเสาหรือเสา	1 : 10	หรือ 1 : 5
รายละเอียดฐานราก	1 : 20	หรือ 1 : 50

หากรายละเอียดส่วนใดที่จำเป็นจะต้องแสดง อาจใช้มาตราส่วนที่ใหญ่ขึ้น เช่น 1 : 5, 1 : 2 หรือ 1 : 1 ทั้งนี้ ต้องไม่ขัดแย้งกับข้อกำหนดในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร หรือเทศบัญญัติ

ความหนาของเส้น

เส้นแสดงในแบบ ควรมีความหนาดังต่อไปนี้

- เส้นแสดงขอบเขตของคอนกรีตโดยทั่วไป
สำหรับ ผัง คาน พื้น เสา 0.2 มม หรือ 0.3 มม.
สำหรับรูปตัดแสดงรายละเอียดเหล็กเสริม 0.2 มม.
- เส้นแสดงรายละเอียดเหล็กเสริม
สำหรับเหล็กเสริมหลัก 0.6 มม
สำหรับเหล็กปลอกหรือเหล็กยึด 0.4 มม
- เส้นแสดงระยะห่างและเส้นผ่านศูนย์กลาง
สำหรับ ผัง คาน พื้น เสา และรูปตัดทั่วไป 0.2 มม

การประเมินและการยอมรับงานคอนกรีต (มาตรฐาน วสท. และ ACI)

(ก) การเก็บตัวอย่างคอนกรีตแต่ละชนิดเพื่อทดสอบ ให้กระทำทุกวันที่มีการเทคอนกรีต หรือที่มีการเทคอนกรีตทุกปริมาตร 100 ม.³ หรือ ทุกพื้นที่ 500 ม.² ของคอนกรีตที่หล่อโดยกระทำตามวิธีของ ASTM C172 ว่าด้วยการสุ่มตัวอย่างจากคอนกรีตสด เมื่อจำนวนการทดสอบของคอนกรีตแต่ละชนิดมีน้อยกว่า 5 ครั้ง ให้ทดสอบโดยเลือกสุ่มเอาจากคอนกรีต 5 แบบซ์ ถ้าปริมาตรคอนกรีตชนิดนั้นน้อยกว่า 30 ม.³ วิศวกรผู้ควบคุมอาจยกเว้นการทดสอบดังกล่าวได้โดยมีหลักฐานแสดงเป็นที่เชื่อถือว่าจะทำให้กำลังคอนกรีตที่ต้องการ

(ข) ในการบ่มตัวอย่างทดสอบในห้องปฏิบัติการให้กระทำตามวิธีของ ASTM C31 ว่าด้วยการเตรียมและบ่มแท่งคอนกรีตทรงกระบอกในสนาม และทดสอบแท่งคอนกรีตทรงกระบอกตามวิธีของ ASTM C39 ว่าด้วยการทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตทรงกระบอก กำลังของคอนกรีตแต่ละชนิดจะถือเป็นที่ยอมรับได้เมื่อผลเฉลี่ยกำลังอัดของการทดสอบ 3 ครั้งติดต่อกันให้ค่าเท่ากับหรือมากกว่า f_c และกำลังอัดที่ทดสอบแต่ละครั้งจะต่ำกว่า f_c ที่กำหนดได้ไม่เกิน 35 กก./ซม.²

(ค) วิศวกรผู้ควบคุมอาจสั่งให้มีการทดสอบกำลังของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่บ่มในสนามเพื่อตรวจสอบความเพียงพอของการบ่มโครงสร้างคอนกรีตที่แท่งนั้น แท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่บ่มในสนามต้องเป็นไปตามวิธีของ ASTM C31

เมื่อผลการทดสอบตัวอย่างบ่มในสนามให้กำลังต่ำกว่าร้อยละ 85 ของตัวอย่างที่บ่มในห้องปฏิบัติการ ให้ปรับปรุงวิธีการบ่มคอนกรีตของโครงสร้างนั้น ๆ ให้ดีขึ้น แต่ถ้าค่ากำลังอัดของตัวอย่างบ่มในสนามสูงกว่าค่ากำลังอัดที่กำหนด (f_c) เกิน 35 กก./ซม.² ถึงแม้จะไม่ถึงร้อยละ 85 ของค่าที่ได้จากการบ่มในห้องปฏิบัติการก็ยอมรับว่าการบ่มคอนกรีตในสนามนั้นใช้ได้

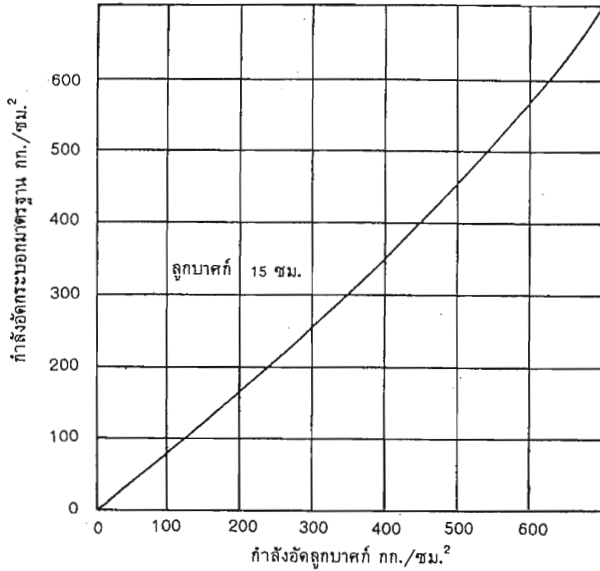
(ง) ในกรณีที่กำลังอัดของตัวอย่างบ่มในห้องปฏิบัติการต่ำกว่า f_c ที่กำหนดเกิน 35 กก./ซม.² หรือผลการทดสอบตัวอย่างบ่มในสนามตามข้อ (ค) บ่งชี้ว่าการบ่มคอนกรีตยังไม่ดีพอให้ปฏิบัติตามลำดับต่อไปนี้เพื่อให้แน่ใจว่า โครงสร้างยังสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้อย่างปลอดภัย

1.) ให้เจาะเอาตัวอย่างคอนกรีตจากโครงสร้างในบริเวณที่มีปัญหาไปทดสอบตามวิธีของ ASTM C42 โดยในการทดสอบแต่ละครั้งให้เจาะจำนวน 3 ตัวอย่าง

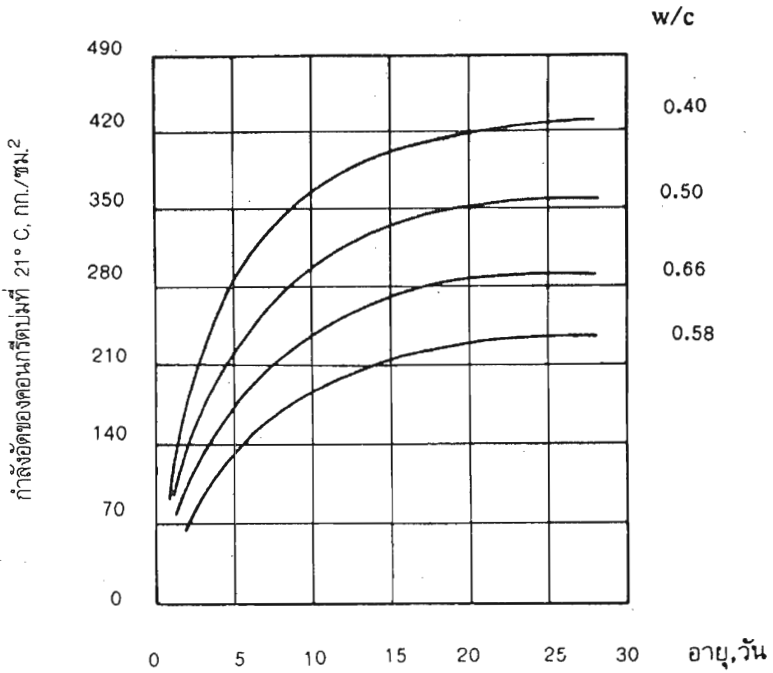
2.) ต้องฝังแท่งคอนกรีตที่เจาะไว้ให้แห้งในอากาศเป็นเวลา 7 วัน ก่อนทดสอบ

3.) ถ้ากำลังอัดของแต่ละแท่งของคอนกรีตมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของ f_c ที่กำหนดและค่ากำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่เจาะได้เฉลี่ยจาก 3 แท่งไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของ f_c ที่กำหนดให้ถือว่าโครงสร้างส่วนนั้นมีความแข็งแรงเพียงพอ

4.) หากผลการทดสอบตามข้อ 3 ไม่ผ่าน และมีข้อสงสัยในความมั่นคงของโครงสร้างวิศวกรผู้รับผิดชอบอาจสั่งให้ทดสอบการบรรทุกน้ำหนัก

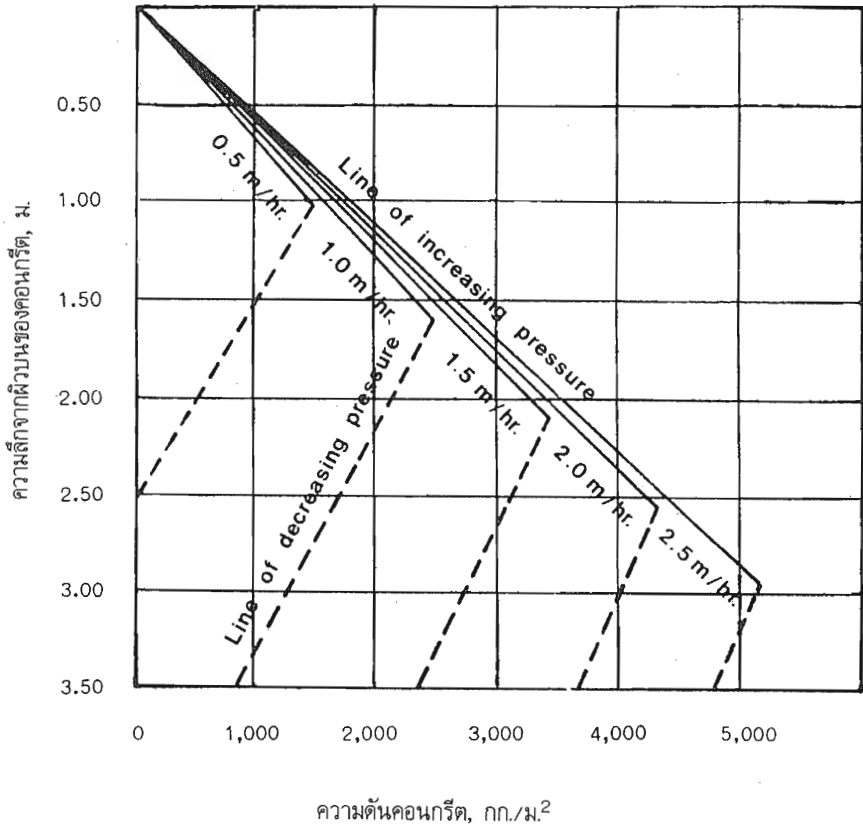


การแปลงกำลังอัดลูกบาศก์ เป็นกำลังกระบอกมาตรฐาน



กำลังของคอนกรีตตามอายุเมื่อส่วนผสมมีสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เป็นตัวแปร
(PORTLAND CEMENT TYPE I)

แรงดันคอนกรีตต่อแบบหล่อคอนกรีต



ความดันของคอนกรีตเมื่อมีอัตราการเทที่แตกต่างกัน (อุณหภูมิของคอนกรีตเท่ากับ 21° C)

ระยะเวลา ค้ำยันแบบหล่อคอนกรีต

ค้ำยันใต้คาน	21 วัน
ค้ำยันใต้แผ่นพื้น	21 วัน
ผนัง	48 ชั่วโมง
เสา	48 ชั่วโมง
ข้างคานและส่วนอื่น ๆ	48 ชั่วโมง

หมายเหตุ การถอดแบบหล่อและที่รองรับ หลังจากเทคอนกรีตแล้วจะต้องคงที่รองรับไว้กับที่เป็นเวลาไม่น้อยกว่าที่กำหนด เว้นแต่ในกรณีที่ใช้ปูนซีเมนต์ชนิดให้กำลังสูงเร็วอาจลดระยะเวลาดังกล่าวลงได้ตามความเห็นชอบของวิศวกร

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

(1) ความคลาดเคลื่อนจากแนวสายตั้งในแต่ละชั้น	10 มม.
(2) ความคลาดเคลื่อนจากระดับหรือจากความลาดที่ระบุในแบบในช่วง 10 เมตร	15 มม.
(3) ความคลาดเคลื่อนของแนวอาคารจากแนวที่กำหนดในแบบ และตำแหน่งเสาผนังและฝ้าประจันที่เกี่ยวข้องในช่วง 10 เมตร	20 มม.
(4) ความคลาดเคลื่อนของขนาดของหน้าตัดเสาและคาน และความหนาของแผ่นพื้นและผนัง	5 มม.
ลด	10 มม.
เพิ่ม	
(5) ฐานราก	
- ความคลาดเคลื่อนจากขนาดในแบบ	
ลด	20 มม.
เพิ่ม	50 มม.
- ตำแหน่งผิด หรือ ระยะเลศุนย์	50 มม.
- ความคลาดเคลื่อนในความหนา	
ลด	50 มม.
เพิ่ม	100 มม.
(6) ความคลาดเคลื่อนของชั้นบันได	
ลูกตั้ง	2.5 มม.
ลูกนอน	5 มม.

ที่มา : บทกำหนดทั่วไป สำหรับการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก-ว.ส.ท.

**ความหนาของคอนกรีต หุ้มเหล็กเสริมสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก
(CONCRETE PROTECTION FOR REINFORCEMENT)**

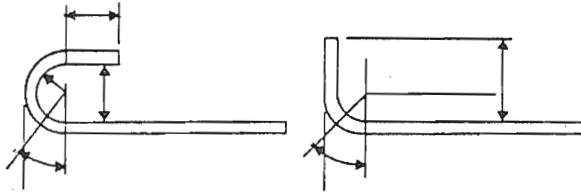
ที่	องค์อาคารคอนกรีตหล่อในที่ (CONCRETE STRUCTURE)	ความหนาของคอนกรีต หุ้มเหล็กเสริม, ซม. (Minimum cover, cm.)		
		มาตรฐาน ว.ส.ท.	ข้อบัญญัติ กรุงเทพมหานคร	มาตรฐาน AASHTO
1.	ฐานราก และองค์อาคารสำคัญที่สัมผัสดินโดยตรง (Concrete cast against and permanently exposed to earth)	7.5	6.0	7.5
2.	องค์อาคาร ที่สัมผัสดินหรือถูกแดดฝน (Concrete exposed to earth or weather)			
	- เหล็กเสริมหลัก ขนาดตั้งแต่ 16 มม. ขึ้นไป (Permanent reinforcement)	5.0	4.0	5.1
	- เหล็กเสริมรอง ขนาดเล็กกว่า 16 มม. (Stirrups, ties and spirals)	4.0	3.0	3.8
3.	องค์อาคารที่ไม่สัมผัสดิน หรือถูกแดดฝน (Concrete not exposed to earth or weather)			
	- เหล็กเสริมหลัก (Primary reinforcement)	2.0	ไม่ระบุ	3.8
	- เหล็กเสริมรอง (Stirrups, ties and spirals)	—	ไม่ระบุ	2.5
	- แผ่นพื้นและผนัง	2.0	1.5	ไม่ระบุ
	- คาน	3.0	3.0	ไม่ระบุ
4.	เสา ที่มีเหล็กปลอกเกลียวหรือปลอกเดี่ยว (Column)	3.5**	3.0	ไม่ระบุ
5.	แผ่นพื้นสะพานคอนกรีต (Concrete bridge slabs)			
	- เหล็กเสริมบน (Top reinforcement)	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	5.0
	- เหล็กเสริมล่าง (Bottom reinforcement)	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	2.5

** หรือไม่น้อยกว่า 1½ เท่าของขนาดมวลรวมหยาบใหญ่ที่สุด

ความหนาของกริดหุ้มเหล็กเสริมสำหรับคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป

ร.ล.	องค์อาคารคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป (PRECASTED CONCRETE STRUCTURE)	ความหนาของคอนกรีต หุ้มเหล็กเสริม, ซม.
		มาตรฐาน ว.ส.ท.
1.	คอนกรีตที่สัมผัสกับดินหรือถูกแดดฝน	
	ในแผ่นผนัง	
	- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม. ขึ้นไป	4.0
	- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มม. และเล็กกว่า	2.0
	ในองค์อาคารชนิดอื่น	
	- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม. ขึ้นไป	5.0
2.	- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มม. ถึง 35 มม.	4.0
	- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	3.0
	คอนกรีตที่ไม่สัมผัสกับดินหรือไม่ถูกแดดฝน	
	ในแผ่นพื้น ผนัง และตง	
	- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 44 มม. ขึ้นไป	3.5
	- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มม. และเล็กกว่า	1.5
	ในคาน	
	- เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้ง	2.5
	ในเสา	
	- เหล็กปลอกเดี่ยวหรือเหล็กปลอกเกลียว	3.0
ในคอนกรีตเปลือบบาง และพื้นแผ่นพับ		
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 20 มม. ขึ้นไป	1.5	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	1.0	

ของมาตรฐาน (มาตรฐาน วสท. และ ACI)



(ก) ของมาตรฐาน หมายถึงส่วนปลายของเหล็กเสริมที่มีลักษณะตรงข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

1. ส่วนที่ตัดเป็นครึ่งวงกลม และมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 4 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ
2. ส่วนที่ตัดเป็นมุมฉากและมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 12 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ
3. เฉพาะเหล็กถูกตั้งและเหล็กปลอกให้ตัด 90 องศา หรือ 135 องศา และมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก แต่ต้องไม่น้อยกว่า 6 ซม.

ข) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดสำหรับการตัด เส้นผ่านศูนย์กลางของการตัดเหล็กให้วัดด้านในของเหล็กที่ตัด สำหรับของมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้ต้องไม่เล็กกว่าค่าที่ให้ไว้ในตาราง นอกจากเหล็กกล้าละมุน และเหล็กชนิดปานกลางขนาด 6 มม. ถึง 25 มม. เท่านั้นที่ใช้เท่ากับ 5 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้นได้

ตาราง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดสำหรับการตัด

ขนาดของเหล็ก	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุด
10 ถึง 16 มม.	5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น
20 ถึง 28 มม.	6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

(ค) ข้ออื่นที่นอกเหนือจากของมาตรฐาน

1. การตัดเหล็กถูกตั้งและเหล็กปลอก ต้องมีรัศมีที่วัดด้านในของเหล็กไม่น้อยกว่าหนึ่งเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น
2. การดัดงอเหล็กอื่น ๆ ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางความโค้งเมื่อวัดด้านในไม่น้อยกว่าค่าที่ให้ไว้ในตาราง ถ้าการดัดงอนั้นกระทำ ณ จุดที่เหล็กมีหน่วยแรงสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของการงอต้องโตพอที่จะไม่ให้เกิดการแตกของคอนกรีต

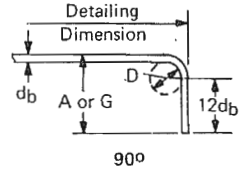
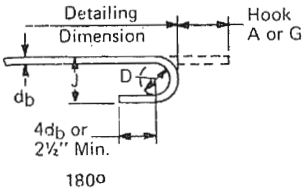
(ง) การดัดงอ-การตัดเหล็กทุกเส้นต้องใช้วิธีตัดเย็น

หมายเหตุ - ของมาตรฐาน ที่รับแรงดึง อาจถือว่ารับแรงได้ 700 กก./ซม.² หรืออาจนำมารวมเป็นส่วนของเหล็กเสริมที่ยื่นต่อออกไปเพื่อให้ได้แรงยึดหน่วงที่ต้องการ

- ของเหล็กเสริมต้องไม่นำมาใช้เป็นส่วนช่วยเพิ่มความต้านทานแรงอัด

STANDARD HOOKS

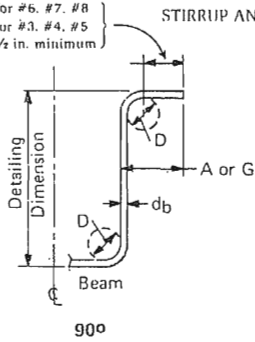
(ACI 315- DETAILS AND DETAILING OF CONCRETE REINFORCEMENT)



RECOMMENDED END HOOKS, ALL GRADES

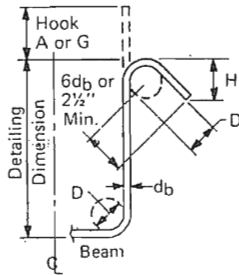
Bar Size (ASTM)	Diameter (mm.)	Finished bend dia. D (cm)	180-deg hooks		90-deg hooks
			A or G (cm)	J (cm)	A or G (cm)
#3	10	6	13	8	15
#4	13	8	15	10	20
#5	16	10	18	13	25
#6	19	11	20	15	30
#7	22	14	25	18	36
#8	25	15	28	20	41
#9	29	24	38	30	48
#10	32	27	43	34	56
#11	36	30	48	37	61
#14	43	46	69	55	79
#18	57	61	91	72	104

$12d_b$ for #6, #7, #8
 $6d_b$ for #3, #4, #5
 or $2\frac{1}{2}$ in. minimum



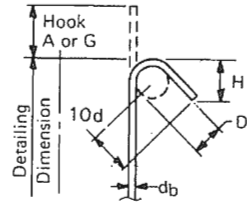
90°

STIRRUP AND TIE HOOKS



135°

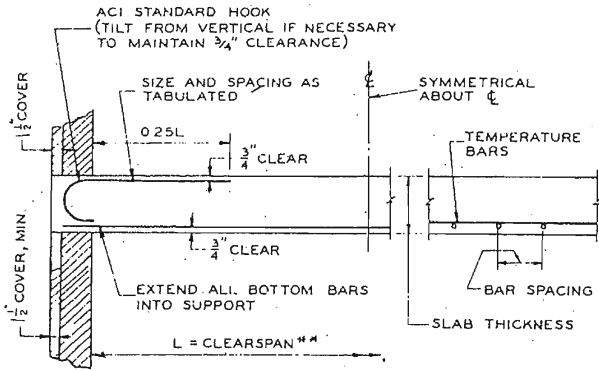
135-DEG SEISMIC STIRRUP/TIE HOOKS



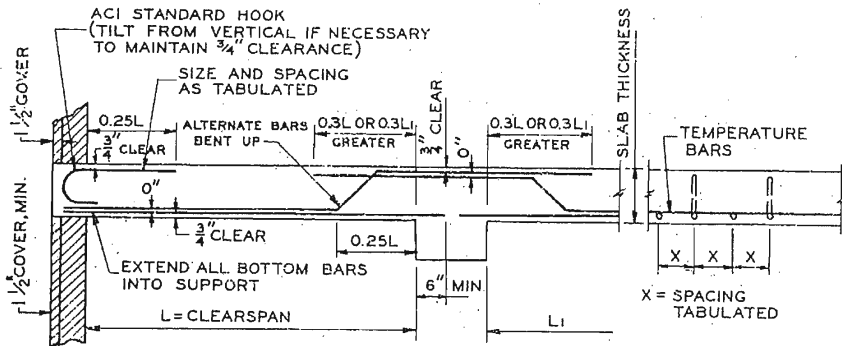
RECOMMENDED STIRRUP AND TIE HOOKS							
Bar Size (ASTM)	Diameter (mm.)	Finished bend dia. D (cm)	STIRRUP AND TIE HOOK			SEISMIC STIRRUP AND TIE HOOK	
			90-deg hook		180-deg hook	135-deg hook	
			A or G (cm)	A or G (cm)	H (cm)	A or G (cm)	H (cm)
#3	10	4	10	10	6	13	9
#4	13	5	14	11	8	17	14
#5	16	6	15	14	10	20	14
#6	19	11	30	20	11	27	17
#7	22	13	36	23	13	32	20
#8	25	15	41	26	15	36	23

NOTE Grade 40, 50 and 60

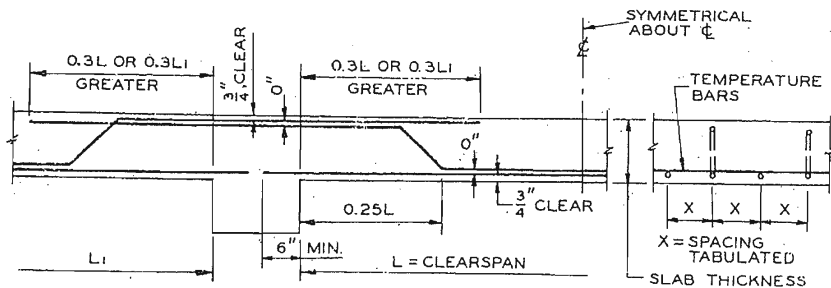
รายละเอียดการเสริมเหล็กในพื้น คสล. (ACI Code)



SINGLE SPAN, SIMPLY SUPPORTED



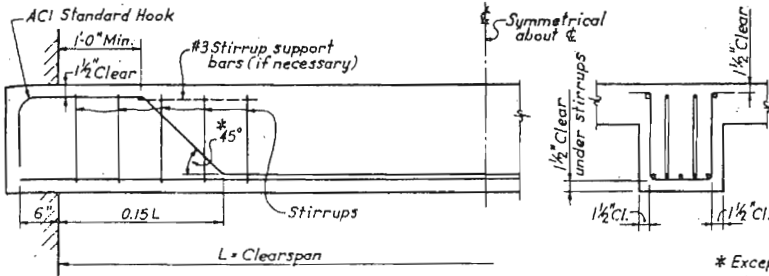
END SPAN, SIMPLY SUPPORTED



INTERIOR SPAN, CONTINUOUS

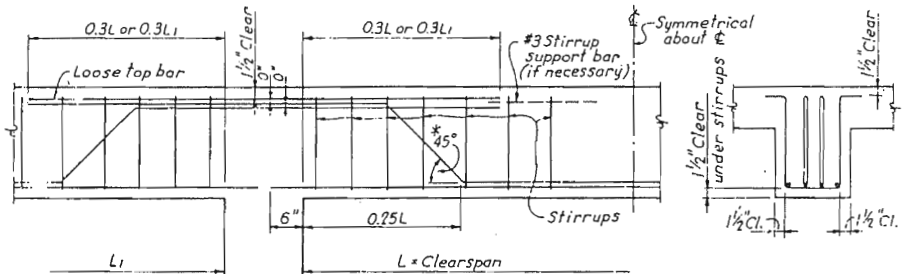
TYPICAL DETAILS FOR SOLID SLABS

รายละเอียดการเสริมเหล็กในคาน (ACI Code)



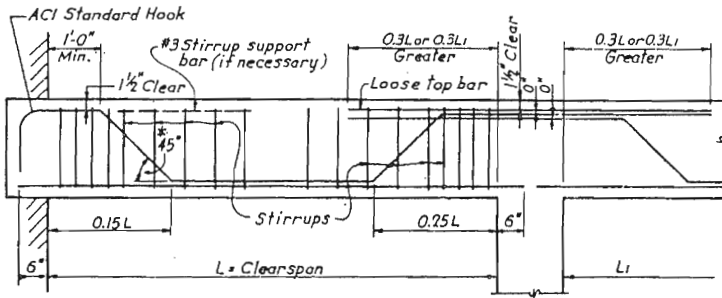
* Except where necessary to hold 1'-0" min. dimension.

SINGLE SPAN BEAM, SIMPLY SUPPORTED



* Except where necessary to hold 1'-0" min. dimension.

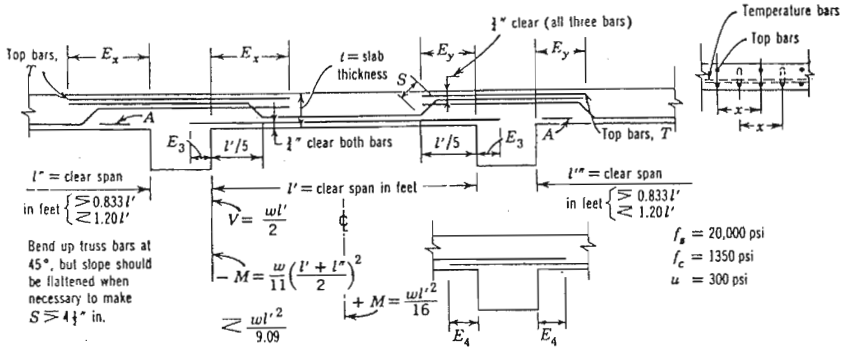
INTERIOR SPAN OF CONTINUOUS BEAM



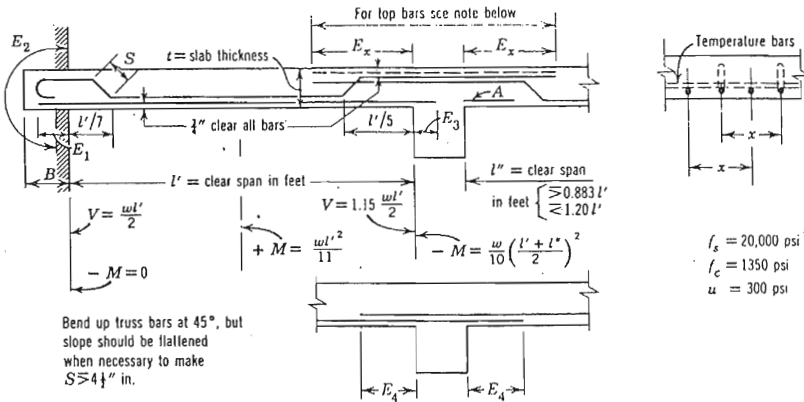
END SPAN OF SIMPLY SUPPORTED BEAM

TYPICAL DETAILS FOR BEAMS

รายละเอียดการเสริมเหล็กในพื้น (CRSI Hand Book)



Detailing of bars for interior span slabs



Detailing of bars for end span slabs

$E_1 = 6$ -in. minimum bottom bars.

$E_2 = 17$ bar diameters* (straight if possible, bent if necessary).

$E_3 = 6$ in. minimum with $\frac{2}{3}\%$ reinforcement.

$E_4 =$ not less than 17 bar diameters, nor less than $l'/15$,* with balanced reinforcement.

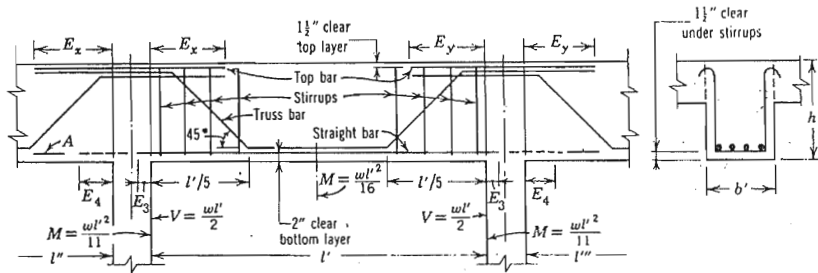
$E_x = E_y =$ to meet ACI Code, extend at least one-third of the top bars $l'/3$ and remainder at least $l'/6$; if necessary increase extension until bars are anchored 17 dias. past point of max. stress (bend-down points).

$x =$ distance between consecutive bottom bars = distance between consecutive truss bars = distance between pairs of bars.

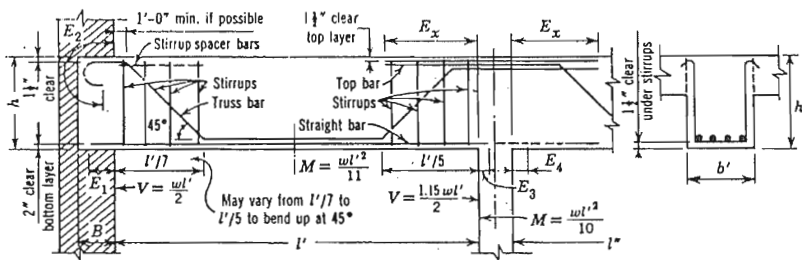
$T =$ additional top bars, one over each meeting pair of bottom bars, that is, one for each set of straight and truss bars.

$B = 4$ in Minimum.

รายละเอียดการเสริมเหล็กในคาน (CRSI Hand Book)



Detailing bars for interior span beams



Detailing of bars for end span beams

E_1 = 6-in. minimum for bottom bars.

E_2 = 17 bar diameters, usually requiring a semicircular hook. (24 bar diameters for depths over 12 in.)

E_3 = bottom bar to extend 6 in. into the support where not counted for compression steel.

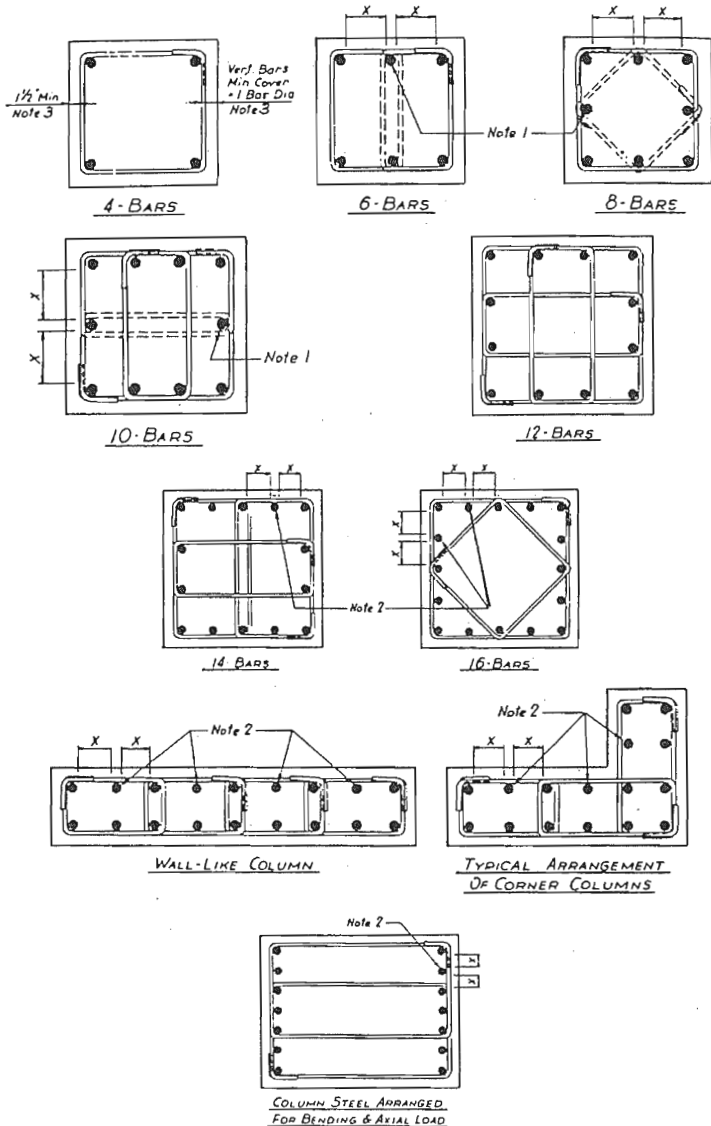
E_4 = When counted for compression steel, bottom bars must lap bars of adjoining span 20 diameters.

E_x = $l'/4$ or $l''/4$ or 17 bar dias. (24 dias., $d > 12$ in.) past bend-down point, whichever is greatest.

E_v = $l'/4$, or $l''/4$, or 17 D (24D if $d > 12$ in.) past bend-down point, whichever is greatest.

B = ordinarily 8-in. minimum

ACI STANDARD CLOSED COLUMN TIES*



NOTES:—1. These bars must be tied as shown by dashed lines when X distance is over 6 inches.

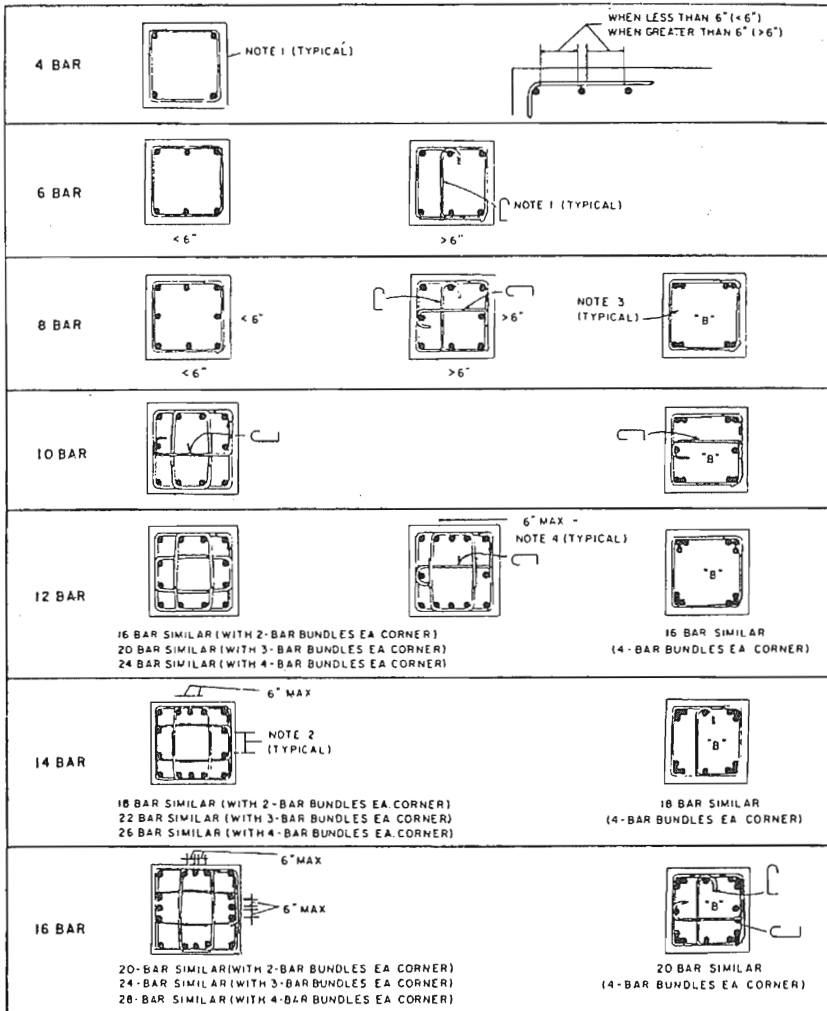
2. These bars need not be tied when X distance equals 6" or less.

3. Applicable to all tied columns.

A different pattern of ties may be substituted provided that details of the requirements are shown on the contract drawings.

* Applicable only for lap-spliced preassembled cages.

UNIVERSAL STANDARD COLUMN TIES* STANDARD COLUMNS

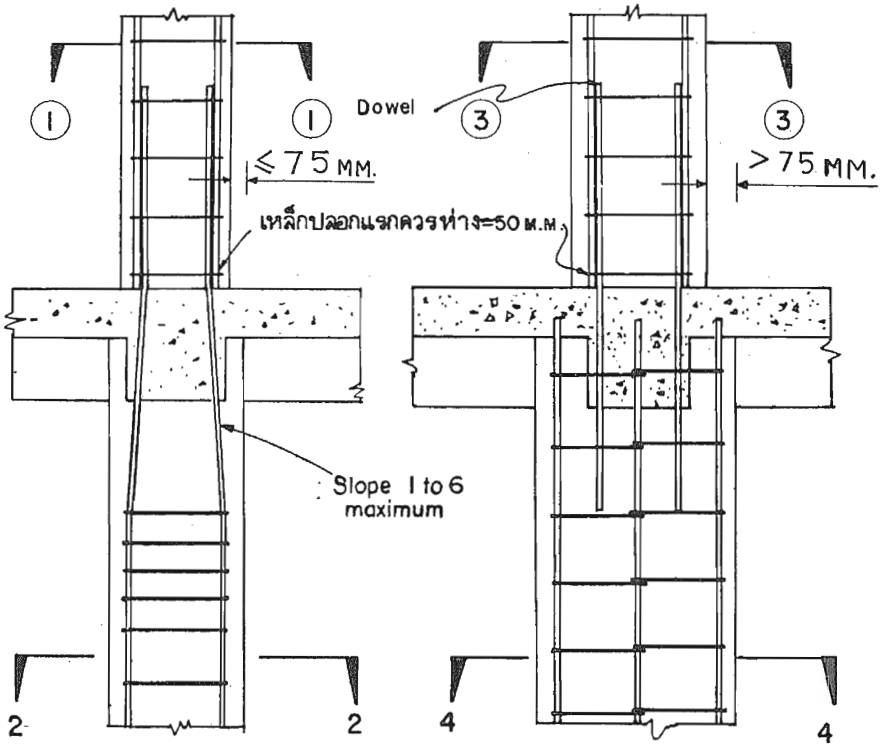
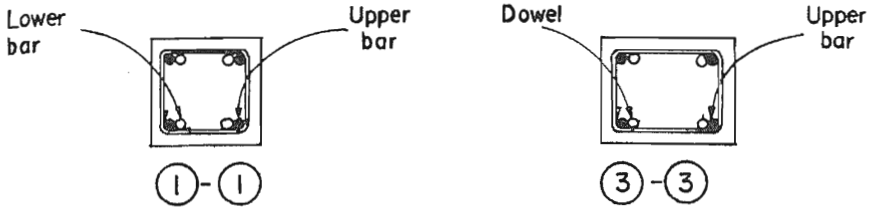


* Applicable for either preassembled cages or erection in place on freestanding butt spliced vertical bars.

NOTES

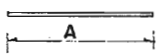
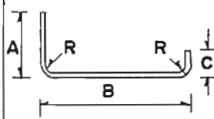
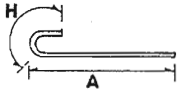
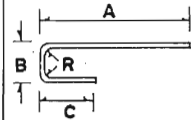
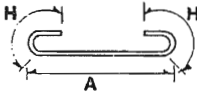
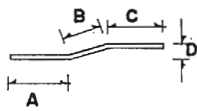
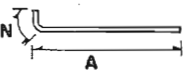
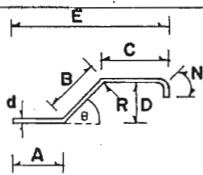
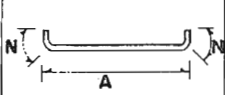
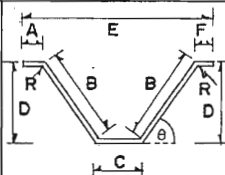
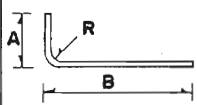
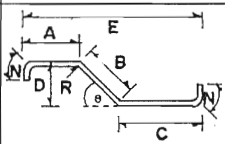
1. Alternate position of hooks in placing successive sets of ties.
2. Two-piece ties shall be deformed bars only and minimum lap shall be 12 in.; for sizes #5 and larger, special minimum tension lap lengths, per ACI 315-74, shall be provided.
3. "B" indicates bundled bars. Bundles shall not exceed four bars. In beams and girders, the size of bars in bundles shall not exceed #11.
4. Elimination of tie for center bar in groups of three limits clear spacings to be 6-in. maximum. Unless otherwise specified, bars shall be so arranged.

การต่อเหล็กเสริมในเสา

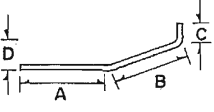
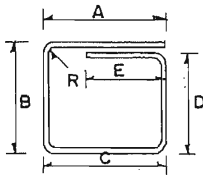
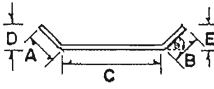
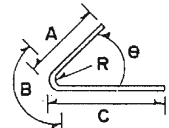
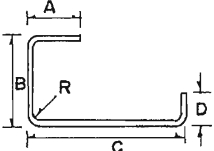
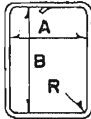
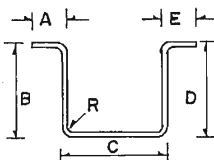
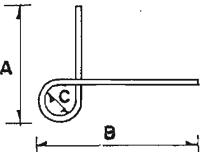
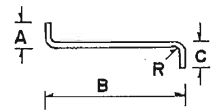
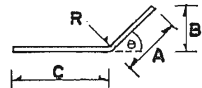
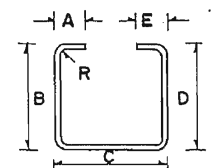
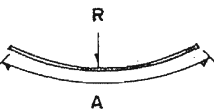


การต่อเหล็กที่ระดับชั้น

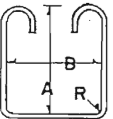
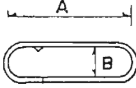
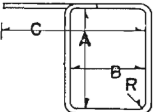
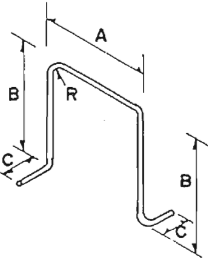
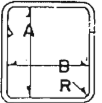
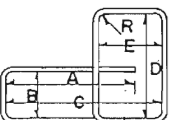
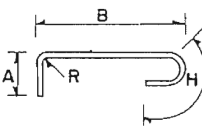
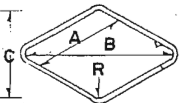
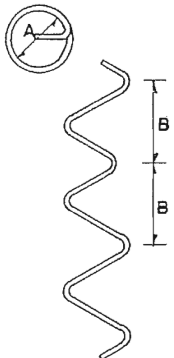
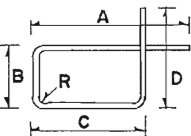
ตารางแสดงความยาวเหล็ก

รูปร่างเหล็ก	ความยาวเหล็ก ตามแนวศูนย์กลาง	รูปร่างเหล็ก	ความยาวเหล็ก ตามแนวศูนย์กลาง
	A		$A + B + C$ $- R - 2d$
	$A + H$		$A + B + C$ $- R - 2d$
	$A + 2H$		$B > 3D$ $A + B + C$
	$A + N$		$\theta \leq 45^\circ$ $R \leq 12d$ $A + B + C + N$ หรือ $E + N + B - \sqrt{B^2 - D^2}$
	$A + 2N$		$\theta \leq 45^\circ$ $R \leq 12d$ $A + 2B + C + F$ หรือ $E + 2(B - \sqrt{B^2 - D^2})$
	$A + B - \frac{1}{2}R$ $- d$		$\theta \leq 45^\circ$ $R \leq 12d$ $A + B + C + 2N$ หรือ $E + 2N + B - \sqrt{B^2 - D^2}$

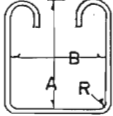
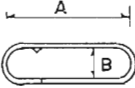
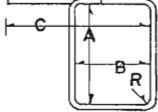
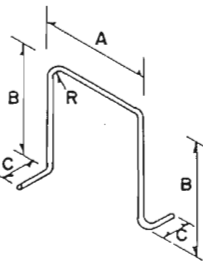
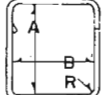
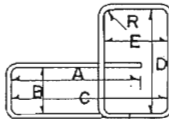
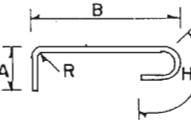
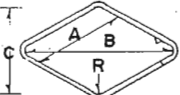
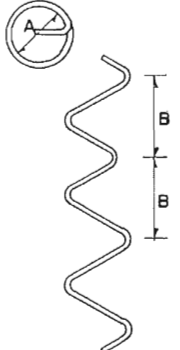
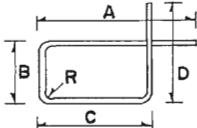
ตารางแสดงความยาวเหล็ก

รูปร่างเหล็ก	ความยาวเหล็ก ตามแนวศูนย์กลาง	รูปร่างเหล็ก	ความยาวเหล็ก ตามแนวศูนย์กลาง
	$B > 3D$ $A + B + C$		$A + B + C + D + E$ $-2R - 4d$
	$\theta \leq 45^\circ$ $A + B + C$		$\theta \leq 45^\circ$ $A + B + C - 2(R + d)$
	$A + B + C + D$ $-\frac{1}{2}R - 3d$		$2(A + B) + 20d$
	$A + B + C + D + E$ $-2R - 4d$		$A + B + \frac{1}{3}C$
	$A + B + C - R - 2d$		$\theta \leq 45^\circ$ $A + C$
	$A + B + C + D + E$ $-2R - 4d$		A

ตารางแสดงความยาวเหล็ก

รูปร่างเหล็ก	ความยาวเหล็ก ตามแนวศูนย์กลาง	รูปร่างเหล็ก	ความยาวเหล็ก ตามแนวศูนย์กลาง
	$2A + B + 20d$		$2A + 3B + 22d$
	$2A + B + C + 10d$		$2(B+C) + A$ $- 2R - 4d$
	$2A + 3B + 20d$		
	$A + B + C + 2D + E + 10d$		$A + B + H - \frac{1}{2}R - d$
	$4A + 20d$		$B > \frac{A}{5}$ $N 7C (A+d) + 8d$
	$A + B + C + D - \frac{1}{2}R - 3d$		

ตารางแสดงความยาวเหล็ก

รูปร่างเหล็ก	ความยาวเหล็ก ตามแนวศูนย์กลาง	รูปร่างเหล็ก	ความยาวเหล็ก ตามแนวศูนย์กลาง
	$2A + B + 20d$		$2A + 3B + 22d$
	$2A + B + C + 10d$		$2(B+C) + A$ $-2R - 4d$
	$2A + 3B + 20d$		
	$A+B+C+2D+E+10d$		$A+B+H - \frac{1}{2}R - d$
	$4A + 20d$		$B > \frac{A}{5}$ $N \times (A+d) + 8d$
	$A+B+C+D - \frac{1}{2}R - 3d$		

Types of Ties. การผูกเหล็กเสริมด้วยลวด

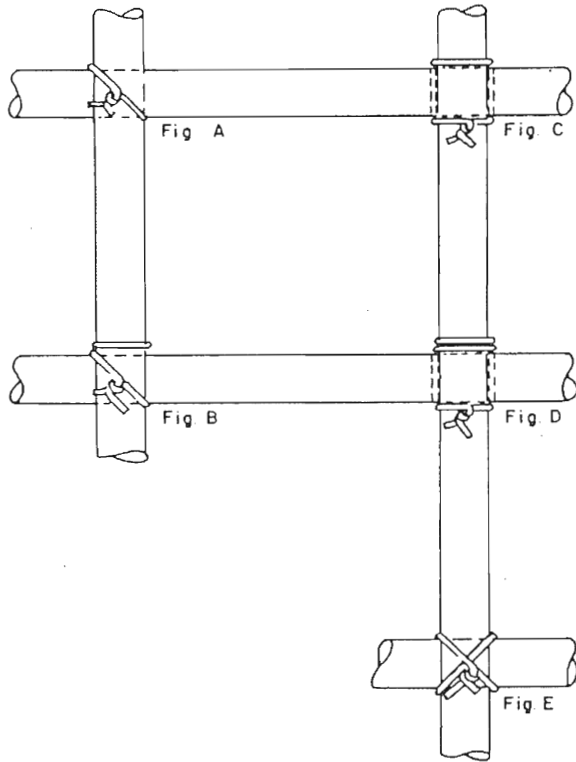


Fig. A. Snap or Single Tie is normally used in flat horizontal work, using No. 15 or No. 14 gauge wire.

Fig. B. Wrap and Snap Tie is normally used when tying wall reinforcement,

Fig. C. Saddle Tie is used particularly for tying of footing or other mats to hold hooked ends of bars in position; also it is used for securing column ties to vertical bars.

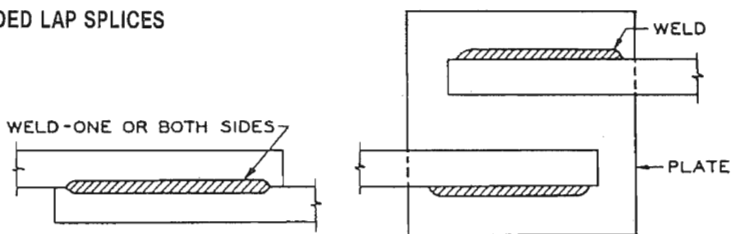
Fig. D. Wrap and Saddle Tie is used to secure heavy mats that are lifted by crane and for securing column ties to verticals

Fig. E. Figure Eight Tie is occasionally used in walls, instead of the wall tie in Fig B

Size of Tie Wire. Wire used for tying reinforcing bars is usually No. 16 gauge black, soft-annealed wire. There are some cases when a heavier gauge wire may be used. No. 15 or No. 14 gauge tie wire (or double No. 16 gauge) may be used when tying bars in heavily reinforced caissons or walls

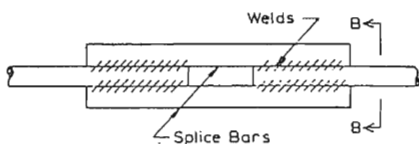
WELDED SPLICES

A. WELDED LAP SPLICES



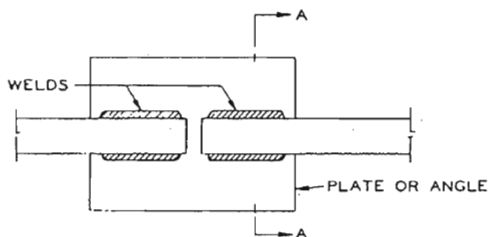
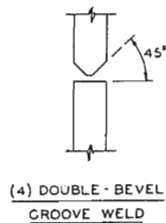
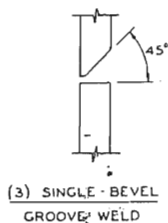
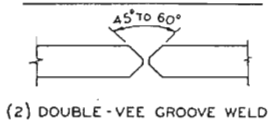
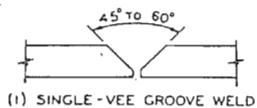
Welded Contact Lap Splice

Welded Lap Splice With Plate

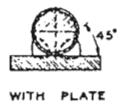


Welded Double Lap Joint

B. WELDED BUTT SPLICES



(5) DOUBLE GROOVE WELD WITH BACK-UP PLATE OR ANGLE

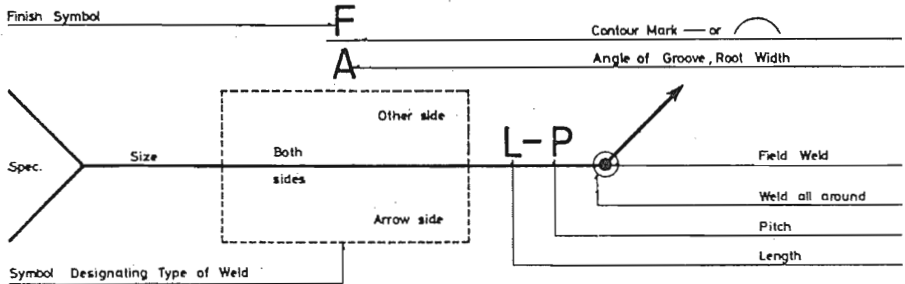


NOTE All welding should conform to AWS D12.1-75 "Reinforcing Steel Welding Code" of the American Welding Society.

สัญลักษณ์มาตรฐานของการเชื่อม

ชนิดของการเชื่อม ตำแหน่งที่จะเชื่อม และลักษณะของการเชื่อม แสดงโดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐานของการเชื่อม ตามมาตรฐานอเมริกัน (American Welding Society)

Fusion Welding Symbols											
Type of Weld								Contour Desired			
Fillet	Groove					Plug & Slot	Field Weld	Weld all around	Flush	Convex	Concave
	Square	V	Bevel	U	J						

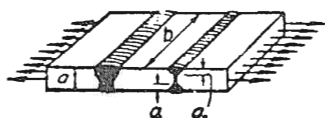


สัญลักษณ์ของการเชื่อม

กำลังของการเชื่อมแบบต่อทาบ

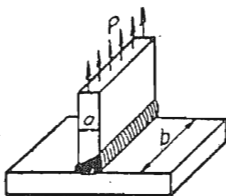
ขนาดของขาเชื่อม (มม.)	กำลังของการเชื่อมแบบต่อทาบ (ก.ก. ต่อ ซม.)	
	ลวดเชื่อมชนิด E 60	ลวดเชื่อมชนิด E 70
3	260	310
5	440	520
6	530	620
8	710	830
10	890	1040
12	1060	1240

ชนิดของรอยต่อเชื่อม



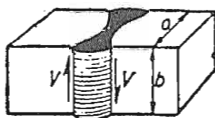
$$f = \frac{P}{A} = \frac{P}{ab} \quad f = \frac{P}{(a_1 + a_2)b}$$

Butt Welds



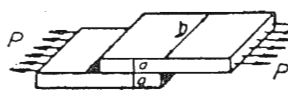
$$f = \frac{P}{A} = \frac{P}{ab}$$

Tee Connection



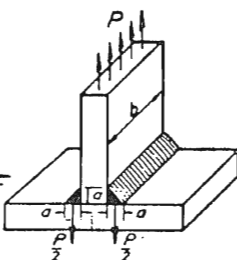
$$f = \frac{V}{A} = \frac{V}{ab}$$

Short Shear Welds



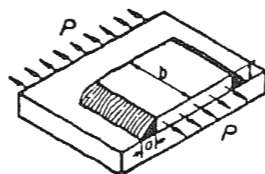
$$f = \frac{P}{0.707(2ab)} = \frac{0.707P}{ab}$$

Fillet End Welds



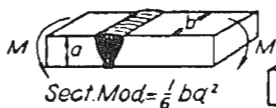
$$f = \frac{0.707P}{ab}$$

Fillet Tee Welds



$$f = \frac{0.707P}{ab}$$

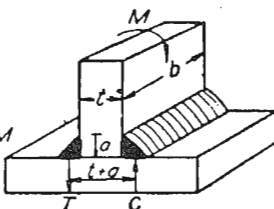
Fillet Side Welds



$$\text{Sect. Mod} = \frac{1}{6} b a^2$$

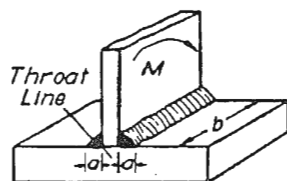
$$f = \frac{6M}{b a^2}$$

Cross Flexure
Butt Weld



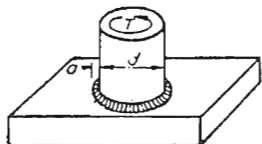
$$T = C = \frac{M}{t+a} \quad f = \frac{1.414M}{(t+a)ab}$$

Cross Flexure
Fillet Welds



$$f = 1.414 \frac{6M}{2ab^2} = \frac{4.24M}{ab^2}$$

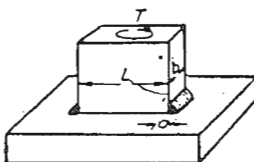
Longitudinal Flexure
Fillet Welds



$$f = \frac{1.414Tr}{J}$$

$$f = \frac{1.414T(d/2)}{a\pi d(d/2)^2} = \frac{2.83T}{\pi a d^2}$$

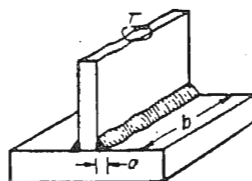
Torsion of Circular
Fillet Weld



$$\text{Total Shear per Fillet} = \frac{T}{L}$$

$$f = \frac{1.414T}{Lab}$$

Torque Resisted by
Fillets Widely Spaced

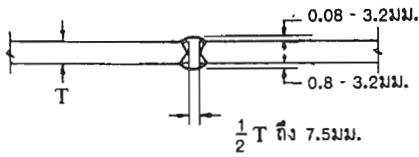


$$f = \frac{1.414Tr}{J} = \frac{1.414T(b/2)}{I}$$

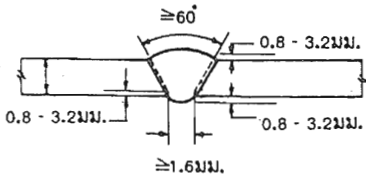
$$f = \frac{1.414T(b/2)}{\frac{1}{2}ab^3} = \frac{4.24T}{ab^2}$$

For Adjacent Fillets
Assume $J = I$

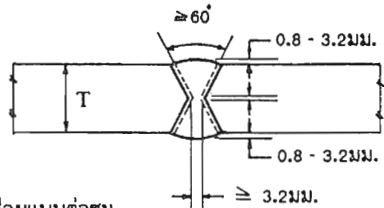
การเชื่อมด้วยไฟฟ้าแบบต่าง ๆ



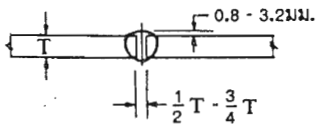
เชื่อมแบบต่อชน ปลายตัด



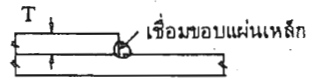
เชื่อมแบบต่อชน ปลายเฉียงข้างเดียว



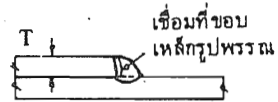
เชื่อมแบบต่อชน ปลายเฉียง 2 ข้าง



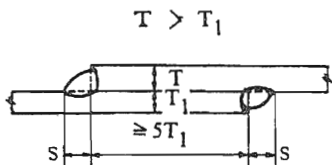
เชื่อมแบบต่อชน ปลายตัด



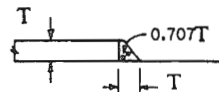
ขนาดใช้งาน $\leq T - 1.6$ มม.



ขนาดใช้งาน $\leq \frac{3}{4} T$



เชื่อมแบบต่อทับ 2 ด้าน



ขนาดใช้งาน $\leq T$

เชื่อมแบบทับที่ขอบ

สถิติการทำงานต่อวัน

ชนิดงาน	คน	ได้งาน	ชนิดงาน	คน	ได้งาน
ขุดดินธรรมดา _____	1	2.2 ม ³	ตีฝ้าไม้ทับเกล็ด _____	1	6-8 ม ²
ขุดหลุม .80×.80×1.00	1	2.5 หลุม	ตีฝ้าไม้เข้าลิ้น _____	1	3-4 ม ²
ถมดิน _____	1	3 ม ³	ไสไม้ฝ้า _____	1	80 ม ²
โกยหินจากรถลงพื้น _____	1	12-14 ม ³	ไสไม้พื้น _____	1	30-40 ม ²
โกยทรายจากรถลงพื้น _____	2	100 ม ³	ปูพื้นไม้ตีขีด _____	1	6-8 ม ²
ย้อยอิฐหัก _____	1	2 ม ³	ปูพื้นไม้เข้าลิ้น _____	1	3-4 ม ²
ก่ออิฐมอญ 1/2 แผ่น	1	1100 แผ่น	ปูพื้นปากี _____	1	4-5 ม ²
ก่ออิฐ 1/2 แผ่นระยะสูง	1	500 แผ่น	วางตง-คาน _____	3	20 ม ³
ก่ออิฐบล็อก _____	1	55-80 ก้อน	ตีระแนง _____	1	30-45 ม ²
ฉาบปูนผนัง _____	1	8-10 ม ²	ทำลูกกรงไม้ _____	1	1-1.5 ม ²
ฉาบปูนบัว _____	1	5 ม ²	ทำบันไดไม้มีพุก _____	1	3.5 ม
เทพื้นปูนทราย 5 ซม.	1	10-12 ม ²	ตั้งวงกบ _____	2	8-10 ช่อง
เทคอนกรีตพื้นราบ _____	1	1-1.5 ม ³	ติดบานพับประตูหน้าต่าง	1	9-11 บาน
เทคอนกรีตเสา _____	2	1.1 ม ³	ตอกเข็มไม้ยาว 3-6 ม _____	3	15-18 ต้น
ตัดเหล็กและผูกเหล็ก _____	2	45-60 กก	เลี่ยมเสาช้ำ _____	1	30-50 ต้น
ทำหินขัดไม่รวมขัด _____	2	15-20 ม ²	ทาสีน้ำปูน _____	1	20-35 ม ²
ปูพื้นโมเสก _____	1	2-3ม ²	ทาสีน้ำมัน _____	1	15-20 ม ²
กรูกระเบื้องผนัง _____	2	2-4 ม ²	ทาสีเพดาน 2 ครั้ง _____	1	8 ม ²
ผสมคอนกรีตด้วยกระบะ	3	4-5 ม ³	ขัดพื้นด้วยแรงคน _____	1	3-4 ม ²
ผสมคอนกรีต (เครื่อง) _____	4	20-25 ม ³	ทาแซลแล็ก 1 ครั้ง _____	1	20-30 ม ²
เทคอนกรีตขัดมัน 10 ซม _____	1	5 ม ²	ผูกนั่งร้านไม้ไผ่ _____	3	150-300 ม ²
ยกเสาไม้ 6" เข้าที่ _____	4	11-12 ต้น	ติดตั้งอ่างล้างหน้า _____	2	9-10 อ่าง
ทำโครงหลังคาสังกะสี _____	1	15 ม ²	ติดตั้งที่ปัสสาวะ _____	2	5 ที่
ทำโครงหลังคากระเบื้อง	4	12 ม ²	ติดตั้งส้วมนั่งราบ _____	1	1 ที่
มุงหลังคาสังกะสี _____	1	40 แผ่น	ติดตั้งส้วมนั่งยอง ๆ _____	1	1-3 ที่
มุงหลังคากระเบื้อง _____	1	6-8 ม ²	ติดตั้งก๊อกน้ำ (ท่าเกลียว) _____	1	10-15 จุด

ปริมาณหินและยางในการทำถนนต่อตารางเมตร

ขนาดหินและลำดับการก่อสร้าง	ชนิดและความหนา			
	6 ซม.	5 ซม.	7 ซม.	5.5 ซม.
เกลี่ยหินรองพื้น				
หิน 2"-1" (กก.)	116-145	—	116-145	—
หิน 1"-1/2" (กก.)	—	87-116	—	87-116
พ่นยางครั้งที่ 1 (ลิตร)	4.5-6.8	3.4-5.4	4.5-6.8	3.4-6.4
เกลี่ยหินชั้นสอง				
หิน 3/4" (กก.)	12-20	—	12-20	—
หิน 1/2" (กก.)	—	9-15	—	9-15
พ่นยางครั้งที่ 2 (ลิตร)	2.3-3.1	1.3-2.3	2.3-3.1	1.3-2.3
เกลี่ยหินชั้นสาม				
หิน 1/2" (กก.)	9-12	—	9-12	—
หิน 3/8" (กก.)	—	9-12	—	9-12
พ่นยางครั้งที่ 3 (ลิตร)	—	—	0.9-1.1	0.8-1.0
เกลี่ยหินเกล็ด (กก.)	—	—	9-12	9-12
รวม				
หิน (กก.)	133-177	105-143	146-189	114-155
ยาง (ลิตร)	6.8-9.9	4.7-7.7	7.7-11.0	5.5-8.7

อุณหภูมิของยางขณะพ่น 275-350 องศาฟาเรนไฮต์

วัสดุก่อสร้างในงานช่างปูน (ต่อ 1 ตารางเมตร)
 CONCRETE MATERIALS PER SQUARE METER

ชนิดงาน	อัตราส่วน	ซีเมนต์ (กก.)	ปูนขาว (ม.³)	ทราย (ม.³)	หมายเหตุ
ปูนก่อ 1/2 แผ่นอิฐ	1 : 1 : 3	11	0.008	0.034	แนว 15 มม.
ปูนก่อ 1 แผ่นอิฐ	1 : 1 : 3	25.2	0.018	0.055	แนว 15 มม.
ปูนก่อ 2 แผ่นอิฐ	1 : 1 : 3	54.6	0.039	0.118	แนว 15 มม.
ปูนก่อ 1/2 แผ่นอิฐ	1 : 1 : 4	10	0.007	0.027	ใช้อิฐ 135-140
ปูนก่อ 1/2 แผ่นอิฐ	1 : 1 : 4	12	0.012	0.040	แนว 20 มม.
ปูนก่อ 1/2 แผ่นอิฐ บบท	1 : 1 : 4	14	0.016	0.048	ใช้อิฐ 54 แผ่น
ปูนก่อ 1/2 แผ่นอิฐ มอญ	1 : 2 : 8	5.6	0.008	0.032	แนว 15 มม.
ปูนฉาบ (ปูนถือ) หนา 1 ซม.	1 : 1 : 4	12	0.01	0.03	ฉาบ 1 ด้าน
ปูนฉาบ หนา 1.5 ซม.	1 : 2 : 5	3.5	0.05	0.12	ฉาบ 1 ด้าน
ปูนทรายเทพื้น	1 : 3	8	—	0.16	หนา 2 ซม.
ปูนทรายเทพื้น	1 : 3	20	—	0.04	หนา 5 ซม.
ปูนทรายเทพื้น	1 : 4	16	—	0.06	หนา 5 ซม.
ก่ออิฐมอญ 1 ลบ.ม.	1 : 1 : 4	126	0.1	0.36	อิฐ 1080-1085
ก่อกำแพงหิน	1 : 3	17	—	0.2	หิน 0.3 ม.³
ปูนสลัด (ผิวขรุขระ)		8	0.01	0.08	
ฉาบขัดตะ		11	0.038	0.095	ใช้ฟาง 1 กก.
หินขัด หนา 1 ซม.		11*	—	—	หินเกล็ด 11 กก.
ปุกระเบื้องโมเสก		8*	—	—	
หินล้าง		8	—	0.02	หิน 2 กก.
ทรายเป็น		14	—	0.15	
กรวดล้าง		8	—	0.12	กรวด 3 กก.

* ซีเมนต์ที่ใช้เป็นซีเมนต์ขาว

ตารางส่วนผสมคอนกรีตใน 1 ลูกบาศก์เมตร
CONCRETE PROPORTIONS

ส่วนผสม	ซีเมนต์		ทราย ม. ³	หิน ม. ³	จำนวนน้ำ/ปูน 1 ดุง		จำนวนน้ำใน 1 ม. ³	
	กก.	ดุง			น้อยสุด	มากที่สุด	มากที่สุด	น้อยสุด
			ลิตร	ลิตร	ลิตร	ลิตร		
1 : 1 : 2	540	10.8	0.39	0.78	16.6	18.0	180	196
1 : 1.5 : 2	490	9.8	0.52	0.69				
1 : 1.5 : 2.5	440	8.8	0.47	0.78				
1 : 1.5 : 3	400	8.0	0.42	0.85	25.0	29.0	200	230
1 : 2 : 2	440	8.8	0.63	0.63				
1 : 2 : 2.5	400	8.0	0.57	0.71				
1 : 2.5 : 2.5	360	7.2	0.65	0.65				
1 : 2 : 3	360	7.2	0.52	0.78	27.0	30.0	198	215
1 : 2.5 : 3.5	310	6.2	0.56	0.78				
1 : 2 : 4	320	6.4	0.45	0.89	27.8	30.1	178	193
1 : 3 : 3	310	6.2	0.67	0.67				
1 : 3 : 4	270	5.4	0.59	0.78	25.0	29.8	160	179
1 : 3 : 5	240	4.8	0.52	0.87				
1 : 3 : 6	220	4.4	0.47	0.94	39.0	41.0	173	183
1 : 4 : 6	200	4.0	0.57	0.85				
1 : 4 : 7	180	3.6	0.52	0.91				
1 : 5 : 7	170	3.4	0.60	0.48				
1 : 6 : 8	150	3.0	0.63	0.83				

หมายเหตุ จากตารางข้างบนนี้ ส่วนผสมมวลหยาบ (หิน) ใช้ขนาด 1.5"-2.0"

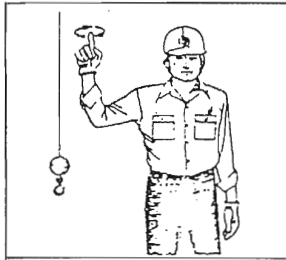
ส่วนผสมมวลละเอียด (ทราย) มีความชื้น 5%-10%

อัตราส่วนผสมโดยปริมาตร

TYPICAL READY MIX CONCRETE MIX PROPORTIONS

STRENGTH (CYLINDER) kg./sq.cm	SLUMP cm.	W/C	CEMENT kg./cu.m	SAND kg./cu. m	AGG. 1" - #4 kg./cu.m	WATER kg./cu. m	TOTAL WT kg./cu. m
60	7.5	0.75	200	800	1,250	150	2,400
80	7.5	0.75	225	750	1,270	158	2,403
110	7.5	0.65	250	730	1,260	162	2,402
140	7.5	0.60	275	710	1,250	165	2,400
180	7.5	0.55	300	700	1,240	165	2,405
210	7.5	0.53	325	690	1,220	172	2,407
240	7.5	0.50	350	680	1,200	175	2,405
280	7.5	0.47	375	660	1,190	176	2,401
300	7.5	0.45	400	650	1,170	180	2,400
320	7.5	0.42	425	640	1,155	180	2,400

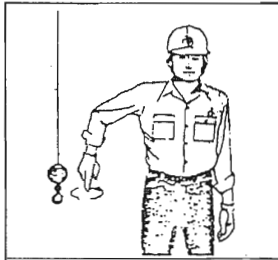
การให้สัญญาณมือสำหรับปั้นจั่นชนิดอยู่กับที่



HOIST

สัญญาณให้ยกของขึ้นได้

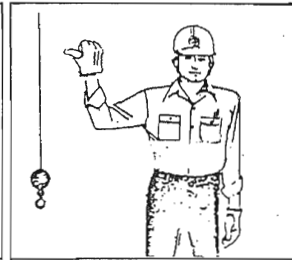
ให้ธงข้อศอกยกขึ้นให้ได้ฉาก ใช้นิ้วชี้ ชี้ขึ้นแล้วหมุนเป็นวงกลม



LOWER

สัญญาณให้ลดของที่ยกลง

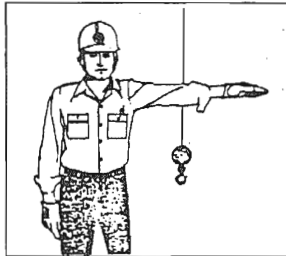
กางแขนออกเล็กน้อย ใช้นิ้วชี้ ชี้ลงแล้วหมุนเป็นวงกลม



SWING

สัญญาณให้ลูกกรอกเคลื่อนที่

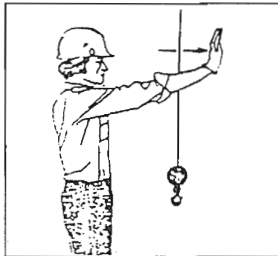
กำมือขวาหงายขึ้นในระดับไหล่ นิ้วหัวแม่มือชี้ออกในทิศทางที่ต้องการให้ลูกกรอกเคลื่อนที่ไป โดยโยกมือเคลื่อนที่ในทางแนวนอน



STOP

สัญญาณให้หยุดยกของ

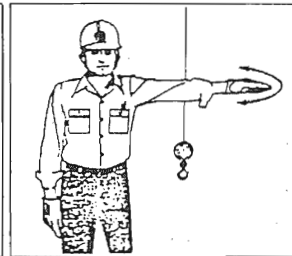
เหยียดแขนซ้ายออกข้างลำตัวระดับไหล่ กำมือคว่ำลง โดยเหยียดแขนงออยู่หน้าหน้า



TRAVEL

สัญญาณให้สะพานปั้นจั่นเคลื่อนที่

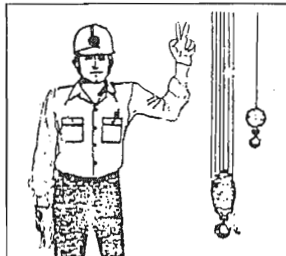
เหยียดฝ่ามือขวาตรงออกไปข้างหน้าในระดับไหล่ ฝ่ามือตั้งตรงทำท่าหลักในทิศทางที่ต้องการให้สะพานเคลื่อนที่ไป



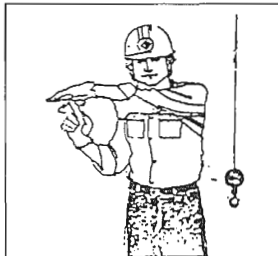
EMERGENCY STOP

สัญญาณหยุดยกของฉุกเฉิน

เหยียดแขนซ้ายออกไปอยู่ในระดับไหล่ กำมือคว่ำลง แล้วเหวี่ยงไป-มา ในระดับไหล่อย่างรวดเร็ว



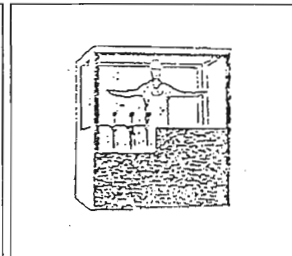
USE HOIST NO. 1 OR 2: สัญญาณการใช้ลูกกรอกคู่มือซ้ายระดับหรือเหนือศีรษะ งอศอกเป็นมุมฉาก (90 องศา) ชูนิ้วชี้ขึ้นนิ้วเดียวหรือสองนิ้ว หมายถึงให้ใช้ลูกกรอกหมายเลข 1 (หมายเลขชี้ขึ้นบนลูกกรอก) ชูนิ้วหัวแม่มือทั้งสองนิ้ว หมายถึงใช้ลูกกรอกหมายเลข 2 สัญญาณต่าง ๆ ทำเช่นเดียวกัน (เช่น ยกขึ้นหรือยกลง)



MOVE SLOWLY

สัญญาณให้ยกของขึ้นช้า ๆ

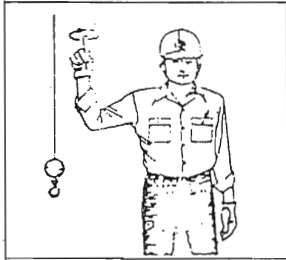
ยกแขนคว่ำฝ่ามือไปไว้ระดับกลาง แล้วใช้นิ้วชี้ของมืออีกข้างหนึ่ง ชี้ตรงกลางฝ่ามือแล้วหมุนช้า ๆ



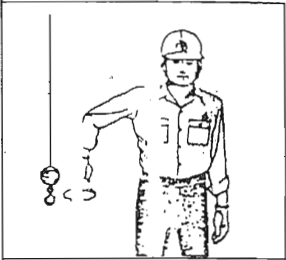
สัญญาณเล็กใช้ปั้นจั่น

ให้คู่บังคับปั้นจั่นเหยียดแขนทั้งสองออกไปทางข้างลำตัว โดยหงายฝ่ามือทั้งสองข้าง

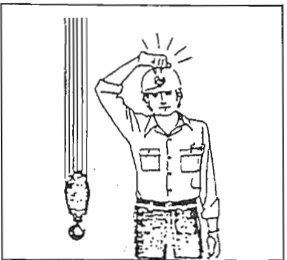
การให้สัญญาณมือสำหรับปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่



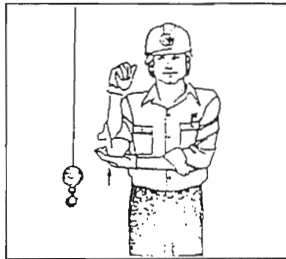
HOIST
สัญญาณให้ยกของขึ้นลงได้
ให้ธงออกยกขึ้นให้โถ่ลาก ใช้นิ้วชี้ ชีขึ้นแล้วหมุน
เป็นวงกลม



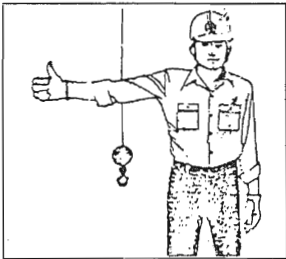
LOWER
สัญญาณให้ลดของที่ยกลง
กางแขนออกเล็กน้อย ใช้นิ้วชี้ชี้ลงแล้วหมุนเป็นวงกลม



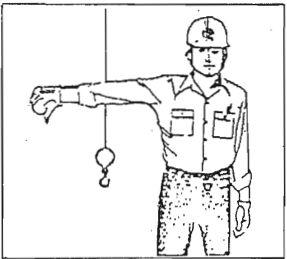
USE MAIN HOIST
สัญญาณใช้รอกใหญ่หรือคระใหญ่
กำมือยกขึ้นเหนือศีรษะ แล้วเคาะเบา ๆ บนศีรษะ
ของคระหลาย ๆ ครั้ง แล้วใช้สัญญาณอื่น ๆ ที่ต้องการ



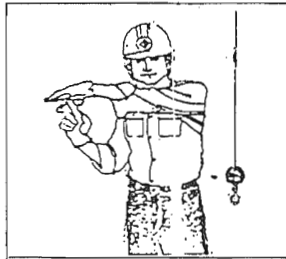
USE WHIPLINE
สัญญาณใช้ตะขอเชือกเส้นเดี่ยว (รอกช่วย)
งอข้อศอกขึ้น กำมือระดับไหล่ไปข้างหน้าเล็กน้อย
แล้วไขว้อีกข้างหนึ่งตะขอคระ จากนั้นให้สัญญาณ
อื่น ๆ ที่ต้องการ



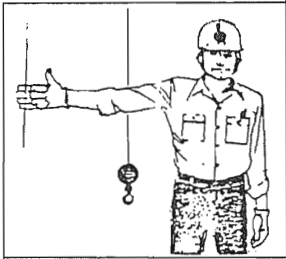
RAISE BOOM
สัญญาณให้ยกแขนเป็นจัน
เหยียดแขนออกสุดแขน แล้วกำมือขวามือขึ้น



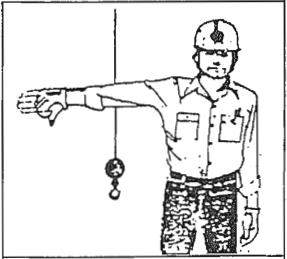
LOWER BOOM
สัญญาณให้ลดแขนเป็นจันลง
เหยียดแขนออกสุดแขน แล้วกำมือขวามือขึ้น



MOVE SLOWLY
สัญญาณให้ยกของขึ้นช้า ๆ
ยกแขนคว่ำฝ่ามือให้ศีรษะคั่นกลาง แล้วใช้นิ้วชี้ของมือ
อีกข้างหนึ่งชี้ตรงกลางฝ่ามือแล้วหมุนช้า ๆ

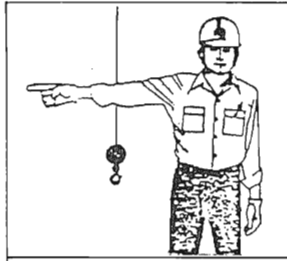


RAISE THE BOOM AND LOWER THE LOAD
สัญญาณให้ยกแขนเป็นจัน แล้วหย่อนของที่กำลังยกลง
เหยียดแขนออกสุดแขน เหยียดฝ่ามือในลักษณะตั้ง
ยกหัวแม่มือขึ้น แล้วกวักนิ้วทั้งสี่ไปมา (ยกหัวนิ้วหัว
แม่มือ)



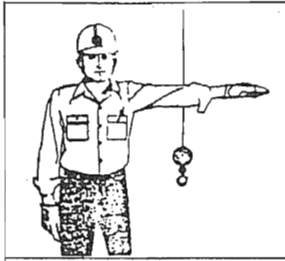
LOWER THE BOOM AND RAISE THE LOAD
สัญญาณลดแขนเป็นจันลงแล้ว ยกของที่กำลังยกขึ้น
เหยียดแขนออกสุดแขน เหยียดฝ่ามือในลักษณะตั้งหัว
แม่มือขึ้น แล้วกวักนิ้วทั้งสี่ไปมา (ยกหัวนิ้วหัว
แม่มือ)

การให้สัญญาณมือสำหรับปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่



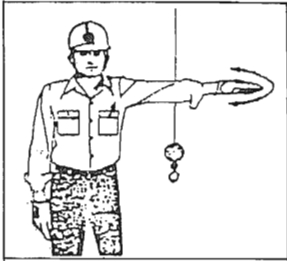
SWING

สัญญาณให้แขนปั้นจั่นเหวี่ยงหมุนไปตามทิศทางที่ต้องการ
เหยียดแขนซ้ายหรือขวา ชี้ไปตามทิศทางที่ต้องการที่จะให้หมุนแขนปั้นจั่นไป



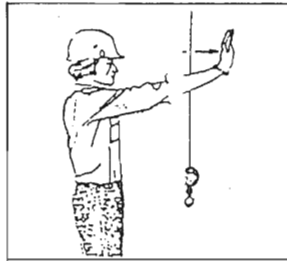
STOP

สัญญาณให้หยุดยกของ
เหยียดมือซ้ายออกข้างลำตัวระดับไหล่ฝ่ามือคว่ำลง โดยเหยียดแขนหนึ่งอยู่ในที่นี้



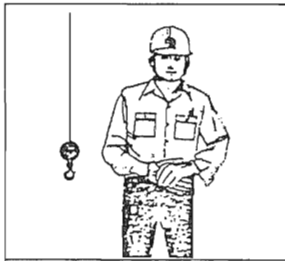
EMERGENCY STOP

สัญญาณหยุดยกของฉุกเฉิน
เหยียดแขนซ้ายออกไปอยู่ในระดับไหล่ฝ่ามือคว่ำลง แล้วเหวี่ยงไป-มา ในระดับไหล่อย่างรวดเร็ว



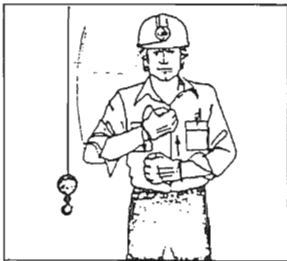
TRAVEL

สัญญาณให้รถปั้นจั่นเคลื่อนที่ในทิศทางที่ต้องการ
เหยียดฝ่ามือขวาตรงออกไปข้างหน้าในระดับไหล่ ฝ่ามือตั้งตรงทำท่าคล้ายผลักในทิศทางที่ต้องการให้รถปั้นจั่นเคลื่อนที่ไป



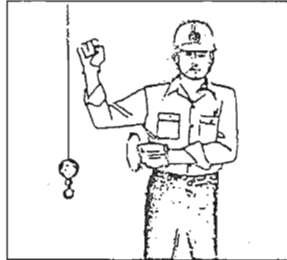
DOG. EVERYTHING

สัญญาณให้หยุดและยึดเชือกตลอดทั้งหมด
กำมือทั้งสองเข้าหากันให้อยู่ในระดับเอว



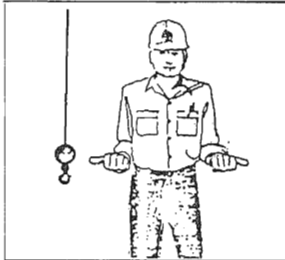
TRAVEL (BOTH TRACK)

สัญญาณให้รถปั้นจั่น (ดีดตะขาบ) เดินหน้าหรือถอยหลัง
กำมือทั้งสองซ้อนกัน ยกขึ้นเสมอหน้าท้องแล้วหมุนมือที่กำสองข้างให้โค้งงอเข้าหากัน ถ้าจะให้รถปั้นจั่นเดินหน้าก็หมุนมือไปข้างหน้า ถ้าจะให้รถปั้นจั่นถอยหลังก็หมุนมือถอยหลัง



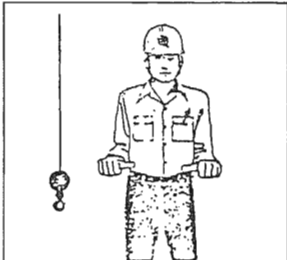
TRAVEL (ONE TRACK)

สัญญาณให้รถปั้นจั่น (ดีดตะขาบ) เคลื่อนที่ทางด้านข้าง (โดยยึดดีดตะขาบข้างหนึ่งไว้)
ไต่ขีด (ล็อก) ดีดตะขาบข้างหนึ่งโดยกำมือขวาขึ้นให้ข้อศอกงอเป็นมุมฉาก 90 องศา ให้ดีดตะขาบด้านตรงข้ามเคลื่อนที่ตามต้องการ โดยกำมืออีกข้างหนึ่งอยู่ระดับเอว แล้วหมุนเข้าหาตัวแล้วเหวี่ยง (สัญญาณนี้ใช้เฉพาะรถปั้นจั่นเคลื่อนที่ชนิดดีดตะขาบ) (เท่านั้น)



EXTEND BOOM

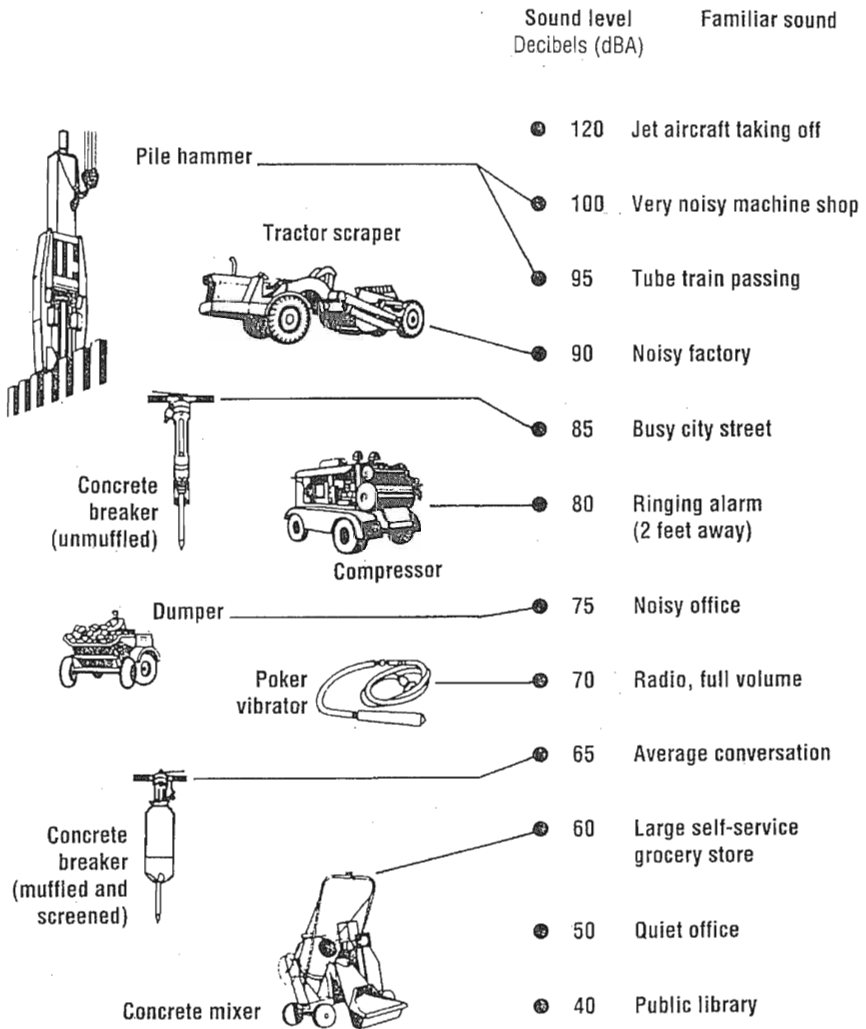
สัญญาณให้รถปั้นจั่นเลื่อนแขนปั้นจั่นออก (สำหรับรถปั้นจั่นชนิดแขนยึด-ทคได้)
กำมือทั้งสองข้างหงายยกขึ้นเสมอ เอวแล้วเหยียดหัวแม่มือออกทั้งสองข้าง



RETRACT BOOM

สัญญาณหดแขนปั้นจั่นเข้า (สำหรับรถปั้นจั่นชนิดแขนยึด-ทคได้)
กำมือทั้งสองข้างคว่ำแล้วยกขึ้นเสมอ เอวแล้วให้หัวแม่มือทั้งสองข้างชี้เข้าหากัน

ILLUSTRATION OF SOUND LEVELS



* Decibel or dB(A) is a unit used to measure sound pressure level

CONSTRUCTION PRODUCT

มอก. 396-2524 เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ (STANDARD FOR PRESTRESSED CONCRETE PILE)

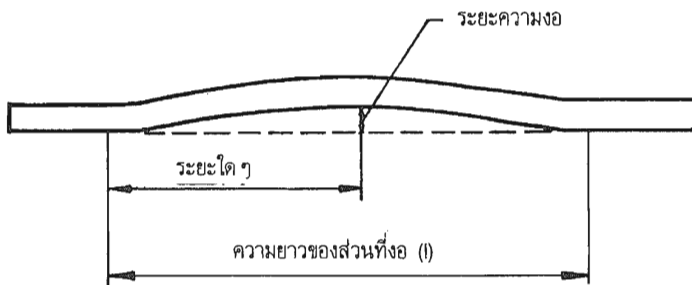
รูปร่างและมิติ

ขนาดและรูปร่าง - เป็นไปตามที่ผู้ผลิตกำหนด ทั้งนี้จุดศูนย์ถ่วงของภาคตัดขวางทับจุดศูนย์กลางของเสาเข็ม และส่วนบางที่สุดไม่น้อยกว่า 50 มม. และไม่น้อยกว่า 2 เท่าของคอนกรีตหุ้มบวกรด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริม

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

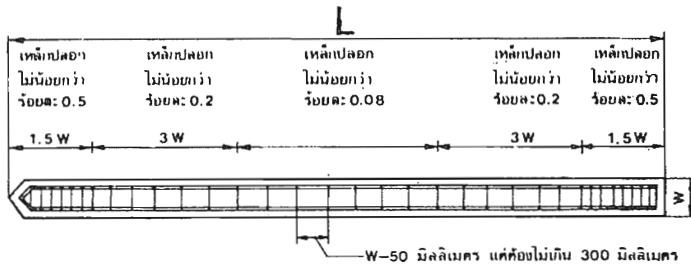
รายละเอียด	ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน
- มิติของภาคตัดขวางแต่ละด้าน	- 2.5%+5.0%
- มิติของเส้นรอบรูป	- 1.0%+5.0%
- ปลายด้านตัดของเสาเข็ม ต้องมีผิวหน้าเรียบ และ ตั้งฉากกับแนวสะเทิน	± 2 องศา
- ความตรงของเสาเข็ม	ความโค้งงอไม่เกิน 1/360 (ตั้งรูป)

มอก. 396-2524



รูปที่ 1 การวัดความงอ

ปริมาณเหล็กปลอกของเสาเข็ม



รูปที่ 2 ปริมาณเหล็กปลอก

คุณลักษณะที่ต้องการของเสาเข็ม

1. เนื้อคอนกรีตต้องแน่นสม่ำเสมอ และไม่มีรอยพรุนหรือรอยแตก ซึ่งลึกถึงเหล็กเสริม
2. เสาเข็มยอมให้มีรอยร้าวต่อเนื่องกันได้ไม่เกินครึ่งหนึ่งของเส้นรอบรูป และต้องทำมุมระหว่าง 80 ถึง 90 องศา กับแนวแกนเสาเข็ม รอยร้าวที่เกิดขึ้นแต่ละรอยต้องห่างกันเกิน 500 มม.
3. เสาเข็มต้องมีที่จัดยึด หรือทำเป็นรูรอยสำหรับยกเสาเข็ม
4. คอนกรีตมีค่าความต้านแรงอัดไม่น้อยกว่า 35 นิวตันต่อตร.มม. (350 Ksc.-Cylinder)

โมเมนต์ดัดที่ออกแบบ (Design Bending Moment)

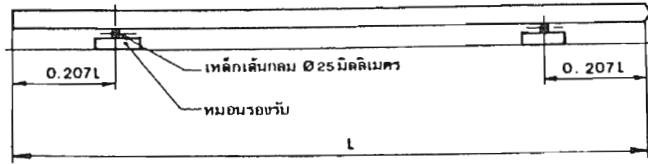
หมายถึง โมเมนต์ที่คำนวณโดยคิดน้ำหนักของตัวเสาเข็มรวมกับน้ำหนักแผ่นสม่ำเสมออีก 30% (กระทำบนเสาเข็มในขณะยก หรือขนส่ง)

การทดสอบการรับแรงที่เกิดขึ้นจากการยก และการกระแทก

1. ทดสอบเสาเข็มตัวอย่างจำนวน 3 ต้น จากทุก ๆ 100 ต้น
2. ยกเสาเข็มทดสอบไปวางบนหมอนรองรับ 2 จุด โดยมีส่วนยื่นของเสาเข็มปลายละ 0.207L ดังรูป
3. เกณฑ์ ดัดลึน ยอมให้เกิดรอยร้าวที่ตำแหน่งใดๆ ของเสาเข็มได้ โดยมีความกว้างไม่เกิน 0.2 มม.

ก.1 การวางชิ้นทดสอบ

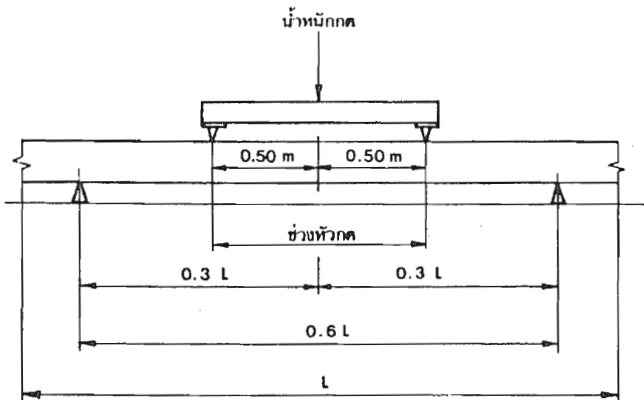
ก.1.1 เส้าเข็มที่มีจุดยก 2 จุด.



รูปที่ ก.1 แสดงการทดสอบเส้าเข็มที่มีจุดยก 2 จุด

การทดสอบคุณสมบัติของหัวต่อ

1. ให้นำเส้าเข็มสองต้นต่อเข้าด้วยกันด้วยหัวต่อ แล้วตัดเส้าเข็มแต่ละต้นออกประมาณครึ่งหนึ่ง ให้เหลือความยาวเส้าเข็มที่ต่อกันแล้วประมาณ L
2. วางตัวอย่างเส้าเข็มที่ต่อกันบนที่รองรับตามรูป แล้วเพิ่มน้ำหนักกดบนเส้าเข็ม จนกระทั่งเกิดโมเมนต์ดัดที่หัวต่อเท่ากับ 1.1 เท่าของโมเมนต์ดัดที่ออกแบบ
3. เกณฑ์ดัดลื่นยอมให้เกิดรอยร้าวในช่วงหัวกด (ดูรูป) ได้โดยมีความกว้างไม่เกิน 0.2 มม.



รูปที่ ข.1 แสดงการวางชิ้นทดสอบ

Strength of PC. Pile (PCI Design Hand book)

Maximum compressive load, N, on prestressed concrete piles (in addition to the effective prestress) shall not exceed the following:

$$N = (0.33f'_c - 0.27f_{pc})A_c$$

where $\frac{h'}{r} < 50$

h' = effective unsupported length of pile, taken as the actual length of pile when both ends are hinged

r = radius of gyration of transformed section of pile

$f_{pc} = \frac{F}{A_c}$ (effective prestress after losses)

A_c = area of concrete

Buckling load of a slender pretensioned concrete pile can be computed by Euler's formula,

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

where N_{cr} = critical buckling load

E = modulus of elasticity for concrete

I = moment of inertia of concrete pile section

L = length of pile

Approximate ultimate moment of pile

$M_{ult} = 0.37 t A_{ps} f_{oy}$ for solid square piles

$M_{ult} = 0.32 t A_{ps}$ for solid circular and octagonal piles

$M_{ult} = 0.38 t A_{ps} f_{pu}$ for hollow square piles















$M_{ult} = 0.34 t A_{ps} f_{pu}$ for hollow circular and octagonal piles













where t = thickness or diameter of pile

A_{ps} = total area of prestressing steel

f_{rc} = ultimate strength of steel

GEL PRESTRESSED CONCRETE PILES

	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	324 sq.cm. 78 kg./m. 72 cm. 6-12 m. 3-8 tons.	 18 x 18 *
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	400 sq.cm. 96 kg./m. 80 cm. 6-15 m. 4-20 tons.	 20 x 20 *
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	484 sq.cm. 116 kg./m. 88 cm. 6-20 m. 5-25 tons.	 22 x 22 *
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	625 sq.cm. 150 kg./m. 100 cm. 8-22 m. 8-35 tons.	 25 x 25 *
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	676 sq.cm. 162 kg./m. 104 cm. 10-22 m. 10-40 tons.	 26 x 26 *
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	900 sq.cm. 216 kg./m. 120 cm. 10-24 m. 10-55 tons.	 30 x 30 *
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	1,225 sq.cm. 294 kg./m. 140 cm. 10-25 m. 10-75 tons.	 35 x 35 *








	<p>Cross section area 1,600 sq.cm. Unit weight 384 kg./m. Perimeter 160 cm. Length of pile 15-28 m. Allowable design load 40-100 tons.</p>	 40 x 40 *
	<p>Cross section area 2,025 sq.cm. Unit weight 486 kg./m. Perimeter 180 cm. Length of pile 15-28 m. Allowable design load 50-135 tons.</p>	 45 x 45 *
	<p>Cross section area 1,345 sq.cm. Unit weight 323 kg./m. Perimeter 160 cm. Length of pile 15-28 m. Allowable design load 40-92 tons.</p>	 40 x 40 *
	<p>Cross section area 1,609 sq.cm. Unit weight 386 kg./m. Perimeter 180 cm. Length of pile 14-30 m. Allowable design load 106-115 tons.</p>	 45 x 45
	<p>Cross section area 2,049 sq.cm. Unit weight 492 kg./m. Perimeter 210 cm. Length of pile 18-30 m. Allowable design load 70-135 tons.</p>	 52.5 x 52.5 *
	<p>Cross section area 2,831 sq.cm. Unit weight 679 kg./m. Perimeter 260 cm. Length of pile 20-33 m. Allowable design load 190-200 tons.</p>	 65 x 65





* Manufactured according to Thai Industrial Standard 396-2524



มาตรฐาน 396-2524

GEL PRESTRESSED CONCRETE PILES

	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	220 sq.cm. 58 kg./m. 89 cm. 6-12 m. 2-7 tons.	I 18 × 18
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	330 sq.cm. 79 kg./m. 109 cm. 10-21 m. 4-20 tons.	I 22 × 22
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	455 sq.cm. 109 kg./m. 128 cm. 10-23 m. 10-30 tons.	I 26 × 26
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable Design load	518 sq.cm. 124 kg./m. 124 cm. 10-23 m. 10-34 tons.	I 26 × 26 *
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable Design load	564 sq.cm. 132 kg./m. 148 cm. 10-24 m. 15-37 tons.	I 30 × 30
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	660 sq.cm. 158 kg./m. 153 cm. 10-25 m. 15-44 tons.	I 30 × 30 *
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	805 sq.cm. 187 kg./m. 180 cm. 18-25 m. 25-55 tons.	I 35 × 35

	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	880 sq.cm. 211 kg./m. 179 cm. 18-26 m. 25-60 tons.	I 35 x 35 *
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	1,240 sq.cm. 298 kg./m. 197 cm. 18-27 m. 30-80 tons.	I 40 x 40 *
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	1,500 sq.cm. 360 kg./m. 214 cm. 10-29 m. 98-107 tons.	I 45 x 45
	Cross section area Unit weight Perimeter Length of pile Allowable design load	2,050 sq.cm. 492 kg./m. 244 cm. 21-30 m. 90-135 tons.	DH 52.5 x 52.5 *

* Manufactured according to Thai Industrial Standard 396-2524



ทศพ. 396-2524

SPECIFICATION

DESIGN LOAD CONCRETE

- Ultimate compressive strength at 28 days not less than 350 kg/cm² for standard cylinder $\phi 6'' \times 12''$, or not less than 450 kg/cm² for standard cube 15 x 15 x 15 cm.
- Portland cement-ASTM designation C150 type I or rapid hardening strength portland cement ASTM designation C150 type III.
- P.C. piles shall be fabricated by prestressing method.
- Concrete strength not less than 280 kg/cm² at prestress transfer
- Water curing

PRESTRESSING STEEL

- Uncoated stress-relieved steel wire indented round type or uncoated seven-wire stress-relieved strand
- Ultimate tensile strength not less than
 - 17,500 kg/cm² for wire $\phi 4$ mm., $\phi 5$ mm.
 - 16,000 kg/cm² for wire $\phi 7$ mm.
 - 17,575 kg/cm² for strand class 1725 (class A)
 - 18,980 kg/cm² for strand class 1860 (class B)
- (ref. ASTM 421-77 or TIS 95-2534 for wire and ASTM A 416-88 or TIS 420-2534 for strand)
- Initial force applied on prestressing steel shall be 70-75% of the ultimate tensile strength

REMARK

1. The above safe loads are subjected to Bangkok Sub-Soil and are variable due to soil properties.
2. The length of piles provided are changeable as required and available for composite piles.
3. Concrete cylindrical compressive strength shall be not less than 280 ksc. and 350 ksc. at transfer and working stage respectively.

เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่

การทำเสาเข็มเจาะ ใช้เครื่องเจาะที่ติดตั้งอยู่บนรถ CRANE โดยมีก้านเจาะ (KELLY BAR) เป็นตัวนำเจาะ ซึ่งมีหัวเจาะติดอยู่ที่ปลาย KELLY BAR หัวเจาะที่ใช้ในการเจาะจะเป็นแบบ FLIGHT AUGER และแบบ BUCKET TYPE ตามสภาพความเหมาะสมของชั้นดิน

วิธีการเจาะ ส่วนบน จากระดับ 0.00 ถึงระดับประมาณ -20.00 เมตร ไม่พินชั้น STIFF CLAY การเจาะอาจเป็น DRY PROCESS, ส่วนล่าง (ระดับประมาณ -20.00 เมตร) จนถึงระดับปลายเสาเข็มตาม ที่ออกแบบไว้ เจาะโดยใช้วิธี WET PROCESS โดยใช้ BENTONITE SLURRY เป็นตัวป้องกันหลุมเจาะพังทลาย

ปลอกเหล็กเพื่อกันดินอ่อนพังทลาย

- เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของปลอกเหล็ก ต้องไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม
- ความยาวของปลอกเหล็กเป็นท่อนเดียวยาวตลอด ไม่น้อยกว่า 13 เมตร ความยาวอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพของชั้นดิน
- ความหนาของปลอกเหล็ก ปลอกเหล็กต้องหนาไม่น้อยกว่า 12 มม. และหนาเพียงพอ สำหรับการขนส่งทำงาน ฯลฯ

คอนกรีตที่ใช้ในงานเสาเข็มเจาะ

- ใช้ PORTLAND CEMENT TYPE 1 ตามมาตรฐาน มอก.
- กำลังอัดของแท่งกระบอกคอนกรีต ขนาด $\varnothing 15 \times 30$ ซม. จะต้องไม่น้อยกว่า 240 กก./ซม.^2 เมื่ออายุ 28 วัน
- ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ต้องไม่น้อยกว่า 375 กิโลกรัม
- ค่ายุบตัวของคอนกรีตไม่น้อยกว่า 15 ซม. (ประมาณ 20 ± 2.5 ซม.)
- ขนาดหินใหญ่สุดไม่เกิน 25 มม.
- คอนกรีตที่ใช้ในงานเสาเข็มเจาะเวลาแข็งตัวต้อง ไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง และต้องเหมาะสมกับระยะเวลา การเทคอนกรีต
- คอนกรีตสำหรับเสาเข็มเจาะ ต้องเสนอ MIX DESIGN ของคอนกรีตให้ตัวแทนผู้ว่าจ้าง และวิศวกรผู้ออกแบบ โดยวิศวกรผู้ออกแบบเป็นผู้พิจารณาและอนุมัติ ซึ่งอาจมีการแก้ไข MIX DESIGN ให้เหมาะสม โดยวิศวกรผู้ออกแบบเป็นผู้พิจารณา และอนุมัติให้ใช้อย่างน้อย 7 วัน ก่อนทำงาน
- การเก็บตัวอย่างแท่งกระบอกคอนกรีต $\varnothing 15 \times 30$ ซม. เสาเข็ม 1 ต้น เก็บตัวอย่างไม่น้อยกว่า 2 ชุด ชุดละ 3 แท่ง และตัวแทนผู้ว่าจ้าง หรือวิศวกรผู้ออกแบบมีสิทธิให้เก็บตัวอย่างเกิน 2 ชุดได้ เมื่อเห็นสมควร
- การเทคอนกรีตเสาเข็มแต่ละต้น ต้องต่อเนื่องกันโดยจะหยุดชะงักไม่ได้

เหล็กเสริมรับแรง

- เหล็กข้ออ้อยทุกขนาดใช้ เอสตี 40 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- เหล็กกลมทุกขนาดใช้ เอส อาร์ 24 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- ข้อกำหนดต่าง ๆ ให้ถือตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- ในขณะที่หล่อคอนกรีต ผู้รับจ้างต้องระวังไม่ให้เหล็กเสริมผิดตำแหน่ง

- การต่อโครงเหล็กเสริมให้ต่อโดยวิธีเชื่อม หรือใช้กรีบรัด โดยจะต้องรับน้ำหนักของแต่ละโครงเหล็กได้ และไม่ผิดไปจากตำแหน่งที่ถูกต้อง

BENTONITE SLURRY

- BENTONITE SLURRY ที่จะนำมาใช้ต้องมีคุณสมบัติ

ก) PH ไม่ต่ำกว่า 7

ข) DENSITY อยู่ระหว่าง 1.02-1.15 ตัน/ม³ และปริมาณ BENTONITE ที่ใช้ผสม 2-6% โดยน้ำหนัก

ค) VISCOSITY 30-90 SEC. (MARCH'S CONE TEST)

ง) MAXIMUM SAND CONTENT ไม่เกิน 6%

ค่าเหล่านี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบในกรณีที่ผลทดสอบ แสดงว่า BENTONITE SLURRY มีค่า PH ค่ากว่า 7 BENTONITE SLURRY นั้นห้ามใช้อย่างเด็ดขาด

- ระดับของ BENTONITE SLURRY ในขณะเจาะต้องอยู่ที่ระดับประมาณ 2.00 เมตร จากระดับปากปลอกเหล็ก และในขณะทำงานเจาะ จะต้องเติม BENTONITE SLURRY อยู่เสมอ เพื่อให้ระดับ BENTONITE SLURRY ในหลุมคงที่

TREMIE PIPE

- TREMIE PIPE ทุกท่อนต้องมีหมายเลข หรือเครื่องหมายกำกับเพื่อสะดวกในการตรวจสอบความยาวของท่อ TREMIE และสะดวกในการติดต่อท่อ หรือการชักท่อขึ้นจากเนื้อคอนกรีต
- ท่อ TREMIE PIPE ทุกท่อนต้องแข็งแรง ป้องกันน้ำได้ และรอยต่อของท่อแต่ละช่วงต้องอยู่ในสภาพดีเรียบร้อย สามารถต่อ หรือถอดได้สะดวก ในขณะเทคอนกรีต
- ต้องจัดให้มีท่อ TREMIE สำรองอยู่เสมอ และพร้อมที่จะใช้ได้เมื่อจำเป็น
- ในขณะเทคอนกรีต ท่อ TREMIE ต้องจมอยู่ในเนื้อคอนกรีตไม่น้อยกว่า 2 เมตร และต้องคอยชวยท่อ TREMIE ขึ้นลง เพื่อไม่ให้คอนกรีตจับท่อ ปลายท่อต้องจมอยู่ในคอนกรีตมากพอที่ BENTONITE SLURRY จะไม่เข้าไปแทนที่เนื้อคอนกรีต
- ในขณะตัดท่อ TREMIE ให้สั้นลงต้องให้มีระยะจมของท่อ TREMIE ในเนื้อคอนกรีต 3-5 เมตร
- ในการเทคอนกรีตผ่านท่อ TREMIE ครั้งแรก ต้องใช้ PLUG เพื่อไล่น้ำออกจากท่อ TREMIE โดยต้องเสนาอวิสัยที่ใช้เป็น PLUG ให้ตัวแทนผู้ว่าจ้างและวิศวกรผู้ออกแบบทราบ

กรรมวิธีการทำเสาเข็มเจาะ

1. ทำการลงปลอกเหล็กตามหมุดที่กำหนดไว้ และระหว่างลงปลอกเหล็ก จะต้องตรวจสอบความตั้ง โดยใช้กล้อง THEODOLITE หรือระดับน้ำ สายติ่ง ความผิดพลาดในแนวตั้งจะต้องไม่เกิน 1 ต่อ 100 ของความยาวของเสาเข็ม และระยะมากที่สุดที่ยอมให้เสาเข็มลงผิดตำแหน่งจากที่กำหนดไว้ต้องไม่เกิน 7 ซม. โดยวัดขนานกับแกนโคออร์ดิเนต ทั้งสองแกน
2. หลังจากกดปลอกเหล็กอยู่ในตำแหน่งเรียบร้อยแล้วจะทำการเจาะดินภายในปลอกเหล็กออก โดยใช้เครื่องเจาะ ซึ่งติดตั้งบนรถเครน หัวเจาะอาจใช้ FLIGHT AUGER หรือ BUCKET TYPE ก็ได้ตามสภาพความเหมาะสม ในช่วงบนของเสาเข็มเจาะ อาจเป็นแบบ DRY PROCESS การเจาะโดยวิธี DRY PROCESS นี้จะเจาะไม่เกินระดับดินชั้น STIFF CLAY ซึ่งค่าประมาณที่ระดับ -20.00 เมตร เมื่อเจาะถึงชั้นนี้แล้ว

จะต้องทำการเติม BENTONITE SLURRY ให้อยู่ประมาณที่ระดับ 2 เมตร จากปากหลุม และใช้หัวเจาะแบบ BUCKET TYPE และเมื่อเจาะได้ความลึกเพิ่มขึ้นจะเติม SLURRY เพิ่มขึ้นตามความลึกจนได้ระดับที่กำหนดตามแบบก่อนที่จะชักก้านเจาะ (KELLY BAR) ขึ้นจะทำความสะอาดก้นหลุม (CLEANING) ด้วย BUCKET อีกครั้งหนึ่ง

- หลังจากชัก KELLY BAR ขึ้นมาแล้ว จะทำการตรวจสอบรูเจาะซึ่งมี SLURRY อยู่เต็มอีกครั้งหนึ่งด้วย ลูกติ่ง เพื่อหาความลึกที่แน่นอน และตรวจสอบการพังทลายของรูเจาะตามสภาพความเหมาะสม หากผลการตรวจสอบพบว่ามีการพังทลายของรูเจาะจะต้องทำความสะอาดอีกครั้งหนึ่งด้วย BUCKET จนแน่ใจว่าก้นหลุมได้ระดับ และสะอาด
- หลังจากการตรวจสอบรูเจาะเรียบร้อยแล้ว จึงทำการหย่อนโครงเหล็กเสริมตัวเสาเข็มตามแบบ และลง TREMIE PIPE สำหรับเทคอนกรีต ระหว่างลง TREMIE PIPE ให้ความยาวของ TREMIE PIPE ด้วยว้ายาวเท่าใด เพื่อเป็นการตรวจสอบความลึกของรูเจาะอีกครั้ง
- เมื่อตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว จึงทำการเทคอนกรีตผ่านท่อ TREMIE PIPE ซึ่งมี PLUG อยู่ในท่อล้อยอยู่เหนือ SLURRY (PLUG อาจใช้ลูกบอลยาง โฟม หรือสารชนิดอื่น ๆ ที่วิศวกรผู้ออกแบบเห็นชอบด้วย) คอนกรีตเมื่อเข้าไปในท่อ TREMIE จะตกอยู่บน PLUG และจะกด PLUG และ SLURRY ออกทางปลายท่อ ในระหว่าง SLURRY ถูกกดจะพุ่งออกทางปลายท่อด้วยความเร็วมาก SLURRY ใน TREMIE จะดันตะกอนที่อาจตกอยู่กับหลุมให้ลอยตัวขึ้นมา และคอนกรีตจะตกลงก้นหลุมแทนที่ และปลาย TREMIE PIPE ก็จะมีอยู่ในคอนกรีตตลอดเวลา เมื่อเทคอนกรีตเพิ่มขึ้น จะทำการตัดท่อ TREMIE ให้สั้นลงให้สัมพันธ์กับปริมาณคอนกรีตเพิ่มขึ้นทุกขณะ แต่อย่างไรก็ดีปลายท่อ TREMIE จะมีอยู่ในท่อคอนกรีตตลอดเวลา จนกว่าการเทเสาเข็มแต่ละต้นจะเสร็จสิ้น และการเทคอนกรีตเสาเข็มแต่ละต้นจะต้องต่อเนื่องกัน จะหยุดไม่ได้ ปลายท่อ TREMIE ควรฝังอยู่ในคอนกรีตประมาณ 2.00 เมตร เว้นแต่ว่าในบางกรณีที่คอนกรีตในท่อ TREMIE ไม่สามารถดันคอนกรีต ในตัวเสาเข็มขึ้นได้ ก็อาจฝังปลายท่อน้อยกว่า 2.00 เมตร ตามสภาพความเหมาะสม แต่ในขณะตัดท่อ TREMIE ท่อต้องจมอยู่ในเนื้อคอนกรีตประมาณ 3-5 เมตร
- ในระหว่างที่เทคอนกรีตลงไปให้รูเจาะผ่านท่อ TREMIE SLURRY ในรูจะถูกแทนที่ด้วยคอนกรีต และจะล้นออกมา ซึ่งจะทำการสูบน้ำไปทำความสะอาด ตามกรรมวิธีที่เหมาะสมถูกต้องตามหลักวิชาการ จึงนำไปเก็บไว้ในที่เก็บ เพื่อทำการตรวจสอบคุณสมบัติก่อนที่จะนำไปใช้กับเสาเข็มต้นอื่น ๆ
- เมื่อเทคอนกรีตจนได้ระดับแล้ว จึงทำการถอนปลอกเหล็กขึ้น และเสาเข็มที่จะเจาะใหม่ จะต้องห่างจากต้นที่เพิ่งทำเสร็จแล้วประมาณ 24 ชั่วโมง หรือระยะห่างไม่น้อยกว่า 6 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม
- ในกรณีที่เจาะเสาเข็มได้ถึงระดับแล้ว จะต้องทำการเทคอนกรีตเสาเข็มต้นนั้น ๆ ให้เสร็จสิ้นภายในวันนั้น จะทิ้งไว้ข้ามวันไม่ได้เป็นอันขาด กรณีที่สามารถทิ้งเสาเข็มที่เจาะไว้ข้ามวันได้กรณีเดียว คือ ยังเจาะไม่ถึงระดับ

มอก. 576-2531

แผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จสำหรับระบบพื้นคอนกรีต

ประเภทของแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ประเภท	สัญลักษณ์	คอนกรีตหุ้มหนา (มม.)	ความหนาไฟ (ซม.)
1	F0	10	1/2
2	F1	25	1
3	F2	45	2

ชั้นคุณภาพของแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ชั้นคุณภาพ	น้ำหนักบรรทุก	
	(พาสคัล)	(กก./ตร.ม.)
LL 100	1000	100
LL 150	1500	150
LL 200	2000	200
LL 250	2500	250
LL 300	3000	300
LL 400	4000	400
LL 500	5000	500

มิติของแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ

รายละเอียด	ข้อกำหนด มอก.
<p>พื้นที่ชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก</p> <p>พื้นที่ชนิดคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรง</p> <ul style="list-style-type: none"> - แผ่นคอนกรีตแบบกลางหรือแบบแผ่นเรียบตัน - แผ่นคอนกรีตแบบอื่น <p>ความหนาส่วนที่บางที่สุด</p>	<p>ความยาวต่อความหนา (L/D) ไม่เกิน 30</p> <p>ความยาวต่อความหนา (L/D) ไม่เกิน 50</p> <p>ความยาวต่อความหนา (L/D) ไม่เกิน 40</p> <p>ไม่น้อยกว่า 20 มม.</p>

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ

รายละเอียด	ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน
<p>ความยาว</p> <p>มิติภายนอกของภาคตัดขวาง</p> <ul style="list-style-type: none"> - น้อยกว่า 500 มม. - 500-1000 มม. - มากกว่า 100 <p>มิติของเปลือกและผนังกันโพรง</p>	<p>+ 10 มม.</p> <p>+ 5 มม.</p> <p>+ 10 มม.</p> <p>+ 12 มม.</p> <p>+ ไม่จำกัดกีด (แต่ไม่เกินข้อ 2) 5 มม.</p>

มอก. 557-2531 วิธีทดสอบการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ สำหรับพื้นคอนกรีต

ตัวอย่างทดสอบ

1. ให้ใช้ตัวอย่างจำนวน 3 แผ่น ทดสอบครั้งละ 1 แผ่น
2. ติดตั้งตัวอย่างบนแท่นธาร ดังรูป

เครื่องมือ

1. อุปกรณ์การกด
ให้ใช้วัตถุหรือเครื่องกดอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้
(1) การทดสอบแบบน้ำหนักแผ่นสม่ำเสมอ ให้ใช้วัตถุ เช่น ปูนซีเมนต์ ทราช เหล็ก หรืออื่น ๆ วางแผ่ให้น้ำหนักสม่ำเสมอบนพื้นที่จะทดสอบ ดังรูปที่ 1
(2) การทดสอบแบบน้ำหนักลงเป็นจุด ให้ใช้เครื่องกดแบบเฟือง หรือแบบไฮดรอลิก ระยะห่างระหว่างตัวกดทั้งสองให้เท่ากับ 1 ใน 3 ของความยาวประสิทธิผล ตามรูปที่ 2 เครื่องกดต้องสามารถเพิ่มแรงกดได้อย่างสม่ำเสมอ
2. มาตรการความแอ่นตัว
ต้องอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร
3. แท่นธาร
ต้องมั่นคงแข็งแรง และอยู่ห่างกันเท่ากับความยาวประสิทธิผลดังรูป

วิธีการทดสอบแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จสำหรับพื้นคอนกรีต

1. ติดตั้งมาตรการความแอ่นตัวที่กึ่งกลางแผ่นคอนกรีต และที่แท่นธารทั้งสอง เพื่อใช้เปรียบเทียบความแอ่นตัว
 2. เริ่มใส่น้ำหนักบนแผ่นคอนกรีตเป็นช่วงดังนี้ คือ ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 ร้อยละ 75 ร้อยละ 100 ร้อยละ 120 ร้อยละ 150 ของน้ำหนักบรรทุกที่กำหนดไว้สำหรับแผ่นคอนกรีตแต่ละชิ้นคุณภาพหลังจากใส่น้ำหนักบรรทุกแต่ละค่าแล้วให้อ่านค่าความแอ่นตัวทันที และหลังจากเวลาผ่านไปแล้ว 15 นาทีให้อ่านค่าความแอ่นตัวอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงเริ่มเพิ่มน้ำหนักบรรทุกช่วงต่อไป ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนครบช่วงการเพิ่มน้ำหนัก การใส่น้ำหนักบรรทุกนี้ต้องค่อย ๆ ใส
- 3.1 (1) ต้องให้น้ำหนักแผ่นสม่ำเสมอตลอดช่วงด้วย
3. เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจนถึงร้อยละ 150 ของน้ำหนักบรรทุกแล้ว ให้ปล่อยไว้ 24 ชั่วโมง แล้วอ่านค่าความแอ่นตัวอีกครั้งหนึ่ง
 4. เริ่มปลดน้ำหนักบรรทุก โดยปฏิบัติเป็นขั้นตอนย้อนกลับกับตอนใส่น้ำหนักบรรทุกทุกประการ
 5. อ่านค่าการคืนตัว (recovery of deflection) อีกครั้งหนึ่ง หลังจากปลดน้ำหนักบรรทุกออกหมดแล้ว 24 ชั่วโมง

เกณฑ์ตัดสินสำหรับการทดสอบระบบพื้นคอนกรีต

1. ในช่วงน้ำหนักบรรทุกใดๆ ต้องไม่ปรากฏรอยร้าวกว้างเกิน 0.2 มิลลิเมตร ได้ทั้งแผ่นคอนกรีต หรือชิ้นส่วนคอนกรีต
2. ความแอ่นตัว (deflection)

$$(1) \text{ ต้องไม่เกิน } \frac{l^2}{20000 t}$$

$$(2) \text{ แต่ถ้าแอ่นตัวเกิน } \frac{l^2}{20000 t} \text{ ต้องคืนตัวได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75.}$$

สัญลักษณ์

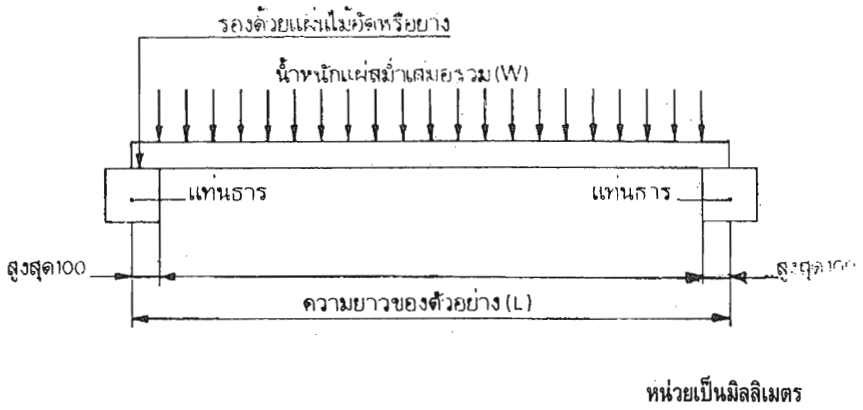
ความหนา (d) หมายถึง ระยะที่วัดจากส่วนล่างสุดถึงส่วนบนสุดของแผ่นคอนกรีตหรือชิ้นส่วนคอนกรีต เมื่อวางตามลักษณะที่ใช้งานจริง

ความยาวประสิทธิภาพ (l) หมายถึง ระยะห่างระหว่างขอบของแท่นธาร (bearing plate)

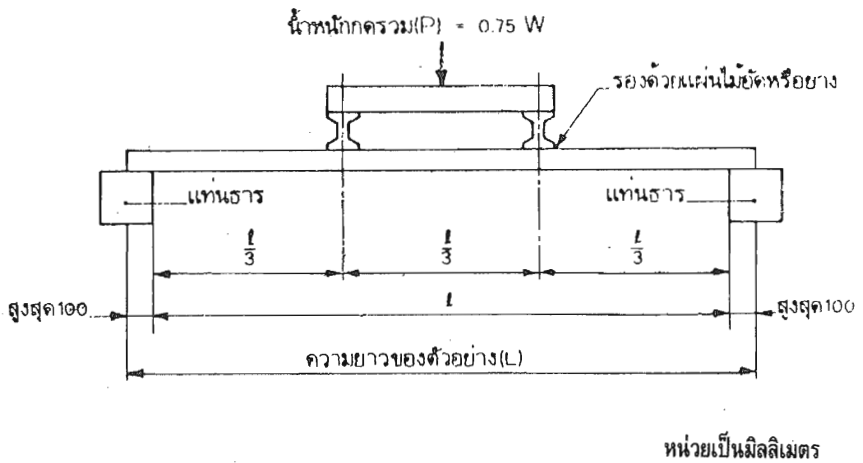
ความหนารวม (t) หมายถึง ระยะที่วัดจากส่วนล่างสุดถึงส่วนบนสุดของระบบพื้น

น้ำหนักแผ่นสม่ำเสมอรวม (w) หมายถึง น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบแบบน้ำหนักแผ่นสม่ำเสมอบนพื้นที่ทดสอบ $b \times l$

น้ำหนักกดรวม (P) หมายถึง น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบแบบน้ำหนักเป็นจุด (point load)



รูปที่ 1 การทดสอบแบบน้ำหนักแผ่นผ้าเคมอร



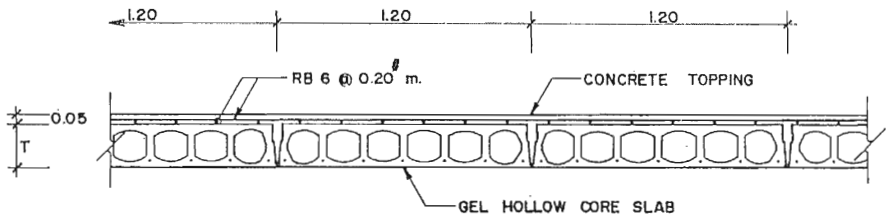
รูปที่ 2 การทดสอบแบบน้ำหนักลงเป็นจุด

HOLLOW CORE SLAB

แผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตอัดแรงแบบกลวง

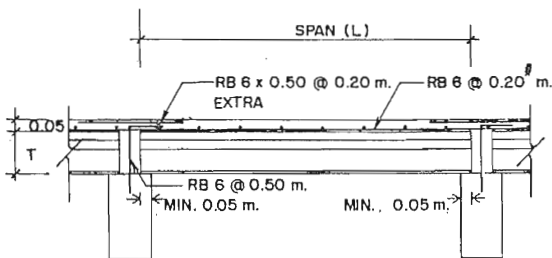
ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับ HOLLOW CORE SLAB

1. กำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 400 กก/ตร.ซม.(ทรงกระบอก)
2. กำลังอัดประลัยของคอนกรีต ขณะตัดลวดเพื่อถ่ายแรงอัดไม่ต่ำกว่า 280 กก/ตร.ซม.
3. กำลังอัดประลัยของคอนกรีตทับหน้า (TOPPING) ที่อายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 210 กก/ตร.ซม.
4. ลวดอัดแรง เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.420-2534 และ มอก.95-2531
5. การคำนวณความแข็งแรงของแผ่นพื้นเป็นไปตามมาตรฐาน BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE (ACI 318-89)
6. การทดสอบการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.577-2531



TYPICAL CROSS SECTION OF GEL HOLLOW CORE SLAB

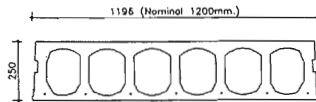
SCALE 1 : 20



TYPICAL LONGITUDINAL SECTION

SCALE T = 1 : 20

HOLLOW CORE 250 x 1200 mm



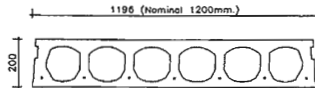
HC250 and HC250t

HC250 HOLLOW CORE 250 x 1200 mm.		Unit Weight 265 Kg/sq.m.												
Without Topping														
STRAND GRADE 270	ULT.MOMENT (Kg-m)	ALLOWABLE LOAD (Kg/sq.m.) ON SIMPLE SPAN (m.)												
		6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00
4-3/8"	7,063	551	437	347	274	215	165	124						
5-3/8"	8,736	733	593	481	391	317	256	205	161	124				
6-3/8"	10,372	912	744	612	505	417	345	284	232	189	151	118		
7-3/8"	11,971	1,088	893	740	616	515	432	361	302	251	208	170	137	108
4-1/2"	12,285	1,120	922	765	638	535	449	377	316	264	219	180	146	116
5-1/2"	15,058	1,422	1,179	987	831	704	599	511	436	372	317	270	228	192
6-1/2"	17,708	1,711	1,425	1,199	1,016	867	743	639	551	476	412	356	307	264
7-1/2"	20,239	1,986	1,660	1,402	1,193	1,022	880	762	661	575	502	438	382	333

HC250t HOLLOW CORE 250 x 1200 mm.		Unit Weight 385 Kg/sq.m.												
With Topping 50 mm.														
STRAND GRADE 270	ULT.MOMENT (Kg-m)	ALLOWABLE LOAD (Kg/sq.m.) ON SIMPLE SPAN (m.)												
		6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00
4-3/8"	8,751	636	495	393	293	219	158	107						
5-3/8"	10,846	864	690	551	439	348	272	208	154	108				
6-3/8"	12,904	1,089	881	716	583	474	383	308	244	189	142	101		
7-3/8"	14,925	1,309	1,068	877	723	597	493	406	331	268	214	167	126	
4-1/2"	15,323	1,352	1,105	909	751	622	515	425	349	284	228	180	137	100
5-1/2"	18,854	1,737	1,433	1,192	997	838	706	596	502	422	354	294	242	196
6-1/2"	22,265	2,108	1,750	1,465	1,235	1,047	891	761	650	556	475	405	343	289
7-1/2"	25,555	2,467	2,055	1,728	1,485	1,249	1,070	920	793	685	592	511	441	379

- หมายเหตุ 1. ALLOWABLE LOAD หมายถึง น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยสุทธิที่แผ่นพื้นสามารถรับได้ นอกเหนือจากน้ำหนักคงที่ (DEAD LOAD) ของแผ่นพื้น และน้ำหนักของคอนกรีต - ทับหน้า (TOPPING)
2. น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยสุทธิ (ALLOWABLE LOAD) ในตารางส่วนนี้เป็น จะใช้ได้เมื่อทำการเทคอนกรีตอุดช่อง VOID ที่หัว - ห้ายของแผ่นพื้นจากโรงงาน หรือ ที่หน่วยงานก่อสร้าง เพื่อเพิ่ม SHEAR STRENGTH แล้ว

HOLLOW CORE 200 x 1200 mm



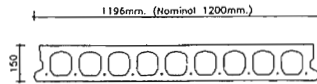
HC200 and HC200t

HC200		HOLLOW CORE 200 x 1200 mm.										Unit Weight	230 Kg/sq.m.
Without Topping													
STRAND GRADE 270	ULT.MOMENT (Kg-m)	ALLOWABLE LOAD (Kg/sq.m.) ON SIMPLE SPAN (m.)											
		5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	
4-3/8"	5,516	676	526	411	323	252	195	149	110				
5-3/8"	6,846	884	698	556	446	358	288	230	182	142	108		
6-3/8"	8,157	1,090	868	699	568	463	379	310	253	206	165	130	
7-3/8"	9,449	1,293	1,036	840	688	567	469	390	323	268	221	181	
4-1/2"	9,703	1,333	1,068	868	711	587	487	405	337	280	232	191	
5-1/2"	11,972	1,689	1,383	1,115	922	769	645	544	460	390	331	280	
6-1/2"	14,177	2,034	1,648	1,355	1,128	945	799	679	580	497	427	367	
7-1/2"	16,319	2,370	1,926	1,588	1,325	1,117	948	811	696	601	520	451	

HC200t		HOLLOW CORE 200 x 1200 mm.										Unit Weight	350 Kg/sq.m.
With Topping 50 mm.													
STRAND GRADE 270	ULT.MOMENT (Kg-m)	ALLOWABLE LOAD (Kg/sq.m.) ON SIMPLE SPAN (m.)											
		5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	
4-3/8"	7,063	820	627	481	367	277	204	145					
5-3/8"	8,736	1,082	844	663	523	411	321	247	186	135			
6-3/8"	10,372	1,339	1,058	842	674	542	435	347	275	214	162	119	
7-3/8"	11,971	1,590	1,264	1,016	823	670	546	445	362	291	232	181	
4-1/2"	12,285	1,639	1,304	1,050	852	695	568	465	379	307	246	194	
5-1/2"	15,056	2,073	1,664	1,352	1,109	917	761	634	529	441	366	302	
6-1/2"	17,708	2,489	2,007	1,641	1,355	1,129	946	797	673	569	481	406	
7-1/2"	20,239	2,887	2,336	1,916	1,590	1,332	1,123	952	810	692	591	505	

- หมายเหตุ
1. ALLOWABLE LOAD หมายถึง น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยสูงสุดที่แผ่นพื้นสามารถรับได้ นอกเหนือจากน้ำหนักคงที่ (DEAD LOAD) ของแผ่นพื้น และน้ำหนักของคอนกรีต - ทับหน้า (TOPPING)
 2. น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ALLOWABLE LOAD) ในตารางส่วนที่เป็น [] จะใช้ได้เมื่อทำการเทคอนกรีตอุดช่อง VOID ที่หัว - ห้ายของแผ่นพื้นจากโรงงาน หรือ ที่หน่วยงานก่อสร้าง เพื่อเพิ่ม SHEAR STRENGTH แล้ว

HOLLOW CORE 150 x 1200 mm



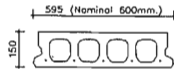
HC150 and HC150t

HC150		HOLLOW CORE 150 x 1200 mm.										Unit Weight		195 Kg/sq.m.		
		Without Topping														
PC.WIRE & STRAND	ULT.MOMENT (Kg-m)	ALLOWABLE LOAD (Kg/sq.m.) ON SIMPLE SPAN (m.)														
		3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00				
6-5 mm	2,087	749	508	351	244	167	110									
8-5 mm	2,766	1,045	725	517	375	273	198	141								
10-5 mm	3,437	1,337	940	682	505	378	285	214	158	114						
4-3/8"	3,895	1,537	1,086	794	594	450	344	264	201	151	111					
6-3/8"	5,726	2,335	1,673	1,243	948	738	582	463	371	298	239	190				

HC150t		HOLLOW CORE 150 x 1200 mm.										Unit Weight		315 Kg/sq.m.		
		With Topping 50 mm.														
PC.WIRE & STRAND	ULT.MOMENT (Kg-m)	ALLOWABLE LOAD (Kg/sq.m.) ON SIMPLE SPAN (m.)														
		3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00				
6-5 mm	2,887	998	665	448	300	193	115									
8-5 mm	3,817	1,404	962	676	480	339	235	156								
10-5 mm	4,731	1,802	1,255	900	657	483	354	256	180	119						
4-3/8"	5,443	2,112	1,483	1,074	795	594	446	333	246	176	120					
6-3/8"	7,942	3,201	2,283	1,687	1,278	986	770	606	478	376	294	227				

- หมายเหตุ
1. ALLOWABLE LOAD หมายถึง น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่แผ่นพื้นสามารถรับได้นอกเหนือจากน้ำหนักคงที่ (DEAD LOAD) ของแผ่นพื้น และน้ำหนักของคอนกรีตทับพื้น (TOPPING)
 2. น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ALLOWABLE LOAD) ในตารางส่วนนี้เป็น [] จะใช้ได้เมื่อทำการทอคอนกรีตอุดช่อง VOID ที่หัว - ห้ายของแผ่นพื้นจากโรงงาน หรือที่หน้างานก่อสร้าง เพื่อเพิ่ม SHEAR STRENGTH แล้ว

HOLLOW CORE 150 x 600 mm



HC150 and HC150t

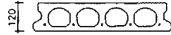
HC150		HOLLOW CORE 150 x 600 mm.		Unit Weight											
				196 Kg/sq.m.											
Without Topping															
PC.WIRE & STRAND	ULT.MOMENT (Kg-m)	ALLOWABLE LOAD (Kg/sq.m.) ON SIMPLE SPAN (m.)													
		3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00			
3-5 mm	1,044	748	507	350	243	166	109								
4-5 mm	1,383	1,044	724	516	374	272	197	140							
5-5 mm	1,718	1,336	939	681	504	377	284	213	157	113					
2-3/8'+1-5 mm	2,253	1,802	1,281	943	711	545	423	329	257	199					
2-3/8'+2-5 mm	2,555	2,065	1,474	1,091	828	640	501	395	313	247	195	151			
3-3/8'	2,863	2,334	1,672	1,242	947	737	581	462	370	297	238	189			
3-3/8'+2-5 mm	3,445	2,840	2,044	1,527	1,173	919	732	589	478	390	319	261			

HC150t		HOLLOW CORE 150 x 600 mm.		Unit Weight											
				316 Kg/sq.m.											
With Topping 50 mm.															
PC.WIRE & STRAND	ULT.MOMENT (Kg-m)	ALLOWABLE LOAD (Kg/sq.m.) ON SIMPLE SPAN (m.)													
		3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00			
3-5 mm	1,443	997	664	447	299	192	114								
4-5 mm	1,908	1,403	961	675	479	338	234	155							
5-5 mm	2,365	1,801	1,254	899	656	482	353	255	179	118					
2-3/8'+1-5 mm	3,141	2,477	1,750	1,279	956	725	554	424	323	242	177	124			
2-3/8'+2-5 mm	3,552	2,835	2,014	1,481	1,115	854	661	513	399	308	235	175			
3-3/8'	3,971	3,200	2,282	1,686	1,277	985	769	605	477	375	293	226			
3-3/8'+2-5 mm	4,753	3,882	2,783	2,069	1,580	1,231	972	775	622	500	402	322			

- หมายเหตุ
1. ALLOWABLE LOAD หมายถึง น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่แผ่นพื้นสามารถรับได้ นอกเหนือจากน้ำหนักคงที่ (DEAD LOAD) ของแผ่นพื้น และน้ำหนักของคอนกรีต - ทับหน้า (TOPPING)
 2. น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ALLOWABLE LOAD) ในตารางส่วนที่เป็น จะใช้ได้เมื่อทำการหาคอนกรีตอุดช่อง VOID ที่หัว - ห้ายของแผ่นพื้นจากโรงงาน หรือ ที่หน่วยงานก่อสร้าง เพื่อเพิ่ม SHEAR STRENGTH แล้ว

HOLLOW CORE 120 x 600 mm

592 (Nominal 600mm.)



HC120 and HC120t

HC120 HOLLOW CORE 120 x 600 mm. Unit Weight 169 Kg/sq.m.
Without Topping

PC.WIRE & STRAND	ULT.MOMENT (Kg-m)	ALLOWABLE LOAD (Kg/sq.m.) ON SIMPLE SPAN (m.)												
		3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00
3-4 mm	513	308	242	190	147	113								
4-4 mm	681	454	367	297	241	195	157	125						
5-4 mm	847	599	490	403	333	276	229	189	155	127				
3-5 mm	794	553	450	369	304	250	206	168	137	110				
4-5 mm	1,050	776	640	533	446	376	317	268	226	190	160	133	110	
5-5 mm	1,302	995	828	694	587	499	426	365	313	269	231	198	170	145
1-3/8"+4-5 mm	1,655	1,304	1,090	921	784	672	580	502	436	380	332	290	254	222
2-3/8"+1-5 mm	1,684	1,311	1,096	926	789	676	583	505	439	383	334	292	256	223
2-3/8"+2-5 mm	1,882	1,501	1,258	1,066	910	783	678	590	515	451	396	349	307	271
3-3/8"	2,104	1,694	1,423	1,208	1,034	892	774	676	592	521	460	406	360	319
3-3/8"+1-5 mm	2,313	1,877	1,579	1,342	1,151	995	865	757	665	587	519	461	410	365
3-3/8"+2-5 mm	2,518	2,056	1,731	1,473	1,268	1,095	955	836	736	651	578	514	458	410

HC120t HOLLOW CORE 120 x 600 mm. Unit Weight 289 Kg/sq.m.
With Topping 50 mm.

PC.WIRE & STRAND	ULT.MOMENT (Kg-m)	ALLOWABLE LOAD (Kg/sq.m.) ON SIMPLE SPAN (m.)												
		3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00
3-4 mm	772	534	335	256	193	141								
4-4 mm	1,023	752	522	417	333	264	206	158	118					
5-4 mm	1,270	968	705	578	471	385	314	254	204	161	124			
3-5 mm	1,193	901	648	526	428	347	280	224	177	137	102			
4-5 mm	1,575	1,233	932	771	641	534	446	372	310	256	210	171	136	105
5-5 mm	1,949	1,559	1,209	1,010	849	717	608	517	440	373	317	267	224	187
1-3/8"+4-5 mm	2,539	1,974	1,647	1,387	1,178	1,007	864	745	645	559	485	420	364	315
2-3/8"+1-5 mm	2,551	1,985	1,656	1,396	1,185	1,013	870	750	649	563	488	424	367	318
2-3/8"+2-5 mm	2,879	2,271	1,900	1,606	1,368	1,174	1,012	877	763	665	581	509	445	389
3-3/8"	3,211	2,561	2,147	1,818	1,553	1,336	1,157	1,006	878	770	676	595	524	462
3-3/8"+1-5 mm	3,523	2,832	2,378	2,019	1,727	1,489	1,292	1,127	987	867	765	676	598	530
3-3/8"+2-5 mm	3,827	3,097	2,604	2,212	1,896	1,638	1,424	1,244	1,092	953	851	754	670	596

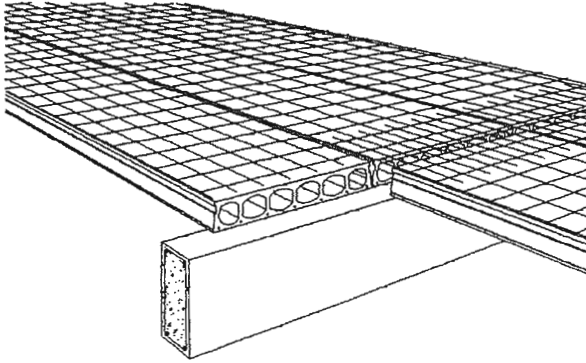
- หมายเหตุ 1. ALLOWABLE LOAD หมายถึง น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยสุทธิที่แผ่นพื้นสามารถรับได้ นอกเหนือจากน้ำหนักคงที่ (DEAD LOAD) ของแผ่นพื้น และน้ำหนักของคอนกรีต - ทับหน้า (TOPPING)
2. น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยสุทธิ (ALLOWABLE LOAD) ในตารางส่วนนี้เป็น จะใช้ได้เมื่อทำการหokonกรีตอุดช่อง VOID ที่หัว - ห้ายของแผ่นพื้นจากโรงงาน หรือ ที่หน่วยงานก่อสร้าง เพื่อเพิ่ม SHEAR STRENGTH แล้ว

ข้อแนะนำในการออกแบบและติดตั้งพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบกลวง (Hollow Core Slab)

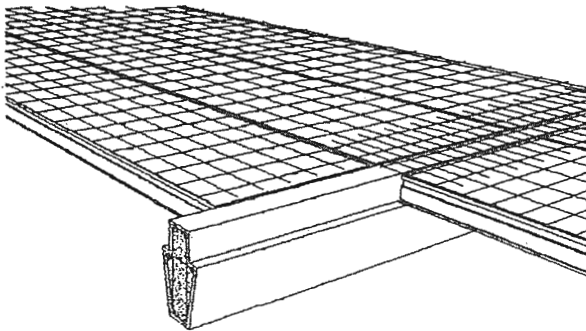
1. การเลือกขนาดและชนิดของ Hollow Core Slab สามารถเลือกจากตารางโดยใช้ค่า span และ Live Load (อาจรวม Superimposed Dead Load ด้วย) ที่ต้องการ เมื่อเลือกได้ชนิดที่ต้องการแล้ว อาจระบุขนาดและลวดอัดแรง เช่น HC200t 7-3/8"250k หรือระบุขนาด และ Live Load เช่น HC200t รับ Live Load 400 kg/m²
2. ในโครงสร้างปกติควรใช้พื้น Hollow Core ที่มีการเทคอนกรีตทับหน้า (Topping) พื้นระบบ Untopping ควรใช้เฉพาะกับพื้นที่ที่ไม่มี Point Load และไม่มีปัญหาเรื่องรอยต่อระหว่างแผ่น Hollow Core
3. ผิวบนคานหรือบ้ำสำหรับรองรับพื้น Hollow Core ควรมีความกว้างไม่น้อยกว่า 5 ซม. และควรระบุให้แต่งผิวบนคานให้เรียบได้ระดับ การวางพื้น Hollow Core อาจเป็นไปได้หลายรูปแบบ ดังรูปที่ 1 ถึง รูปที่ 3
4. กรณีที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่กลางพื้น Hollow Core อาจใช้ Steel Transfer Beam (ดังรูปที่ 4) ซึ่งประกอบขึ้นจากเหล็กฉาก เพื่อถ่ายน้ำหนักลงสู่แผ่นข้างเคียง ทั้งนี้แผ่นข้างเคียงที่จะรับ Load เพิ่มขึ้น จะต้องมีการเสริมลวดอัดแรงเพิ่มขึ้น ผู้ออกแบบอาจปรึกษา ขอคำแนะนำได้จากวิศวกรของบริษัทฯ ผู้ผลิต Hollow Core Slab
5. ต้องมีการอุดด้วยมอร์ต้า (Mortar Grout) ในร่องระหว่างแผ่น (Shear Key) (ดังรูปที่ 5) เพื่อให้พื้น Hollow Core มีพฤติกรรมที่ต่อเนื่องกัน มี Load Distribution ที่ดี
6. การเสริมเหล็กในคอนกรีตทับหน้า (Topping) ปกติจะใช้เหล็กเสริม Temperature Steel เพื่อป้องกันการแตกร้าว และที่รอยต่อหัวท้ายของแผ่นพื้น (อยู่บริเวณเหนือคาน) ควรมีการเสริมเหล็กเพิ่มขึ้นอย่างน้อยอีกเท่าตัว เพื่อลดการแตกร้าวเนื่องจาก Negative Moment (ดังรูปที่ 6) อนึ่ง ที่บริเวณหัวเสาหากมีการเสริมเหล็กตะแกรงเพิ่ม (ดังรูปที่ 7) จะทำให้โครงสร้างทั้งหมดมีความแข็งแรงและมี Ductility มากขึ้น
7. ผนัง Shear wall หรือ Lift Core ควรมีเหล็กเสริมบน (Negative Reinforcement) ยื่นเข้าไปฝังใน Topping เพื่อเพิ่มความแข็งแรง และ Ductility ให้กับโครงสร้างทั้งหมด (ดังรูปที่ 8)
8. เพื่อให้พื้นยึดติดกับคานดียิ่งขึ้น ควรเสริมเหล็กหนวดกุ้ง $\varnothing 6 @ 0.50$ m. ยื่นจากคานฝังใน Topping (ดังรูปที่ 9.1) และในกรณีที่จะให้พื้น Hollow Core รับ In-Plane Force หรือใช้เป็นตัว Bracing คานด้วย ควรจะมีเหล็กเสริม Shear Key ที่ด้านบนของคานและเทคอนกรีต Topping ให้เต็ม Void ด้วย (ดังรูปที่ 9.2)
9. กรณีที่ใช้พื้น Hollow Core รับน้ำหนักมาก ขณะที่ span ไม่มากนัก Shear Strength ของแผ่น Hollow Core อาจจะไม่พอ จะต้องทำการอุด Void ใน slab จากโรงงาน หรือเทคอนกรีต Topping ให้เข้าไปอุด Void (ดังรูปที่ 9.2) ที่หน่วยงานก่อสร้าง
10. คานตัวริม อาจจะทำคานให้กว้างพอดีกับความกว้างของแผ่น Hollow Core (ดังรูปที่ 10)
11. คานที่เดินตามยาวขนานกับแผ่น Hollow Core หรือคานตัวริม อาจกำหนดให้ผิวบนของคานนั้นอยู่เสมอกับผิวบนของ Hollow Core (ดังรูปที่ 11.1) หรืออยู่ใต้ระดับท้องพื้น Hollow Core ไม่น้อยกว่าค่า

Deflection ของพื้น หรือ 3 ซม. (ดังรูปที่ 11.2) เพื่อให้คานหนุนแผ่น Hollow Core ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดการแตกร้าวของพื้นได้ภายหลัง

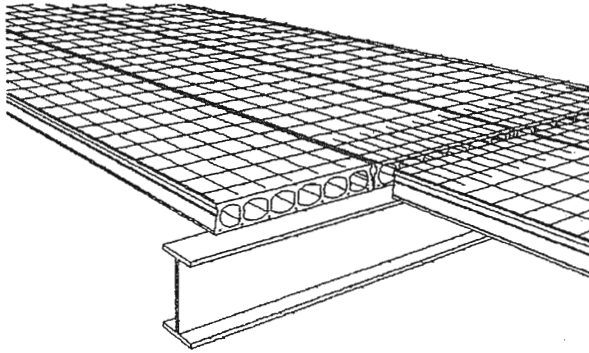
12. การบากแผ่น Hollow Core เพื่อเปิด Opening หรือหลบเสา จะต้องสั่งผลิตมาจากโรงงาน และจะต้องมีการเสริมเหล็กพิเศษใน Topping เพื่อป้องกัน Local Failure
13. กรณีหน้าเสากว้างเกิน 25 ซม. ควรทำป่าหูข้างกว้างไม่น้อยกว่า 7 ซม. ยื่นออกจากเสา (ดังรูปที่ 13) เพื่อให้แผ่น Hollow Core ใช้นั่งได้อย่างเต็มที่
14. กรณีต้องการจุดยึดเพื่อให้ห้อยฝ้าเพดานหรือท่อของงานระบบ อาจใช้ Expansion bolt หรือใช้ Bolt & Nut วัลยทะลุพื้น Hollow Core และรองรับด้วย steel plate (ดังรูปที่ 14)
15. การกระจายน้ำหนักสู่แผ่นพื้นข้างเคียง (Load Distribution in Hollow Core Slabs) กรณีที่มีน้ำหนักกระทำเป็นจุด (Point Load) หรือเป็นแนว (Linear Load) เช่น ก่อกำแพงบนพื้น Hollow Core การกระจายน้ำหนักสู่แผ่นพื้นข้างเคียงจะขึ้นอยู่กับตำแหน่ง และ span บนพื้น ดังกราฟ ในรูปที่ 15.1 และ 15.2
อนึ่ง เพื่อความสะดวก สำหรับแผ่นพื้นที่มีช่วง span ระหว่าง 4.0 ถึง 12.0 เมตร อาจใช้ค่าการกระจายน้ำหนักสู่แผ่นพื้นข้างเคียง ดังรูปที่ 15.3



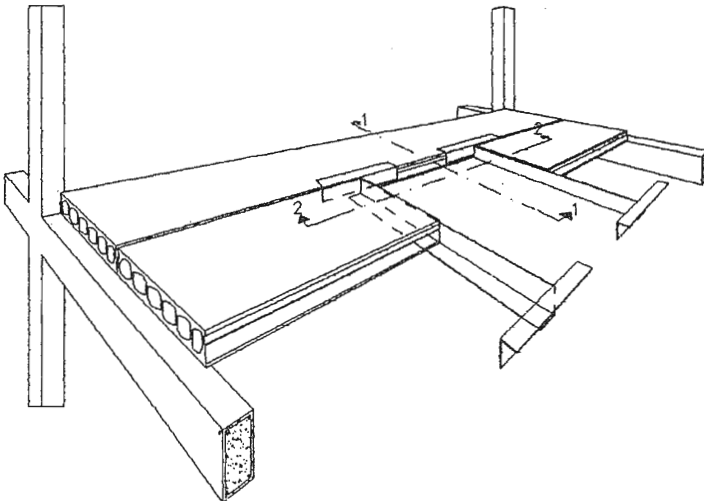
รูปที่ 1 Hollow Core Slab on RC. Beam.



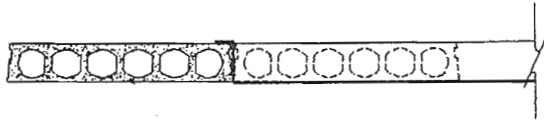
รูปที่ 2 Hollow Core Slab on RC. Beam with Side Support.



รูปที่ 3 Hollow Core Slab on Steel Beam.



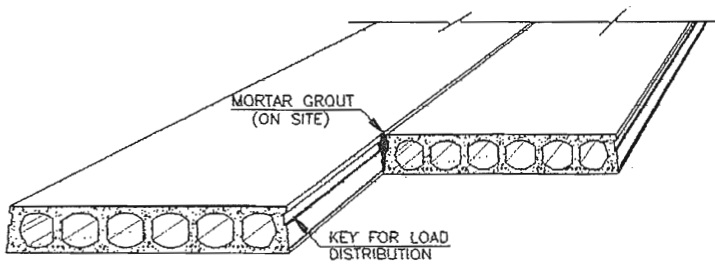
รูปที่ 4 Large Opening in Hollow Core Slab System.



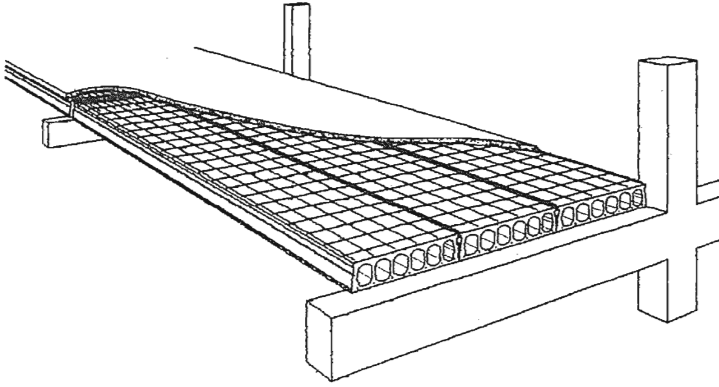
SECTION 1-1



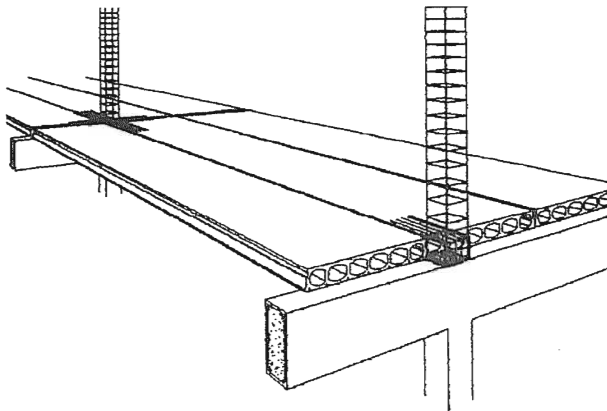
SECTION 2-2



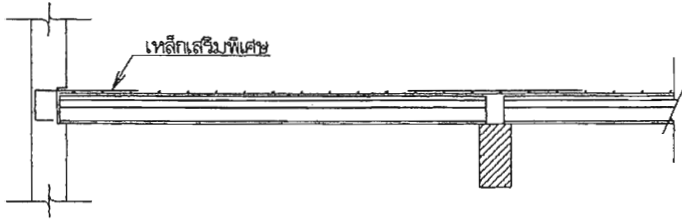
รูปที่ 5 Shear Key for Load Distribution.



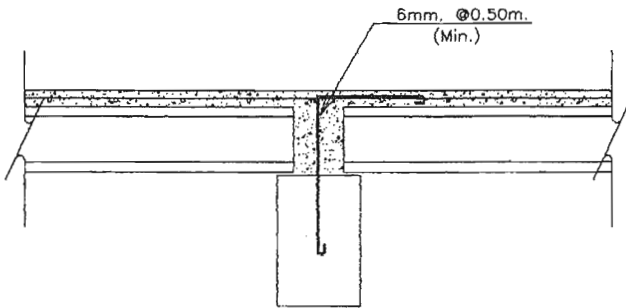
รูปที่ 6 การเสริมเหล็กในคอนกรีตเททับหน้า



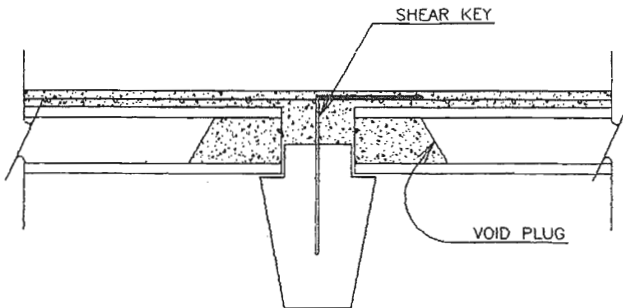
รูปที่ 7 การเสริมเหล็กตะแกรงพิเศษบริเวณหัวเสา



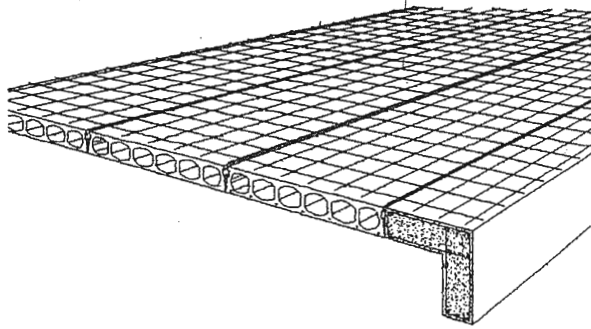
รูปที่ 8 การเสริมเหล็กพิเศษต่อเนื่องเข้าผนัง คสล.



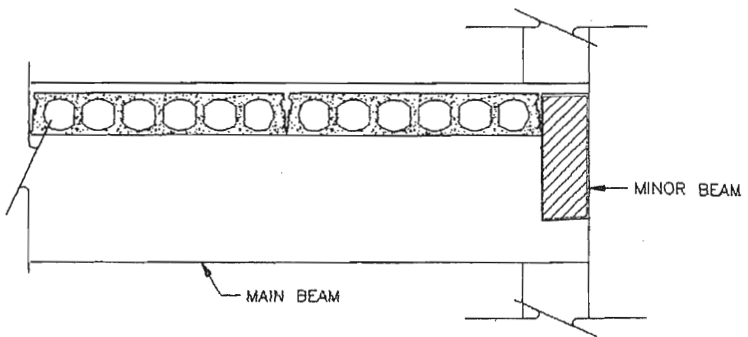
รูปที่ 9.1 การเสริมเหล็ก SHEAR KEY ที่ด้านบนของคาน



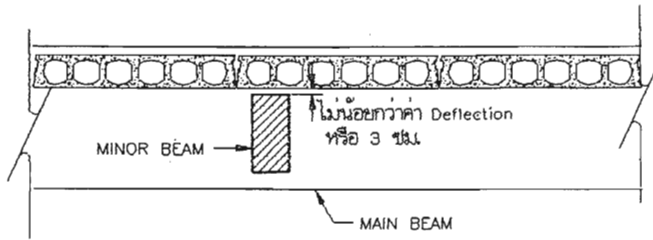
รูปที่ 9.2 การเสริมเหล็ก SHEAR KEY เพื่อรับแรงในแนวราบ



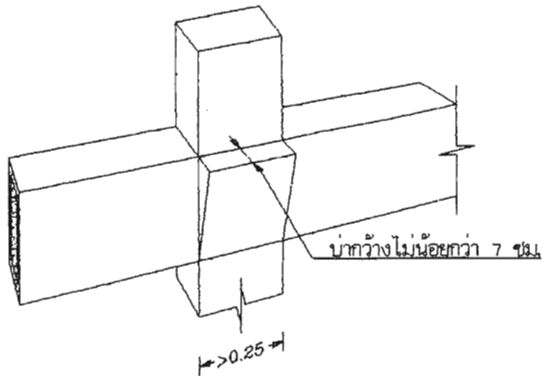
รูปที่ 10 RC. Beam with Side Flange.



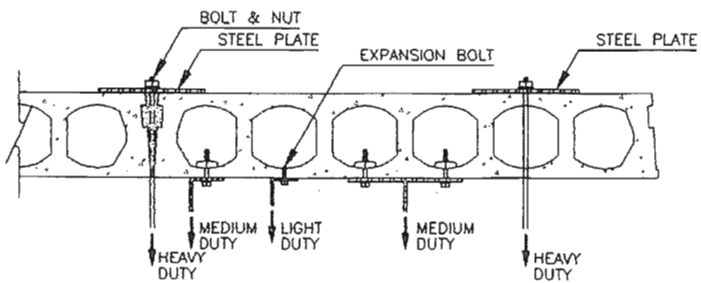
รูปที่ 11.1 แสดงคานอยู่เสมอผิวบนแผ่น Hollow Core



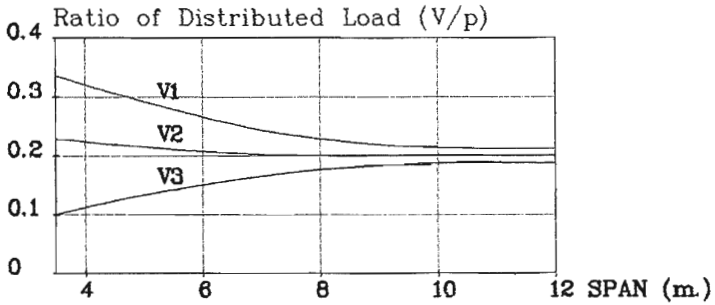
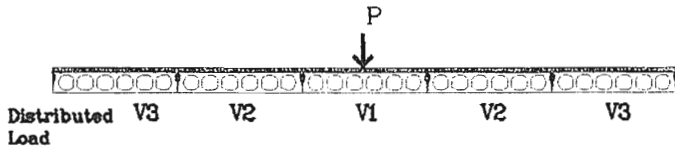
รูปที่ 11.2 แสดงคานอยู่ใต้ท้องแผ่น Hollow Core



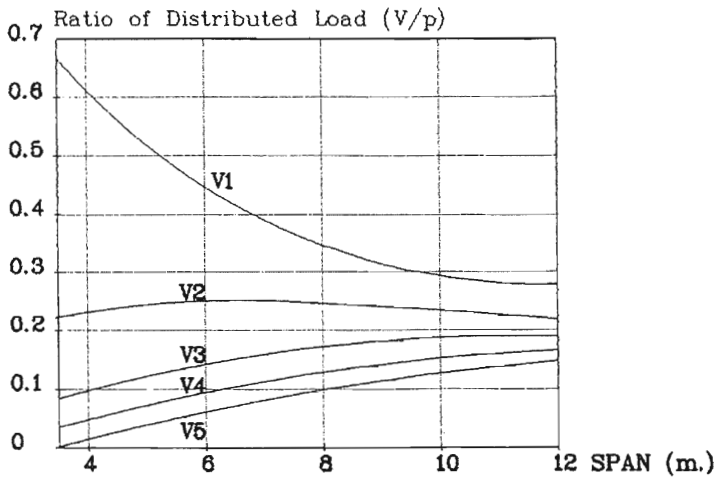
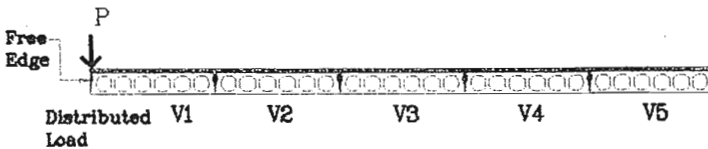
รูปที่ 13 การทำบ่าหุข้างข้างเสาเพื่อรองรับแผ่น Hollow Core Slab



รูปที่ 14 Hangers on Hollow Core Slab

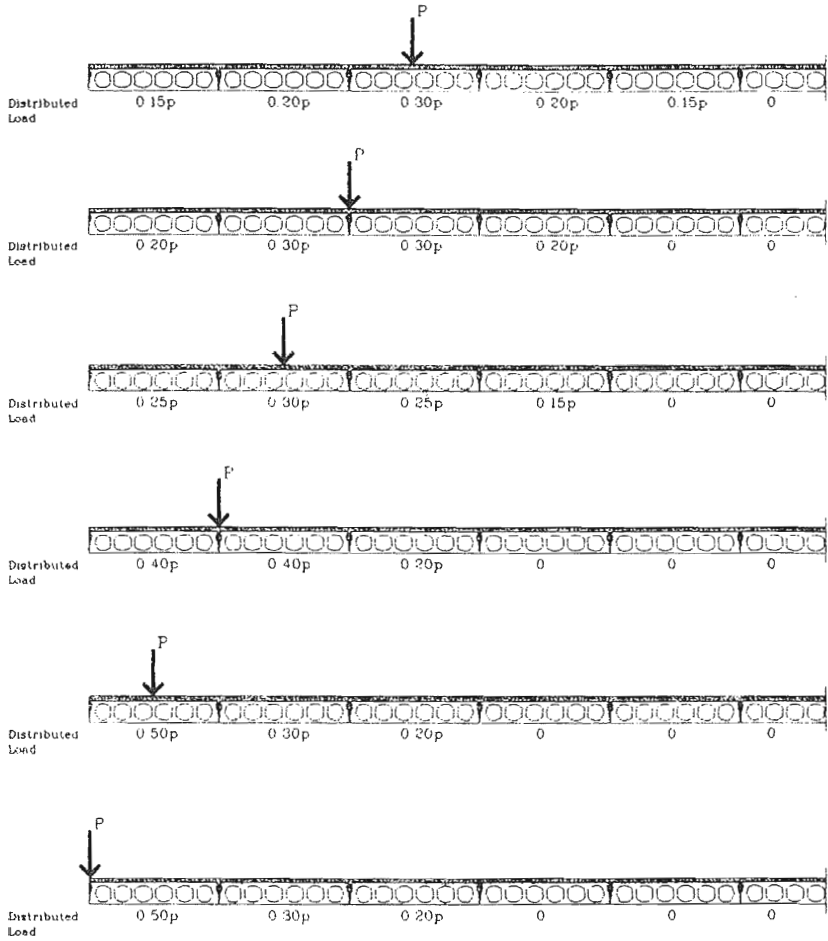


รูปที่ 15.1 LOAD DISTRIBUTION OF CENTRE LOADING ON VARIOUS SPAN LENGTH



รูปที่ 15.2 LOAD DISTRIBUTION OF EDGE LOADING ON VARIOUS SPAN LENGTH

LOAD DISTRIBUTION ON HOLLOW CORE SLAB



งานพื้นคอนกรีตอัดแรงในที่ POST-TENSIONED SLAB

ข้อกำหนดวัสดุสำหรับงานพื้นคอนกรีตอัดแรง

1. คอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้ต้องมีกำลังอัดประลัย (f_c') ของแท่งกระบอกคอนกรีต (Dia. 15 ซม. x 30 ซม.) ไม่ต่ำกว่าที่ระบุในแบบ โดยกำลังอัดต้องไม่ต่ำกว่า 0.75 (f_c') เมื่อทำการอัดแรง แต่ไม่ต่ำกว่า 240 กก./ซม² นอกจากนี้ส่วนผสมที่ใช้จักต้องอยู่ในเกณฑ์ต่อไปนี้

- ปริมาณปูนซีเมนต์ต้องไม่น้อยกว่า 350 กก./ลบ.ม. และไม่เกิน 430 กก./ลบ.ม.
- ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่ำ เพื่อลดปริมาณการหดตัว และการคืบ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต้องไม่เกิน 0.47
- ใช้มวลรวมหยาบที่แข็งแรง ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลหยาบต้องไม่เล็กกว่า 20 มม. ห้ามใช้มวลรวมหยาบที่พรุน เช่น Sand Stone
- น้ำยาผสมคอนกรีตที่จะใช้ต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดมาตรฐาน ASTM C260-73 และ ASTM C494-71 ต้องไม่มี CHLORIDES, NITRATES, SULPHATES หรือ สารอื่นที่มีผลเสียต่อเหล็กเสริมแรงดึงสูง นอกจากนี้ต้องไม่มีผลเสียต่อคุณสมบัติระยะยาวของคอนกรีตทั้งด้านกำลัง (STRENGTH), การหดตัว (SHRINKAGE) และการคืบ (CREEP)

2. เหล็กเสริมคอนกรีต

- ก. เหล็กเสริมกลม เกรด SR-24 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 9 มม. ผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรมไทย มอก.20-2527 โดยมีกำลังคลากที่จุดยึดไม่น้อยกว่า 2,400 กก./ตร.ซม.
- ข. เหล็กเสริมข้ออ้อยเกรด SD-40 โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 10 มม. ขึ้นไป ผลิตตามอุตสาหกรรมไทย มอก.24-2527 โดยมีกำลังคลากที่จุดยึดไม่น้อยกว่า 4,250 กก./ตร.ซม.
- ค. เหล็กเสริมแรงดึงสูงต้องเป็นชนิด Seven wire-Stress relieved Strand เกรด 270 Ksi Low Relaxation มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM A 416-74 หรือเทียบเท่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 มม. (1/2 นิ้ว)

3. วัสดุ และอุปกรณ์อื่น ๆ

3.1 ระบบ UNBONDED

3.1.1 สารอาบเหล็กเสริมกันการกัดกร่อน

สารที่ใช้เคลือบกันการกัดกร่อนของเหล็กเสริมแรงดึงสูง ต้องเป็นจารบีชนิด LITHIUM BASE ที่มีความคงทนในระยะยาวในช่วงอุณหภูมิใช้งาน

3.1.2 วัสดุหุ้มกันการยึดเหนี่ยว

ต้องเป็นชนิด High Density Polyethylene โดยการ Extrude ตลอดความยาวเหล็กเสริมดึงสูง

และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกไม่เกิน 16 มม. และความหนาต้องไม่น้อยกว่า 1 มม. และต้องมีความเหนียวไม่ฉีกขาดเมื่อตัดโค้ง 90° ในรัศมี 1.00 ม.

3.1.3 สมอยึด (ANCHORAGE) ต้องสามารถถ่ายแรงได้ไม่น้อยกว่า 95% ของแรงดึงประลัย ระบุของ เหล็กเสริมแรงดึงสูง และต้องสามารถยึดเหล็กไว้ด้วยแรงดังกกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้าง

3.2 ระบบ BONDED

3.2.1 สมอยึด (ANCHORAGE) ที่ใช้ต้องเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ และมีคุณภาพดี สมอยึดจะต้องสามารถถ่ายแรงได้ไม่ต่ำกว่า 90% ของแรงดึงประลัยของเหล็กเสริมแรงดึงสูงภายใต้สภาพใ้การยึดเหนี่ยว (UNBONDED) โดยไม่เกิดการ Set มากและต้องมี Fatigue Life ไม่น้อยกว่าที่ระบุ โดยข้อแนะนำของ PCI หรือ BS Code

3.2.2 ท่อหุ้มโลหะ (CORRUGATED METAL SHEATHING) เป็นชนิดที่มีความผิดต่ำ ค่า CURVATURE FRICTION COEFFICIENT ไม่เกิน 0.25 และค่า WOBBLE FRICTION COEFFICIENT ไม่เกิน 0.003/เมตร ท่อหุ้มต้องมีความแข็งแรงพอที่จะทรงรูป ในระหว่างการวางท่อการเทคอนกรีต และการ COMPACTION ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Sheathing จะต้องใหญ่กว่าเหล็กเสริมแรงดึงสูงซึ่งอยู่ในไม่น้อยกว่า 6 มม. และมีพื้นที่หน้าตัดภายในไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมแรงดึงสูง Sheathing จะต้องมีรูสำหรับการอัดน้ำปูน และรูระบาย อากาศที่แต่ละปลาย และที่จุดสูงสุดของ Profile ของ Tendon

3.2.3 น้ำปูน (GROUTING)

1. ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ต้องให้ได้ตามข้อกำหนด ASTM C 150 ชนิด I, II หรือ III ต้องเป็น ซีเมนต์ใหม่ไม่เปียกก่อนหรือมีอาการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันมาแล้ว
2. น้ำ ต้องเป็นน้ำสะอาด ปราศจากสารในจำนวนที่อาจเป็นอันตรายต่อซีเมนต์ หรือเหล็กเสริมอัดแรง
3. ADMIXTURE จะต้องไม่มีส่วนผสมของ CHLORIDES, NITRATES หรือ SULPHATES และ จะต้องไม่ทำอันตรายต่อเหล็กเสริมแรงดึงสูง หรือ อุปกรณ์การอัดแรง และ GROUT

ข้อกำหนดการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงในที่

1. ไม้แบบและค้ำยัน

ไม้แบบและค้ำยัน ต้องแข็งแรงเพียงพอต่อการรับน้ำหนักที่เกิดจากขบวนการก่อสร้างทั้งหมด โดยไม่ก่อให้เกิดการแอ่นตัวในโครงสร้าง การถอดค้ำยันออกจะกระทำได้ต่อเมื่อการอัดแรงคอนกรีตใน แผ่นพื้นได้กระทำไปเรียบร้อยแล้ว และไม่ว่าในกรณีใดๆ ก็ตามจะมีน้ำหนักบรรทุกบนแผ่นพื้นมากกว่า น้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบไว้ไม่ได้

2. การวางเหล็กเสริมธรรมดา

การวางเหล็กเสริมธรรมดา จะต้องมีความหนาและระยะถูกต้องตามแบบ และมีการยึดอย่างดี เพื่อป้องกันการเคลื่อนขณะเทคอนกรีต

เหล็กกลาง จะต้องมียึดที่แข็งแรงรองรับเป็นระยะ ๆ เพียงพอต่อการป้องกันการแอ่นตัว เหล็กบน จะต้องตั้งอยู่บน BAR CHAIR เพื่อให้ได้ระดับตามแบบ และห้ามมิให้ใช้เหล็กเสริมแรงตั้งสูงเป็นที่รองรับเหล็กบน

3. การวาง TENDON และการติดตั้งสมอยึด (ANCHORAGE)

ให้ยึด TENDON อย่างมั่นคงด้วย BAR CHAIR ซึ่งวางระยะห่างไม่เกินประมาณ 1 เมตร ในการขยายหรือลู่เปลี่ยนตำแหน่งของ TENDON ในระนาบให้กระทำโดยให้มุมที่เปลี่ยนไปเกิดขึ้นน้อย ๆ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิด FRICTION LOSS เพิ่มขึ้นมากอันจะเป็นผลเสียหายต่อโครงสร้างได้ การวาง TENDON ต้องระมัดระวังมิให้ท่อหุ้มชำรุดเสียหาย หากท่อหุ้มชำรุดเล็กน้อยให้ทำการซ่อมแซม โดยวิธีการที่เหมาะสมให้ได้สภาพที่ใช้งานได้เหมือนเดิม แต่หากท่อหุ้มเสียหายมาก ซึ่งอาจทำให้มีผลเสียต่อกำลังหรือคุณภาพของโครงสร้างในภายหลัง ก็ให้ทำการเปลี่ยนใหม่ สมอยึดต้องติดตั้งให้มั่นคง โดยที่ระนาบของบันสมอยึดทำมุมฉากกับแนวแรงที่จะดึงการวาง TENDON ต้องมีความละเอียดถูกต้องโดย คลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ไม่เกินค่าต่อไปนี้

แนวราบ : ± 20 มม.

แนวตั้ง : ± 4 มม.

ในระบบ BONDED TENDON GROUT VENT จะต้องถูกยึดไว้อย่างมั่นคงเป็นระยะที่พอสมควรโดยไม่เคลื่อนที่เมื่อเท และเขย่าคอนกรีตให้แน่น

4. คอนกรีตหุ้มป้องกันไฟ และป้องกันการผุกร่อน

ให้มีคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมแรงตั้งสูงไม่น้อยกว่า 2.5 ซม. สำหรับให้สมอยึดให้มีคอนกรีตหุ้มไม่น้อยกว่า 5 ซม.

5. รอยต่อการก่อสร้าง (CONSTRUCTION JOINT)

รอยต่อการก่อสร้างสามารถกระทำได้ โดยจะอยู่ห่างจากแนวเสาประมาณ L5-L3 โดยต้องให้ผู้ออกแบบ หรือผู้ควบคุมงานพิจารณาอนุมัติ

6. การป้องกันอันตรายจากการเชื่อม

ในกรณีที่จะต้องทำการเชื่อมในที่ ให้ใช้มาตรการที่เหมาะสมป้องกันไม่ให้ลูกไฟกระเด็นไปถูก TENDON หรือสมอยึดได้เป็นอันขาด

7. งานคอนกรีต

งานต่าง ๆ เกี่ยวกับคอนกรีต เช่นการผสม การลำเลียงคอนกรีต การเทคอนกรีต การเขย่าคอนกรีต ตลอดจนการบ่มให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ออกแบบ หรือผู้ควบคุมงาน คอนกรีตบริเวณสมอยึดต้องมีคุณภาพเป็นพิเศษ จึงควรให้ความเอาใจใส่ให้มากในการเทคอนกรีต และการเขย่าให้แน่นในบริเวณ

8. การอัดแรง

8.1 การ CALIBRATE เครื่องดึง

เครื่องดึงพร้อมอุปกรณ์ต้องได้รับการ CALIBRATE จากสถาบันที่เชื่อถือได้

8.2 ต้องเสนอแผนงานการอัดแรง (เช่นลำดับการดึงเหล็ก การดึงจากปลายเดียวหรือสองปลาย เป็นต้น) รวมทั้งระยะยึดของ TENDON แต่ละชุดที่ต่างกัน เพื่อให้วิศวกรผู้ออกแบบตรวจสอบและอนุมัติ

- 8.3 ให้คำนึงถึงผลของการเหนี่ยวรั้งขององค์อาคาร เช่นเสา ผังนึ่ง ที่มีต่อการหดตัวของชิ้นส่วนในวิธีการก่อสร้าง หากผลดังกล่าวอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อองค์อาคารส่วนใดส่วนหนึ่งในระยะยาวได้ ต้องใช้มาตรการที่เหมาะสมป้องกันเสียก่อนในระหว่างการก่อสร้าง ในกรณีที่มีส่วนคอนกรีตอัดแรงต่อกับพื้น หรือคานที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา ให้คำนึงถึงผลของ Differential Creep ในขั้นตอนการก่อสร้างด้วย
- 8.4 ให้ทำเครื่องหมายเพื่อตรวจสอบระยะยึดของ TENDON ได้ละเอียดถูกต้อง
- 8.5 ก่อนทำการตั้งเหล็กให้ทำความสะอาดรอยยึดโดยเฉพาะบริเวณที่จับลิ้ม และให้ใส่ลิ้มยึด TENDON ให้กระชับโดยใช้ท่อกลวง (หรืออุปกรณ์อื่นที่เหมาะสม) ต่อก่อตั้ง ฟังระมัดระวังให้ลิ้มฝังเข้าไปในรอยยึดเท่า ๆ กัน
- 8.6 ต้องใช้มาตรการเพื่อป้องกันอันตรายอันอาจเกิดจากการตั้งลวดเหล็กได้
- 8.7 การตั้งเหล็ก ให้ตั้งจากทั้งสองปลายด้วย JACKING STRESS เส้นละ 75% ของกำลังดึงประลัย (นอกจากระบุเป็นอย่างอื่นในแบบ) โดยที่ผิดพลาดได้ไม่เกิน $\pm 5\%$
- 8.8 ต้องแสดงรายการคำนวณระยะยึดของเหล็ก โดยคำนึงถึงการเลื่อนไถลที่รอยยึดของระบบ JACK ที่ใช้ ความผิดพลาดของ TENDON กับท่อ หรืออื่น ๆ และตรวจสอบค่าที่ได้ในงานจริง แล้วใช้เป็นค่าตรวจสอบในสนามระยะยึดที่วัดได้ยอมให้ผิดพลาดจากคำนวณได้ไม่เกิน $\pm 5\%$
- 8.9 ให้บันทึกรายละเอียดการตั้งเหล็กเสริมแรงดึงสูง รวมทั้งความผิดพลาดที่เกิดขึ้น (ถ้ามี) และให้เสนอวิศวกรผู้ออกแบบภายใน 3 วัน หลังจากการอัดแรง
- 8.10 ภายหลังจากเสร็จสิ้นการอัดแรงแล้ว ลิ้มแต่ละตัวที่ยึด TENDON ต้องมีผิวหน้าห่างจากระนาบของบันสมอยึดเท่า ๆ กัน
9. ในระบบ BONDED ภายหลังจากการตั้งเหล็กเสริมแรงดึงสูงเสร็จแล้ว ให้ GROUT ด้วยน้ำปูน
 - 9.1 ก่อนการอัดน้ำปูน จะต้องทำความสะอาดภายในท่อหุ้ม และตรวจสอบการรั่วซึม โดยใช้น้ำอัดเข้าไปในท่อหุ้ม หลังจากนั้นจึงใช้ลมเป่าไล่น้ำออก
 - 9.2 ต้องทำการอัดน้ำปูนซึ่งมีส่วนผสมของน้ำต่อซิเมนต์ไม่เกิน 0.50 โดยน้ำหนัก โดยการ ฉีดส่วนผสมอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ และอัดเต็มภายในท่อหุ้ม โดยมีความดันไม่ต่ำกว่า 50 ปอนด์/ตารางนิ้ว
 - 9.3 ให้อุดท่อฉีดโดยคงความดันจนกระทั่งน้ำปูนอัดแข็งตัว
 - 9.4 ให้บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับการอัดน้ำปูน (เช่น ส่วนผสม ADMIXTURE ความดันเป็นต้น) และเสนอวิศวกรผู้ออกแบบ
10. การตัดปลายเหล็กเสริมอัดแรงและการอุดปูนหุ้มสมอยึด
ภายหลังจากการอัดแรงได้รับการอนุมัติจากผู้ควบคุมงานแล้ว ให้ตัดปลายเหล็กเสริมแรงดึงสูงด้วยไฟเบอร์ โดยให้มีปลายเหล็กเสริมแรงดึงสูง โผล่ออกมาราว 1 เซนติเมตร ห้ามใช้ก๊าซตัดเป็นอันตราย ให้ทำการอุดปูนทรายหุ้มสมอยึดโดยเร็วที่สุดที่จะทำได้ ในกรณีที่ยังทำไม่ได้ด้วยเหตุผลใดๆ ก็ตาม ให้ทำการทาสมอยึดด้วยฟลันท์โคท หรือวัสดุอื่นที่เหมาะสมปูนทราย (หรือวัสดุอื่น) ที่ใช้หุ้มปลายสมอยึดต้องไม่เกินรอยรั่ว และสามารถกันความชื้นได้อย่างสมบูรณ์ ตลอดอายุการใช้งาน

ข้อดีในการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงในที่

1. สร้างพื้นที่ที่มีช่วงห่างเสา (SPAN) ได้มากกว่า พื้นคอนกรีตอัดแรงเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับอาคารที่มีช่วงห่างเสามาก (ประมาณ 6.50 ถึง 15.00 เมตร) ทำให้จำนวนเสาในอาคารลดลงและมีเนื้อที่ใช้สอยกว้างกว่า

2. ลดความสูงของอาคารได้ ชั้นละประมาณ 0.30-0.50 เมตร ทำให้สามารถลดปริมาณงานกำแพงทั้งกำแพงห้องและรอบอาคาร นอกจากนั้นสามารถลดขนาดเสา และ SHEAR WALL ลงได้เนื่องจากรับแรงลมน้อยกว่า

3. การก่อสร้างรวดเร็วกว่า แต่ละชั้นสามารถสร้างเสร็จภายในเวลา 7-10 วัน เนื่องจากความง่ายในการตั้งไม้แบบทอเรียบ , จำนวนเสาน้อยกว่า เหล็กเสริมราคาถูกเป็นเหล็กท่อนตรงทั้งหมด ไม่มีเหล็กปลอกและการวางลวด ดำเนินการโดยบริษัทผู้ชำนาญการโดยเฉพาะทำให้ใช้เวลาน้อย

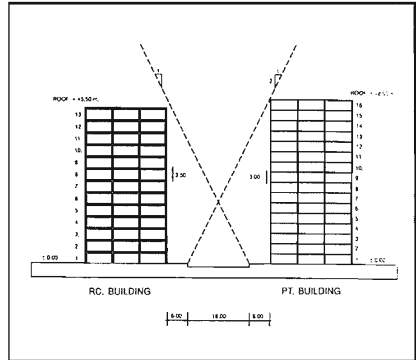
4. ประหยัดค่าก่อสร้างกว่า เพราะงานทุกอย่างเป็นไปอย่างง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนและใช้วัสดุ กำลังสูง เช่น คอนกรีต ลวดอัดแรงกำลังสูงซึ่งราคาแพงกว่าเพียงเล็กน้อย แต่กำลังสูงกว่ามาก

5. ประหยัดพื้นที่ในการเก็บวัสดุ เช่น เหล็กเสริม ไม้แบบวัสดุเหล่านี้อาจจะส่งเข้าหน่วยงาน และยกขึ้นบนชั้นที่จะทำงานได้เลย ไม่จำเป็นต้องสต็อกของ หรือเตรียมงานมากมาย จึงเหมาะกับการก่อสร้างในพื้นที่จำกัด

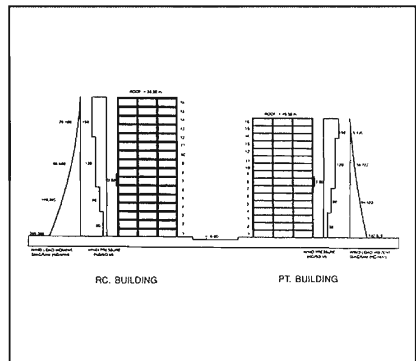
6. จัดพื้นที่ใช้สอยภายในได้ง่ายกว่า เพราะสามารถก่ออิฐได้บนพื้นโดยตรงทำให้สะดวกในการเปลี่ยนแปลงแก้ไขตำแหน่งการกันห้องทั้งขณะก่อสร้างและภายหลัง

7. จัดพื้นที่จอดรถได้มากกว่า เพราะความสูงต่อชั้นน้อย ทำให้ทางขึ้น-ลง ของที่จอดรถสั้นลง

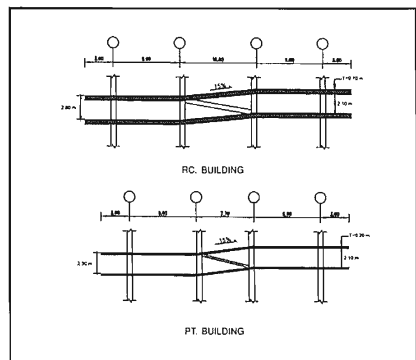
8. ไม่จำเป็นต้องมีฝ้าเพดาน โดยที่มีความสวยงาม (ผิวเรียบ) เหมือนมีฝ้าเพดาน



ประโยชน์ : สามารถสร้างอาคารจำนวนชั้นมากกว่า ที่ความสูงเท่ากันเมื่อใช้ระบบ POST-TENSION SLAB



ประโยชน์ : สามารถลดขนาดโครงสร้าง เนื่องจากแรงลมน้อยกว่า



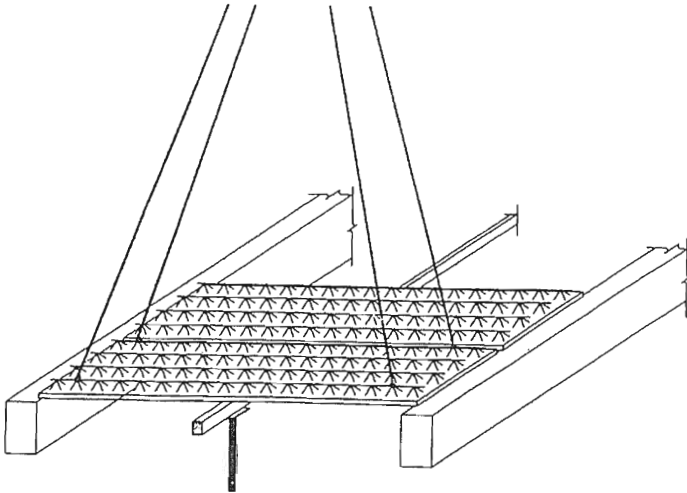
ประโยชน์ : สามารถสร้างอาคารจอดรถโดยใช้พื้นที่น้อยกว่า เนื่องจาก Ramp สั้นลง

α TRUSS SLAB

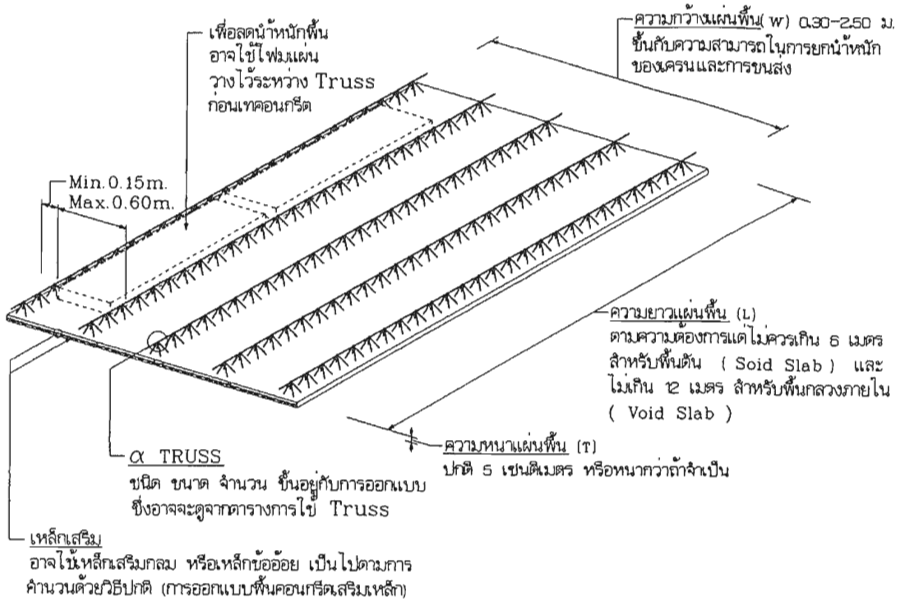
การใช้งาน

อัลฟาทรัส (α TRUSS) ใช้ประยุกต์กับการก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ (RC.SLAB) โดยนำมาใช้จัดปัญหาความยุ่งยาก เสียเวลา และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการตั้งไม้แบบ เพื่อเทคอนกรีตพื้นด้วยวิธีพื้นคอนกรีตกึ่งสำเร็จรูป (HALF PRECASTED SLAB)

อัลฟาทรัส (α TRUSS) จะถูกใช้เสริมกำลัง (Reinforced) เพื่อให้สามารถเทคอนกรีตเป็นแผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปหนาเพียง 5 เซนติเมตร ที่บริเวณใกล้เคียงกับหน่วยงานก่อสร้าง หรือจากโรงงาน แล้วสามารถยกแผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปหนา 5 เซนติเมตรนี้ ขึ้นไปวางบนนั่งร้านหรือคาน (ซึ่งหล่อไว้บางส่วน) แล้วเทคอนกรีตส่วนที่เหลือพร้อมกับคานโดยไม่ต้องตั้งไม้แบบพื้น แผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูปนี้ นอกจากจะทำหน้าที่แทนไม้แบบพื้นแล้วยังเป็นส่วนหนึ่งของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กอีกด้วย โดยมีพฤติกรรมเหมือนกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่อัลฟาทรัส (α TRUSS) นอกจากจะทำหน้าที่รับน้ำหนักทั้งหมดขณะเทคอนกรีต (โดยมีความต้านทานต่อโมเมนต์ที่เกิดขึ้น) แล้ว เหล็กทะแยงของอัลฟาทรัสยังทำหน้าที่เป็น Shear Key เพื่อประสานแรงให้คอนกรีตที่เททับหน้าเป็นเนื้อเดียวกับคอนกรีตในแผ่นพื้นกึ่งสำเร็จรูป



รายละเอียด α TRUSS SLAB



หมายเหตุ

เนื่องจากความแข็งแรงของ α TRUSS SLAB (ก่อนการเทคอนกรีตทับหน้า) จะขึ้นกับขนาด และจำนวนของ α TRUSS เท่านั้น อย่างไรก็ตามควรใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยไม่น้อยกว่าค่าที่ใช้ออกแบบ (พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา) หรือตามข้อกำหนดในแบบ แต่ต้องไม่น้อยกว่าค่าดังนี้

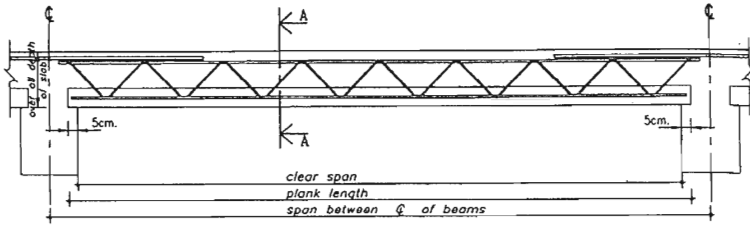
1. กำลังอัดประลัยของคอนกรีตแผ่นพื้น (Precasted slab)

ไม่ควรต่ำกว่า 180 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เมื่อจะเทคอนกรีตทับหน้า (Topping)

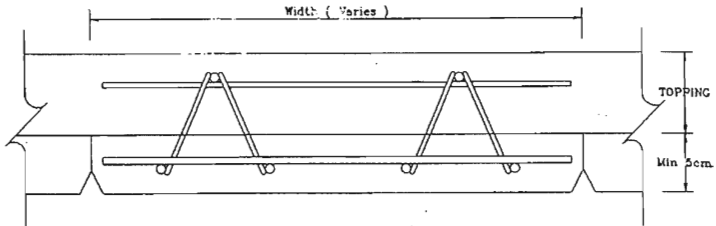
ไม่ควรต่ำกว่า 150 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เมื่อทำการยกขึ้นจากแบบครั้งแรก

2. กำลังอัดประลัยของคอนกรีตทับหน้า (Topping)

ไม่ควรต่ำกว่า 180 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เมื่อถอดค้ำยัน (ถ้ามี)



LONGITUDINAL SECTION



SECTION (A-A)

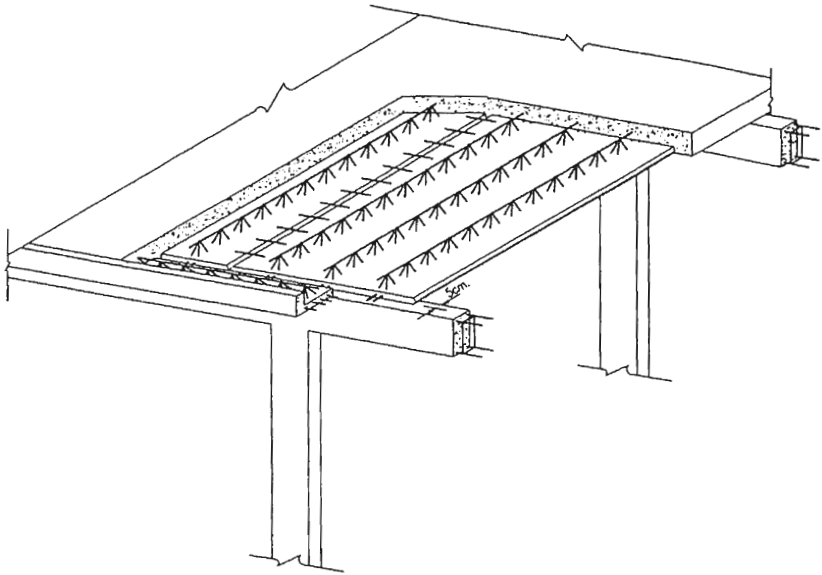
วิธีการออกแบบ

1. สถานะขณะยกแผ่น (Erection) และขณะเทคอนกรีต

α TRUSS จะถูกออกแบบให้รับโมเมนต์ที่เกิดจากทั้งน้ำหนักคอนกรีตของแผ่นพื้น (Self Weight) ขณะยกแผ่นเพื่อติดตั้ง และจากน้ำหนักคอนกรีตทั้งหมดขณะเทคอนกรีตทับหน้า อนึ่งหากต้องการประหยัดเหล็กของ α TRUSS เราอาจใช้ค้ำยันที่จุดกึ่งกลางแผ่นพื้น เพื่อลดโมเมนต์ที่จะเกิดขึ้น

2. สถานะเมื่อใช้งาน

เหล็กเสริมธรรมดา และลวดเส้นล่างของ α TRUSS จะถูกออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกทั้งหมด โดยมีพฤติกรรมเช่นเดียวกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ไม่ว่าจะเป็น one-way slab หรือ two-way slab อีกทั้งอาจออกแบบให้เป็น Simple Slab หรือ Continuous Slab (โดยอาศัยลวดเส้นบนช่วยรับแรง) ก็ได้



30-40cm.



α TRUSS SLAB WITH RC. BEAM

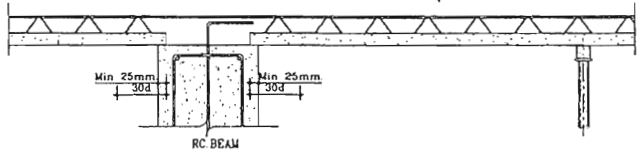
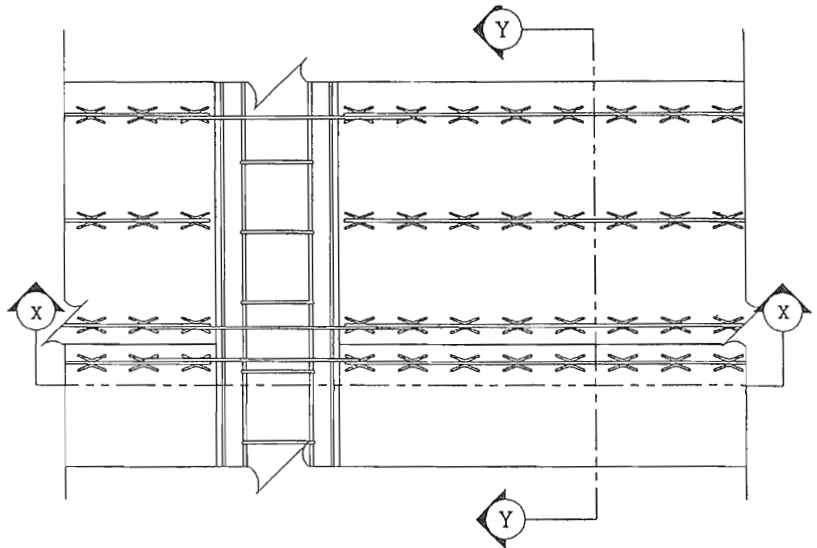
120cm. 120cm.



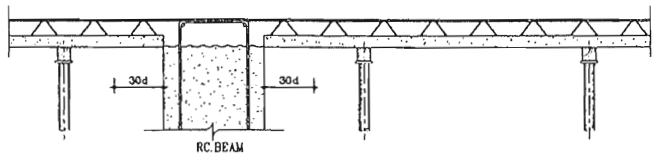
240cm.



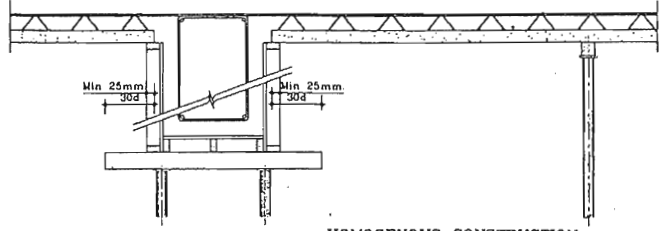
STANDARD WIDTH OF α TRUSS SLAB
 (Max. 2.40m. Min. 0.30m.)



α TRUSS SLAB ON RC. BEAM



MONOLITHIC CONSTRUCTION
(α Truss Slab with Half Casted RC. Beam)



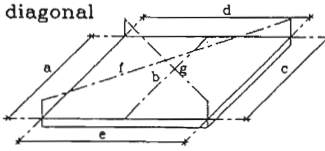
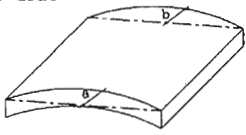
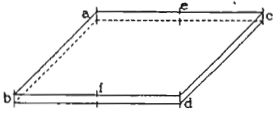
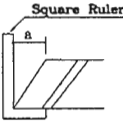
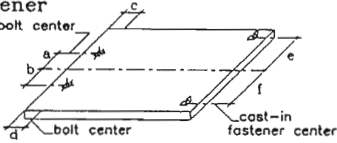
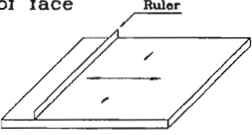
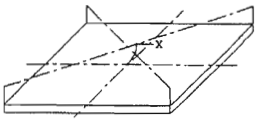
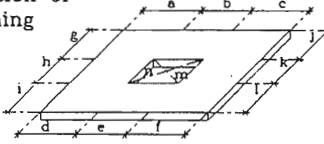
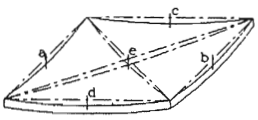
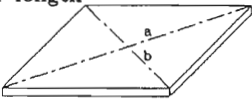
HOMOGENOUS CONSTRUCTION
(Cast RC. Beam with α Truss Slab)

PRECASTED WALL

GENERAL DIMENSION TOLERANCES OF PRECASTED ELEMENT (PCI.)

A) Overall height and width measured at the face adjacent to the mould at time of casting or neutral axis of ribbed members:	
3.00m or under	± 3 mm
3.00 m to 6.00 m	- 5 mm + 3 mm
6.00 m to 9.00 m	- 6 mm + 3 mm
Each additional 3.00 m	± 2 mm per 3.00 mm or ± 6 mm which ever is greater
b) Thickness: Total or flange thickness shall be within	- 3 mm + 6 mm
c) Rib thickness	± 3 mm
d) Rib to edge of flange	± 3 mm
e) Distance between ribs	± 3 mm
f) Angular deviation of plane of side mold	1 mm per 0.10 m of depth , or 2 mm total, whichever is greater
g) Deviation from square or designated skew (difference in length of the two diagonal measurements)	3 mm per 1.80 m. or 6 mm total, which ever is greater
h) Length and width of blockouts and openings within one unit	± 6 mm
i) Dimensions of haunches	± 6 mm
j) Haunch bearing surface deviation from specified plane	3 mm
k) Difference in relative position of adjacent haunch bearing surfaces from specified relative position	6 mm
l) Tolerances on any dimension not specified above	The numerically greater of ± 2 mm per 3.00 m or ± 3 mm

METHOD OF TOLERANCE MEASUREMENT FOR PRECASTED WALL PANEL

<p>Length width and diagonal</p> 	<p>Curve of side</p> 
<p>Thickness</p> 	<p>Squareness of the end.</p> <p>Square Ruler</p> 
<p>Position of cast-in fastener</p> 	<p>Bumps of face</p> <p>Ruler</p> 
<p>Twist</p> 	<p>Position of opening</p> 
<p>Bow</p> 	<p>Difference between diagonal length</p> 

PRECASTED WALL PANEL

ERECTION ALIGNMENT

1. Precast concrete wall panel

- a) Panel alignment (in plane and out of plane) ± 3 to ± 5 mm
- b) Vertical joint width (in plane of panel) ± 5 to ± 8 mm
- c) Horizontal joint width (panel level) ± 5 to ± 8 mm

2. Fastener, anchors and inserts embedded in the concrete building structure

- a) Horizontal level ± 10 to ± 20 mm
- b) Position (parallel to plane and out of plane of panel) ± 10 to ± 20 mm

TOLERANCE FOR CAST-IN-PLACE CONCRETE

Shall be as specified in the structural specification. In case of no structural specification were applied, the following guide line may be followed(EIT.Guide Specification)

- a) Horizontal alignment ± 20 mm in 10 m
- b) Elevation ± 15 mm in 10 m
- c) Deviation of edge of building ± 10 mm
- d) Section of Column, Beam, Slab or Wall
+ 10 mm
- 5 mm

PRECASTED WALL PANEL

POSITION TOLERANCE FOR CAST-IN-ITEMS (PCI.)

Measurement from datum line locations as shown on the approved erection drawings:

Welded plates	± 25 mm
Inserts	± 13 mm
Handling devices	± 76 mm
Reinforcing steel and welded wire fabric	± 6 mm where position has structural implications or affects concrete cover, otherwise ± 13 mm
Tendons	± 3 mm
Flashing reglets	± 6 mm
Flashing reglets, at edge of panel	± 3 mm
Reglets for glazing gaskets	± 2 mm
Groove width for glazing gaskets	± 2 mm
Electrical outlets, hose bibs, etc.	± 13 mm
Openings and blockouts	± 6 mm
Some types of window and equipment frames require opening more accurately placed, and when this is the case, the minimum practical tolerance is	± 3 mm
Haunches	± 6 mm

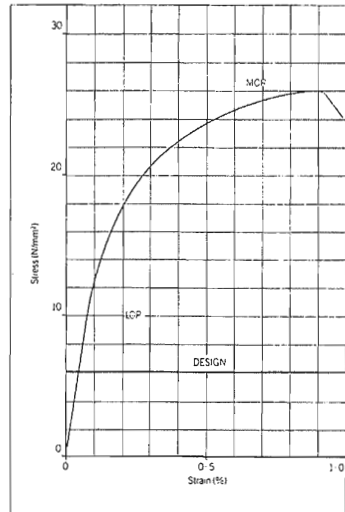
GRC technical data

Glass Reinforced Cement (GRC) is a composite material consisting of a hydraulic cement and fine aggregate mortar reinforced with alkali resistant glass fibres. The GRC may contain additional filler materials and admixtures. Fibre content is typically 5% or 3 ½ % by weight depending on product application and production method employed.

GRC is a composite material which combines the high compressive strength properties of cement mortars with significantly increased impact, flexural and tensile strength imparted by the fibre reinforcement.

Typical Initial Mean Property Values GRC

		Spray dewatered ⁽¹⁾	Hand Spray ⁽²⁾	Vibration Cast Premix ⁽³⁾
Dry bulk density	(t/m ³)	2.0-2.05	1.9-2.1	1.9-2.0
Compressive strength	N/mm ²	60-100	50-80	40-60
Modulus	kN/mm ²	13-25	10-20	13-18
Impact strength	Nmm/mm ²	11-25	10-25	8-14
Poisson's Ratio		0.24	0.24	0.24
Bending:				
LOP	N/mm ²	9-13	7-11	5-8
MOR	N/mm ²	28-42	21-31	10-14
Direct Tension:				
BOP	N/mm ²	7-9	5-7	4-6
UTS	N/mm ²	10-17	8-11	4-7
Strain to failure%		0.7-1.3	0.6-1.2	0.1-0.2
Shear:				
In-plane	N/mm ²	10-17	8-11	4-7
Interlaminar	N/mm ²	3-5	3-5	N.A.



Notes:

1. Sand : cement ratios of 0:1 to 0.5:1 and water : cement ratio 0.28
2. Sand : cement ratios of 0.33:1 to 1:1 and water : cement ratio 0.33
3. Sand cement ratio of 0.5:1 and water : cement ratio of 0.33

GRC technical data

GRC Products of relatively thin cross section can be made, giving a low component weight which allows savings in handling, storage, transportation, and installation.

Typical products made using the spray process include architectural cladding panels, agricultural components, tanks, facade elements, ducting and formwork.

Estimated Long Term Stable Property of GRC

Process		Spray Dewatered	Hand Spray	Vibration Cast Premix
Compressive strength	N/mm ²	80	75	50
Modulus	kN/mm ²	30	25	20
Impact strength	Nmm/mm ²	4	4	3
Poisson's Ratio		0.24	0.24	0.24
LOP	N/mm ²	12	10	8
MOR	N/mm ²	14	13	10
BOP	N/mm ²	6	5.5	4.5
UTS	N/mm ²	6	5.5	4.5
Strain-to-failure%		0.04	0.04	0.03
In-plane shear strength	N/mm ²	6	5.5	4.5
Interlaminar shear Strength	N/mm ²	4	4	N.A.

Design Stresses of GRC

Stress Type	Loading Example	Design Stresses N/mm ²	
		5% spray GRC	3½% premix GRC
Compressive Bending	Compressive	12	12
	Bending solid beams or plates	6	4
Tensile	Cylindrical hoop stress	3	2
Tensile	Bending sandwich panels	3	2
Web Shear	In-plane shear of webs in box sections	2	1
Bearing Shear	Shear loading at bearing positions	1	1

These design Stresses are obtained by applying a factor of approximately 1.8 to the long term cracking strength (e.g.LOP, BOP) of the GRC.

GRC SPECIFICATION

MATERIALS SPECIFICATION

1. CEMENT : PORTLAND CEMENT TYPE I OR TYPE III
2. SAND : SAND SHALL BE WASHED AND DRIED, SILICA SAND FREE FROM SOLUBLE SALTS.
NORMAL SIZE PARTICALS ABOUT 1.2 MM. (FINE SAND)
3. GLASS FIBRE : ALKALI RESISTANCE GLASS FIBRE AND 25 MM. LENGTH MINIMUM.
4. WATER : THE WATER SHALL BE CLEANED WHICH CAN DRINK

MIX DESIGN

1. GLASS FIBRE QUANTITIES ABOUT 4.5%-5.3% OF TOTAL WEIGHT.
2. CEMENT : SAND = 2:1 TO 3:1
3. WATER CEMENT RATIO IS 0.36 MAXIMUM

GRC PROPERTIES

- CHARACTERISTIC MODULUS OF RUPTURE (MOR) > 200 KSC. (28 DAYS)
- DRY BULK DENSITY > 1,900 KG./M³

ERECTION

DETAILS AND METHODS OF ERECTION SHALL BE DESIGNED BY ENGINEERS.

NON-SHRINK GROUT MORTAR

Features of Non-Shrink Grout Mortar

1. Good flowability, ample working time,
2. Non bleeding,
3. Controlled Expansion, non shrinkage.
4. High-early strength and high ultimate strength.

Testing of Non-Shrink Grout Mortar

Test Procedure

1. Flowability
2. Bleeding
3. Initial Expansion and shrinkage
4. Compressive Strength

Standard

- J14-Funnel
ASTM C232
ASTM C827
ASTM C109 (JIS A1108)

Purpose of Non-Shrink Grout Mortar

Non-Shrink Grout Mortar used for connecting superstructure or machinery with substructures such as in cases of heavy manufacturing equipment, bridges of automobile.

Expressways and superexpress train lines, underpinning, and inverted lining, must be filled completely into gaps and comprise important keys for transmitting complex loads from above to substructures (foundations) in a sure manner.

For grout to fully fill the role of a key it is necessary for the following conditions to be satisfied:

- 1) Flowability
- 2) Non-bleeding
- 3) Non-Shrinking property
- 4) Strength
- 5) Workability
- 6) Economy

Practice of Non-Shrink grout mortar

General Precautions before grouting

1. Chipping, Cleaning, and wetting of foundation concrete surface
 - 1.1 Surface Treatment of Foundation Concrete.

The foundation concrete surface shall be provided chipping treatment using equipment such as a pneumatic hammer and it shall be confirmed that a sound concrete surface is exposed.

Chipped surfaces shall be made flat as much as practicable and be free of cracks, oil, laitance and mud.
 - 1.2 Water shall be sprinkled on the surface from the day before grouting or at least 6 hours before to allow absorption to occur.
2. Forms
 - 2.1 Forms shall be assembled soundly in order that they will not be deformed by the dead weight of mortar.
 - 2.2 As forms may absorb water, they shall be sprinkled with water beforehand to allow them to absorb water.
 - 2.3 The gap between the chipped portion and form shall be sealed.
3. Grouting

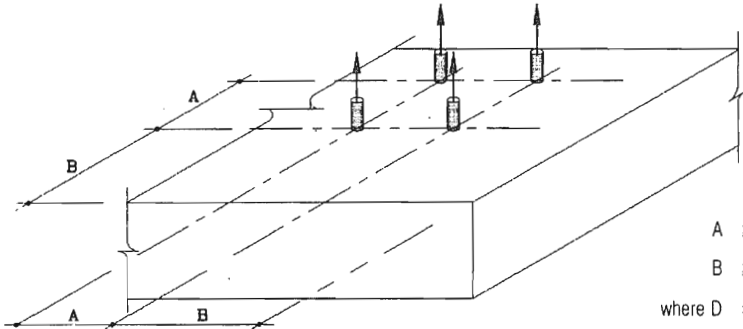
In grouting work, start the operation from one side by gravity flow or pumping depending on the situations of the grouting places, followed by attaining to the opposite side, so as not to leave any air.

When mortar begins to flow out of the air vent, confirm no air remained, seal the air vent, then seal the injection hole as placing pressure successively.
4. Curing

Cover the exposed portions with such materials as hemp cloth immediately after completion of the grouting, and keep to maintain in the moist condition.

General Rule for Anchor spacing to achieve full Load Utilization

Case 1: Loading directed of Anchor (Tension)

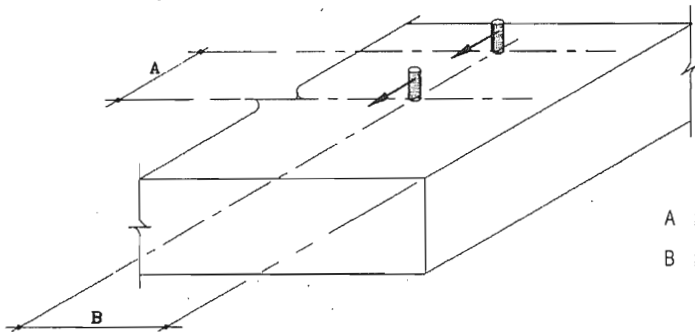


$$A \geq 10 D.$$

$$B \geq 13 D.$$

where D = Diameter of Bolt.

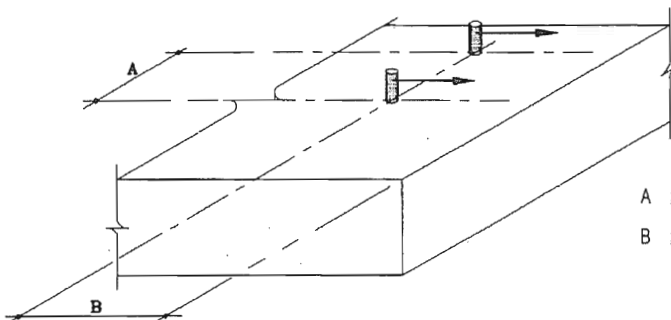
Case 2: Loading directed Pararell the edge (shearing)



$$A \geq 13 D.$$

$$B \geq 20 D.$$

Case 3: Loading directed Toward the edge (shearing)



$$A \geq 13 D.$$

$$B \geq 20 D.$$

Anchor Fastening : DENKA QUICK CAPSULE

Type of DENKA QUICK CAPSULE	D-10	D-12	D-16	D-19	D-22	D-25	D-30
Dia. of Bolt (mm.)	10	12	16	20	22	25	32
Bore hole Dia. (mm.)	12.5	14.5	19	24	28	34	42
Bore hole depth. (mm.)	90	100	130	200	250	300	350
Absorbtion time (sec)	5-10	5-10	10-15	10-15	20-25	25-30	50-60
Pull Out Strength for Age 1 day, 20 C (ton)	3.1	6.1	10.8	13.2	20.0	22.4	30.9
Recc. Design Tension for SD-30 (ton)	1.2	1.7	3.0	4.7	5.7	7.4	10.6
Shear Strength for Age 1 day (ton)	-	3.4	6.7	10.8	17.2	-	-

SPACERS AND CHAIR (From The Concrete Society Report CS 101)

Table 1 shows the spacer and chair categories required for particular applications. Methods of assessing the spacer category are set out in Appendix A

Spacer and chair Category	Application
Light (L)	Cover in vertical members, to the reinforcement nearest the surface of the concrete, or to horizontal reinforcement in small sections not subject to any foot traffic. Not suitable for reinforcement greater than 16 mm.
Normal (N)	Cover to reinforcement where the size of reinforcement is 20 mm or less.
Heavy (H)	Cover to reinforcement where the size of reinforcement is greater than 20 mm.
Chairs (C)	Support the top reinforcement to provide the required top cover or to separate layers of reinforcement.










Table 1 Applications for spacers and chairs in terms of category

Spacers are fixed to the links, fabric or reinforcement nearest the face of the concrete to which the cover is specified.

If coloured, textured, profiled or exposed aggregate finishes to the concrete are required spacers should be selected so that they do not disrupt the aesthetic appearance. Where a concrete element has only one face with a special finish, disruption of its aesthetic appearance can be avoided by spacing the reinforcement off either the opposite face or the opposite reinforcement by the use of chairs.

Spacers with a suitable bearing area must be used where cover is required between reinforcement and materials subject to indentation or puncture, such as some void formers, impermeable membranes and insulation materials.

Key to diagrams

-  Wire tie
-  Side view of spacer
-  Plan view of spacer
-  End view of continuous chair
-  Side view of continuous chair
-  Line spacer
-  Plan view of continuous chair
-  Side view of individual chair
-  Plan view of individual chair

Nomenclature

- c Cover (The nominal cover specified on the drawings).
- D The nominal size of the main, largest, bar.
- d The nominal size of the bar nearest the surface of the concrete including links. It is used to determine the frequency of spacers along the bar to which they are fixed. For the spacing of chairs, d is the nominal size of the bar the chair is supporting.

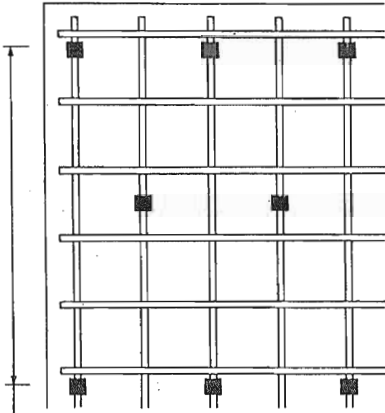
Table 2. Key and nomenclature in diagrams



Section

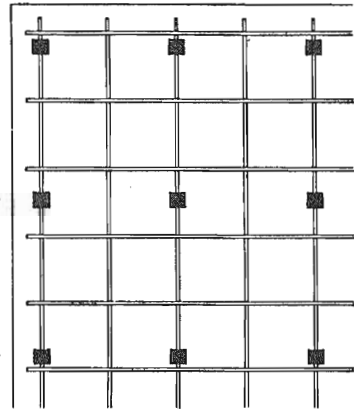


Section



All bars supported by spacers at 50d centres, but not exceeding 1000 mm and staggered

Plan



500 mm max

500 mm max

Plan

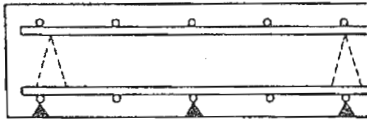
a) Individual bars

b) Welded fabric

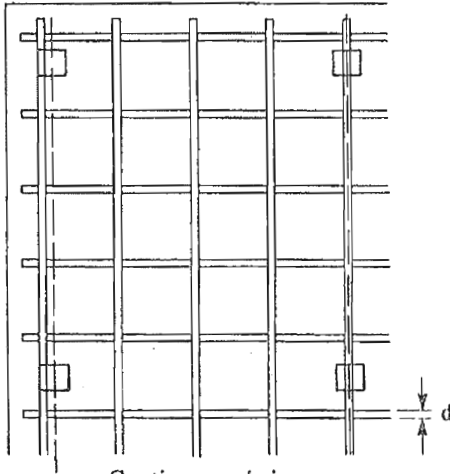
Key

- ▲ Side view of spacer
- Plan view of spacer

Diagram 1. Spacers for bottom reinforcement in slabs



Section



Continuous chairs
at $50d$ centres
for bars or
welded fabric

Plan

Key



Side view of spacer

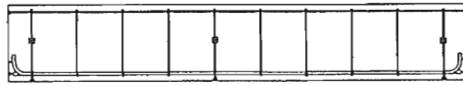


End view of continuous chair



Plan view of continuous chair

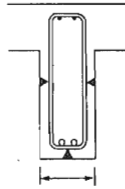
Diagram 2. Continuous chairs for top reinforcement in slabs with bottom reinforcement



Every bar end should have a suitable spacer

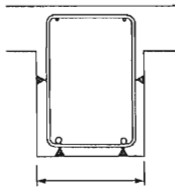
All spacers fixed to links at 1000 mm centres maximum

a) Beam elevation



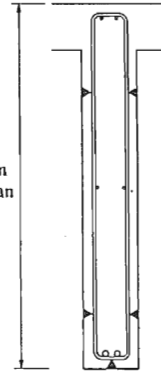
Narrow beam less than 250 mm, one spacer

i) Narrow beam



Normal beam 250 to 500 mm, two spacers

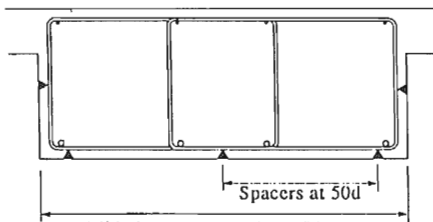
ii) Normal beam



Deep beam greater than 100d

Spacers at 50d maximum

c) Spacers for the sides of deep beams



Wide beam greater than 500 mm

iii) Wide beam

Key

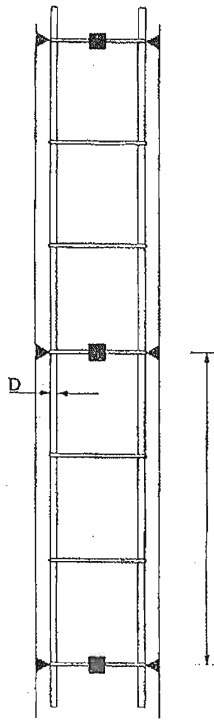
■ Plan view of spacer

▲ Side view of spacer

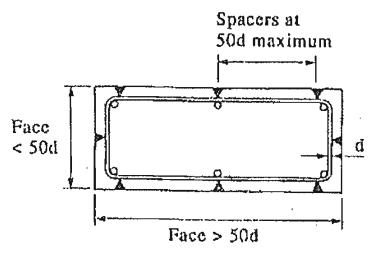
d Link size

b) Spacers for the bottom of beams

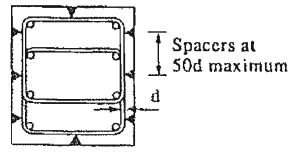
Diagram 6. Spacers for beams



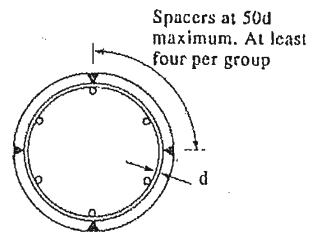
a) Spacers along column



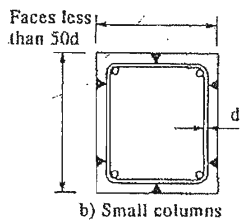
c) Wide columns



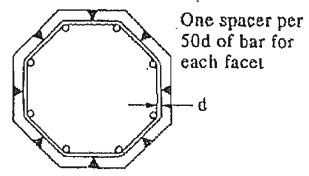
d) Double links



e) Circular columns



b) Small columns



f) Multifaceted columns

Key

- Plan view of spacer
- ▲ Side view of spacer
- d Link size
- D Size of main bars

Diagram 7: Spacers for columns

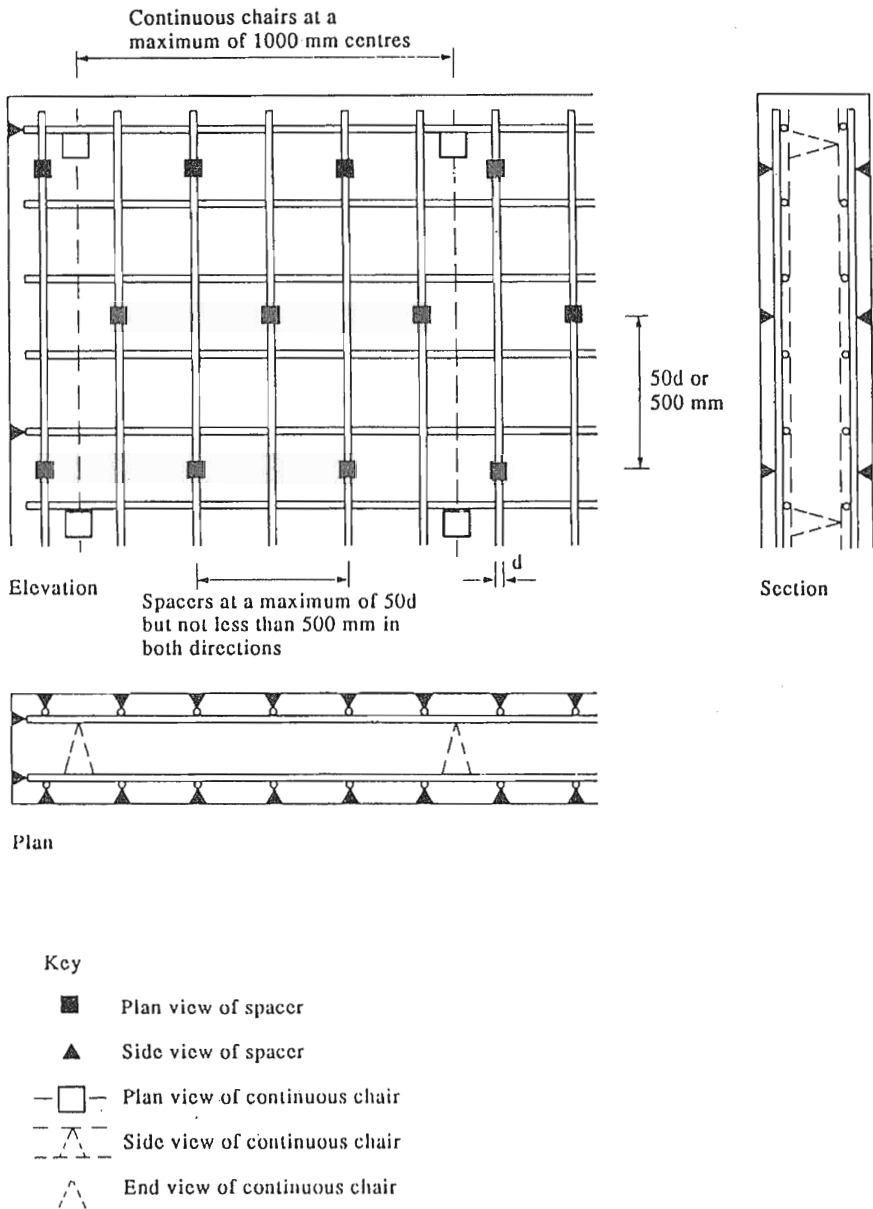


Diagram 8. Spacers for walls

STANDARD PERFORMANCE REQUIREMENTS AND METHODS OF TESTING SPACERS AND CHAIRS.

(From The Concrete Society Report CS 101)

A.1 INTRODUCTION

The prime performance requirements of a spacer or chair, is that during casting it holds the reinforcement in the correct position within the concrete and does not significantly reduce the durability of the structure.

Spacers are divided into two main groups. Clip-on where the clip action is an integral part of the design of the spacer, these are generally plastic; wire-on where the spacers are attached to the bar by the use of tying wire, these are generally cementitious. The mix used for cementitious spacers should have a minimum cube strength of 50 N/mm^2 . BS 8110 states that concrete spacers made on the construction site must not be used.

Spacer and chair manufacturers produce many other shapes for special purposes which are not included in this standard. Whilst some of the tests may be applicable other tests may be inappropriate.

The spacer or chair must not cause any harm to the reinforcement or the concrete, that is to say it must not allow the free passage of water to the reinforcement and it must not cause spalling of the finished face.

When steel chairs are required to support reinforcement off an exposed face, the ends of each chair leg must be encased in a protective tip, such as a closed plastic sleeve, for a distance of at least 40 mm.

The form that this Appendix takes is to firstly define the physical dimensions and tolerances for spacers and chairs and then to state loads and deformations that classify the various types. Neither specific materials nor exact shapes are defined, so that if new spacers designs or materials are developed this Appendix should still be relevant.

A.2 IDENTIFICATION AND DIMENSIONS

A.2.1 Identification

Each spacer or bundle of chairs should have at least one identification mark on it, this being the nominal cover in mm. Spacers offering more than one cover should be clearly marked with all the specified nominal covers in mm. These marks should be on the spacer either at the point where the spacer supports the reinforcement or adjacent to the appropriate cover. In the latter case the mark must be upright when the indicated nominal cover is being provided. Suppliers of spacers should declare which category the product complies with. The spacer category should also be marked on the bag, box or other packing in which the spacers are supplied.

A.2.2 Dimensions

The recommended standard range of spacers should be for nominal covers of 15* , 20, 25, 30 , 40, 45, 50, 60 and 75 mm. Non cementitious spacers should satisfy the condition that any cross section at right angles to the bar must have at least 25% voids within the enclosed perimeter.

Note. *As stated in Table 3.4 of BS8110:1985, 15 mm cover spacers may only be used where the nominal maximum size of aggregate does not exceed 15 mm.

The dimensions of wire-on spacers at the base should be at least 20 mm measured in the direction of the bar which it is supporting and at least 0.75 of the cover dimension at right angles to the bar

Clip-on spacers have varying dimensional requirements relating to their fixity. Geometrical requirements to ensure stability depend on whether the spacer is wire-on or clip-on.

The stability of a clip-on spacer, other than a clip-on wheel spacer, is provided by having a radius of rotation at least 5 mm greater than the required cover, both perpendicular and parallel to the line of the reinforcing bar to which it will be attached. The radius of rotation is illustrated in diagrams 9; a, b, and c.

Clip-on wheel spacers do not require a minimum radius of rotation perpendicular to the bar. Parallel to the bar stability is provided by the boss bearing length which is greater than half of the required cover as shown in diagram 9d.

The minimum distance between any two legs of an individual chair should be 0.5 of the specified height of the chair.

The minimum distance between the two rows of supports of a continuous steel chair should be 0.5 that of the specified height of the chair.

A.2.3 Tolerances

The tolerance on the spacer dimension providing the cover or the chair dimension providing the specified height should be ± 1 mm for covers/heights up to 75 mm and ± 2 mm for larger cover/heights

A.3 LOAD TESTS

A.3.1 Point load tests

The point test load each spacer and chair must support with a limited deflection is set out in Table A.1. The allowable deflections are set out in A.3.2 and in A.3.3 for spacers and chairs respectively.

Component	Category	Typical types**	Cover/ Height (mm)	Test Load (kN)	Diagram and clause
SPACERS	Light (L)	Clip-on wheel Clip-on End	15* - 50 15* - 50 15* - 50	0.25	Diagram 10 Clause A.3.2
	Normal (N)	Clip-on Wire-on Line Rib	15* - 75 15* - 75 15* - 40 15* - 45	0.50	
	Heavy (H)	Wire-on Line Rib	25 - 75 25 - 50 25 - 75	3.00	
CHAIRS	(C)	Individual Continuous	75 - 300 75 - 200	1.00	Diagram 12 Clause A.3.3

Table A.1 Point test load for spacers and chairs.

NOTES. ** Heavy category spacers are currently cementitious and providing they pass a test load of 3.0 kN they are suitable for all applications. Light and normal category spacers are generally plastic. Chairs are at present made of steel wire. Other spacers or chairs made of suitable robust, inert, durable and impervious materials which satisfy the above performance requirements may also be permissible.

* As stated in Table 3.4 of BS 8110: 1985, 15 mm cover spacers may only be used where the nominal maximum size of aggregate does not exceed 15 mm.

A.3.2 Load testing spacers

Diagram 10 shows a suitable apparatus for load application and the deflection measurement of spacers. Each spacer is placed in its working position on the dry, clean, commercially ground flat gauge plate. For clip-on wheel spacers, the spacer must carry the test load with the opening for the bar at all possible working positions within the upper half of the spacer (see Diagram 11). Plastic spacers, should be loaded in turn with a ground silver steel loading bar whose diameters are equal to the smallest and largest reinforcing bar for which the spacer is designed. Cementitious spacers should be loaded with an 8 mm plain round bar. Cementitious spacers should be continuously immersed in water for seven days prior to load testing and tested at a temperature of $+20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. The performance of plastic spacers depends on temperature and they should be tested at $-5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $+30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

The load should be applied in less than ten seconds and remain applied for a further ten minutes after which the total deflection must not exceed 2 mm. One minute after the removal of the load the height of the spacer should be within 1 mm of its height before loading. On testing, cementitious spacers should show no visible cracking but local surface spalling under the bar is acceptable.

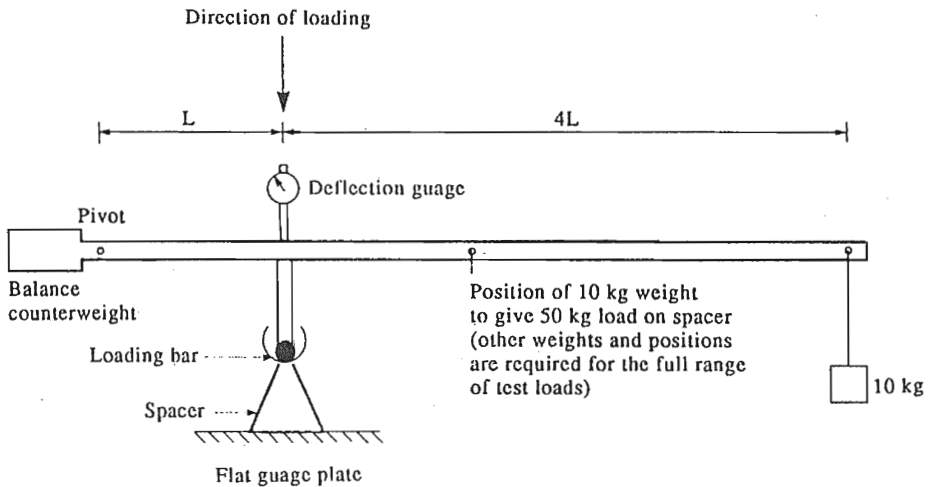


Diagram 10. Apparatus for point load testing spacers

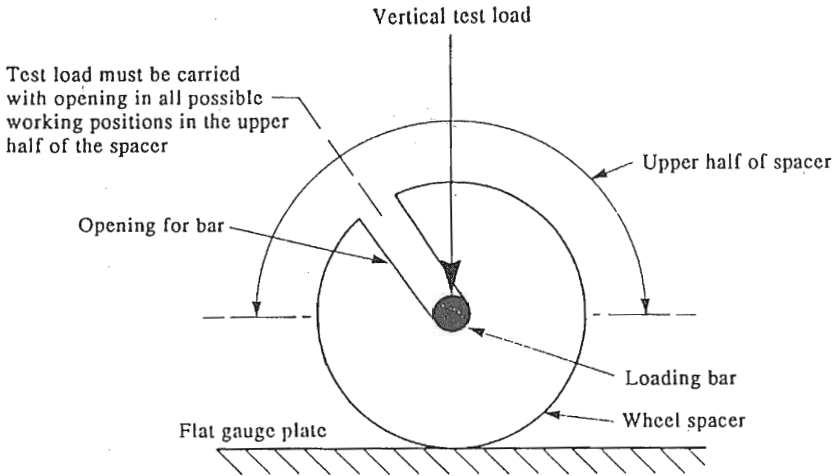


Diagram 11. Position of a wheel spacer for load testing

A.3.3 Load testing chairs

Diagram 12 shows diagrammatically a suitable apparatus required for the load application and the deflection measurement of steel chairs and continuous steel chairs. Each chair is placed in its working position on the dry, clean, commercially ground flat gauge plate. Continuous steel chairs should be loaded immediately adjacent to a node point.

Under the loads specified in Table A.1 the deflection should not exceed 1 mm. Protective tips provided on the legs of some steel chairs should not fracture or puncture during the load testing.

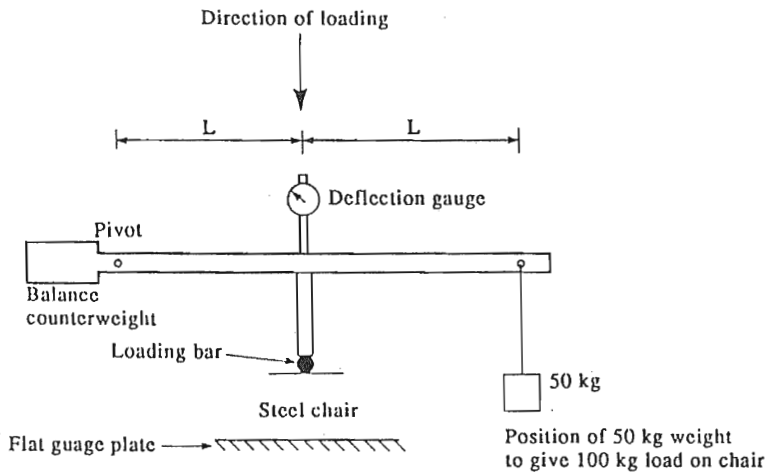


Diagram 12. Apparatus for point load testing chairs

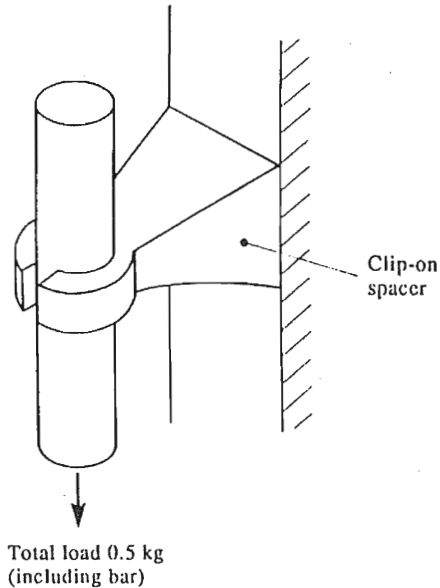


Diagram 13. Isometric view of the fixity test for clip-on spacers

A.4 FIXITY

A.4.1 Wire-on spacers and chairs

Where components are tied to the reinforcement with tying wire then acceptable fixity can be achieved and no manufacturer's tests are required.

A.4.2 Clip-on spacers

Fixity of clip-on spacers is tested by observing if they prevent a 0.5 kg commercially ground, unrusted, degreased, silver steel bar, of the appropriate minimum claimed size, from sliding vertically through the spacer as shown in diagram 13. In addition, clip-on spacers must not require more than 15 kg force to place them on the maximum bar size in their claimed range at laboratory temperatures.

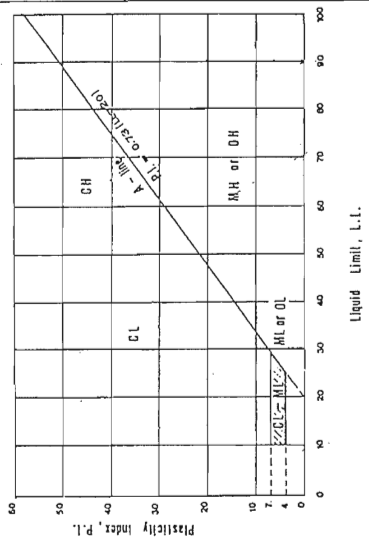
A.5 ACCEPTANCE CRITERIA

The acceptance criteria for all spacers and chairs should be as follows.

At least 9 out of a random sample of 10 spacers or chairs, selected from a single delivery of a type and size (a supply unit), should equal or exceed the test loading stated in Table A.1. Supply units failing these criteria should be rejected but the basic design need not be rejected.

SOIL MECHANIC AND FOUNDATION

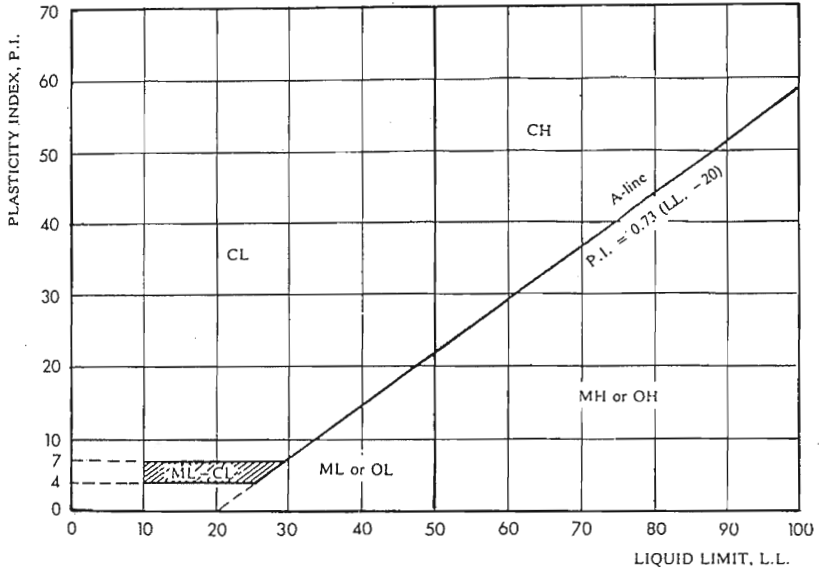
การจำแนกประเภท	ชื่อกลุ่ม	ชื่อกลุ่มอื่น	เกณฑ์การจำแนกประเภท
กระจกใสและกระจกฝ้า กระจกทึบและกระจกสี กระจกเงาและกระจกสี กระจกฝ้าและกระจกสี	1W	กระจกฝ้าหรือกระจกสี หรือกระจกเงาหรือกระจกสี	กระจกฝ้าและกระจกสี กระจกเงาและกระจกสี
	1D	กระจกฝ้าหรือกระจกสี กระจกเงาหรือกระจกสี	กระจกฝ้าหรือกระจกสี กระจกเงาหรือกระจกสี
กระจกฝ้าและกระจกสี	1D	กระจกฝ้าหรือกระจกสี	กระจกฝ้าและกระจกสี
กระจกฝ้าและกระจกสี	HW	กระจกฝ้าหรือกระจกสี	กระจกฝ้าและกระจกสี
กระจกฝ้าและกระจกสี	HJ	กระจกฝ้าหรือกระจกสี	กระจกฝ้าและกระจกสี
กระจกฝ้าและกระจกสี	HO	กระจกฝ้าหรือกระจกสี	กระจกฝ้าและกระจกสี
กระจกฝ้าและกระจกสี	PJ	กระจกฝ้าหรือกระจกสี	กระจกฝ้าและกระจกสี



แผนภูมิขีดจำกัดความเหลว

ตารางแสดงรายละเอียดการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified (ต่อ)

แบบ ปากก ๙ กลับ การพิมพ์และสีของเนื้อ



รูปแผนภูมิความเหนียว

สำหรับการจำแนกประเภทของดินพวกเม็ดละเอียดโดยระบบของ Unified

TABLE
Soil Properties for Analysis and Design

Property	Symbol	Units ¹	How obtained	Direct applications
Volume-weight characteristics: ² Moisture content	w	D	Directly from test	Classification and in volume-weight relations.
Unit weights	γ	FL ³	Directly from test or from volume-weight relations.	Classification and for pressure computations.
Porosity	n	D	Computed from volume-weight relations.	Parameters used to represent relative volume of solids in total volume of soil.
Void ratio	e	D	Computed from volume-weight relations.	
Specific gravity	G	D	Directly from test	Volume computations.
Plasticity characteristics: Liquid limit	LL	D	Directly from test	Classification and properties correlation.
Plastic limit	PL	D	Directly from test	Classification.
Plasticity index	PI	D	LL-PL	Classification and properties correlation.
Shrinkage limit	SL	D	Directly from test	Classification and computation of swell.
Shrinkage index	SI	D	PL-SL	
Activity	A_c	D	$\frac{PI}{w - PL}$ % "clay size"	Identification of clay mineral.
Liquidity index	LI	D	$\frac{PI}{PI}$	Estimating degree of preconsolidation.
Gradation characteristics: Effective diameter	D_{10}	L	From grain-size curve	Classification, estimating permeability and unit weight, filter design, grout selection, and evaluating potential frost heave.
Percent grain size	D_{10}, D_{60}, D_{85}	L	From grain-size curve	
Coefficient of uniformity	C_u	D	$\frac{D_{60}}{D_{10}}$	
Coefficient of curvature	C_c	D	$\frac{(D_{30})^2}{(D_{10}) \times (D_{60})}$	
Clay size fraction	D	From grain-size curve, % finer than 0.002 mm.	Classification.
Drainage characteristics: Coefficient of permeability	k	LT ⁻¹	Directly from permeability test or computed from consolidation test data.	Drainage, seepage, and consolidation analysis.
Capillary head	h_c	L	Directly from test	Drainage and drawdown analysis.
Effective porosity	n_e	D	Directly from test for volume of drainable water.	
Consolidation characteristics: Coefficient of compressibility	a_v	L ² F ⁻¹	Determined from arith. -e vs p curve.	Computation of ultimate settlement or swell in consolidation analysis.
Coefficient of volume compressibility	m_v	L ² F ⁻¹	$\frac{a_v}{1 + e}$	
Compression index	C_c	D	Determined from semilog e vs p curve.	
Recompression index	C_r	D		
Swelling index	C_s	D		
Coefficient of secondary compression	C_{α}	D	Determined from semilog time-consolidation curve.	
Coefficient of consolidation	c_v	L ² T ⁻¹		Computation of time rate of settlement.
Preconsolidation pressure	P_c	FL ⁻²	Estimated from semilog e vs p curve.	Consolidation analysis.

TABLE (Continued)
Soil Properties for Analysis and Design

Property	Symbol	Units ¹	How obtained	Direct applications
Shear strength characteristics; Angle of internal friction . . .	ϕ	D	Determined from Mohr envelope for total normal stress.	Analysis of stability and load carrying capacity of foundations.
Cohesion intercept	c	FL ⁻²		
Angle of internal friction . .	ϕ'	D	Determined from Mohr envelope for effective normal stress.	
Cohesion intercept	c'	FL ⁻²	Directly from test.	
Unconfined compressive strength.	q _u	FL ⁻²		
Shear strength	s	FL ⁻²	$\frac{q_u \text{ (undisturbed)}}{q_u \text{ (remolded)}}$	Estimating effect of disturbance.
Sensitivity	S _t	D		Computation of elastic settlement or rebound.
Modulus of elasticity	E _s	FL ⁻²	Determined from stress-strain curve.	
Characteristics of compacted samples:				
Maximum dry unit weight . . .	Y _{max}	FL ⁻³	Determined from moisture-density curve.	Compaction control and computation of weights and forces in stability analysis.
Optimum moisture content . .	OMC	D		
Needle penetration resistance.	P _r	FL ⁻²	Directly from test	Moisture control in compaction.
Relative density	D _d	D	Determined from results of max and min density tests.	Compaction control.
California bearing ratio . . .	CBR	D	Directly from test	Pavement design.

¹Units: F = force or weight; L = length; T = time; D = dimensionless.

²For complete list of volume-weight relationships, see Table 3-5.

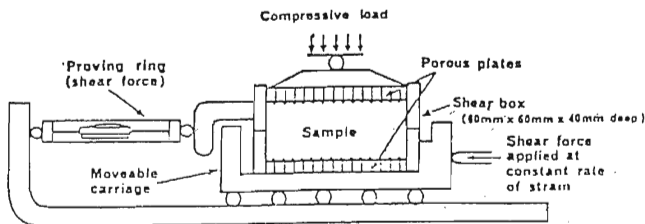
TABLE
Types of Test Borings

Boring method	Procedure utilized	Applicability
Displacement type . . .	Repeatedly driving or pushing tube or spoon sampler into soil and withdrawing recovered materials. Changes indicated by examination of materials and resistance to driving or static force for penetration. No casing required.	Used in loose to medium compact sands above water table and soft to stiff cohesive soils. Economical where excessive caving does not occur. Limited to holes < 3" in diameter.
Auger boring	Hand or power operated augering with periodic removal of material. In some cases continuous auger may be used requiring only one withdrawal. Changes indicated by examination of material removed. Casing generally not used.	Ordinarily used for shallow explorations above water table in partly saturated sands and silts, and soft to stiff cohesive soils. May be used to clean out hole between drive samples. Very fast when power-driven. Large diameter bucket auger permits examination of hole.
Wash-type boring for undisturbed or dry samples.	Chopping, twisting, and jetting action of a light bit as circulating drilling fluid removes cuttings from hole. Changes indicated by rate of progress, action of rods, and examination of cuttings in drilling fluid. Casing used as required to prevent caving.	Used in sands, sand and gravel without boulders, and soft to hard cohesive soils. Most common method of subsoil exploration. Usually can be adapted for inaccessible locations, such as over water, in swamps, on slopes, or within buildings.
Rotary drilling	Power rotation of drilling bit as circulating fluid removes cuttings from hole. Changes indicated by rate of progress, action of drilling tools, and examination of cuttings in drilling fluid. Casing usually not required except near surface.	Applicable to all soils except those containing much large gravel, cobbles, and boulders. Difficult to determine changes accurately in some soils. Not practical in inaccessible locations because of heavy truck mounted equipment, but applications are increasing since it is usually most rapid method of advancing bore hole.
Percussion drilling (Churn drilling).	Power chopping with limited amount of water at bottom of hole. Water becomes a slurry that is periodically removed with bailer or sand pump. Changes indicated by rate of progress, action of drilling tools, and composition of slurry removed. Casing required except in stable rock.	Not preferred for ordinary exploration or where undisturbed samples are required because of difficulty in determining strata changes, disturbance caused below chopping bit, difficulty of access, and usual higher cost. Sometimes used in combination with auger or wash borings for penetration of coarse gravel, boulders, and rock formations.
Rock core drilling . . .	Power rotation of a core barrel as circulating water removes ground-up material from hole. Water also acts as coolant for core barrel bit. Generally hole is cased to rock.	Used alone and in combination with boring types to drill weathered rocks, bedrock, and boulder formations.

TABLE
Requirements for Boring Depths

Areas for investigation	Boring depth
Large structure with separate closely spaced footings.	Extend to depth where increase in vertical stress for combined foundations is less than 10% of effective overburden stress. Generally all borings should extend no less than 30 ft below lowest part of foundation unless rock is encountered at shallower depth.
Isolated rigid foundations	Extend to depth where vertical stress decreases to 10% of bearing pressure. Generally all borings should extend no less than 30 ft below lowest part of foundation unless rock is encountered at shallower depth.
Long bulkhead or wharf wall	Extend to depth below dredge line between $3/4$ and $1\frac{1}{4}$ times unbalanced height of wall. Where stratification indicates possible deep stability problem, selected borings should reach top of hard stratum.
Slope stability	Extend to an elevation below active or potential failure surface and into hard stratum; or to a depth for which failure is unlikely because of geometry of cross section.
Deep cuts	Extend to depth between $3/4$ and 1 times base width of narrow cuts. Where cut is above ground water in stable materials, depth of 4 to 8 ft below base may suffice. Where base is below ground water, determine extent of pervious strata below base.
High embankments	Extend to depth between $1/2$ and $1-1/4$ times horizontal length of side slope in relatively homogeneous foundation. Where deep or irregular soft strata are encountered, borings should reach hard materials.
Dams and water retention structures . .	Extend to depth of $1/2$ base width of earth dams or 1 to $1\frac{1}{2}$ times height of small concrete dams in relatively homogeneous foundations. Borings may terminate after penetration of 10 to 20 ft in hard and impervious stratum if continuity of this stratum is known from reconnaissance.
Highways and airfields	Extend auger borings to 6 ft below top of pavement in cuts, 6 ft below existing ground in shallow fills. For high embankments or deep cuts, follow criteria given above.
Airfields	Extend auger borings to 10 ft below top of pavement in cuts or 10 ft below existing ground in shallow fills.

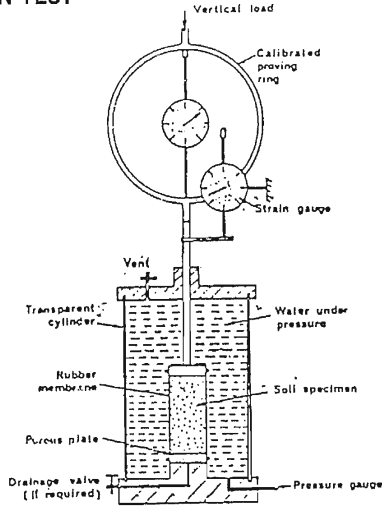
DIRECT SHEAR TEST



รูป SHEAR BOX

เป็นเครื่องมือหาค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดิน โดยเครื่องมือที่เรียกว่า Shear Box นิยมใช้กับดินทราย และดินแห้งทั่วไป ไม่นิยมใช้กับดินเหนียวอ่อน ทดลองได้ทั้ง Drained และ Undrained

TRIAxIAL COMPRESSION TEST

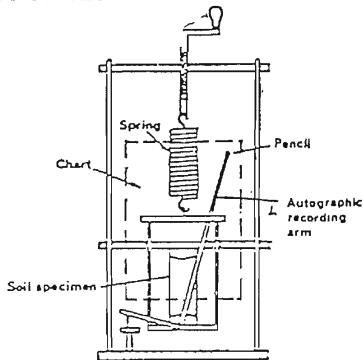


รูป TRIAXIAL COMPRESSION TEST

เป็นเครื่องมือที่นิยมมากในห้องปฏิบัติการ สามารถหาค่า C_c > ของดินได้ พร้อมทั้งเปลี่ยนเป็น Condition ต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. Consolidated drained CD
2. Unconsolidated undrained (Quick Test) UU, \overline{UU}
3. Consolidation undrained (Quick Test) CU, \overline{UU}

UNCONFINED COMPRESSION TEST



รูป UNCONFINED COMPRESSION TEST

เป็นการหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของ Cohesive soil ที่สะดวก, รวดเร็วแต่ไม่มีแรงดันข้างกระทำ

$$C = \underline{Q_u}$$

Standard penetration test

เป็นการทดสอบในสนามที่นิยมกันมากที่สุด, ค่าใช้จ่ายต่ำ และยังสามารถเก็บ disturbed sample ได้ แต่ควรแปรค่าดอทดลอง N อย่างระมัดระวังใน gravelly soils

TABLE : FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN

Empirical values for ϕ , D_r , and unit weight of granular soils based on the standard penetration number with corrections for depth and for fine saturated sands.

Description	Very loose	loose	Medium	Dense	Very dense	
Relative density D_r	0	0.15	0.35	0.65	0.85	1.00
Standard penetration no. N	5 - 10	8 - 15	10 - 40	20 - 70	> 35	
Approx. angle of internal friction ϕ †	25 - 30°	27 - 32°	30 - 35°	35 - 40°	38 - 43°	
Approx. range of moist unit weight γ , pcf (kN. m ³)	70 - 100 ‡ (11 - 16)	90 - 115 (14 - 18)	110 - 130 (17 - 20)	110 - 140 (17 - 22)	130 - 150 (20 - 23)	

* Dependson_p raring from 70 to 500 k Pa. Low value of N corresponds to lesser p_o .

* Depends on p_o raring from 70 to 500 kPa. Low value of N corresponds to lesser p_o .

† After Meyerhof (1956). $\phi = 25 + 25D_r$, with more than 5 percent fines and $\phi = 30 + 25D_r$ with less than 5 percent fines. Use larger values for granular material with 5 percent or less fine sand and silt.

‡ It should be noted that excavated material or material dumped from a truck will weigh 70 to 90 pcf. Material must be quite dense and hard to weigh much over 130 pcf. Values of 105 to 115 pcf for nonsaturated soils are common.

TABLE : EXPLORATION, SAMPLING, AND IN SITU SOIL MEASUREMENTS

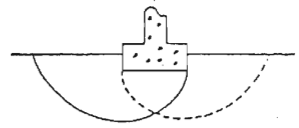
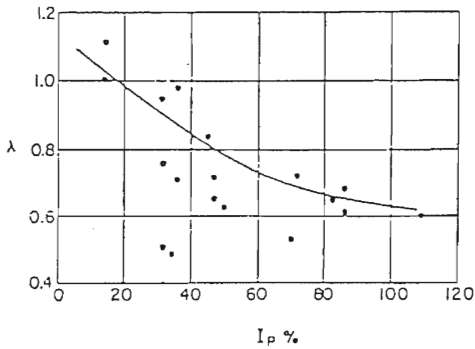
Empirical values for q_u * and consistency of cohesive soils based on the standard penetration number.

Consistency	Very soft	Soft	Medium	Stiff	Very stiff	Hard
q_u , ksf (kPa)	0	0.5 (25)	1.0 (50)	2.0 (100)	4.0 (200)	8.0 (400)
N, standard penetration resistance	0	2	4	8	16	32
γ sat pcf (kN / m ³)		100 - 120 (16 - 19)	110 - 130 (17 - 20)		120 - 140 (19 - 22)	

* These values should be used as a guide only. Local cohesive samples should be tested, and the relationship between N and the unconfined compressive strength q_u established as $q_u \cong KN$.

FIELD VANE SHEAR TEST

เป็นการทดสอบเพื่อหาค่า undrained shear strength ของดินอ่อนมาก ๆ อย่างไม่รู้ค่าที่ได้จากการทดสอบควรมีการปรับแก้ด้วย Correction factor ของ Bjerrum



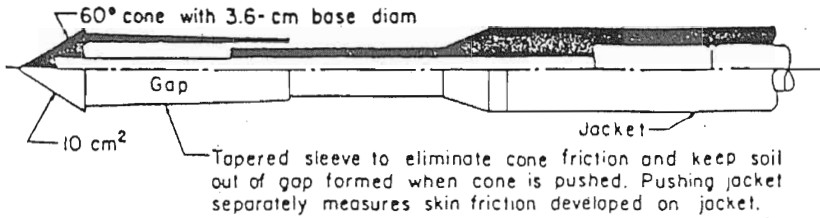
$$(s_u)_{\text{design}} = \lambda (s_u)_{\text{vane}}$$

รูป CORRECTION FACTOR FOR VANE-SHEAR TEST.

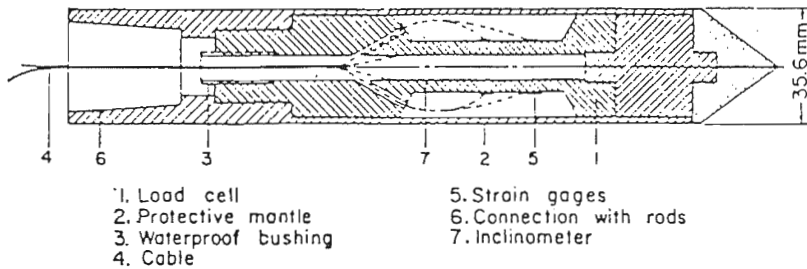
[BJERRUM (1972) AND LADD ET AL. (1977)]

$$S_{U\text{design}} = \lambda S_{U\text{vane}}$$

DUTCH-CONE-PENETRATION TEST



(a) Dutch cone modified to measure both point resistance C_R and skin friction



(b) Electric strain gage penetrometer (De Ruyter, 1971)

รูป DUTCH CONES

เป็นการทดสอบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้ในบริเวณ ประเทศฮอลแลนด์, เบลเยียม ใช้กับ fine sands, silty fine sands และ clay deposits สามารถวัด point และ side resistance ผลทดสอบที่ได้คือ

Q_c Cone resistance

F_r Friction ratio

$F_r = \frac{\text{friction resistance}}{\text{cone resistance}}$

$= \frac{Q_{tip} - Q_{cone}}{Q_{cone}}$

$= \frac{Q_{friction}}{Q_{cone}}$

การคำนวณ หาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม จากคุณสมบัติของดิน

$$Q_u = q_b + q_f$$

เมื่อ Q_u = Ultimate Pile Load (น้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาเข็ม)

q_b = Ultimate End Bearing (น้ำหนักบรรทุกประลัยจากแรงต้านปลายเสาเข็ม)

q_f = Skin Friction Capacity (น้ำหนักบรรทุกประลัย จากแรงเสียดทานผิว)

ก. Ultimate End Bearing

จาก Terzaghi's Equation

$$q_b = 1.5 cN_c + \gamma DN_q + 0.4 B\gamma N_f$$

เมื่อ q_b Ultimate End Bearing Capacity ตัน/ม.²

C = แรงเฉือนของดิน

γ = Effective Unit Weight ของดินรอบเสาเข็ม ตัน/ม.³

D = ความลึกของปลายล่างของเสาเข็ม ม.

B = ส่วนที่แคบที่สุดของหน้าตัดเสาเข็ม ม.

สำหรับ Clay $\phi = 0$, $N_c = 5.7$, $N_q = 1$, $N_f = 0$

และสำหรับเสาเข็มที่มี $\frac{D}{B} > 25$

$$q_b = 9c + \gamma D$$

สำหรับทราย $c = 0$

$$q_b = \gamma DN_q + 0.4 B\gamma N_f$$

N_q , N_f = Bearing Capacity Factor ดูได้จากกราฟ

๗. Skin Friction Capacity

$$q_f = C_a D + K_s \gamma D^2 \tan \delta$$

q_f = Ultimate Skin Friction Capacity, ตัน/ม.

C_a = Adhesion ระหว่างดินกับเสาเข็ม ตัน/ม.²

$$= \alpha c$$

α = Adhesion Factor

δ = Angle of Friction ระหว่างดินกับผิวเสาเข็มเป็นองศา

$$= \frac{3}{4} \phi$$

K_s = Coefficient of Earth pressure

N_c = Adjusted number of blow

$$= 15 + \frac{1}{2} (N-15)$$

N = Observed number of blow

Skin Friction For Clay

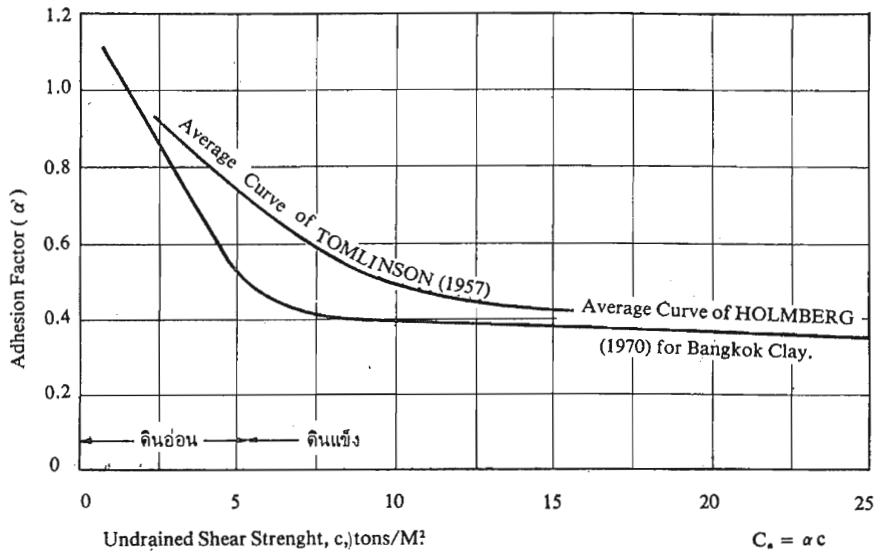
$$\phi = 0$$

$$q_f = \alpha cD$$

Skin Friction For Clay

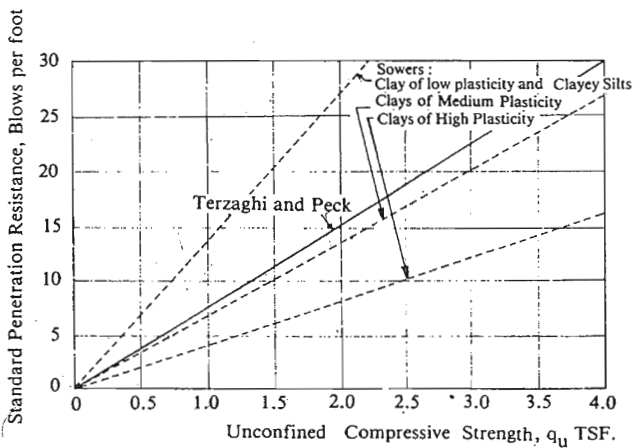
$$c = 0$$

$$q_f = K_s \gamma D^2 \tan \left(\frac{3}{4} \phi \right)$$

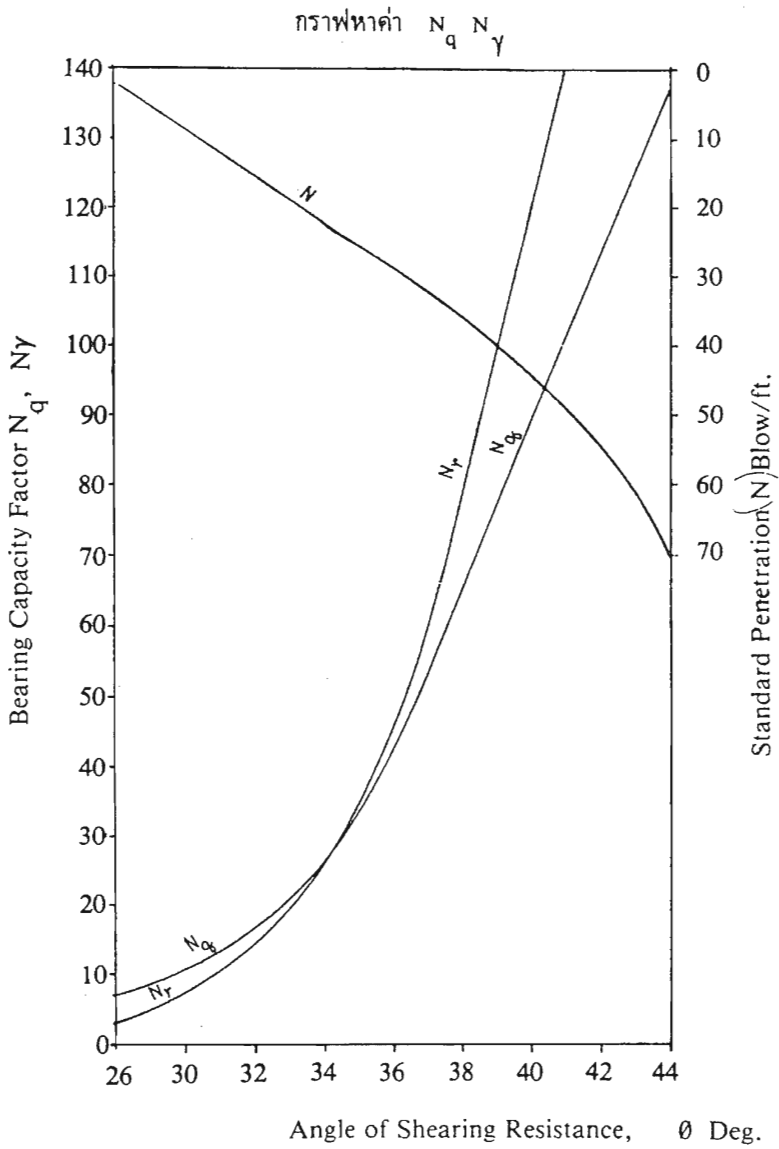


Adhesion Factors for Clays.

N'	K_s
0-4	0.5
4-10	0.6
10-30	0.7
30-50	0.8

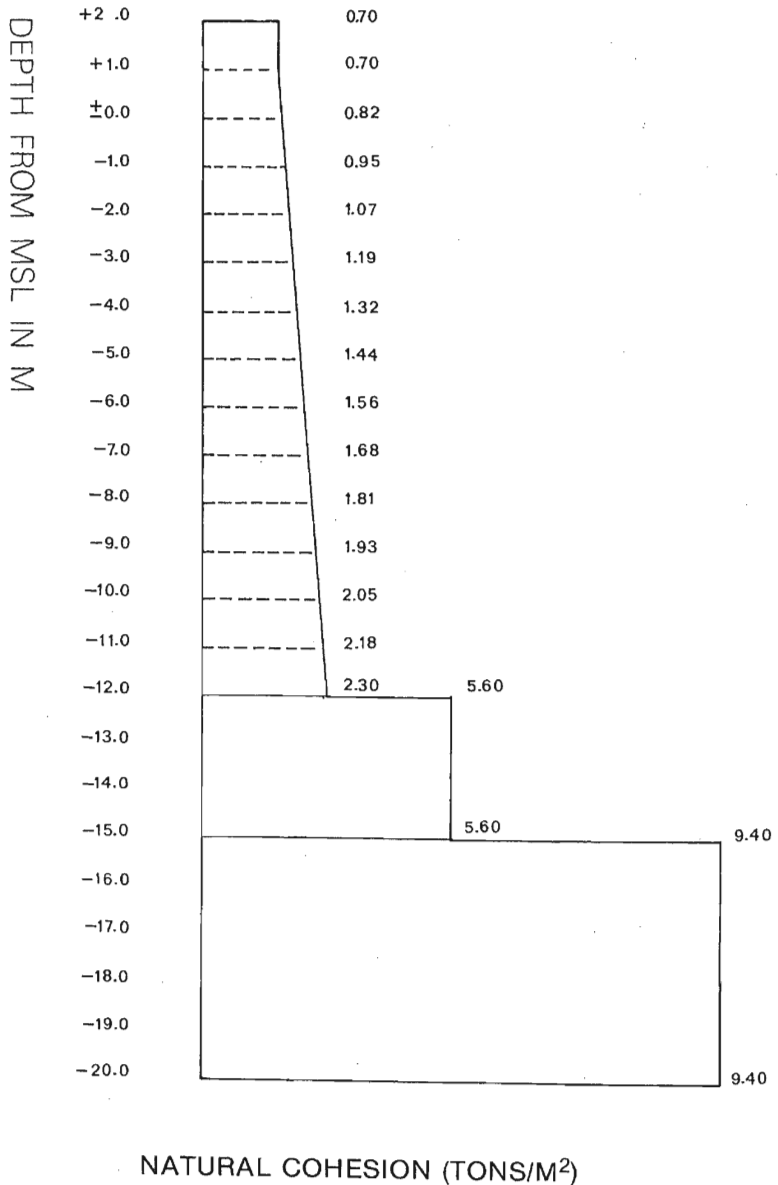


Penetration Resistance vs. Unconfined Compressive Strength of Clay



Correlation of Standard Penetration with Bearing Capacity Factors and Angle of Shearing Resistance (Peck, Hanson, Thornburn 1953)

AVERAGE COHESION VALUE FOR BANGKOK AREA



สูตรในการตอกเสาเข็ม สูตรในการคำนวณหาหน้าหนักบรรทุกจนเสาเข็มวิบัตินั้นมียู่หลายสูตรคือ

ลำดับ	ชื่อสูตร	น้ำหนักวิบัติ	หมายเหตุ
1	Engineering News	$R = \frac{Wh}{s + 0.0254C}$	$0.50 \leq C \leq 1.00$
2	Modified Eng. News	$R = \frac{Wh}{s + 0.0254C} \cdot \frac{W + n^2w}{W + w}$	$0.50 \leq C \leq 1.00$ $n = 0.25$
3	Hiley	$R = \frac{WhZ}{s + 0.01C/2} \cdot \frac{W + n^2w}{W + w}$	$Z = 0.80, n = 0.25$ $C = C_1 + C_2 + C_3$ $C_1 = \frac{1.80RL^2}{A}$ $C_2 = \frac{0.72RL}{A}$ $C_3 = \frac{3.60R}{A}$
4	Dutch	$R = \frac{10}{12} \frac{Wh}{s + 0.0254C} \cdot \frac{W}{W + w}$	$C = 1.0$
5	So	$R = \frac{a}{s + \sqrt{0.5ab}}$	$a = eWh$ $e = 0.80$ $b = \frac{L}{AE}$ $E =$ โมดูลัสยืดหยุ่น $= 2.0 \times 10^6 \text{ Ton/m}^2$
6	Janbu	$R = \frac{Wh}{Ks}$	$K = C[1 + \sqrt{1 + \frac{\lambda}{C}}]$ $C = 0.75 + 0.15 \frac{w}{W}$ $\lambda = \frac{WhL}{AEs^2}$ $E = 1.8 \times 10^6 \text{ Ton/m}^2$
7	Gate	$R_c = 40\sqrt{eWh} \log\left(\frac{1}{4s}\right)$	$e = 0.75$
8	Eytelwein	$R = \frac{Wh}{s + 0.0254(w/W)}$	
9	Navy Mckay	$R = \frac{Wh}{s[1 + 0.80w/W]}$	
10	Rankine	$R = \frac{2AEs}{L} \sqrt{1 + \frac{WhL}{s^2EA} - 1}$	
11	Redtenbacher	$R = \frac{AE}{L} \left[s + \sqrt{s^2 + \frac{wWhL}{AE(w+W)}} \right]$	
12	Pacific Coast Uniform Building Code	$R = \frac{Wh(W + n^2w)}{(W + w) \left(s + \frac{RL}{AE} \right)}$	

สูตรในการตอกเสาเข็ม (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อสูตร	น้ำหนักขี้บัต	หมายเหตุ
9	Navy Mckay	$R = \frac{Wh}{s[1 + 0.80\frac{w}{W}]}$	
10	Rankine	$R = \frac{2AEs}{L} \sqrt{1 + \frac{WhL}{s^2EA}} - 1$	
11	Redtenbacher	$R = \frac{AE}{L} \left[s + \sqrt{s^2 + \frac{wWhL}{AE(w+W)}} \right]$	
12	Pacific Coast Uniform Building Code	$R = \frac{Wh(W + n^2w)}{\frac{(W + w)}{s + \frac{RL}{AE}}}$	
13	MICHIGAN STATE HIGHWAY COMMISSION	$R = \frac{2.5 E_n}{s + 0.0254C} \cdot \frac{W + n^2w}{W + w}$	$C = 1.0$ $E_n = Wh$
14	DANISH	$R_c = \frac{CE_n}{s + \sqrt{\frac{CE_n L}{2AE}}}$	

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม, m²

E = โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุที่ทำเข็ม (คอนกรีตมี E = 2.0 × 10⁶ T/m²)

h = ระยะยกของลูกตุ้ม, m

L = ความยาวของเสาเข็ม (ที่ฝังในดิน), m

l = ความหนาของที่รองหัวเสาเข็ม, m

n = ลัมประสิทธิ์การคืนสภาพ

R = น้ำหนักขี้บัตของเสาเข็มที่ได้จากสูตรการตอกเสาเข็ม, ตัน

s = ระยะทรุดตัวเฉลี่ยของเสาเข็ม, เมตร/ครั้ง

s = 0.30, m/blow
N

N = จำนวนครั้งที่ตอกเสาเข็มในระยะ 0.30 เมตรสุดท้าย

W = น้ำหนักของลูกตุ้มตอกเสาเข็ม, ตัน

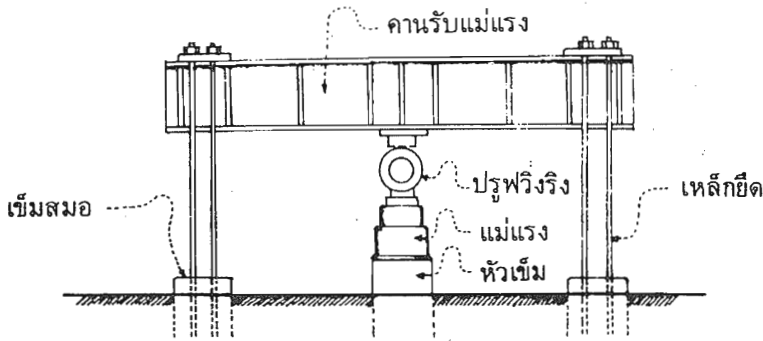
w = น้ำหนักของเสาเข็ม, ตัน

สูตรในการตอกเสาเข็ม (ต่อ)

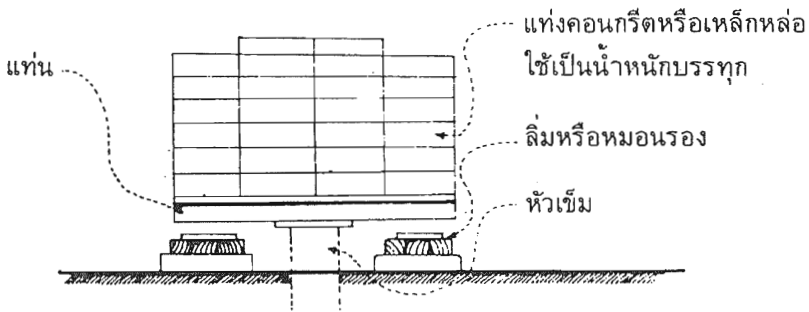
15.	รศ. วิเชียร เต็งอำนวย และสนิท พิพิธสมบัติ	ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและใกล้เคียง เสาเข็มหน้าตัด I และ DH $R = \sqrt{Wh} [44.6 \log (\frac{t}{s}) + 8.22]$ เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส $R = \frac{2.14 Wh}{Ks + \sqrt{0.5ab}}$
<p>เมื่อ R = น้ำหนักวัตต์ของเสาเข็ม, ตัน</p> <p>w = น้ำหนักลูกตุ้มที่ใช้ตอกเสาเข็ม, ตัน</p> <p>h = ระยะยกของลูกตุ้ม, เมตร</p> <p>t = ด้านแคบที่สุดของหน้าตัดเสาเข็ม, เมตร</p> <p>s = ระยะเวลาเฉลี่ยของเสาเข็ม, เมตร/ครั้ง</p> <p>$K = C[1 + \sqrt{1 + \frac{\lambda}{C}}]$</p> <p>$C = 0.75 + 0.15 \frac{W}{P}$</p> <p>$\lambda = \frac{WhL}{AES^2}$ ใช้ $E = 1.8 \times 10^6 \text{ T/m}^2$</p> <p>$a = ewh$ ใช้ $e = 0.80$</p> <p>$b = \frac{L}{AE}$ ใช้ $E = 2.0 \times 10^6 \text{ T/m}^2$</p> <p>$s = \frac{0.30}{N}$</p> <p>N = จำนวนครั้งในการตอก (blow count) ให้เสาเข็มทรุดตัวลง 0.30 เมตร</p> <p>w = น้ำหนักของเสาเข็ม, ตัน</p> <p>A = พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม, m^2</p> <p>L = ความยาวของเสาเข็ม, เมตร</p>		

การทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มโดยวิธี load test

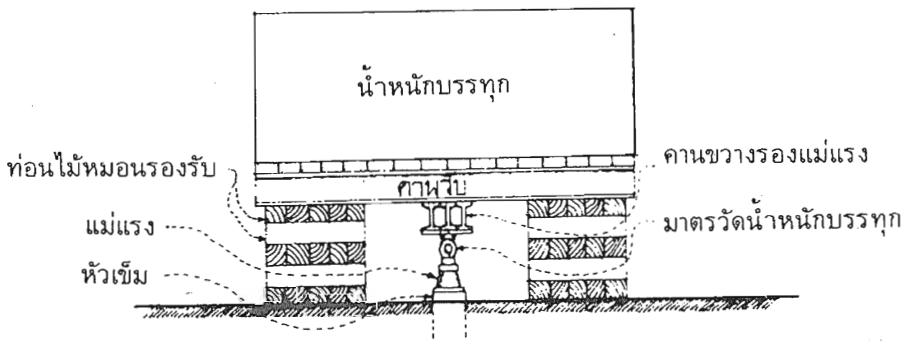
น้ำหนักบรรทุก น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ประกอบ ทำขึ้นโดยวิธีใดวิธีหนึ่งได้ดังนี้-



ก. การทดสอบน้ำหนักบรรทุกโดยใช้เข็มสมอ



ข. การวัดน้ำหนักบรรทุกบนหัวเสาเข็ม



ค. การทดสอบน้ำหนักบรรทุกโดยใช้แม่แรงดันน้ำหนักบนหัวเข็ม

เครื่องมือวัดการทรุดตัวของเสาเข็ม ทำได้ 2 วิธีดังนี้คือ

1. ใช้กล้องระดับที่สามารถอ่านได้ละเอียด 1.0 มม. วัดจากหัวเสาเข็มทดลอง หมุดหลักอ้างอิง (Bench Mark) จะต้องอยู่ห่างจุดทดลองไม่น้อยกว่า 5.0 ม. และปราศจากสิ่งรบกวนใดๆ
2. ใช้ Deflection dial gage ที่อ่านได้ละเอียด 0.02 มม. ให้ดอกเสาหลักห่างจากเสาเข็มทดลองไม่น้อยกว่า 5.0 ม. รอบ ๆ เสาหลัก เทคอนกรีตหยาบหนาประมาณ 20 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 ซม. ทับหน้าไว้ คานที่ใช้ยึด gage กับเสาหลักนี้จะต้องแข็งแรงทนต่อการสั่นสะเทือน ที่ขาของ gage จะต้อง มีแผ่นกระจกหรือแผ่นโลหะผิวเรียบรองรับไว้

รายละเอียดการทดลอง

1. จุดบันทึกลักษณะรายละเอียดของเสาเข็มที่ทดลอง เช่น ผิวคอนกรีตรอยแตกร้าว
2. บันทึกจำนวนดอกของลูกค้อนน้ำหนักต่อความยาวของเสาเข็ม
3. ตัดและซ่อมหรือหล่อเสาเข็มให้เรียบร้อยแล้วปล่อยให้ทิ้งไว้จนกระทั่งคอนกรีตมีความแข็งแรงเพียงพอก่อนทำการบรรทุกน้ำหนัก
4. ในชุดแรกให้เพิ่มน้ำหนักทดสอบเป็นจำนวนหนึ่งเท่าที่ออกแบบไว้ โดยให้เพิ่มน้ำหนักเป็นขั้นดังนี้ 25%, 50%, 75%, 100%
5. ในแต่ละขั้นของน้ำหนักที่เพิ่มให้ใช้อัตราการเพิ่มประมาณ 1 มม.ต่อนาที อ่านค่าทรุดตัวของเสาเข็ม 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 90, 120, 180, 240 นาทีและทุก ๆ 2 ชม.
6. การเพิ่มน้ำหนักแต่ละขั้นกระทำได้อัตราการทรุดตัวลดลงถึง 0.30 มม. ต่อชั่วโมง แต่ต้องมีเวลาของการบรรทุกน้ำหนักในขั้นนั้น ๆ ไม่น้อยกว่า 60 นาที
7. ที่น้ำหนัก 100% ต้องรักษาน้ำหนักทดลองไว้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง
8. ปล่อยน้ำหนักทดสอบทุก ๆ ชั่วโมงและเป็นขั้น ๆ ดังนี้ 50%, 25%, 0%
9. บันทึกค่าคืนตัว Rebound ของเสาเข็มในข้อ 8 ที่ 1, 2, 4, 8, 15, 30, 45 และ 60 นาที แต่ที่น้ำหนัก 0% ให้บันทึกต่อไปทุก ๆ ชั่วโมง จนกระทั่งค่าของการคืนตัวคงที่
10. ชุดสองให้เพิ่มน้ำหนักทดสอบให้เป็นจำนวนสองเท่าที่ออกแบบไว้ โดยให้เพิ่มน้ำหนักเป็นขั้น ๆ ดังนี้ 25%, 50%, 75%, 100%, 125%, 150%, 175%, 200%
11. อ่านค่าทรุดตัวของเสาเข็มที่ 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 90, 120, 180, 240 นาที และทุก ๆ 2 ชั่วโมง
12. การเพิ่มน้ำหนักแต่ละขั้นกระทำได้อัตราการทรุดตัวลดลงถึง 0.30 มม. ต่อชั่วโมง แต่ต้องมีเวลาของการบรรทุกน้ำหนักไม่น้อยกว่า 60 นาที
13. ที่น้ำหนัก 200% ต้องรักษาน้ำหนักทดลองไว้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง
14. ปล่อยน้ำหนักทดสอบทุก ๆ ชั่วโมงและเป็นขั้น ๆ ดังนี้ 150%, 100%, 50%, และ 0%

15. บันทึกค่าคืนตัวของเสาเข็มในข้อ 14 ที่ 1,2,4,8,15,30,45 และ 60 นาทีแต่ที่น้ำหนัก 0% ให้วนต่อไปทุกๆ ชั่วโมงจนกระทั่งค่าของการคืนตัวคงที่
16. การทดสอบหาน้ำหนักสูงสุด (Ultimate load) ให้เพิ่มน้ำหนักเท่ากับ 50% ของน้ำหนักที่ออกแบบไว้ทุกๆ ชั่วโมง จนกระทั่งเสาเข็มทรุดตัวลงเรื่อยๆ และไม่สามารถจะเพิ่มน้ำหนักบรรทุกบนเสาเข็มที่ 1, 2, 4, 8, 15, 30, 45 และ 60 นาทีของแต่ละน้ำหนักที่เพิ่ม

ผลงานที่ต้องแสดง

1. แสดงความสัมพันธ์ของการทรุดตัว-เวลา
2. แสดงความสัมพันธ์ของการน้ำหนัก-เวลา
3. แสดงความสัมพันธ์ของการน้ำหนัก-การทรุดตัว
4. แสดงความสัมพันธ์ของการคืนตัว-เวลา
5. แสดงความสัมพันธ์ของการน้ำหนัก-การคืนตัว

PRESUMED BEARING VALUES UNDER VERTICAL STATIC LOADING

Group	Class	Types of Rocks and Soils	Presumed Bearing Values		Remarks
			kN/m ²		
I Rocks	1	Hard igneous rocks in sound condition	10000	} To be assessed after inspection	These values are based on the assumption that the foundations are carried down to unweathered rock Refer: Foundations of Buildings' Kavanagh. Page 156
	2	Hard sandstones	4000		
	3	Hard shales, hard mudstones and soft sandstones	1000 to 2000*		
	4	Soft shales and soft mudstones	600 to 1000		
	5	Thinly bedded sandstones, shales			
	6	Heavily shattered rocks			
II Non-cohesive Soils	7	Compact gravel, or compact sand and gravel	> 600		Width of foundations (B) not less than 1 m. Groundwater level assumed to be a depth not less than B below the base of the foundation.
	8	Medium dense gravel, or medium dense sand and gravel	200 to 600		
	9	Loose gravel or loose sand and gravel	< 200		
	10	Compact sand	> 300		
	11	Medium Dense sand	100 to 300		
	12	Loose sand	< 100		
III Lateritic soils (reddish brown to yellow friable material with profuse silty soil)	13	Soils with coarse material mixed with stone pieces	300 to 500		
	14	Soil with fine granular material	150		
	15	Soft and silty	100		
IV Cohesive Soils	16	Very stiff clays and hard clays	300 to 600		This group is susceptible to long-term consolidation settlement
	17	Stiff clays	150 to 300		
	18	Medium stiff clays	75 to 150		
	19	Soft clays and silts	< 75		
	20	Very soft clays and silts	Not applicable		

COMPACTION CHARACTERISTICS FOR SOILS AND OTHER MATERIALS USED IN EARTHWORK CONSTRUCTION

(The information given in this table should be taken only as an approximate guide)

Material	Major divisions	Sub-groups	Casagrande group symbol	Suitable type of compacting equipment (For description of plant see subclause 7.7)	Min. no of passes for satisfactory compaction	Max. thickness of loose layer (actual thickness depends on plant used) mm	Approx. dry density to be expected kg per cu. m.	Remarks
COARSE GRAINED SOILS AND OTHER MATERIALS	Boulders and cobbles	Boulder gravels	-	Heavy earth-moving equipment	8	300	1920 - 2240	Maximum size of material will govern the minimum thickness of layer.
	Other Materials	Hard: Hard broken rock, hardcore, etc (no soil binder)	-	Heavy smooth-wheel roller Frog-rammer Heavy vibrating plate	8 4 2	300 380 300	1760 - 2240	As for boulders and cobbles.
		Soft: soft rocks, rubble	-	Track-laying tractor and heavy smooth-wheel roller Frog-rammer	4 4*	200 380	1440 - 1600	Best compaction is obtained by spreading the material with a dozer and compacting with four passes of the roller. In wet weather a smooth wheel roller may prove impracticable due to skidding. In this case adequate compaction can be obtained by using a heavy tractor and thinner layers.

Where one pass is equivalent to 6 to 8 blows per unit area.
Where one pass is equivalent to 2 to 3 blows per unit area.

COMPACTION CHARACTERISTICS FOR SOILS AND OTHER MATERIALS USED IN EARTHWORK CONSTRUCTION

(The information given in this table should be taken only as an approximate guide)

Material	Major divisions	Sub-groups	Casagrande group symbol	Suitable type of compacting equipment (For description of plant see subclause 7.7)	Min. no of passes for satisfactory compaction	Max. thickness of loose layer (actual thickness depends on plant used) mm	Approx. dry density to be expected kg per cu.m.	Remarks
COARSE GRAINED SOILS AND OTHER MATERIALS		Well-graded gravel, gravel-sand mixture, little or no fines	GW	Smooth-wheel roller Pneumatic-tyred roller Vibrating smooth-wheel roller	6	200	2080	A concrete vibrator may be used when these soils are used as subgrade materials. For effective use of a vibrator the soil should be in a relatively dry condition.
		Well-graded gravel-sand mixtures with excellent clay binder	GC		6	200	2080	
		Uniform gravel with little or no fines	GU	Heavy vibrating plate Frog-rammer Power-rammer	2	380	1920	As for GW soils.
		Poorly-graded gravel and gravel-sand mixtures, little or no fines	GP		2*	380	1920	
			Gravel with fines, silty gravel, clayey gravel, poorly-graded gravel-sand-clay mixtures	GF		3*	2000	Close moisture content control is essential.

* Where one pass is equivalent to 6 to 8 blows per unit area.
 * Where one pass is equivalent to 2 to 3 blows per unit area.

COMPACTION CHARACTERISTICS FOR SOILS AND OTHER MATERIALS USED IN EARTHWORK CONSTRUCTION

(The information given in this table should be taken only as an approximate guide)

Material	Major divisions	Sub-groups	Casagrande group symbol	Suitable type of compacting equipment (For description of plant see subclause 7.7)	Min. no of passes for satisfactory compaction	Max. thickness of loose layer (actual thickness depends on plant used) mm	Approx. dry density to be expected kg per cu.m.	Remarks
COARSE GRAINED SOILS AND OTHER MATERIALS		Well-graded sands and gravelly sand, little or no fines	SW	Smooth-wheel roller Pneumatic-tyred roller Vibrating smooth-wheel roller Heavy vibrating plate Frog-rammer Power-rammer	6	200	2000	Vibrating rollers or vibrators will be very satisfactory if the moisture content of the soil is low, but may be uneconomical.
		Well-graded sand with excellent clay-binder	SC		6	200	2000	
		Uniform sands with little or no fines	SU		2	200	1760	As for SW soils.
		Poorly-graded sands, little or no fines	SP		2*	380	1840	
		Sands with fines, silty sands clayey sands, poorly-graded sand-clay mixtures	SF		3*	380	1760	

* Where one pass is equivalent to 6 to 8 blows per unit area.
 * Where one pass is equivalent to 2 to 3 blows per unit area.

Courtesy of SCAL

COMPACTION CHARACTERISTICS FOR SOILS AND OTHER MATERIALS USED IN EARTHWORK CONSTRUCTION

(The information given in this table should be taken only as an approximate guide)

Material	Major divisions	Sub-groups	Casagrande group symbol	Suitable type of compacting equipment (For description of plant see subclause 7.7)	Min. no of passes for satisfactory compaction	Max. thickness of loose layer (actual thickness depends on plant used) mm	Approx. dry density to be expected kg per cu. m.	Remarks	
FINE GRAINED SOILS	Soils having low compressibility	Silt (inorganic) and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands with slight plasticity	ML				1600		
			CL				1520		
	Soils having medium compressibility	Organic silts of low plasticity	Clayey silts (inorganic)	OL	Smooth-wheel roller	4	200	1440	These soils are difficult to compact and the effect of varying the contact pressure should be tried. Close moisture content control should be maintained.
					Pneumatic-tyred roller	4	200		
					Track-laying tractor	10	150		
					Sheepsfoot roller	30	150		
		Silty and sandy clays (inorganic) of medium plasticity	Clays (inorganic) of medium plasticity	MI	Frog-rammer	2*	380	1520	
					Power-rammer	2*	200		
				CI				1520	
				OI				1360	

* Where one pass is equivalent to 6 to 8 blows per unit area.

* Where one pass is equivalent to 2 to 3 blows per unit area.

COMPACTION CHARACTERISTICS FOR SOILS AND OTHER MATERIALS USED IN EARTHWORK CONSTRUCTION

(The information given in this table should be taken only as an approximate guide)

Material	Major divisions	Sub-groups	Casagrande group symbol	Suitable type of compacting equipment (For description of plant see subclause 7.7)	Min. no of passes for satisfactory compaction	Max. thickness of loose layer (actual thickness depends on plant used) mm	Approx. dry density to be expected kg per cu. m.	Remarks
FINE GRAINED SOILS	Soils having high compressibility	Fine sandy and silty soils, elastic silts	MH	Smooth-wheel roller Pneumatic-tired roller Track-laying tractor Sheepfoot roller** Frog-rammer Power-rammer	4 4 10 30 2* 2*	200 200 150 150 380 200	1440	These soils are considered very undesirable for use in earthworks and should not be employed if they are highly compressible.
		Clays (inorganic) of high plasticity, fat clays	CH				1440	It is advisable to compact these soils at the moisture at which no change will occur subsequently.
		Organic clays of high plasticity	OH				1360	As for MH soils.
Fibrous organic soils with very high compressibility			Pt					These soils are entirely unsuitable for earthwork construction.

* Where one pass is equivalent to 6 to 8 blows per unit area.

** Where one pass is equivalent to 2 to 3 blows per unit area.

... For use in dry climates.

FIELD CHARACTERISTICS SOILS AND OTHER MATERIALS USED IN EARTHWORK CONSTRUCTION

Material	Major divisions	Sub-groups	Casagrande group symbol	Drainage characteristics*	Shrinkage or swelling properties	Value as a road foundation	Bulk density before excavation		Coefficient of bulking per cent
							Dry or moist kg per cu m	Saturated kg per cu m	
COARSE GRAINED SOILS AND OTHER MATERIALS	Boulders and cobbles	Boulder gravels	-	Good	Almost none	Good to excellent	-	-	-
		Other Materials	Hard: Hard broken rock, hardcore, etc Soft: soft rocks, rubble	-	Excellent Fair to practically impervious	Almost none Almost none to slight	Very good to excellent Good to excellent	-	1760 - 1920
	Gravel and gravelly soils		Well-graded gravel, gravel-sand mixture, little or no fines	GW	Excellent	Almost none	Excellent	1920 - 2160	2080 - 2320
		Well-graded gravel-sand mixtures with excellent clay binder	GC	Practically impervious	Very slight	Excellent	2000 - 2240	2160 - 2400	
		Uniform gravel with little or no fines	GU	Excellent	Almost none	Good	1520 - 1760	1840 - 2080	10 - 20
		Poorly-graded gravel and gravel-sand mixtures, little or no fines	GP	Excellent	Almost none	Good to excellent	1600 - 1840	1760 - 2000	
		Gravel with fines, silty gravel, clayey gravel, poorly-graded gravel-sand-clay mixtures	GF	Fair to practically impervious	Almost none to slight	Good to excellent	1760 - 1920	1920 - 2080	
		Well-graded sands and gravelly sand, little or no fines	SW	Excellent	Almost none	Excellent to good	1840 - 2000	2000 - 2160	
		Well-graded sand with excellent clay-binder	SC	Practically impervious	Very slight	Excellent to good	1920 - 2080	2080 - 2320	
		Uniform sands with little or no fines	SU	Excellent	Almost none	Fair	1520 - 1840	1840 - 2160	5 - 15
Sands and sandy soils	Poorly-graded sands, little or no fines	SP	Excellent	Almost none	Fair to good	1440 - 1680	1520 - 1760		
	Sands with fines, silty sands clayey sands, poorly-graded sand-clay mixture	SF	Fair to practically impervious	Almost none to Medium	Fair to good	1520 - 1760	1760 - 2000		

* Does not apply to in-situ surface soils.

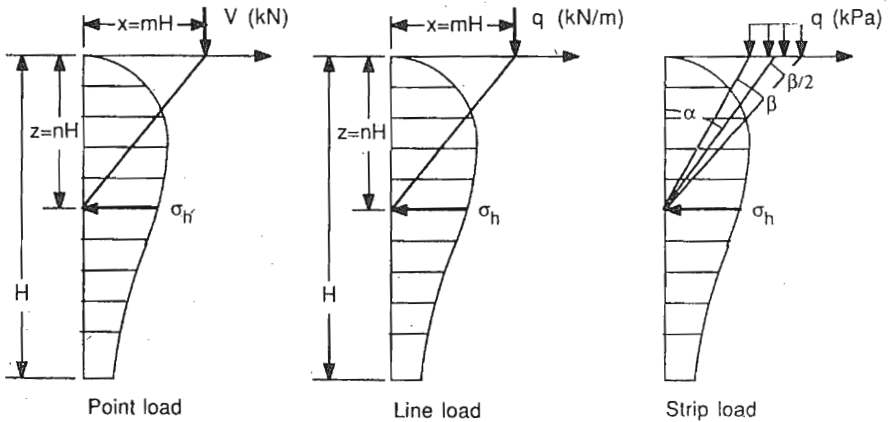
FIELD CHARACTERISTICS SOILS AND OTHER MATERIALS USED IN EARTHWORK CONSTRUCTION

Material	Major divisions	Sub-groups	Casagrande group symbol	Drainage characteristics*	Shrinkage or swelling properties	Value as a road foundation	Bulk density before excavation		Coefficient of bulking per cent
							Dry or moist kg per cu m	Saturated kg per cu m	
FINE GRAINED SOILS	Soils having low compressibility	Silts (inorganic) and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands with slight plasticity	ML	Fair to poor	Slight to medium	Fair to poor	1520 – 1760	1600 – 1760	
		Clayey silts (inorganic)	CL	Practically impervious	Medium	Fair to poor	1600 – 1760	1760 – 1920	20 – 40
	Soils having medium compressibility	Organic silts of low plasticity	CL	Poor	Medium to high	Poor	1440 – 1680	1520 – 1760	
		Silty and sandy clays (inorganic) of medium plasticity	MI	Fair to poor	Medium to high	Fair to poor	1520 – 1760	1600 – 1760	
	Soils having high compressibility	Clays (inorganic) of medium plasticity	CI	Fair to practically impervious	High	Fair to poor	1600 – 1760	1760 – 1920	–
		Organic clays of medium plasticity	OI	Fair to practically impervious	High	Poor	1440 – 1680	1520 – 1760	
	Soils having high compressibility	Micaceous or diatomaceous fine sandy and silty soils, elastic silts	MH	Poor	High	Poor	< 1760	< 1920	
		Clays (inorganic) of high plasticity, fat clays	CH	Practically impervious	High	Poor to very poor	< 1920	< 1920	–
	Fibrous organic soils with very high compressibility	Organic clays of high plasticity	OH [†]	Practically impervious	High	Very poor	< 1760	< 1920	
		Peat and other highly organic swamp soils	PI	Fair to poor	Very high	Extremely poor	< 1760	< 1760	–

* Does not apply to in-situ surface soils.

EFFECT OF SURCHARGE LOADS ON RETAINING STRUCTURES— ELASTIC-EMPIRICAL SOLUTION

Bowles (1982) has presented the following equations, which are based on elastic theory, but have been modified so as to better agree with empirical findings. Refer to Fig. for definition of terms. Typical units are dimensions in meters, loads in kilonewtons, and pressures in kilopascals.



1 POINT LOAD

$$\sigma_h = \begin{cases} \frac{1.77V}{H^2} \frac{m^2 n^2}{(m^2 + n^2)^3} & \text{for } m > 0.4 \\ \frac{0.28V}{H^2} \frac{n^2}{(0.16 + n^2)^3} & \text{for } m \leq 0.4 \end{cases}$$

2 LINE LOAD

$$\sigma_h = \begin{cases} \frac{4q}{\pi H} \frac{m^2 n}{(m^2 + n^2)^2} & \text{for } m > 0.4 \\ \frac{q}{H} \frac{0.203n}{(0.16 + n^2)^2} & \text{for } m \leq 0.4 \end{cases}$$

3 STRIP LOAD

$$\sigma_h = \frac{2q}{\pi} (\beta - \sin \beta \cos 2\alpha)$$

where β is in radians.

Note: In the 4th edition of Bowles' book on Foundation Analysis and Design (McGraw-Hill, 1988) the above approach to calculating the effect of a surcharge on lateral earth pressures is no longer recommended. Instead, reference is made to the original elastic theory by Bousinesq. For a detailed discussion of this problem consult Bowles (1988), pp. 508–511, or the book by Clayton and Milititsky (1986).

TABLE
Analysis of Stability of Natural Slopes


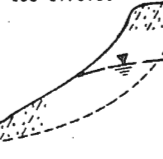
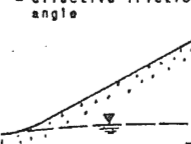

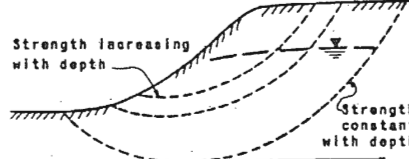
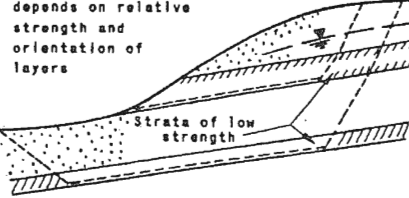
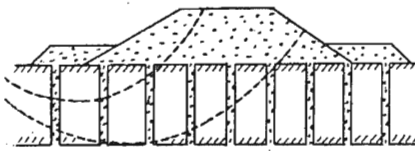
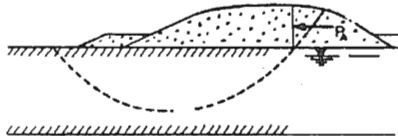
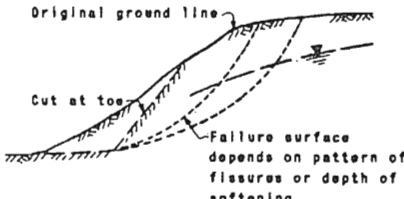
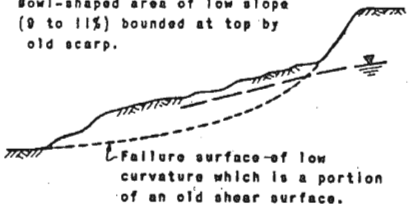
<p>Failure of thin wedge, position influenced by tension cracks</p>  <p>Failure as relatively shallow toe circles</p>  <p>Low ground water High ground water</p> <p>(1) SLOPE IN COARSE GRAINED SOIL WITH SOME COHESION</p>	<p>With low ground water, failure occurs on shallow, straight, or slightly curved surface. Presence of a tension crack at the top of the slope influences failure location. With high ground water, failure occurs on the relatively shallow toe circle whose position is determined primarily by ground water elevation.</p> <p>Analyze with effective stresses using strengths C' and ϕ' from effective stress envelope, applying ground water pressures and possible perched water levels from rainfall.</p>
<p>Stable slope angle = effective friction angle</p>  <p>Stable slope angle = 1/2 effective friction angle</p>  <p>Low ground water High ground water</p> <p>(2) SLOPE IN COARSE GRAINED, COHESIONLESS SOIL</p>	<p>Stability depends primarily on ground water conditions. With low ground water failures occur as surface sloughing until slope angle flattens to friction angle. With high ground water, stable slope is approximately 1/2 friction angle.</p> <p>Analyze with effective stresses using strength ϕ'. Slight cohesion appearing in test envelope is ignored. Special consideration must be given to possible flow slides in loose, saturated fine sands.</p>
<p>Location of failure depends on variation of shear strength with depth</p>  <p>Strength increasing with depth</p> <p>Strength constant with depth</p> <p>Stiff or hard stratum</p> <p>(3) SLOPE IN NORMALLY CONSOLIDATED OR SLIGHTLY PRECONSOLIDATED CLAY</p>	<p>Failure occurs on circular arcs whose position is governed by theory, see Figure 7-2. Position of ground water table does not influence stability unless its fluctuation changes strength of the clay or acts in tension cracks.</p> <p>Analyze with total stresses, zoning cross section for different values of shear strengths. Determine shear strength from U or UU tests or vane shear.</p>
<p>Location of failure depends on relative strength and orientation of layers</p>  <p>Strata of low strength</p> <p>(4) SLOPE IN STRATIFIED SOIL PROFILE</p>	<p>Location of failure plane is controlled by relative strength and orientation of strata. Failure surface is combination of active and passive wedges with central sliding block chosen to conform to stratification.</p> <p>Analyze with effective stress using C and ϕ from CU tests for fine grained strata and ϕ' from drained tests for cohesionless material.</p>

TABLE
Analysis of Stability, Conditions Changing with Time

<p>Location of failure depends on geometry and strength of cross section.</p>  <p>(5) FAILURE OF FILL ON SOFT COHESIVE FOUNDATION WITH SAND DRAINS</p>	<p>Usually, minimum stability obtains during placing of fill. If rate of construction is controlled, allow for gain in strength with consolidation from drainage.</p> <p>Analyze with effective stress using C and ϕ from CU test. Apply estimated hydrostatic excess pressures plus ground water pressures. For rapid construction without observation of pore pressures, use shear strength from U or UU test in total stress analysis.</p>
<p>Failure surface may be rotation on circular arc or translation with active and passive wedges.</p>  <p>(6) FAILURE OF STIFF COMPACTED FILL ON SOFT COHESIVE FOUNDATION</p>	<p>Usually, minimum stability obtains at end of construction. Failure may be in the form of rotation or translation, and both should be considered.</p> <p>For rapid construction ignore consolidation from drainage and utilize shear strengths determined from U or UU tests or vane shear in total stress analysis. If failure strain of fill and foundation materials differ greatly, safety factor should exceed one. Ignoring shear strength of fill. Analyze long-term stability using C and ϕ from CU tests with effective stress analysis, applying pore pressures of ground water only.</p>
<p>Original ground line</p> <p>Cut at toe</p>  <p>Failure surface depends on pattern of fissures or depth of softening.</p> <p>(7) FAILURE FOLLOWING CUT IN STIFF FISSURED CLAY</p>	<p>Release of horizontal stresses by excavation causes expansion of clay and opening of fissures, resulting in loss of cohesive strength.</p> <p>Analyze for short-term stability using C' and ϕ' from effective stress envelope. Analyze for long-term stability with $C' = 0$ and ϕ' from effective stress envelope. With high water table, slope angle will approach $1/2 \phi'$ after a long period.</p>
<p>Bowl-shaped area of low slope (θ to $11\frac{1}{2}$) bounded at top by old scarp.</p>  <p>Failure surface of low curvature which is a portion of an old shear surface.</p> <p>(8) DEPTH CREEP MOVEMENTS IN OLD SLIDE MASS</p>	<p>Strength of old slide mass decreases with magnitude of movement that has occurred previously. Most dangerous situation is in stiff, over-consolidated clay which is softened, fractured, or slickensided in the failure zone.</p> <p>If relatively limited movement has occurred, analyze with effective stresses utilizing ϕ' from effective stress envelope with $C' = 0$. If large movements have occurred, strength will approach a lower limit of ϕ_r. The true angle of internal friction, with $C = 0$.</p>

SLOPE STABILITY FORMULAS

The formulas in this appendix section are for a circular failure surface. Designations are as shown in Fig. A bar indicates an effective stress or strength term (e.g., \bar{c} , \bar{N}). The safety factor F is defined as

$$F = \frac{\text{moment of shear strength along failure arc}}{\text{moment of weight of failure mass and external forces}}$$

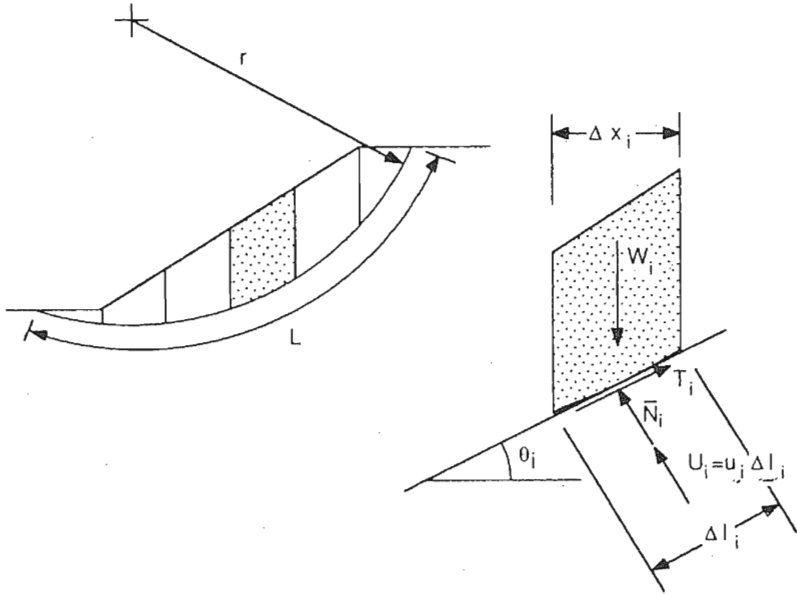
$$F = \frac{M_R}{M_D} = \frac{r \left(\bar{c}L + \tan \bar{\phi} \sum_{i=1}^{i=n} \bar{N}_i \right)}{r \left(\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i \right)} = \frac{\bar{c}L + \tan \bar{\phi} \sum_{i=1}^{i=n} \bar{N}_i}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

1 ORDINARY METHOD OF SLICES

This method is also referred to as the Swedish method or Fellenius method:

$$\bar{N}_i = W_i \cos \theta_i - u_i \Delta l_i$$

$$F = \frac{\bar{c}L + \tan \bar{\phi} \sum_{i=1}^{i=n} (W_i \cos \theta_i - u_i \Delta l_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$



FIGURE

2 SIMPLIFIED BISHOP METHOD

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [\bar{c} \Delta x_i + (W_i - u_i \Delta x_i) \tan \bar{\phi}] [1/M_i(\theta)]}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

$$M_i(\theta) = \cos \theta_i \left(1 + \frac{\tan \theta_i \tan \bar{\phi}}{F} \right)$$

Note that this is an iterative method; F appears on both sides of the equation.

Basis of the Design Charts

General

When a soil mass is subjected to stress, compressive and tensile strains are generated. Reinforcement is placed within the soil mass to maintain equilibrium by accepting stress and consequently redistributing the tensile strains within the soil. The effectiveness of the reinforcement is primarily a function of its strength, stiffness, position within the soil mass and its ability to bond with the soil.

The force in the reinforcement required to maintain the equilibrium, for any possible failure surface in a reinforced soil mass, may be calculated for the situation where the reinforcement intersects the failure surface. The force in the reinforcement may be resolved perpendicular and parallel to the inclination of the failure surface. The component of the force perpendicular to the failure surface acts with the soil friction angle to increase the friction resistance. The component parallel to the failure plane resists the shear forces along the surface.

The resolution of the reinforcement force is illustrated in Fig 3.1.

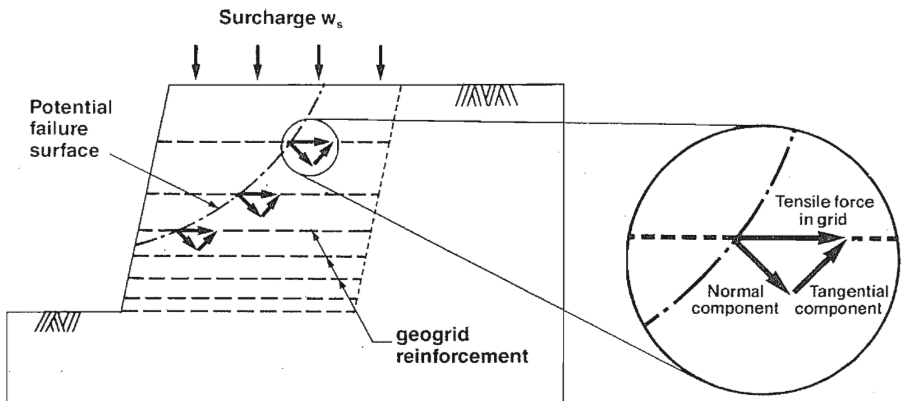


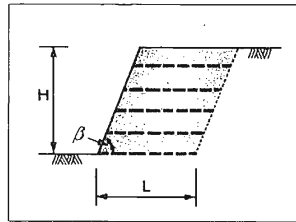
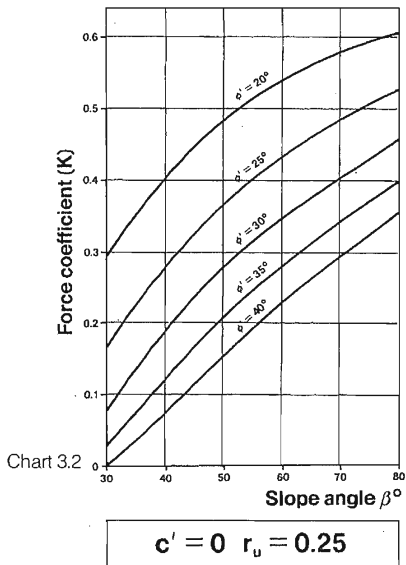
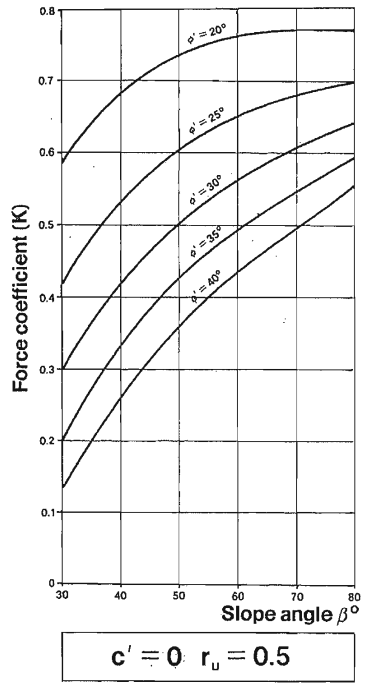
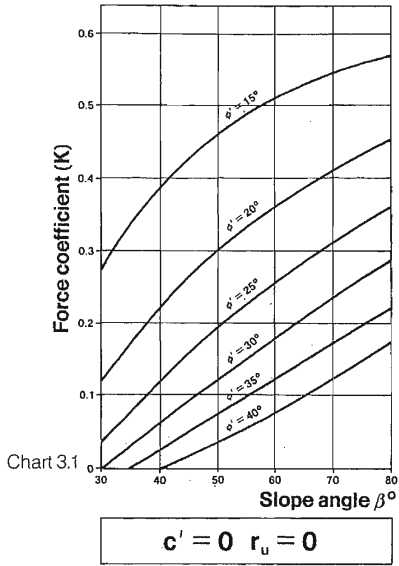
Figure 1

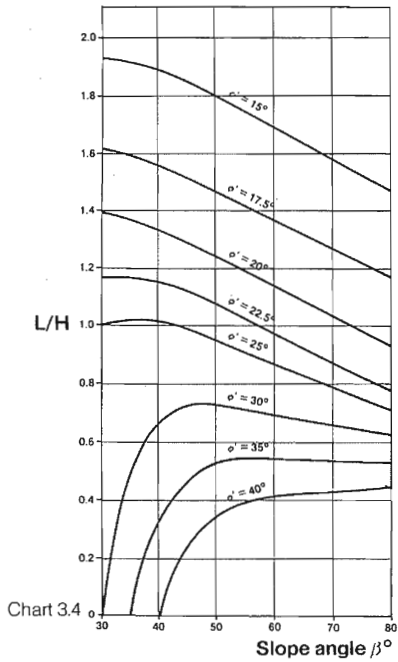
Resolution of forces in grid reinforcement

The horizontal reinforcement layers in the soil need to provide a combined total horizontal force (T) to maintain the embankment in equilibrium. Assuming a Rankine distribution of lateral earth pressure, the magnitude of T can be expressed in terms of an earth pressure coefficient (K) by using the equation:-

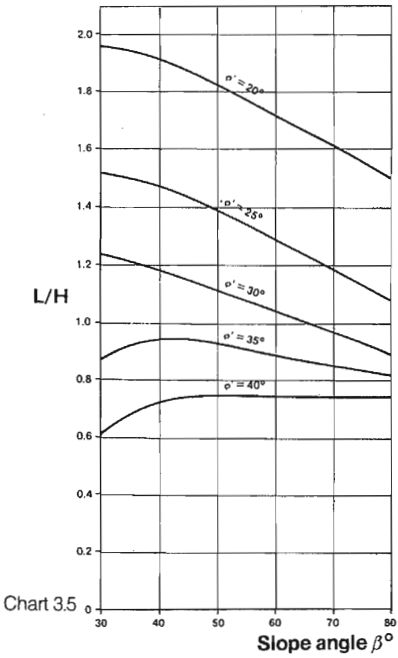
$$T = \frac{1}{2} K \gamma H^2$$

Design Charts 3.1 to 3.3 give values of the earth pressure coefficient (K) for combinations of slope angle (β), soil friction angle (ϕ) and pore water pressure coefficient (r_u).

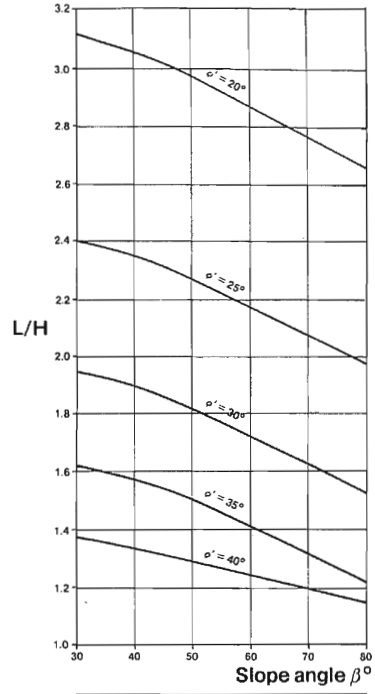




$c' = 0 \quad r_u = 0$



$c' = 0 \quad r = 0.25$



$c' = 0 \quad r_u = 0.5$

Typical geotextile wide-width strength and modulus in reinforcement applications

Application area		Fabric strength, kN/m	Fabric modulus kN/m
No.	Description		
1	Retaining Structures		
	Low height	13.1–17.5	35.0–52.4
	Moderate height	17.5–21.9	43.7–87.4
	High height	21.9–26.2	61.2–175
2	Slope Stabilization		
	Close spacing	13.1–21.9	26.2–61.2
	Moderate spacing	17.5–26.2	35.0–70.0
	Wide spacing	26.2–52.4	43.7–175
3	Unpaved Roads		
	CBR \leq 4	13.1–21.9	52.4–87.4
	CBR \leq 2	17.5–26.2	87.4–175
	CBR \leq 1	21.9–52.4	175–525
4	Foundations (increase in bearing capacity)		
	Nominal	26.2–69.9	175–350
	Moderate	43.7–87.4	350–874
	Large	69.9–175	700–1750
5	Embankments over soft soils		
	Str. > 9.6 kPa*	87.4–262	874–1750
	Str. > 4.8 kPa	175–350	1750–3500
	Str. > 2.4 kPa	262–524	3500–6120
6	Mattress or load support (composites [†])		
	Moderate	350–700	874–1750
	Heavy	700–1050	1750–4370
7	Direct road support (composites [†])		
	Moderate	87.4–875	874–2620
	Heavy	875–2100	2620–7000

Source: Extracted from Koerner and Hausmann (1987).

*Str = soil strength.

[†]Composites are fabrics combined with mats, meshes, and bars, possibly including other than polymer materials.

Range of strength and maximum extension of available geotextiles

Geotextile construction	Tensile strength, kN/m	Elongation (max. load), %
Wovens:		
Monofilaments	20-80	5-35
Multifilaments*	40-800	5-30
Tape	8-90	15-20
Nonwovens:		
Melt-bonded	3-25	20-60
Needle-punched	7-90	50-80
Resin-bonded	4-30	30-50
Knitteds:		
Weft	2-5	300-600
Warp	20-120	12-15
Stitch-bonded	15-800	15-30

Source: Extracted from values presented by Lawson (1982).

*Fibrillated tapes, having a fibrous texture, are included in this category.

The function of fabrics (Geotextile or Geogrid) in major areas of application

Application	Major functions in order of priority*	Special consideration	Most-important properties
Primary roads and railroads	Separation Drainage Reinforcement	Repeated loading	Pore size Permeability Strength Elongation Abrasion
Retaining walls, embankments, and foundations	Reinforcement Separation	Creep	Strength Soil-fabric friction
Unpaved roads	Reinforcement Separation	Repeated loading	Strength Elongation
Erosion protection, subdrains, and seepage control	Filtration Drainage Reinforcement	Rapid changes in water level Construction stresses	Pore size Permeability Strength Abrasion
Soil drainage (accelerate consolidation, reduce water pressures)	Drainage Filtration	Clogging	Transmissivity Pore size

*Brief definition of major functions:

Filtration: The fabric prevents migration of soil particles without impeding water flow.

Drainage: The fabric collects and conveys water.

Separation: The fabric prevents mixing of adjacent dissimilar soils during construction or during repeated external loading of the soil-fabric system.

Reinforcement: The inclusion of the fabric increases the strength of a soil mass, thereby increasing stability or bearing capacity.

Design of vertical, reinforced soil walls

1. External stability

The possible external failure mechanisms are:

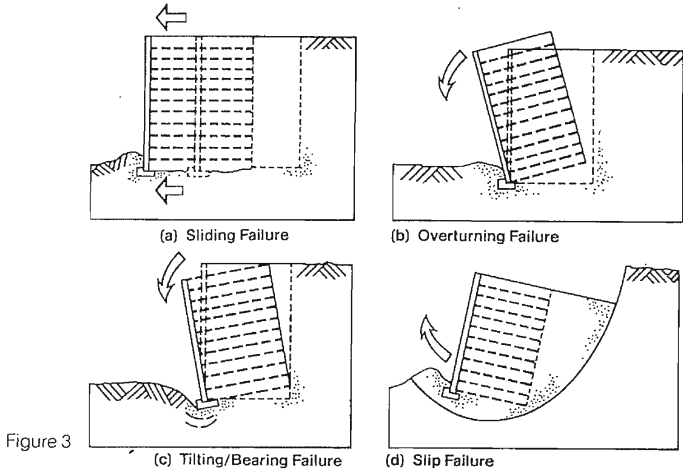


Figure 3

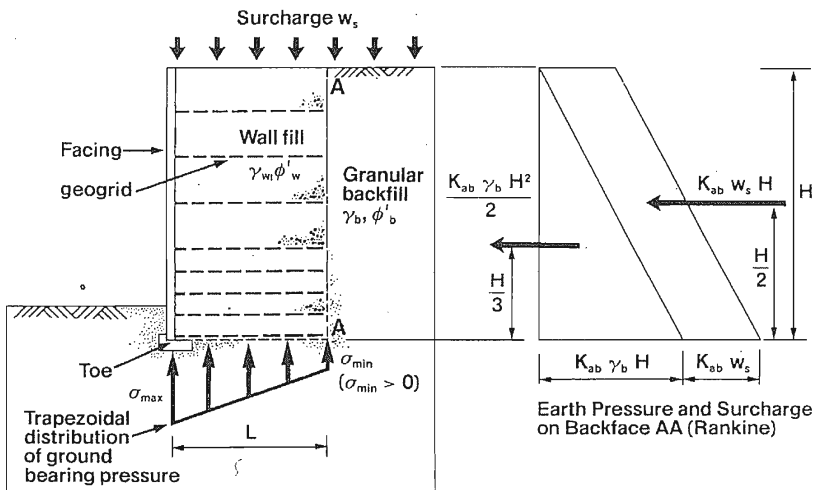


Figure 4

(a) Sliding

$$\text{Factor of Safety against sliding} = \frac{\text{Resisting force}}{\text{Sliding force}}$$

The coefficient of friction on the base of the reinforced soil block is given by μ . Then

$$\text{Factor of Safety} = \frac{\mu(\gamma_w HL + w_s L)}{(K_{ab} \gamma_b H^2/2) + K_{ab} w_s H} = \frac{2\mu(\gamma_w H + w_s)}{K_{ab}(\gamma_b H + 2w_s)(H/L)} \dots (2.1)$$

The minimum Factor of Safety against sliding is usually taken as 2.

(b) Overturning

$$\text{Overturning moment about the toe} = (K_{ab} \gamma_b H^3/6) + (K_{ab} w_s H^2/2)$$

$$\text{Restoring moment about the toe} = (\gamma_w HL^2/2) + (w_s L^2/2)$$

$$\text{Factor of Safety against overturning} = \frac{\text{Restoring moment}}{\text{Overturning moment}} = \frac{3(\gamma_w H + w_s)}{K_{ab}(\gamma_b H + 3w_s)(H/L)^2} \dots (2.2)$$

The minimum Factor of Safety against overturning is usually taken as 2.

(c) Tilting/Bearing Failure

$$\sigma_{\max} = (\gamma_w H + w_s) + K_{ab}(\gamma_b H + 3w_s)(H/L)^2 \dots (2.3)$$

$$\sigma_{\min} = (\gamma_w H + w_s) - K_{ab}(\gamma_b H + 3w_s)(H/L)^2 \dots (2.4)$$

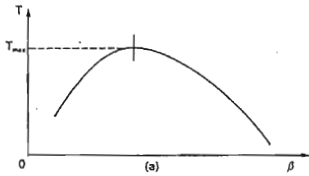
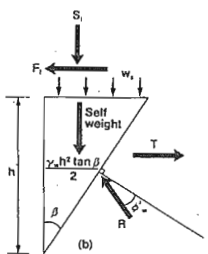


Figure 15



(b) Wedge/Pull-Out Failure

(i) Mobilising force

In the general case, for a wedge of weight W

$$T = \frac{W}{\tan(\phi'_w + \beta)} \quad \dots (2.12)$$

In the simple case of a surcharged, vertical wall (i.e. $F_1 = 0, S_1 = 0$) constructed with cohesionless fill, it can be shown that the total force (T) in the grids is given by

$$T = \frac{h \tan \beta (\gamma_w h + 2w_w)}{2 \tan(\phi'_w + \beta)} \quad \dots (2.13)$$

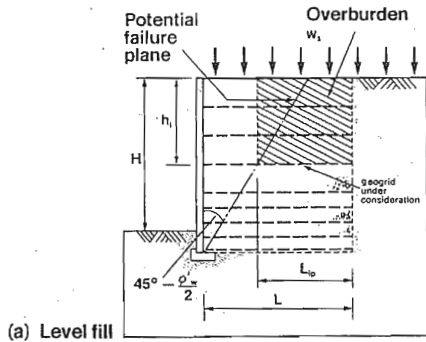
and that the maximum value of T occurs when $\beta = 45^\circ - \frac{\phi'_w}{2}$

A more general case is shown in Figure 13 where

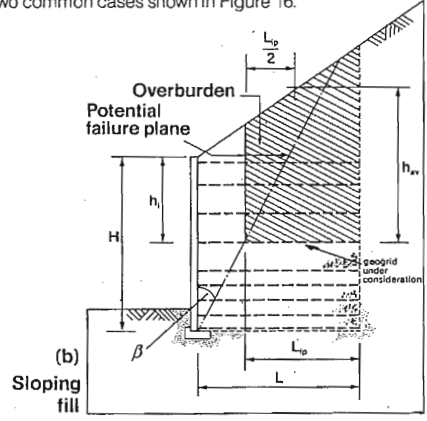
$$T = \left[\frac{h \tan \beta (\gamma_w h + 2w_w) + 2S_1}{2 \tan(\phi'_w + \beta)} \right] + F_1 \quad \dots (2.14)$$

(ii) Resisting force

Consider the two common cases shown in Figure 16.



(a) Level fill



(b) Sloping fill

Figure 16

The anchorage force T_{av} available in a grid at depth h_i with anchorage length L_{ip} is determined using one of the following equations:

Case (a) Level backfill (with surcharge)

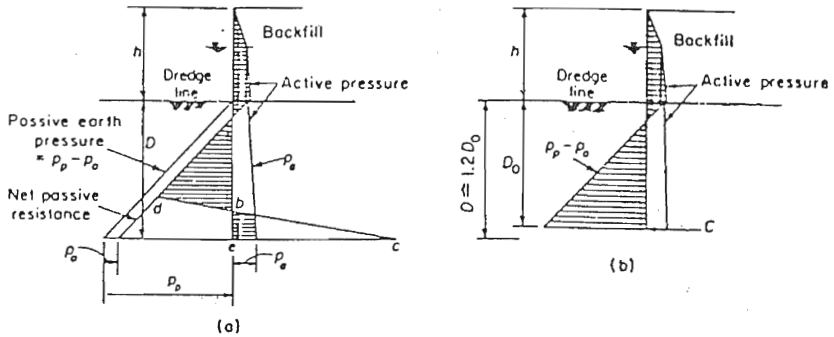
$$T_{al} = \frac{L_{ip} \times 2 \alpha \tan \phi'_w (\gamma_w h_i + w_w)}{\text{Factor of safety}} \quad \dots (2.15)$$

Case (b) Sloping backfill (no surcharge)

$$T_{al} = \frac{L_{ip} \times 2 \alpha \tan \phi'_w \gamma_w h_{av}}{\text{Factor of safety}} \quad \dots (2.16)$$

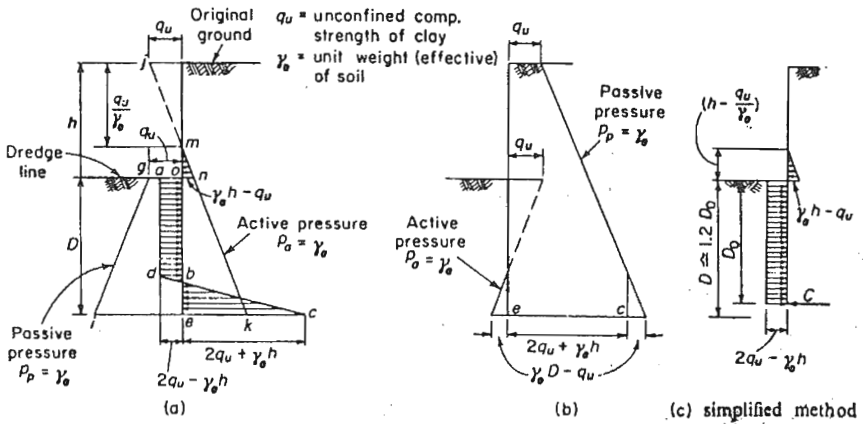
α is the coefficient of interaction which varies with both the type of soil and the grid. This coefficient is usually obtained from a 300mm direct shear box or suitable pull-out tests. Typical values of this coefficient are in the range of 0.9 to 1.0 for granular fills and < 0.9 for cohesive fills.

Design of cantilever sheetpiling in granular soils.

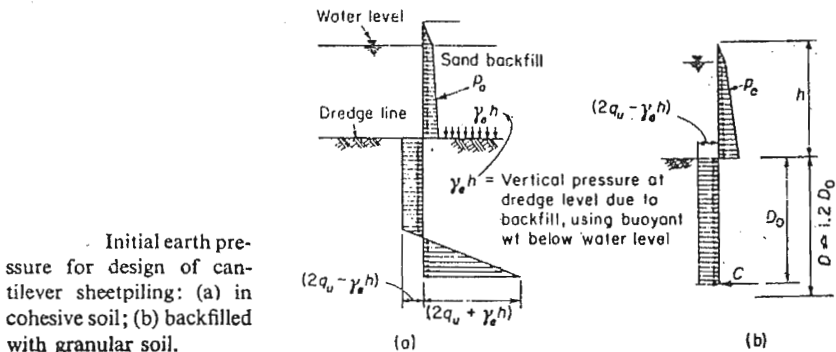


Design of cantilever sheetpiling in granular soils: (a) conventional method; (b) simplified method.

Design of cantilever sheetpiling in cohesive soils.

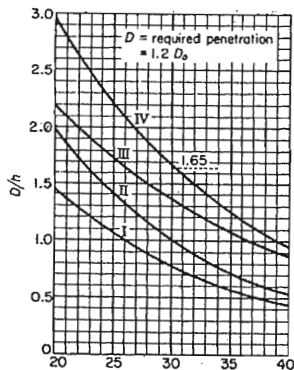


Initial earth pressure for design of cantilever sheetpiling entirely in cohesive soil.



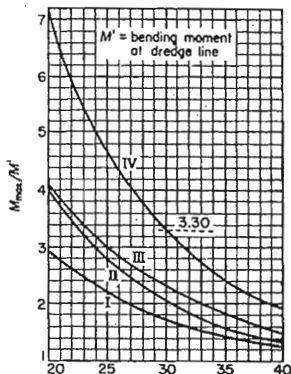
Initial earth pressure for design of cantilever sheetpiling: (a) in cohesive soil; (b) backfilled with granular soil.

Design charts for cantilever sheetpiling in granular soils. From Rombas. Paris.



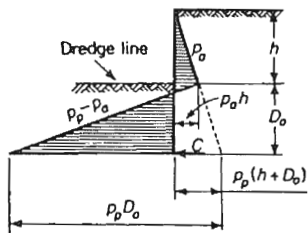
ϕ = angle of internal friction, degrees

Charts for Depth of penetration

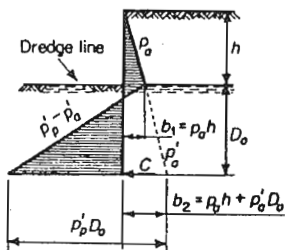


ϕ = angle of internal friction

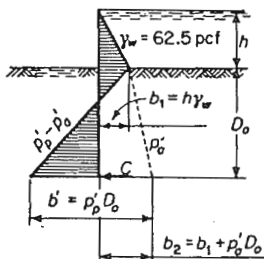
Charts for Bending Moment



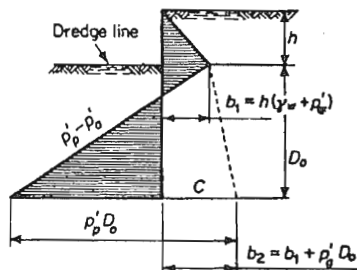
Case I Water below bottom of piling



Case II Water level at dredge line



Case III Piling subjected to hydrostatic pressure only



Case IV Water level at ground surface

Example

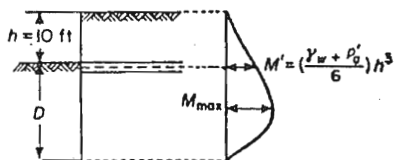
For case IV with $h = 10$ ft

$$\phi = 30^\circ \quad \gamma' = 70 \text{ pcf} \quad \rho_o = 23.2 \text{ pcf}$$

$$\frac{D}{h} = 1.65 \quad D = 1.65 \times 10 = 16.5 \text{ ft}$$

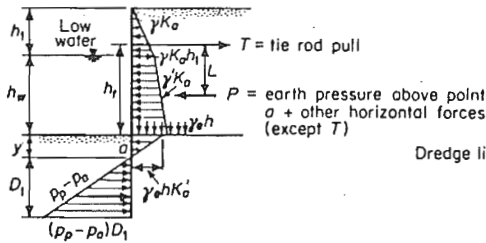
$$M = (62.5 + 23.2) \frac{10^3}{6} = 14,700 \text{ ft lb}$$

$$\frac{M_{\max}}{M'} = 3.30$$



Design of anchored sheetpiling by free-end method.

In Granular Soil



In Cohesive Soil

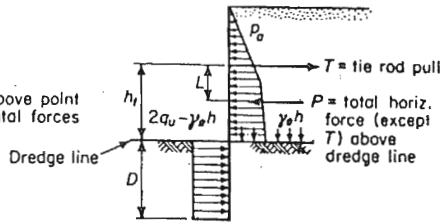


Fig. 12-13 Design of anchored sheetpiling by free-end method.

In granular soil:

1. Select appropriate values for active and passive earth pressure.
2. Calculate weight of overburden and surcharge load at the dredge level, $\gamma_e h$.
3. Locate point of zero pressure $y = \gamma_e h k'_a / (p_p - p_a)$
4. Take moment about tie rod level:

$$L_P - \frac{1}{2}(p_p - p_a)D_1^2(h_t + y + \frac{2}{3}D_1) = 0$$

Solve for D_1 .

5. Compute tie rod tension $T = P - \frac{1}{2}(p_p - p_a)D_1^2$
6. Determine maximum bending moment at point of zero shear, as in the case of ordinary flexural member.
7. Select pile section for the maximum moment or use the moment reduction theory, Sec. 12-10.
8. Add 20 to 40 per cent to D_1 to provide for safety margin, or divide p_p by a factor of safety of 1.5 to 2.0 in steps 3 and 4.

In cohesive soil:

1. Select appropriate values for active earth pressure p_p .
2. Calculate weight of overburden and surcharge load at the dredge level, $\gamma_e h$.
3. Evaluate the unconfined compression strength q_u of the cohesive soil.
4. Take moment about tie rod level

$$LP - (2q_u - \gamma_e h)D(h_t + \frac{1}{2}D)$$

Solve for D .

5. Compute tie rod tension $T = P - (2q_u - \gamma_e h)D$
6. Determine maximum moment at point of zero shear.
7. Select pile section for the maximum moment, or use the moment reduction theory, Sec. 12-10.

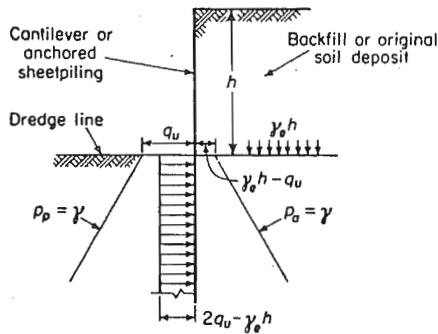
Stability of Sheetpiling in Cohesive Soils

The stability number S which is defined as (Rowe, 1957):

$$S = \frac{c}{\gamma_e h}$$

in this equation and in the following discussion, the following symbols are used:

- c = the cohesion of the soil below the dredge line;
- γ_e = the effective unit weight of the soil above the dredge line = moist unit weight above water level, and buoyant unit weight below water level;
- h = the height of the soil above the dredge line, including the height of equivalent surcharge load, if any;
- q_u = unconfined compression strength of the soil below the dredge line = $2c$;
- γ = unit weight of the soil below the dredge line.



Stability of sheetpiling in cohesive soils.

To include the effect of adhesion c_a between the cohesive soil and the sheetpiling, this equation is modified as

$$S = \frac{c}{\gamma_e h} \sqrt{1 + \frac{c_a}{c}}$$

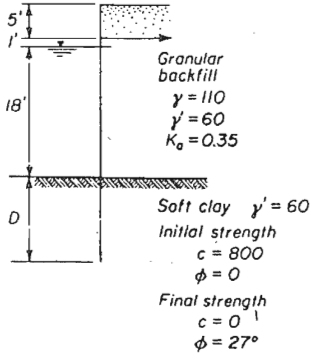
where c_a = the wall adhesion. The value of $\sqrt{1 + c_a/c}$ may be taken as 1.25 for the design purposes

Design of Anchored Sheetpiling in Cohesive Soil
by Free-end Method

DE 12-2

Anchored
Sheetpiling

Sh. 1 of 2



Stability

$$110 \times 6 = 660$$

$$60 \times 18 = 1080$$

$$\gamma_e h = 1740 \text{ psf}$$

$$S = \frac{1.25c}{\gamma_e h} = \frac{1.25 \times 800}{1740} = 0.575$$

$$F.S. = \frac{0.575}{0.30} = 1.92 \text{ ok}$$

Initial Pressure

$$2q_u = 4c = 3200$$

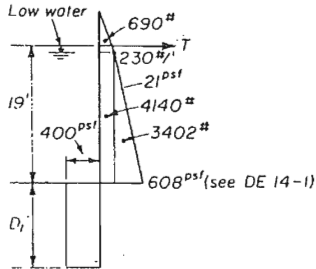
$$\gamma_e h = \frac{1740}{1460 \text{ psf (ultimate)}}$$

Use $F.S. = 1.5$ for cohesive strength

$$c' = 800/1.5 = 533 \text{ psf allowable}$$

$$4c' = 2140$$

$$\gamma_e h = \frac{1740}{400 \text{ psf for design}}$$



Take moment about tie level:

$$M = 41,400 + 44,200 - 690$$

$$= 84,990 \text{ ' \#}$$

$$= 400D_1(19' + \frac{D_1}{2})$$

$$D_1 = 9.0'$$

(final pressure governs)
see next sheet

Take moment about $D_1/2$:

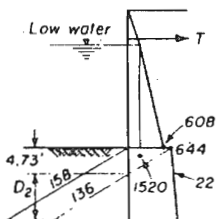
$$T = \frac{108,400}{23.5} = 4630 \text{ \#}$$

Pt. of zero shear at X' below low water:

$$4630 = 690 + 230X + \frac{1}{2}(21)X^2 \quad X = 11.3'$$

$$\text{Max } M = 4630 \times 12.3 - 690 \times 13.3 - \frac{1}{2}(230)11.3^2 - \frac{1}{6}(21)(11.3)^3$$

$$= 28,000 \text{ ' \#}$$

Final Pressure

$$\phi = 27^\circ \quad K_o = \tan^2(45 - 13.5) = 0.37 \quad \times 1740 = 644$$

$$K_p = \tan^2(45 + 13.5) = 2.65$$

$$60 \times 0.37 = 22 \text{ psf/ft}$$

$$\times 2.65 = 158 \text{ psf/ft}$$

$$\frac{644}{136}$$

$$= 4.73' \quad \times \frac{1}{2}(644) = 1520^*$$

Take moment about tie level:

$$84,990 + 1520 \times (19 + 158) = 116,290^*$$

$$= \frac{1}{2} \times 136 D_2^2 (23.73 + \frac{2}{3} D_2)$$

$$D_2 = 7.7'$$

$$\frac{4.73}{7.7}$$

$$\text{Total penetration} = 12.43' \quad \text{Use } 12'-6'' \quad (\text{governs})$$

Take moment at $\frac{2}{3}D_2$:

$$T = 5760^* \text{ ft}' \quad (\text{governs})$$

Pt. of zero shear at X ft below low water:

$$5760 = 690 + 230X + \frac{1}{2}(21)X^2 \quad X = 13.9'$$

$$\text{Max } M = 5760 \times 13.9 - 690 \times 15.9 - \frac{1}{2}(230)(13.9)^2 - \frac{1}{6}(21)(13.9)^3$$

$$= 37,400^* \text{ ft}' \quad (\text{governs})$$

Moment Reduction

From Fig. 12-16(b)

$$S = 0.575 \quad \alpha = \frac{24}{36.5} = 0.66$$

Reduction ratio = 0.56 for working stress

$$M = 37.4 \times 0.56 = 21.0^* \text{ k}$$

$$\times \frac{12}{18} = 14.0^* \text{ reg'd.}$$

$$\text{MP-110} = 15.3$$

Check MP-110

$$\rho = \frac{H^4}{EI} = \frac{(36.5)^4}{29(10)^6 65.4} = 0.000936$$

$$\log \rho = 4.97 = -3.07$$

Interpolated between $\log \rho = -3.1$ and -2.6

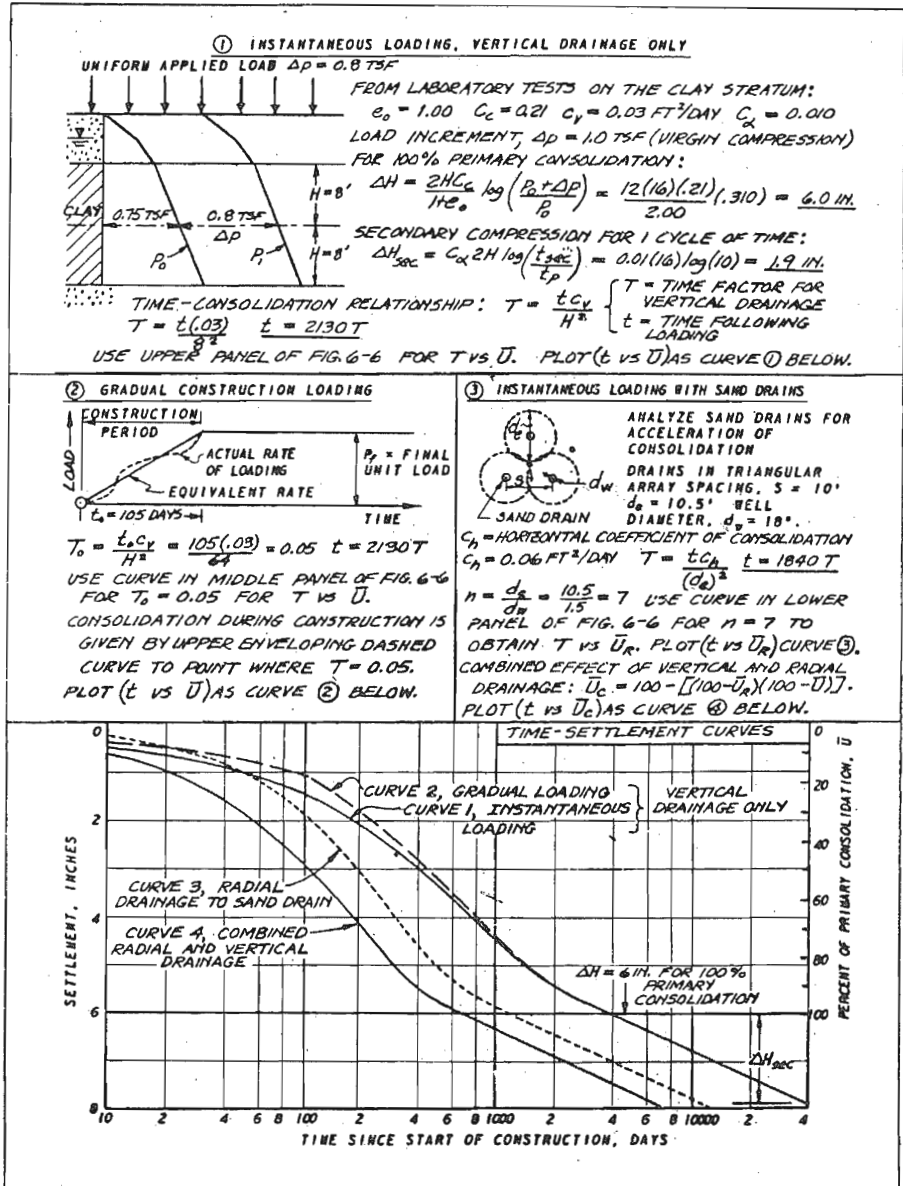
Reduction ratio = 0.62

$$M = 0.62 \times 37.4 = 23.1^* \text{ k}$$

$$\times \frac{12}{18} = 15.0^* \text{ reg'd.}$$

$$\text{MP-110} = 15.3 \text{ ok}$$

VERTICAL DRAIN



FIGURE

Example of Computation of Settlement Time Rate

VERTICAL DRAIN

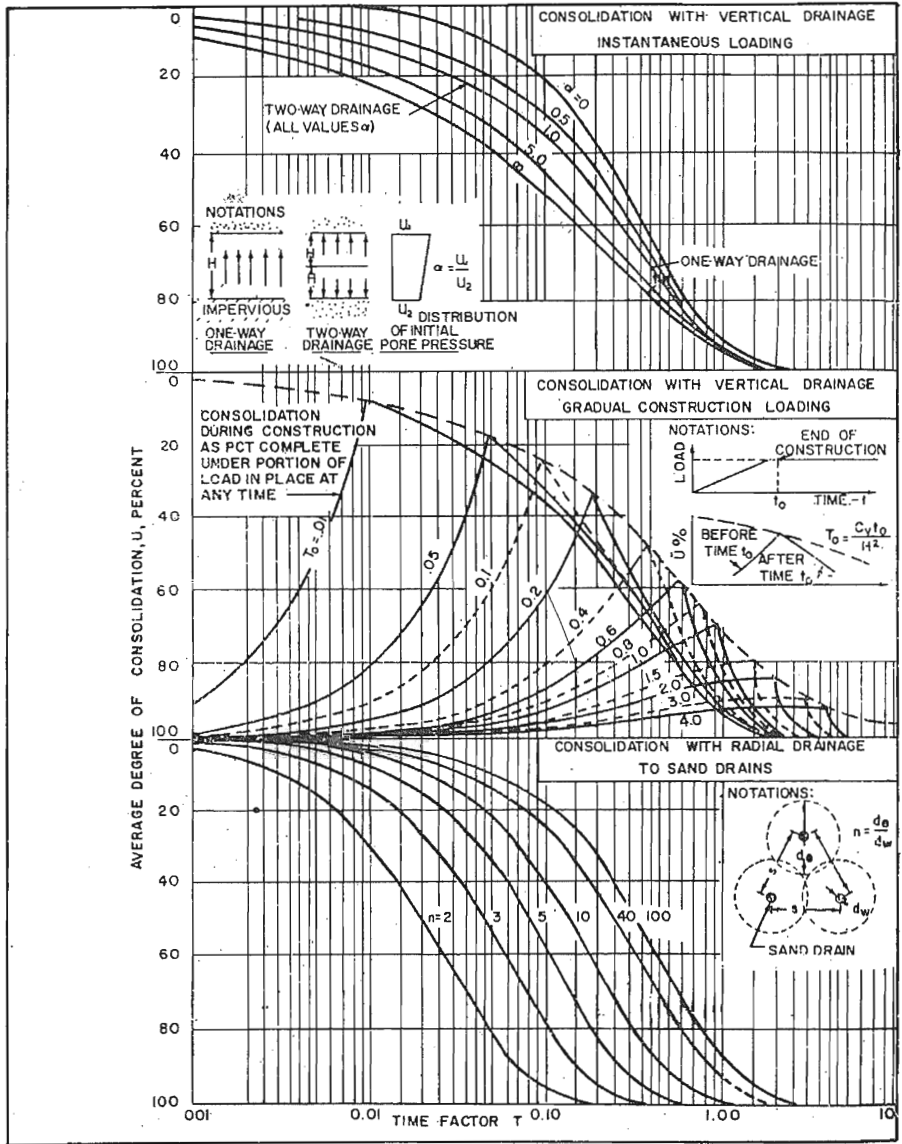


FIGURE
Time Factors for Consolidation Analysis

VERTICAL DRAIN

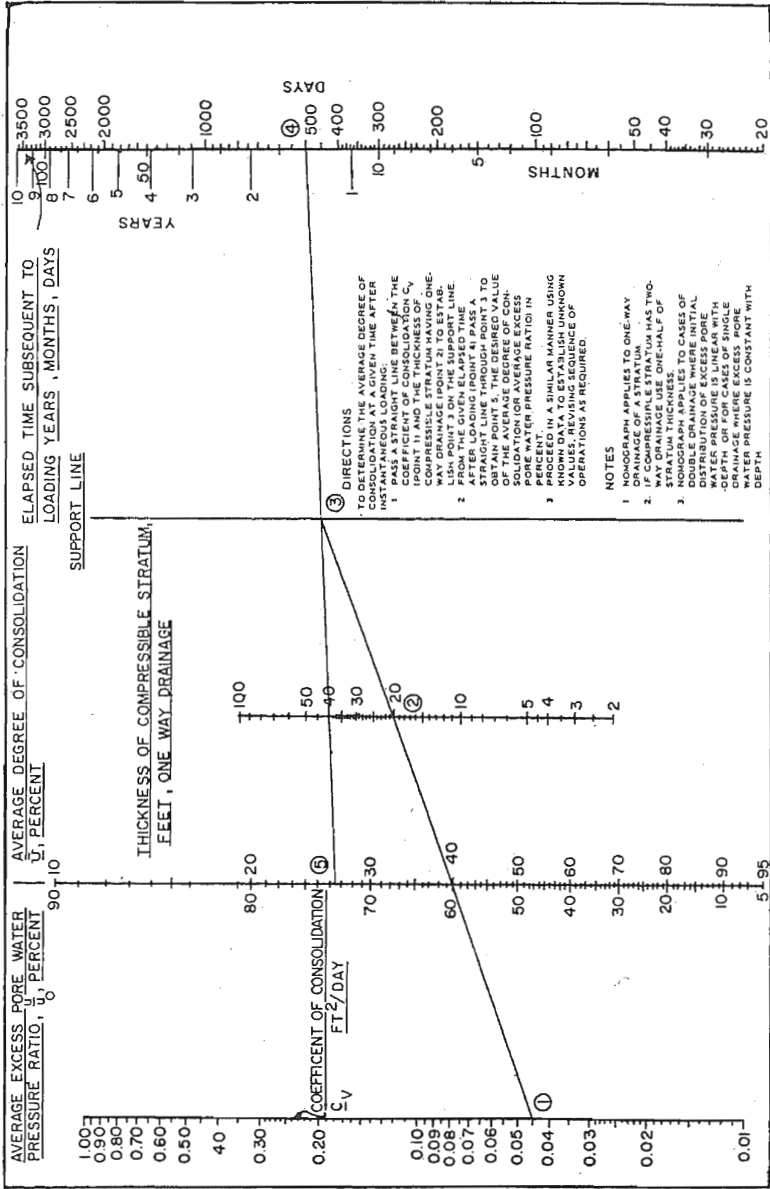


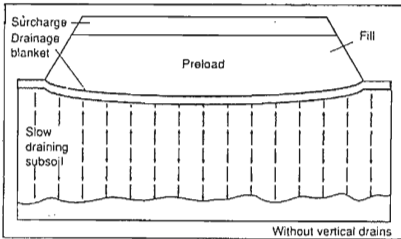
FIGURE
 Nomograph for Consolidation With Vertical Drainage

DESIGNING WITH PREFABRICATED VERTICAL WICK DRAINS

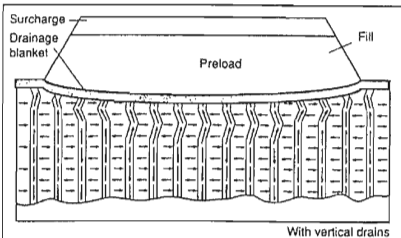
Introduction

Because of the very low clay permeability, its primary consolidation takes too long to complete. To shorten this consolidation time, vertical drains are installed to create artificial drainage paths as well as shorten these drainage paths. This method of using vertical drains is usually done in conjunction with preloading by surcharge embankment or vacuum pressure. In this ground improvement method, the pore water squeezed out during the consolidation of the clay due to the hydraulic gradients created by preloading, can flow faster in the horizontal direction towards the drain and flow freely along the drains vertically towards the more permeable layers. Thus, the installation of vertical drains in the clay reduces the length of the drainage paths thereby reducing the time to complete the consolidation process. Consequently, the higher horizontal permeability of the clay is also taken advantage.

The purposes of vertical drain installation are twofold. Firstly, to accelerate the consolidation process of the clay subsoil, and, secondly, to gain rapid strength increase to improve the stability of structures on weak clay foundation.



Without inserting floodrain, dissipation of excess pore pressure is a slow process.



With floodrain the shear strength increases rapidly preventing stability problems.

Consolidation with Vertical Drains

Barron(1984) presented the first exhaustive solution to the problem of consolidation of a soil cylinder containing a central drain. Barron's theory enable one to solve the problem of consolidation under two conditions, namely: i) free vertical strain and ii) equal vertical strain. In the case of equal strain, the differential equation governing the consolidation process is given as:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right) \dots\dots\dots(1)$$

where u is the average excess pore pressure at any point and at any given time, t , after an instantaneous increase of total vertical stress; r is the radial distance of the considered point from the center of the drained soil cylinder; and c_h is the horizontal coefficient of consolidation. For the case of radial consolidation only, the solution of Barron (1984) under ideal conditions (no smear and no well resistance) is as follows:

$$\bar{U}_h = 1 - \exp \left[\frac{-8T_h}{F(n)} \right] \dots\dots\dots(2)$$

where:

$$T_h = \frac{c_h t}{D_o^2} \dots\dots\dots(3)$$

$$F(n) = I_n(D_o/d_w) - 3/4 \dots\dots\dots(4)$$

and D_o is the diameter of the equivalent soil cylinder, d_w is the equivalent diameter of the drain, and n is the spacing ratio equal to D_o/d_w .

Hansbo (1979) modified the equations developed by Barron (1948) for prefabricated band drains applications. The modified expression exchanged the term $F(n)$ in Equa. 2 by a term F defined as follows:

$$F = F(n) + F_s + F_r \dots\dots\dots(5)$$

where F is the factor which expresses the additive effect due to the spacing of the drains, $F(n)$; smear effect, F_s ; and well resistance, F_r . The first factor is defined in Equa. 4. The second and third factors are defined as follows:

$$F_s = [(k_h/k_s) - 1] I_n (d_s/d_w) \dots\dots\dots(6)$$

$$F_r = \pi z (L - z) k_w/q_w \dots\dots\dots(7)$$

where d_s is the equivalent diameter of the smeared zone around the drain; k_s is the coefficient of horizontal permeability in the disturbed zone; z is the distance from the drainage end of the drain; L is the length of the drain when drainage occurs at one end only; L is half the length of the drain when drainage occurs at both ends. k_h is the coefficient of horizontal permeability of the undisturbed soil; and q_w is the discharge capacity of the drain at hydraulic gradient of 1.

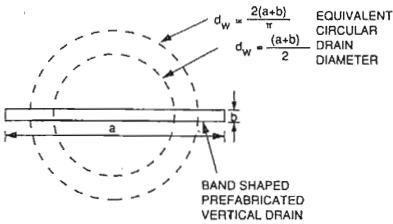
Drain Properties and Influence Zone

The equivalent diameter of a band-shaped drain, d_w , is defined as the diameter of circular drain which has the same theoretical radial drainage performance as the band-shaped drain. For design purposes, Hansbo (1979) proposed the following expression:

$$d_w = 2(a + b) / \pi \quad \dots\dots\dots (8)$$

where a is the width and b is the thickness of the band-shaped drain. Subsequent finite element studies by Rixner et al. (1986) and supported by Hansbo (1987) suggested the following expression:

$$d_w = (a + b) / 2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

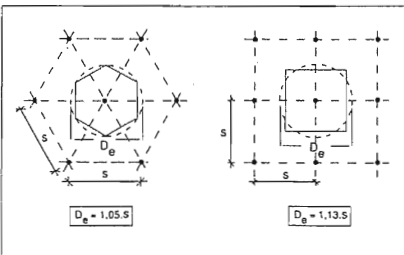


Equivalent Diameter of Prefabricated Vertical Drain.

The time to achieve a given degree of consolidation is a function of the square of the equivalent diameter of soil cylinder being drained, D_e . The spacing, S , between drains established D_e through the following expression:

$$D_e = 1.13S \quad (\text{square pattern}) \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$D_e = 1.05S \quad (\text{triangular pattern}) \quad \dots\dots\dots (11)$$



Smear Effects and Disturbances

For design purpose, it has been evaluated by Jamiolkowski et al. (1981) that the diameter of the disturbed zone, d_s , can be related to the cross-sectional diameter of the mandrel as follows:

$$d_s = \left(\frac{5 \text{ to } 6}{2} \right) d_m \quad \dots\dots\dots (12)$$

where d_m is the diameter of a circle with an area equal to the cross-sectional area of the mandrel. Hansbo(1987) recommended the following expression based on the results of Holtz and Holms (1973) and Akagi (1979):

$$d_s = 2d_m \quad \dots\dots\dots (13)$$

This relationship has been verified by Bergado et al. (1991). Thus, the influence of smear increases with increasing mandrel diameter.

For soils with pronounced macrofabric, the ratio of horizontal, k_h , to vertical, k_v , permeabilities can be as much as 10. This beneficial effect of soil stratification of greater horizontal permeability can be reduced or completely eliminated in the smeared zone. Thus, the permeability of the smeared zone, k_s , can be expressed approximately as:

$$k_s = k_v \quad \dots\dots\dots (14)$$

This result was confirmed by Hansbo (1987) and Bergado et al (1991).

Parameter Effects on Consolidation Time

Taking into consideration both the smear effects and well resistance, the time, t , for a given degree of consolidation, U_v , is given as:

$$t = \frac{D_e^2}{8c_h} \{ [1 + n(D_e/d_w) - 3/4] + (k_h/k_s - 1) n(d_s/d_w) + \pi z(L-z)k_v/q_w \} \frac{1}{1 - U_h} \quad \dots\dots\dots (15)$$

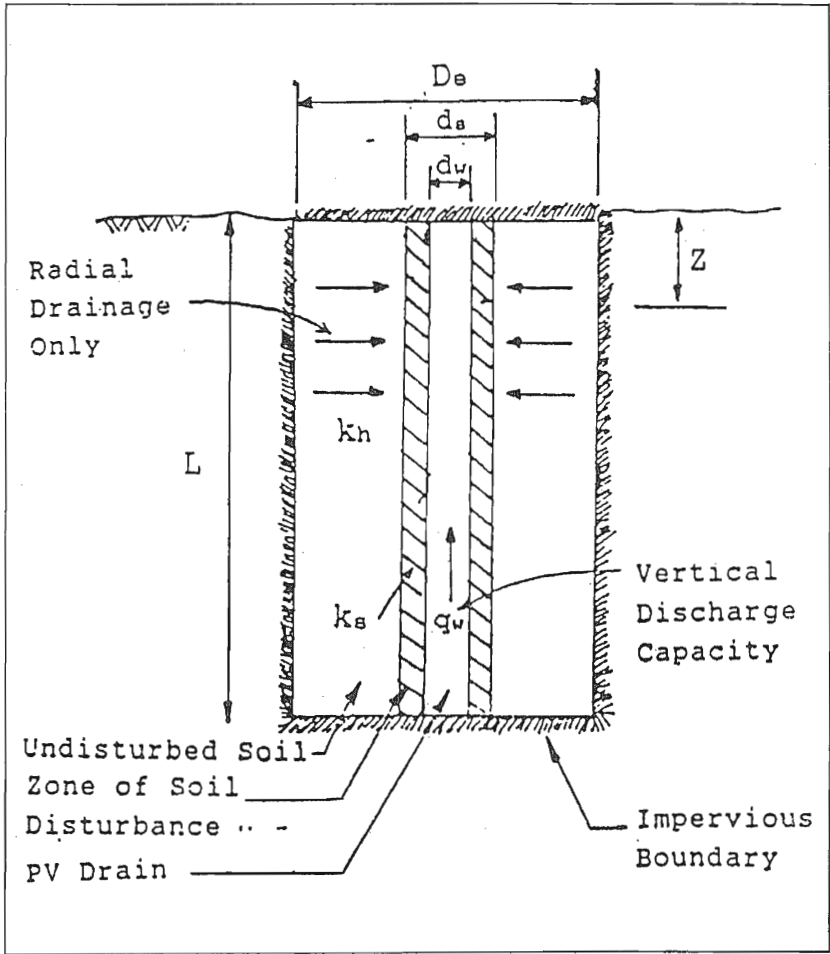
The relative effects of key parameters in Equa. 15 were investigated for a given case (Rixner et al, 1986). The greatest potential effect on consolidation time, t , is due to the variations of c_h and D_e . The value of c_h which can easily vary by a factor of 10, has the most dominant effect on t . D_e can vary by a factor of about 2 to 3 and has considerable influence due to D_e^2 term. D_e reflects the effects of drain spacing. The effects of the properties of the disturbed zone (k_s and d_s) can also be significant. The equivalent diameter of the drain, d_w , has only minimal influence on t .

Rate of Consolidation

The principal objective of soil precompression with vertical drains is to achieve the desired degree of consolidation within a specified period of time. With vertical drains, the overall degree of consolidation, \bar{U} , is the result of the combined effects of horizontal (radial) and vertical drainage. The combined effects is given by Carillo (1942) as follows:

$$\bar{U} = 1 - (1 - \bar{U}_h)(1 - \bar{U}_v) \quad \dots\dots\dots (16)$$

where \bar{U}_h and \bar{U}_v are average degrees of consolidation due to horizontal and vertical drainage, respectively.



Typical Range of Values

1 Vertical drain

Discharge Capacity, q_v ($\times 10^{-4}$ m³/s)

Confining Pressure	Properties
kN/m ²	
50	165
150	101
250	74
350	60
350 after 28 days	30

Filter Type

Equivalent Diameter

$dw = (a + b) / 2$	52
$dw = 2(a + b) / \pi$	66

Core Properties

Structure	Double Cusped
Polymer	High Density Polyethelene

Filter Properties

Permeability	EMPA/ITF		
	@ 2 kPa	$\times 10^{-4}$ m/s	20
	@ 200 kPa	$\times 10^{-4}$ m/s	10
Pore Size	Dry Sieving	BS 6906 Pt. 2	
	O ₅₀	microns	50
	O ₉₀	microns	60
	O ₉₅ (EOS)	microns	70

2 Typical Values of Key Ratios and Factors

Permeability Ratio	$k_v/k_s = 1$ to 15
Permeability Ratio	$k_v/k_s = 1$ to 10
Smear Diam. Ratio	$d_e/d_w = 2$ to 7
Spacing Ratio	$D_e/d_w = 5$ to 100 or n
Spacing Factor	$F(n) = 0.86$ to 3.86 ($n = 5$ to 100)
Smear Factor	$F_s = 0$ to 7
Well-resistance	$F_r = 0$ to 2

3 Coefficient of Consolidation

	C_v (m ² /s)
Sandy silt	1×10^{-7} to 1×10^{-6}
Peat	1×10^{-8} to 1×10^{-6}
Clay	1×10^{-8} to 1×10^{-6}
Bangkok Clay	1×10^{-8} to 1×10^{-6}

4 Coefficient of Permeability of Soils

Soil Type	k_v (m/s)	k_v/q_v^* (m ²)
Sandy silt	1×10^{-9} to 1×10^{-6}	0.001 to 1
Peat	1×10^{-9} to 1×10^{-7}	0.001 to 0.1
Clay	1×10^{-11} to 1×10^{-9}	0.00001 to 0.001
Bangkok Clay	1×10^{-10} to 1×10^{-9}	0.0001 to 0.001

* assuming a conservative value of $q_v = 10 \times 10^{-4}$ m³/s

5 Representative k_v/k_s Ratios for Soft Clays

	k_v/k_s
a) No evidence of layering (Partially dried clays, has completely uniform appearance)	1.2 ± 0.2
No or only slightly developed macrofabric (e.g. sedimentary clays with discontinuous lenses and layers of more permeable soil)	1 to 5
b) Slight layering (e.g. sedimentary clays with occasional silt dusting to random silty lenses)	2 to 5
Fairly well to well developed macrofabric (e.g. sedimentary clays with discontinuous lenses and layers of more permeable materials)	2 to 4
c) Varved clays in North Eastern USA	10 ± 5
Varved clays and other deposits containing embedded and more or less continuous permeable layers.	3 to 15
d) Bangkok Clays	3 to 4

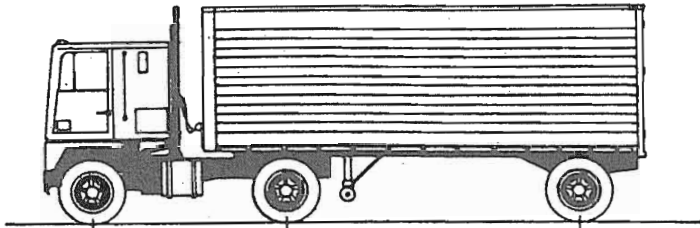
Note: [1] These typical range of values are provided for general information purposes only. Designers should verify the actual properties of any given soil.

[2] The values given correspond to the average results ($\pm 10\%$) obtained from our laboratories and outside institutes and are indicative. Owing to continuing R & D for product improvement, the right is reserved to make any changes at any time without prior notice.

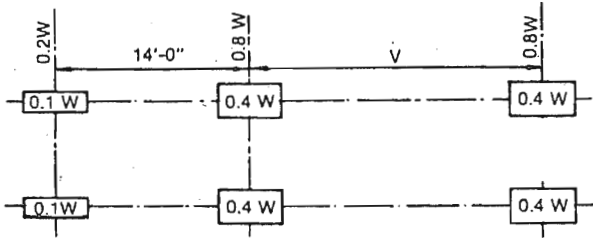
Text written by Assoc. Prof. Dr. Dennis T. Bergado, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

TRANSPORTATION

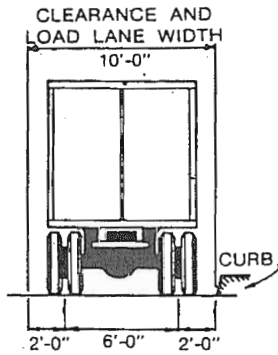
STANDARD HS-TRUCKS



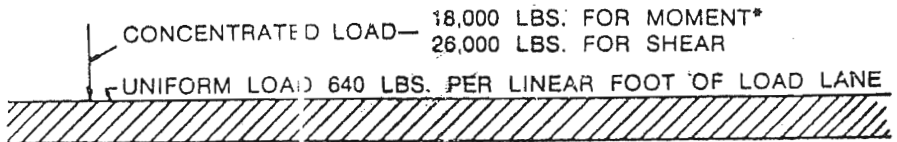
HS20-44	8,000 LBS.	32,000 LBS.	32,000 LBS.
HS15-44	6,000 LBS.	24,000 LBS.	24,000 LBS.



W = COMBINED WEIGHT ON THE FIRST TWO AXLES WHICH IS THE SAME AS FOR THE CORRESPONDING H-TRUCK.
 V = VARIABLE SPACING — 14 FEET TO 30 FEET INCLUSIVE. SPACING TO BE USED IS THAT WHICH PRODUCES MAXIMUM STRESSES.



LANE LOADING



H20-44 LOADING
 HS20-44 LOADING

Design Vehicle Dimensions

Design Vehicle Type	Symbol	Overall				Dimension (ft)										
		Height	Width	Length	Front Overhang	Overhang				T	WB ₃	WB ₄				
						REAR	WB ₁	WB ₂	S							
Passenger car	P	4.25	7	19	3	5	11									
Single unit truck	SU	13.5	8.5	30	4	6	20									
Single unit bus	BUS	13.5	8.5	40	7	8	25									
Articulated bus	A-BUS	10.5	8.5	60	8.5	9.5	18							4 ^a	20 ^a	
Combination trucks																
Intermediate semitrailer	WB-40	13.5	8.5	50	4	6	13	27								
Large semitrailer	WB-50	13.5	8.5	55	3	2	20	30								
"Double Bottom" semi-trailer—full-trailer	WB-60	13.5	8.5	65	2	3	9.7	20	4 ^b	5.4 ^b	20.9					
Interstate Semitrailer	WB-62*	13.5	8.5	69	3	3	20	40-42								
Interstate Semitrailer	WB-67**	13.5	8.5	74	3	3	20	45-47								
Triple Semitrailer	WB-96	13.5	8.5	102	2.5	3.3	13.5	20.7	3.3 ^d	6 ^d	21.7	21.7				
Turnpike Double Semitrailer	WB-114	13.5	8.5	118	2	2	22	40	2 ^c	6 ^c	44					
Recreation vehicle																
Motor home	MH		8	30	4	6	20									
Car and camper trailer	P/T		8	49	3	10	11	18	5							
Car and boat trailer	P/B		8	42	3	8	11	15	5							
Motor Home and Boat Trailer	MH/B		8	53	4	8	20	21	6							

* = Design vehicle with 48' trailer as adopted in 19872 STAA (Surface Transportation Assistance Act)

** = Design vehicle with 53' trailer as grandfathered in 1982 STAA (Surface Transportation Assistance Act)

a = Combined dimension 24, split is estimated.

b = Combined dimension 9.4, split is estimated.

c = Combined dimension 8, split is estimated.

d = Combined dimension 9.3, split is estimated.

WB₁, WB₂, WB₃, WB₄ are effective vehicle wheelbases.

S is the distance from the rear effective axle to the hitch point.

T is the distance from the hitch point to the lead effective axle of the following unit.

Minimum turning radii of design vehicles.

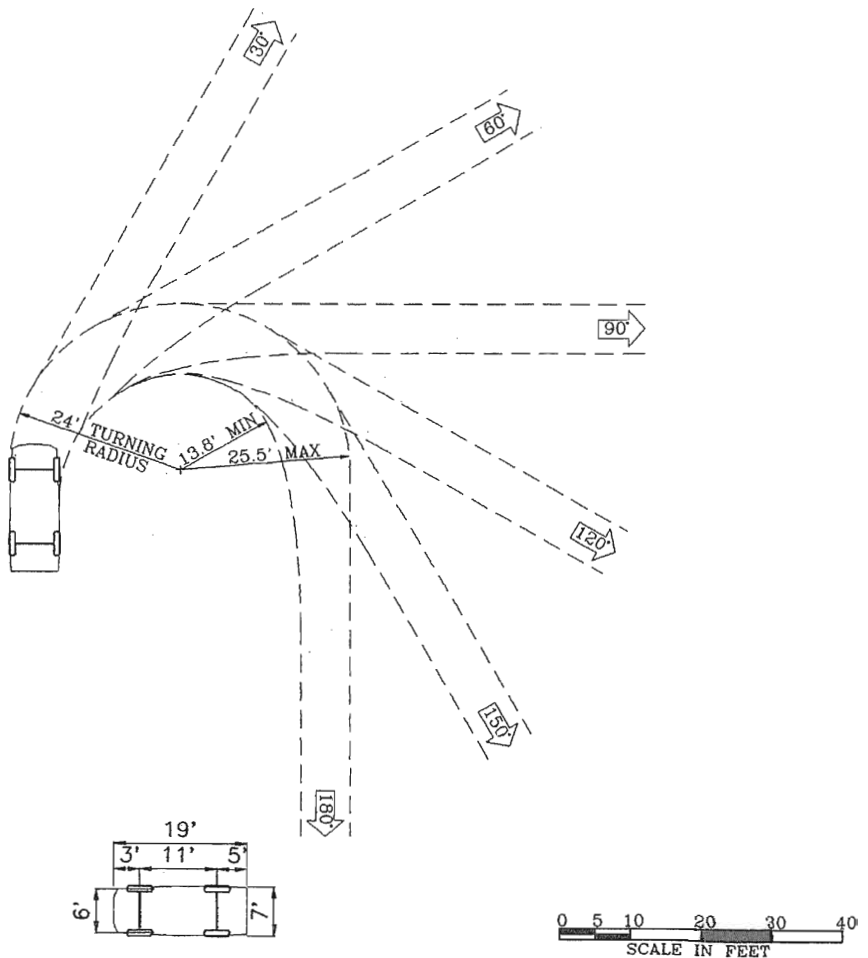
Design Vehicle Type	Passenger Car	Single Unit Truck	Single Unit Bus	Articulated Bus	Semi-trailer				Inter-State Semi-Trailer	Triple Semi-Trailer	Turnpike Double Semi-Trailer	Passenger Car with Travel Trailer	Passenger Car with Boat and Trailer	Motor Home
					WB-40	WB-50	WB-60	WB-62*WB-67**WB-96						
Symbol	P	SU	BUS	A-BUS	WB-40	WB-50	WB-60	WB-62*WB-67**WB-96	MH	MH	MH	P/T	P/B	MH/B
Minimum design turning radius (ft)	24	42	42	38	40	45	45	45	45	50	60	24	24	50
Minimum inside radius (ft)	13.8	27.8	24.4	14.0	18.9	19.2	22.2	9.1	00	20.7	17	2.0	6.5	35

* Design vehicle with 48' trailer as adopted in 1982

STAA (Surface Transportation Assistance Act)

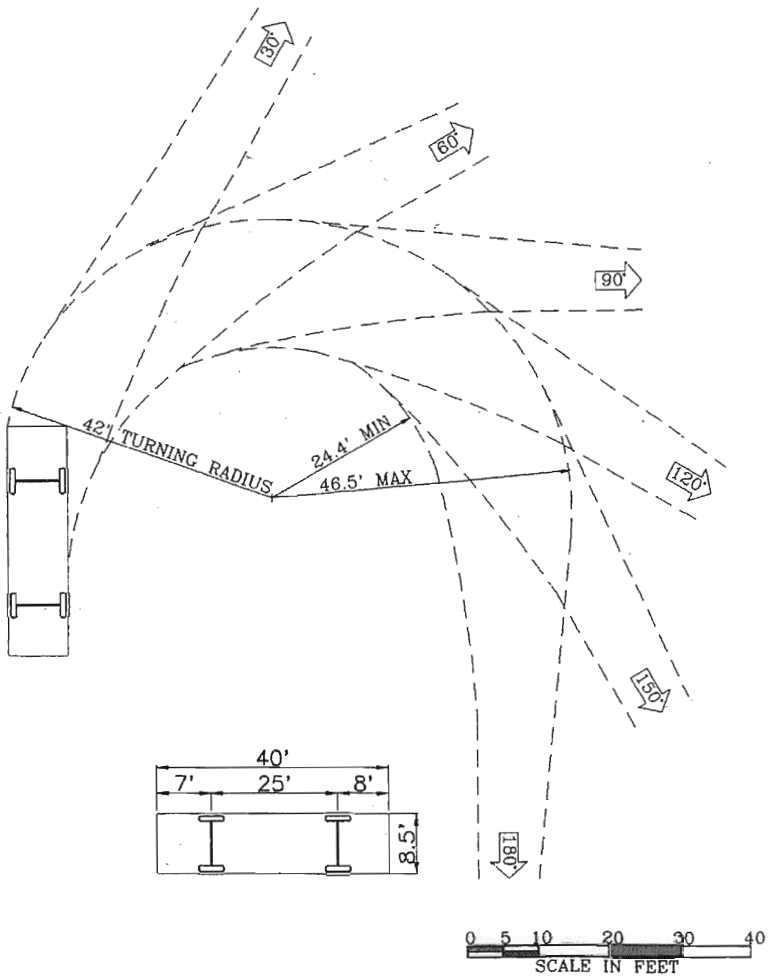
** Design vehicle with 53' trailer as grandfathered in 1982 STAA (Surface Transportation Assistance Act)

Figure: Minimum turning path for WB-50 design Vehicle.



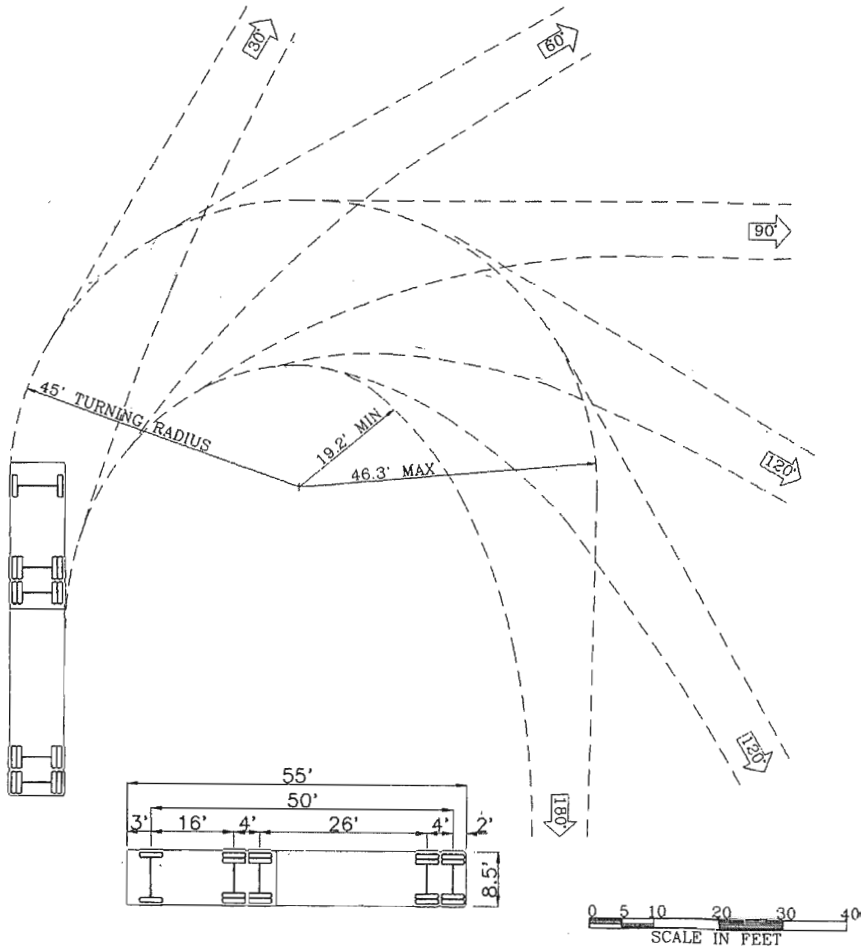
THIS TURNING TEMPLATE SHOWS THE TURNING PATHS OF THE ASHTO DESIGN VEHICLES. THE PATHS SHOWN ARE FOR THE LEFT FRONT OVERHANG AND THE OUTSIDE REAR WHEEL. THE LEFT FRONT WHEEL FOLLOWS THE CIRCULAR CURVE, HOWEVER ITS PATH IS NOT SHOWN.

Figure: Minimum turning path for BUS design Vehicle.



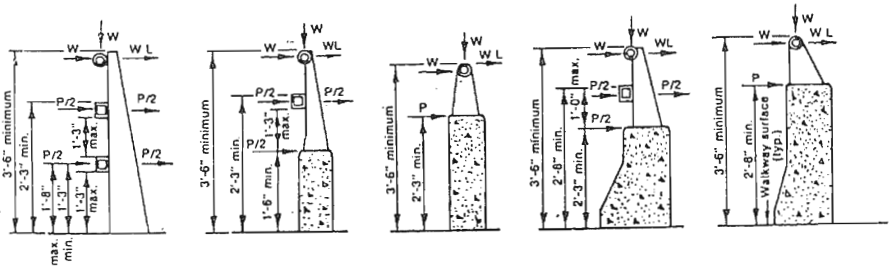
THIS TURNING TEMPLATE SHOWS THE TURNING PATHS OF THE ASSHTO DESIGN VEHICLES. THE PATHS SHOWN ARE FOR THE LEFT FRONT OVERHANG AND THE OUTSIDE REAR WHEEL. THE LEFT FRONT WHEEL FOLLOWS THE CIRCULAR CURVE, HOWEVER, ITS PATH IS NOT SHOWN.

Figure: Minimum turning path for P design Vehicle.



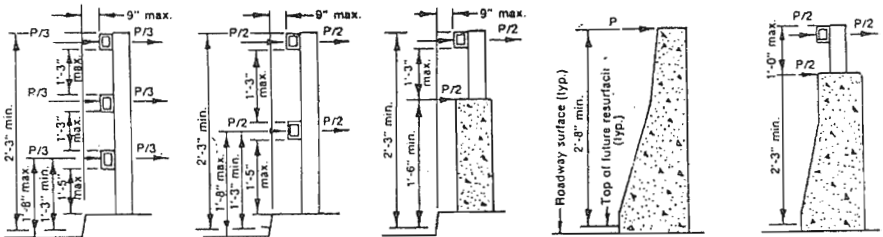
THIS TURNING TEMPLATE SHOWS THE TURNING PATHS OF THE ASSHTO DESIGN VEHICLES. THE PATHS SHOWN ARE FOR THE LEFT FRONT OVERHANG AND THE OUTSIDE REAR WHEEL. THE LEFT FRONT WHEEL FOLLOWS THE CIRCULAR CURVE, HOWEVER, ITS PATH IS NOT SHOWN.

TRAFFIC RAILING



(To be used when curb projects more than 9" from the traffic face of railing.)

COMBINATION TRAFFIC AND PEDESTRIAN RAILING



(To be used where there is no curb or curb projects 9" or less from traffic-face of railing.)

TRAFFIC RAILING

NOTES:

1. Loadings on left are applied to rails.
2. Loadings on right are applied to posts.
3. The shapes of rail members are illustrative only. Any material or combination of materials listed in Article 2.7 may be used in any configuration.

NOMENCLATURE:

P = Highway design loading = 10 kips

h = Height of top of top rail above reference surface (in.)

L = Post spacing (ft.)

w = Pedestrian loading per unit length of rail

$$C = 1 + \frac{h-33}{33} \approx 1$$

EXPANSION JOINTS.

GUIDE TO DESIGN.

1. GENERAL.

A joint is necessary in a bridge, viaduct or a footbridge in all cases where there is a possibility of relative movements between two structural elements and when the movement zone affects the roadway carrying traffic.

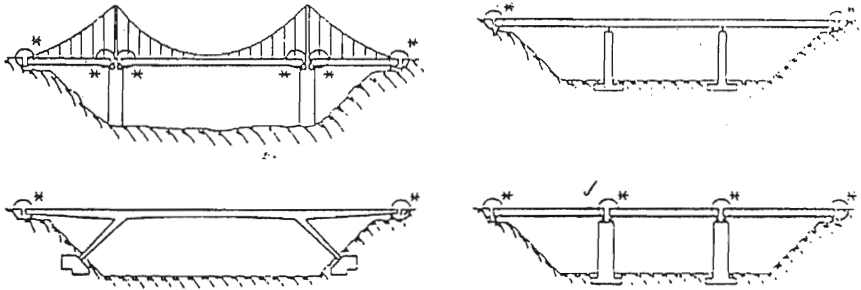


Figure 1. Some examples of structures with expansion joints.
* Position of the expansion joint

All structures affected by such relative movement require an expansion joint. Fig 1.

Only vaulted structures, closed box sections and portal frames do not require expansion joints, since they are only small span structures and, also, fixed at their supports. Fig 2.

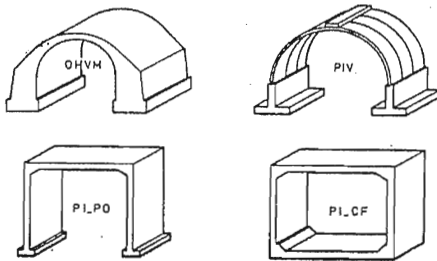
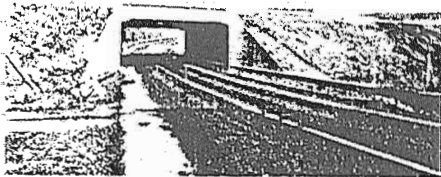


Figure 2.
Some examples of structures not requiring expansion joint
* Underpass closed frame



The complexity of the joint depends on the complexity of the relative movements and on the degree to which the equipment is affected by traffic.

The joint may not be visible and it is then covered over by the road surfacing material. This arrangement is only possible if the road surfacing can absorb expansion and contraction movements. The joint is then reduced to its basic technical and economic principles; but, nevertheless, the structure still contains an expansion joint.

- PICF : Pont Inférieur en Cadre Fermé en béton armé.
 Closed frame reinforced concrete bridge.
- PIPO : Pont en Portique Ouvert en béton armé.
 Open frame reinforced concrete bridge.
- OHVM : Ouvrage Hydraulique en Voûte Massive.
 Mass concrete arch
- PIV : Passage Inférieur Voûté.
 Arched underpass

2. ELEMENT OF CHOICE IN AN EXPANSION JOINT.

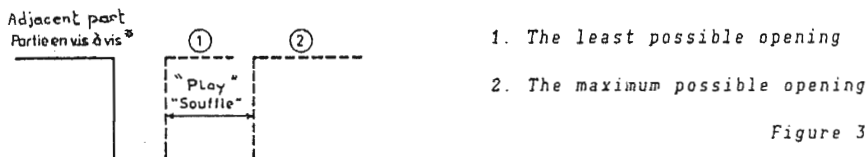
The three parameters governing the elements of choice of a type of joint are the "play", the traffic and the watertightness.

It is thus necessary to define these items in relation to the structure.

2.1 The "play"

2.1.1 Definition

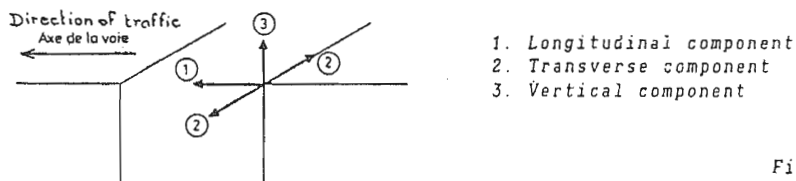
The "play" of a joint is defined as the maximum anticipated relative displacement of two adjoining elements, measured between the two extreme positions (and not with respect to the mean position or set position). Fig 3.



* Fixed : abutment, for example, or movable : adjacent span

2.1.2 Components of the play

The joint must have three degrees of freedom corresponding to the three directions of relative movement of the two elements with respect to the direction of traffic.



2.1.2.1 Longitudinal Component

This is, in general, the most important. It represents the movements due reversible and non-reversible expansion and contraction of the structure (temperature, shrinkage, etc.).

2.1.2.2. Transverse Component

This occurs in the case of a curved or skew structure and is the result of a particular deformation of the deck (especially under the effects of temperature) and the effects of traffic (centrifugal force and the effects of braking).

In large suspension or cable-stayed bridges, wind action can be appreciable in contributing to this component.

2.1.2.3 Vertical component

The value of this, although small, is not negligible. It is due to rotational movement of abutments and elastic settlement of elastomer bearings.

2.1.3 Determination of the play

2.1.3.1 French reference texts

These are texts containing sections specifying or indicating factors in evaluating the play.

a) Section n° 61 of CPC-design and testing of civil engineering structures.

- Title II-Loads and tests for road bridges (Circular n° 71.155 of 29 December 1971, re-issued 1981). This text specifies the load to be taken into consideration, braking effects and centrifugal forces.
- Title V-Design of steel bridges and other structures (Decree n° 79.923 of 16 October 1979).

b) Section n° 62 of the CCG, Title 1.

- Part 1-Technical Regulations for the design and construction of reinforced concrete structures in accordance with limit state methods-BAEL Regulations 83 (Decree n° 83.905 of 7.10.83).

The parts useful in the determination of play are :

- Chapter A.3-Actions to be taken into account.
- Appendix D2-Combinations of actions.

- Part 2-Technical Regulations for the design and construction of prestressed concrete structures in accordance with limit state methods-BPEL 83 (Decree n° 83.905 of 7.10.83).

Clauses necessary in the determination of play of a joint are :

- clause 2.1, 5-Shrinkage
- clause 2.1, 52-Creep
- clause 2.1, 7-Coefficient of thermal expansion
- clause 4.1-Actions
- Appendix 8, para 3-Shrinkage and para 4-Creep
- Appendix 5-Lightweight concrete structures
- Appendix 8-Temporary regulations concerning the definition of representative values of actions and combinations of actions in normal cases.

c) Design rules for composite steel and concrete bridges (Circular n° 81.63 of 28.7.81).

2.1.3.2 Actions to be taken into account and resulting deformations

2.1.3.2.1 Atmospheric Temperature

This is the most important factor in determining play.

1) Parameters to be considered

The variation in the length as a function of the mean temperature of an unstressed structure can be obtained from the expression :

$$\Delta l = l \lambda \Delta T \text{ where}$$

Δl : is the change in length,

l : the expansible length,

λ : the coefficient of expansion,

and ΔT : the difference in temperature, in degrees Celsius.

Appreciation of the value of one of the parameters, here Δl , will depend on the accuracy with which the other parameters are known.

2) Expansible length

In general, this is accurately known, but it must not be forgotten that the total displacement shown by the analysis will not necessarily be distributed in the ideal manner envisaged. Experience has, in fact, shown that the idea of a "fixed support" or a "point of zero expansion" has only a relative nature and that because of secondary phenomena : stiffness of piers, nature of bearings, blocked-up joints, ... a theoretical symmetrical distribution may be taken as 1/3 and 2/3.

On the other hand, the designer may choose, to a certain extent, the expansible length across the joint by careful selection of the support devices (See Section 2.1.333 below).

3) The coefficient of expansion

The coefficient of expansion normally assumed for concrete is 10^{-5} , on average (BAEL Regulations; Article 3.1.333, comments and BPEL Regulations, Article 2.1.7, comments).

In reality, its value depends on the coefficient of expansion of the aggregates used in the concrete; thus its value can vary between 0.8 and 1.2. 10^{-5} (BPEL Regulations, Article 2.1.7 comments.)

From a series of measurements carried out on structures in the Paris area between 1966 and 1969, the value of the coefficient of expansion was actually shown to vary between 0.6 and 1.3. 10^{-5} . However, the lowest values appear to have been affected by shrinkage and a value for the coefficient of expansion between 1. 10^{-5} and 1.2. 10^{-5} seems reasonable in the Paris area.

Another study, carried out between the end of 1972 and April 1974 on the bridge at Oissel on the A13 Highway, concluded that the mean value of the coefficient of expansion of concrete was 1.15. 10^{-5} , (see Liaison Bulletin * n° 88 March-April 1977). It should be noted that this interesting study also gives elements of appreciation for mean temperature of a structure as a function of the atmospheric temperature (See Appendix 3).

For all-metal structures, the value suggested (Section n° 61, Title V, Article 2.3) is 1.1. 10^{-5} .

4) Temperature range

4.1) General

The temperature range is the principal variable in the determination of change of length of a structure. This is a function of a number of parameters, such as : latitude, altitude, geographic zone, environment, etc.

The designer is faced with two options : one based on regulations which will give wide ranges and lead to over-designing of a joint and another based on meteorological data closer to reality.

4.2) Codes and Standards

In the absence of exact proof, regulations propose (C79.25 of 13 March 1979, Article 4.2.4. and Technical Regulations BAEL 83, Article A.3.1.33) variations in temperature of +30°C-40°C, assuming an initial temperature at the time of construction lying between +.5/+8° and +14/+15°C and an arbitrary coefficient of expansion of reinforced concrete of 1. 10^{-5} .

In other words, the temperature range is given as -27/-30°C to +38/+47°C

A part of this range of 70°C appears in rapid changes of $\pm 10^\circ$ (see BAEL 83 article A 3.1.33). The other part, i.e. $70^\circ-20^\circ = 50^\circ$, appears as very slow changes in temperature of the atmosphere with the seasons or with the years. This action, of very long duration, is compared to a permanent action and the thermal inertia plays a negligible role.

These regulatory values may be used as a basis but it does seem that the ranges in temperature arising which can have an influence on the dimensioning of the joint may be less high, particularly in certain regions of France. Thus, an English study ** has shown that the mean temperature range measured on a concrete bridge was 6°C less than that of the temperature in the shade measured in the same period at the same spot. Other studies carried out by LCPC (in particular that at the bridge at Oissel mentioned above) appear to confirm this tendency ***

In addition, it seems better to determine the temperature of the structure at the time of sealing a joint placed after surfacing. See English study ***

This would not be the case for a joint which could not be adjusted at the time of fixing, or was placed or fixed at the same time as the structure (which is an advantage for joints placed after the wearing surface). This is the reason for the interest in special knowledge of the temperature variation on site. On the other hand, a joint which is a little too wide under extreme winter temperatures, at least for certain type of joints, will not suffer much and will hardly affect the operation of the structure.

This is why we advise that meteorological values should be taken into account when determining the value of the play in a joint.

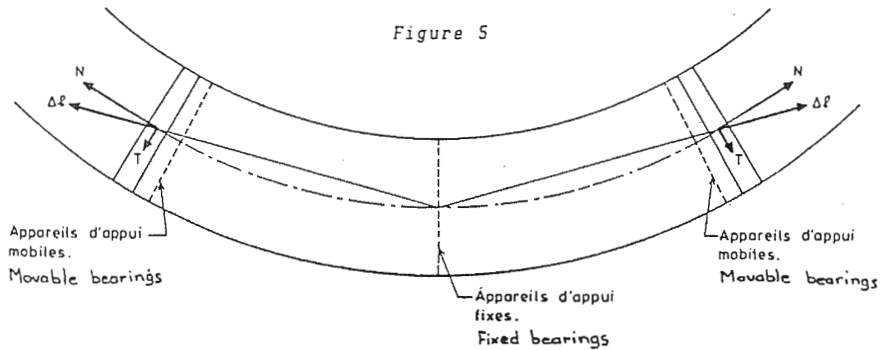
* Published by Central Laboratory of Bridges and Roads

** 'Effects of temperature on bridges' in Highways Design and Construction by Mary Emerson, July 1972. The Road Research Laboratory has since carried out other trials.

*** which would be different of steel bridges.

5) The shape of the structure

If the structure is on a curve, the value of Δv is a function of the radius of curvature, as is the direction of the displacement which is not necessarily along a tangent to the curve of the structure (see figure 5), unless the abutments to the structure contain stops limiting the transverse displacement.



In addition, the expansible length to be taken into account is not the developed length of the curve, but a considerably smaller length.

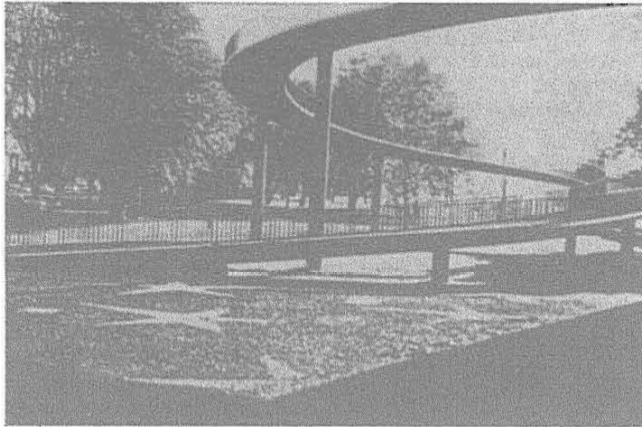
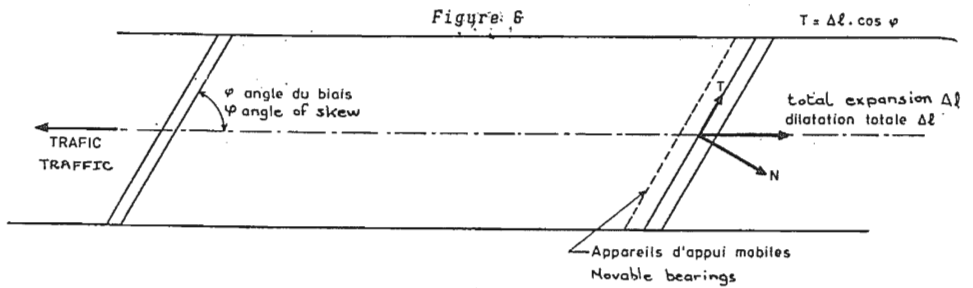


Figure 7
Determination of the play and of the direction of displacement are not apparent for this special footbridge



Figure 8
There can be value in arranging to place a device for measuring the width of a joint and the direction of the displacement. The above photo shows one possible solution (plans are available from the authors of this report)

For skew bridges, the value of Δ is the resultant of two components of movement : one perpendicular to the axis of the joint and one parallel to the joint (fig. 6).

In complex cases where the value of the expansion and its direction appear difficult to appreciate with sufficient accuracy by calculation (as in fig. 7), use may be made of recording instruments as shown in figure 8.

2.1.3.2.2. Long term deformations of concrete : Creep and Shrinkage

1) General

Appreciation of these deformations assists in consideration of parameters linked to the structure itself, its method of construction and its environment.

The value of creep and shrinkage at the time of placing and sealing a joint can vary considerably and may even be affected by a degree of uncertainty which counsels the need for some factor of safety.

These deformations do not affect all-metal structures.

2) Shrinkage

See BAEL Regulations 83, Art. A.2.1,22 and BPEL Regulations, Art. 2.1,51 and Appendix 1, § 3. The final shrinkage is a function of a certain number of parameters, which are :

- the age of the concrete,
- the composition of the concrete based on the water/cement ratio,
- the climatic conditions,
- the notional thickness of the member,
- etc.

It always results in a decrease in length, whose mean value is $3 \cdot 10^{-4}$ in South-Eastern France and $2 \cdot 10^{-4}$ in the rest of the country, unless experimental data are available. Minimum value is : 0.

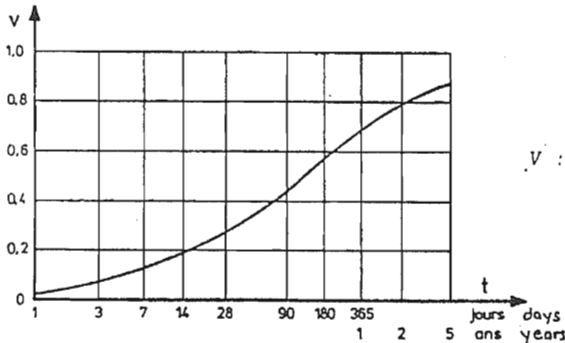


Figure 9
 v : Shrinkage at time tn
 ultimate shrinkage

3) Creep

See BAEL 83 Regulations, Art. A.2.1,22 and BPEL 83 Regulations, Art. 2.1,52 and Appendix 1, § 4.

By way of simple illustration of the development of creep as a function of time, assuming stable climatic conditions, figure 9 shows the nature of this change.

Creep refers to the long-term deformations of concrete under the action of applied forces causing permanent loading and of prestress.

It always results in a reduction in length represented by $\Sigma \epsilon_l = \frac{\sigma}{E_{vj}}$

where E_{vj} is the long term modulus of longitudinal deformation of the concrete.

Minimal value : 0

2.1.3.2.3 Working loads : Q_r

These introduce :

a) Vertical movements due to rotations of the ends, especially with structures where there is a considerable distance between the end of the structure and the support line. fig. 10.

For example, we have recorded in a steel structure (430 m in length, 5 continuous spans of 61, 91, 121, 91 and 61 m) where the adjacent span was loaded with $A(\lambda)$, a lifting of 10 mm at the ends of the teeth of a joint FT 250.

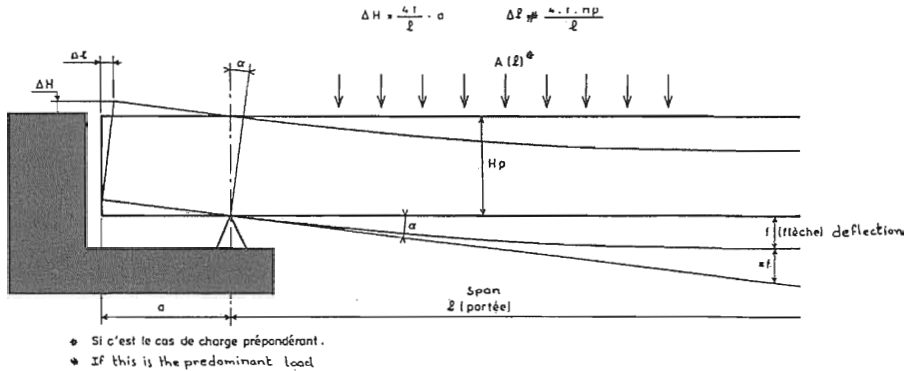


Figure 10

b) Horizontal movements

- due to braking effects.

The values to be taken into account due to braking are those given by Section n° 61, Title II, Article 6.

Displacements of the deck may be appreciable and are functions of the distribution of the bearings, their nature and distortion and of the flexibility of the piers, etc.

- due to rotations of the end sections. The increase in the opening of the joint depends on the flexibility of the structure, the span and the distance between the bearing and the joint (fig. 10)

Generally speaking, except in special cases such as certain bridges with particularly deep beams, the corresponding values remain low and, more often than not, are negligible. *

GUIDE SPECIFICATION FOR EXPANSION JOINT

1. DESCRIPTION

The joint consists of two aluminium alloy parts.

They are placed end to end and firmly anchored to the structure by tie bolts.

An extruded elastomeric profile, delivered in lengths suitable for the road width, is inserted between the metallic part to prevent intrusion of foreign bodies. Triangular serrations permit skew displacements and a smooth running surface without excessive noise.

The anchorages process permits the fixing of joint to the structure with tie bolts, with controlled fixing and permanent access which authorizes the dismantling of elements, in case of road repairs for example.

The type : thanks to its geometry :

- Insures a continuity of running and smooth driving,
- Permits, a skew displacement,
- Permits lateral and vertical movements accepting all rotations and authorizing for example, without dismantling, a special jack of the roadway in order to replace bearings or level roadway.

2. TECHNICAL CHARACTERISTICS

2.1 JOINT COMPONENTS

The joint is composed of :

- A series of metallic element parts.
- An elastomeric profile firmly inserted into the metallic elements destined to prevent intrusion of foreign bodies.
- Relevant number of threaded rods depending on the range of movement, tensioned by means of a torque wrench or hydraulic jacks.
- Anchorages ϕ 12 per element tensioned at 6,5 tons per each.
- Anchorages ϕ 16 per element tensioned at 10 tons per each.
- Anchorages ϕ 22 per element tensioned at 19 tons per each.

2.2 CHARACTERISTICS OF MATERIALS AND PRODUCTS

A-Metallic elements :

They are aluminium alloy parts of which mechanical and chemical characteristics are in conformity with the international standard.

B-Threaded rods :

They are of high resistance steel protected from corrosion by "dacromet" They are installed greased. Their characteristics are in conformity with the international standard.

C-P.V.C. Sheaths

They are in polychlorure of vinyl (P.V.C.) and conformed to standard.

D-Lower plates

They are molded in cupro-aluminium conformed to international standards.

E-Screws and washers

They are of highly resistant steel and characteristics in conformity with international standards.

The washer is protected by dacromet.

F-Elastomeric profile

It is extruded and presents the following main mechanical characteristics :

Hardness DIDC :	70 \pm 5-NF T 46 003 (ASTM D 2240)
Break resistance :	>7 Mpa-NF T 46 002 (ASTM D 412)
Break extension :	>250%-NF T 46 002 (ASTM D 412)

It also reacts well to ageing, U.V., bad weather and ozone.

3. TESTS AND CONTROLS

The following of quality of different materials and composed pieces of Expansion Joints is carried out according to an Insurance Quality Plan.

This Insurance Quality plan is registered at the French Ministry of Roads and Transportation which insures the External Inspection by audits. The raw materials fabricated by approved suppliers are delivered with Inspection Reports on chemical and mechanical characteristics.

The finished pieces are qualitatively controled.

1. In addition to regular dimensional inspection, the metallic elements undergo a load test on teeth for one element on 2000.
2. The complete anchorage composed of a threaded rod, screw, washer and lower plate, is tested as one anchorage on 10,000.
The test consists of one tensioning test with similar conditions to those on site, this one is followed up to breaking.
3. The elastomeric profile is regularly tested on dimension in manufacture and at approximately one every 150 lm at arrival of the profile.
All mechanical characteristics of elastomeric mixing are inspected once a month.

4. INSTALLATION

1. GENERAL

The installation is strictly performed by the supplier or by his qualified representative (technical assistance). Before installation an assembling diagramm is established, based on the Consultants instructions, in order to note the recess, the work temperature, the creep and eventually the skew and to adjust consequently the opening of the joining.

In order to ensure a good joint fixing proportionaly to the roadway level and with the aim of assuring a good comfort, the joints should be installed after the wearing course.

2. FIXING

The joint is fixed in recesses with dimensions which are depending the range of movement.

The metallic elements with their anchorages are positioned and adjusted to the finished roadway level by means of (installation rullers) support brackets.

A complementary reinforcement is done if necessary.

The joint concreting with careful vibration is accomplished in one time upto finished roadway level with "prestressed" quality concrete which may be tinted black.

The concrete is a fine gravel concrete 5/15 proportioned at 400 kg/m³ with the addition of 1 meutral colouring (dye) introduced directly into the vertical shaper proportioned at 5 kg for 400 kg (1.25%).

The concrete having a minimum resistance of 200 bars, the prestressing blots can be tensioned with a torque wrench upto a controled tension required for.

At the end, the anchorage head recess is filled with pure bitumen.

PLUMBING SYSTEM

ตาราง แสดงจำนวนการใช้น้ำ

ชนิดของอาคาร	จำนวน แกลลอน/วัน/คน
โรงเรียน (เฉพาะส้วมและอ่างล้างมือ)	15
โรงเรียน (รวมด้วยโรงประกอบอาหาร)	25
โรงเรียน (รวมด้วยโรงประกอบอาหารและฝักบัวอาบน้ำ)	35
คนงานที่โรงเรียนและสำนักงาน	15
รถพ่วงเพื่อการท่องเที่ยว (สร้างที่อาบน้ำ)	50
พักค่าย	25
รถพ่วงเพื่อการท่องเที่ยว (เป็นศูนย์กลางของที่อาบน้ำ)	35
คนงานหรือแค้มป์คนงานก่อสร้าง	50
สวนพักผ่อนสาธารณะ (ห้องน้ำ)	5
สวนพักผ่อนสาธารณะ (รวมที่อาบน้ำ ฝักบัวและส้วมชนิดพลัสซ์ น้ำล้าง)	10
บ่อว่ายน้ำและชายหาด	10
สโมสรพักผ่อน-กีฬา	25 แกลลอนต่อผู้เก็บของ
อาคารพักที่ทหารหรือคฤหาสน์	150
บ้านพัก	40
บ้านเช่าพัก	50
โรงแรม (ใช้ห้องน้ำรวม)	50
โรงแรม (มีห้องน้ำเฉพาะ 2 คน/1 ห้อง)	100
หอพักของโรงเรียน	100
โรงงาน (จำนวนคนต่องานที่สับเปลี่ยน-ไม่คิดงานที่ใช้ในอุตสาหกรรม)	25
ห้องพยาบาล	75
โรงพยาบาลใหญ่	150
สถาบันของราชการ (นอกเหนือจากโรงพยาบาล)	100
ภัตตาคาร (ห้องน้ำและห้องประกอบอาหารต่อหน่วยของผู้มาใช้บริการ)	25
งานห้องประกอบอาหารจากโรงแรม, ที่พักแรมท่องเที่ยว หอพัก ฯลฯ บริการอาหาร 3 มื้อ	10
ที่พักชั่วคราว	50 แกลลอนต่อเตียง
ที่พักชั่วคราว (รวมห้องน้ำ ส้วม และครัว)	60 แกลลอนต่อเตียง
ลานพักรถของโรงพยาบาล	5 แกลลอนต่อคัน
ร้านค้าหรือโรงเก็บสินค้า	400 แกลลอนต่อห้องน้ำ
สถานบริการต่างๆ เช่น สถานีขนส่ง	10 แกลลอนต่อลูกค้า
สนามบิน	3-5 แกลลอนต่อผู้โดยสาร
ที่ประชุมใหญ่	2 แกลลอนต่อที่นั่ง
สถานบริการโบว์ลิ่ง	75 แกลลอนต่อเลน

ชนิดของอาคาร	จำนวน เกลลอน/วัน/คน
โบสถ์ (ฝรั่งขนาดใหญ่รวมครัว)	5-7 เกลลอนต่อที่นั่งสวด.
โบสถ์ (ฝรั่งขนาดเล็ก)	3-5 เกลลอนต่อที่นั่งสวด
สถานบริการเดินร่ำ	2
บริการซักผ้า (หยอดเหรียญ)	400 เกลลอนต่อเครื่อง
ศูนย์บริการ	1,000 เกลลอน (วันแรก)
	500 เกลลอน (เพิ่มแต่ละวัน)
อาคารพักแ่งห้องย่อย	75
เรือเดินทะเล (ห้องน้ำชนิดพลาสติกน้ำล้าง)	36 เกลลอนต่อเครื่องสุขภัณฑ์ต่อ ชม.
ที่ปัสสาวะ	10 เกลลอนต่อเครื่องสุขภัณฑ์ต่อ ชม.
อ่างล้างมือ	15 เกลลอนต่อเครื่องสุขภัณฑ์ต่อ ชม.
ที่อาบน้ำชนิดฝักบัว	150 เกลลอนต่อเครื่องสุขภัณฑ์ต่อ ชม.

(ที่มา : National Standard Plumbing Codc.)

ขนาดเล็กสุดของท่อประปา

ชนิดเครื่องสุขภัณฑ์	ขนาดท่อน้ำ (นิ้ว)
อ่างอาบน้ำ	1/2
อ่างล้างมือรวมและอ่างซักผ้า	1/2
ที่ดื่มน้ำ	3/8
เครื่องล้างจาน (อาคารพัก)	1/2
อ่างล้างชาม (อาคารพัก)	1/2
อ่างล้างชาม (อาคารร้านค้า)	3/4
อ่างล้างมือ	3/8
อ่างซักผ้า	1/2
ฝักบัว (หัวเดียว)	1/2
อ่างซักล้าง	1/2
ที่ปัสสาวะ (วาล์วน้ำล้าง 1 นิ้ว)	1
ที่ปัสสาวะ (วาล์วน้ำล้าง 3/4 นิ้ว)	3/4
ที่ปัสสาวะ (ถังน้ำล้าง)	1/2
ส้วม (ถังน้ำล้าง)	3/8
ส้วม (วาล์วน้ำล้าง)	1
ก๊อกน้ำหรือประตุน้ำ	1/2
หัวท่อน้ำติดผนัง	1/2

ข้อกำหนด จำนวนสุขภัณฑ์ (ตามข้อบัญญัติ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522)

ประเภทอาคาร	ลิ้วม	ที่ปัสสาวะ	อ่างล้างหน้า
อาคารที่พักอาศัยต่อหนึ่งหลัง	1	—	—
อาคารชุดต่อหนึ่งหน่วย	1	—	1
ห้องแถว ตึกแถวสูงไม่เกิน 3 ชั้นต่อ 1 คูหา	1	—	1
ตึกแถวสูงเกิน 3 ชั้นต่อ 1 คูหา	2	1	1
โรงแรมต่อ 1 ห้อง	1	—	1
หอพักต่อ 50 ตารางเมตร	1	—	1
อาคารสำนักงาน โรงเรียน โรงพยาบาล และ อาคารพาณิชย์ต่อ 75 ตารางเมตร	1	1	1
หอประชุม โรงมหรสพต่อ 250 ตารางเมตร	1	1	1
โรงงานอุตสาหกรรมต่อ 400 ตารางเมตร	1	1	1
เศษของพื้นที่ถ้าเกินกึ่งหนึ่งให้คิดจำนวนเต็ม			




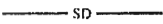

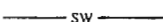

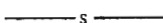



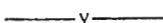


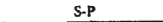






รายการคำย่อที่ควรเลือกไปใช้กับการเขียนแบบของวิศวกรรมสุขาภิบาล หรือแบบทางสถาปัตยกรรม มีดังนี้

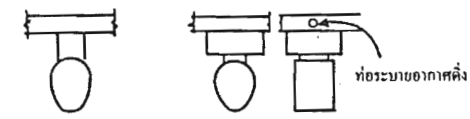
รายการ	คำเต็ม	คำย่อ
ที่ปัสสาวะหญิงหรือบิเดท์	BIDET	BD
อ่างอาบน้ำ	BATH TUB	BT หรือ TUB
ท่อเหล็กหล่อ	CAST IRON	CI
แนวศูนย์กลาง	CENTERLINE	CL
ช่องทำความสะอาดท่อ	CLEANOUT	CO
ท่อน้ำเย็นหรือน้ำประปา	COLD WATER	CW
ท่อทองแดง	COPPER	COP
เครื่องล้างชาม	DISHWASHER	DW
ช่องระบายน้ำที่พื้น	FLOOR DRAIN	FD
ช่องทำความสะอาดท่อที่พื้น	FLOOR CLEANOUT	FCO
ท่อเหล็กอาบสังกะสี	GALVANIZED IRON	GAL. I
ก๊อกสนาม	HOSE BIB	HB
ท่อน้ำร้อน	HOT WATER	HW
ท่อน้ำร้อนส่งจ่าย	HOT WATER SUPPLY	HS
ท่อน้ำร้อนส่งกลับ	HOT WATER RETURN	HR
อ่างซักผ้า	LAUNRY TRAY	LT
อ่างล้างมือ	LAVATORY	LAV.
ท่อพลาสติก	PLASTIC	PLAS.
ระบบเดินท่อ	PLUMBING	PLBG.
ท่อระบายน้ำฝนตั้ง	ROOF LEADER	RL
ฝักบัว (อาบน้ำ)	SHOWER	SH
อ่างซักล้าง	SERVICE SINK	SS
ท่อระบายน้ำโสโครกตั้ง	SOIL PIPE	S
ท่อน้ำร้อน	STEAM PIPE	ST
ที่ปัสสาวะ (ชาย)	URINAL	UR
ท่อระบายอากาศตั้ง	VENT PIPE	V
ท่อระบายอากาศเหนือหลังคา	VENT THROUGH ROOF	VTR
ท่อระบายน้ำทิ้งตั้ง	WASTE PIPE	W
โถส้วม	WATER CLOSET	WC
เครื่องทำน้ำร้อน	WATER HEATER	WH
เครื่องแก้ น้ำกระด้าง	WATER SOFTENER	WS

ตาราง แสดงสัญลักษณ์ของข้อต่อ หรือวาล์ว

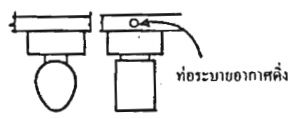
ชนิดของข้อต่อหรือวาล์ว	มาจากคำว่า	ชนิดของการต่อท่อ		
		ต่อด้วยการขันเกลียว	ต่อด้วยปากกระฆังสวม	เชื่อมหรือต่อด้วยน้ำยา
ข้อต่อ 90 องศา	ELBOW-90 DEG.			
ข้อต่อ 45 องศา	ELBOW-45 DEG.			
ข้อต่อหงายขึ้น	ELBOW-TURNED UP			
ข้อต่อคว่ำลง	ELBOW-TURNED DOWN			
ข้อต่อโค้งกว้าง	ELBOW-LONG RADIUS			
ข้อต่อเข้าข้าง ต่อกกลาง	ELBOW WITH SIDE INLET-OUTLET DOWN			
ข้อต่อเข้าข้าง ต่อขึ้นบน	ELBOW WITH SIDE INLET-OUTLET UP			
ข้อต่อลด	REDUCING ELBOW			
สามทางวายแยกยาว ที-วาย	SANITARY T			
ข้อต่อตัวที	T			
ข้อต่อตัวทีต่อขึ้น	T-OUTLET UP			
ข้อต่อตัวทีต่อลง	T-OUTLET DOWN			
ข้อต่อกากะบาทหรือสี่ตา	CROSS			
ข้อต่อตรงลด	REDUCEP-CONCENTRIC			
ข้อต่อลดแยก	REDUCER OFFSET			
ข้อต่อตรง	CONNECTOR			
สามทางวาย 45 องศา	YOR WYE			
วาล์วเกท	VALVE-GATE			
วาล์วโกลบ	VALVE-GLOBE			
ยูเนียน	UNION			
บุชชิ่งหรือข้อลดเหลี่ยม	BUSHING			
ข้อต่อปากแตกหรือปากขยาย	INCREASER			

ตาราง แสดงสัญลักษณ์ของเส้นและเส้นประกอบตัวอักษรสำหรับระบบการเดินท่อ

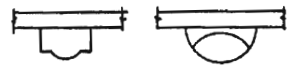
สัญลักษณ์ของเส้น	ความหมายของเส้น
 DRAIN OR WASTE ABOVE GROUND	เส้นท่อระบายน้ำทิ้งเหนือพื้นดิน
 DRAIN OR WASTE BELOW GROUND	เส้นท่อระบายน้ำทิ้งใต้พื้นดิน
 VENT	เส้นท่อระบายอากาศ
 STORM DRAIN	เส้นท่อระบายน้ำฝน
 COLD WATER	เส้นท่อน้ำเย็น หรือน้ำประปา
 SOFT COLD WATER	เส้นท่อแก้้น้ำกระด้างแล้ว
 HOT WATER	เส้นท่อน้ำร้อน
 SPRINKLER MAIN	เส้นท่อฉีดน้ำประธาน
 SPRINKLER BRANCH AND HEAD	เส้นท่อฉีดน้ำแขนงและหัวฉีด
 GAS	เส้นท่อก๊าซ
 COMPRESSED AIR	เส้นท่ออัดอากาศ
 VACUUM	เส้นท่อสุญญากาศ
 SEWER-CAST IRON	เส้นท่อระบายน้ำโสโครกภายนอกเป็นท่อเหล็กหล่อ
 SEWER-CLAY TILE	เส้นท่อระบายน้ำโสโครกภายนอกเป็นท่อกระเบื้องดินเผา
 SEWER-PLASTIC	เส้นท่อระบายน้ำโสโครกเป็นท่อพลาสติก
 HIGH-PRESSURE STEAM	เส้นท่อแรงดันสูง
 MEDIUM-PRESSURE STEAM	เส้นท่อแรงดันปานกลาง
 LOW-PRESSURE STEAM	เส้นท่อแรงดันต่ำ
 FUEL OIL SUPPLY	เส้นท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง
 HOT WATER HEATING SUPPLY	เส้นท่อน้ำร้อนส่งจ่าย
 HOT WATER HEATING RETURN	เส้นท่อน้ำร้อนส่งกลับ



โถงลิ้นแบบวงกลมน้ำล้าง



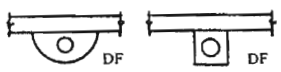
โถงลิ้นแบบตั้งน้ำล้าง



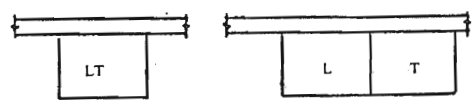
ที่ปิดสภาวะชนิดแขวนผนัง



ที่ปิดสภาวะชนิดตั้งพื้น



ที่ค้ำน้ำหนักผนัง

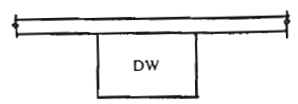


อ่างซักผ้า

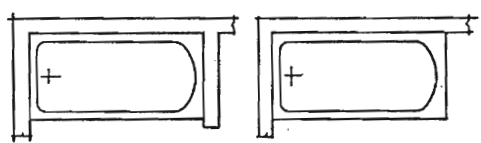


ที่ค้ำไม้ตั้งพื้น

ที่แยกไฟผนังและน้ำมัน

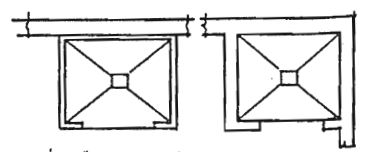


เครื่องล้างจาน



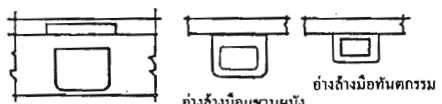
อ่างอาบน้ำผนังมั่งคั่ง

อ่างอาบน้ำมุมห้อง



ที่อาบน้ำฝักบัวสำหรับรูป

ที่อาบน้ำฝักบัวชนิดสร้างชั้น



อ่างล้างมือติดโต๊ะ

อ่างล้างมือแขวนผนัง

อ่างล้างมือทันสมัย

สัญลักษณ์ที่ใช้เขียนลงในแบบสถาปัตยกรรม หรือแบบสุขาภิบาล สำหรับแปลนอาคาร

ELECTRICAL

ELECTRICAL ENGINEERING FORMULAS

1. Power Transmission by shaft

$$HP = \frac{\text{Torque (ft-lbs)} \times \text{RPM}}{5250}$$

2. Power to drive pump

$$HP = \frac{\text{GPM} \times \text{total head (include friction)}}{3960 \times \text{Eff.}}$$

where approx.

$$\text{friction head (ft)} = \frac{0.02 \times \text{pipe length (ft)} \times \text{Vel. of flow (fps)}}{5.367 \times \text{diameter (in)}}$$

$$\text{Efficiency} = 0.5 \text{ to } 0.85$$

3. Power to hoist a load

$$HP = \frac{\text{wt. (lb)} \times \text{feet per min.} \times \sin\theta}{33000}$$

θ being the angle of hoist with horizontal

4. Power to drive fan

$$HP = \frac{\text{cu. ft gas per min.} \times \text{water gauge press. (in)}}{6350 \times \text{Eff.}}$$

Economic selection efficiency for fan = 50 to 80 percent.

The volume of gas delivered by a fan varies directly as the fan speed.

The pressure produced by a fan varies as the square of the fan speed and directly as the density of the gas handled.

The horse-power of a fan varies as the cube of the fan speed and directly as the density of the gas handled.

5. Power for elevators:

$$HP = \frac{\text{Unbalanced load (lbs)} \times \text{speed (ft. per min.)}}{33000 \times \text{Eff}}$$

$$\text{Eff} = 0.5 \text{ (approx.)}$$

6. Synchronous speed

$$\text{RPM} = \frac{120 \times \text{Frequency}}{\text{No. of poles}}$$

7. Transformer

$$\text{Three-phase } I = \frac{\text{KW} \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times \text{p.f.}}$$

$$\text{or } I = \frac{\text{KVA} \times 1000}{\sqrt{3} \times V}$$

$$\text{Single-phase } I = \frac{\text{KW} \times 1000}{V \times \text{p.f.}}$$

$$\text{or } I = \frac{\text{KVA} \times 1000}{V}$$

Delta connection

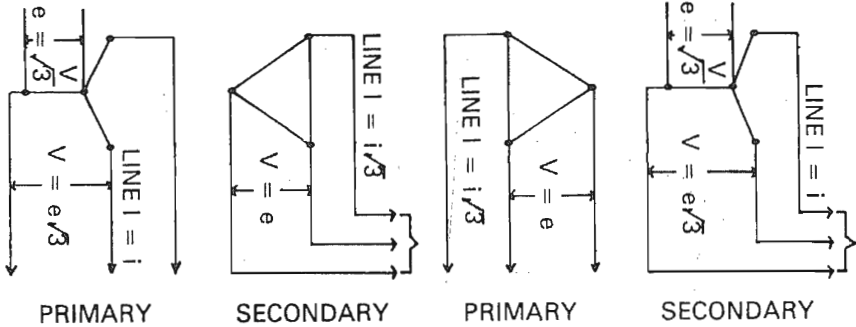
$$V = e, I = i \sqrt{3}$$

$$W = 3w, w = ei \times \text{p.f.}, W = \sqrt{3} VI \times \text{p.f.}$$

Star connection

$$V = e \sqrt{3} \quad I = i$$

$$W = 3w, w = ei \times \text{p.f.}, W = \sqrt{3} VI \times \text{p.f.}$$



8. Motor

D.C. Motor

$$I = \frac{\text{H.P.} \times 746}{V \times \text{Eff.}}$$

$$I = \frac{\text{KW} \times 1000}{V}$$

Single-phase A.C. Motor

$$I = \frac{\text{H.P.} \times 746}{V \times \text{p.f.} \times \text{Eff.}}$$

$$I = \frac{\text{KW} \times 1000}{V \times \text{p.f.}}$$

Three-phase A.C. Motor

$$I = \frac{\text{H.P.} \times 746}{V \sqrt{3} \times \text{p.f.} \times \text{Eff.}}$$

$$I = \frac{\text{KW} \times 1000}{V \sqrt{3} \times \text{p.f.}}$$

9. General Lighting

Room Ratio

Direct, Semi-Direct and General Diffuse Lighting

$$\text{Room Ratio} = \frac{W \times L}{\text{Mounting height above work plane} \times (W + L)}$$

Semi-Indirect and indirect lighting

$$\text{Room Ratio} = \frac{3 \times W \times L}{2 \times \text{ceiling height above work plane} \times (W + L)}$$

$$\text{Average lumens reaching work plane} = \text{total initial lamp lumens} \times \text{CU} \times \text{MF}$$

$$\text{Average footcandles at work plane} = \frac{\text{total initial lamp lumens} \times \text{CU} \times \text{MF}}{\text{area of room in sq. ft}}$$

$$= \text{total watts per sq.ft} \times \text{overall lumens per watt} \times \text{CU} \times \text{MF}$$

$$\text{Area per lamp (sq. ft.)} = \frac{\text{initial lumens per lamp} \times \text{CU} \times \text{MF}}{\text{average footcandle level desired}}$$

$$\text{Area per luminaire (sq.ft.)} = \frac{\text{initial lumens per lamp} \times \text{No. of lamps per luminaire} \times \text{CU} \times \text{MF}}{\text{average footcandle level desired}}$$

$$\text{Total watts per (sq.ft.)} = \frac{\text{average footcandle level desired}}{\text{overall lumens per watt} \times \text{CU} \times \text{MF}}$$

where W = width of room

L = length of room

CU = Coefficient of Utilization

MF = Maintenance Factor

ELECTRICAL FORMULAS.

Electrical formulas for determining Ampere, Kilowatt, Kilovolt - ampere and Horse Power

DIRECT CURRENT	ALTERNATING CURRENT	
	SINGLE PHASE	THREE PHASE
$A = \frac{KW \times 1000}{V}$	$A = \frac{KW \times 1000}{V \times P.F.}$	$A = \frac{KW \times 1000}{1.73 \times V \times P.F.}$
$A = \frac{KVA \times 1000}{V}$	$A = \frac{KVA \times 1000}{V}$	$A = \frac{KVA \times 1000}{1.73 \times V}$
$A = \frac{HP \times 746}{V \times (\% \text{ Eff.})}$	$A = \frac{HP \times 746}{V \times (\% \text{ Eff.}) \times P.F.}$	$A = \frac{HP \times 746}{1.73 \times V \times (\% \text{ Eff.}) \times P.F.}$
$KW = \frac{A \times V}{1000}$	$KW = \frac{A \times V \times P.F.}{1000}$	$KW = \frac{A \times V \times 1.73 \times P.F.}{1000}$
$KVA = \frac{A \times V}{1000}$	$KVA = \frac{A \times V}{1000}$	$KVA = \frac{A \times V \times 1.73}{1000}$
$HP = \frac{A \times V \times (\% \text{ Eff.})}{746}$	$HP = \frac{A \times V \times (\% \text{ Eff.}) \times P.F.}{746}$	$HP = \frac{A \times V \times 1.73 \times (\% \text{ Eff.}) \times P.F.}{746}$

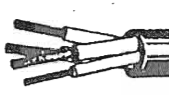
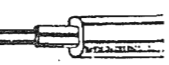
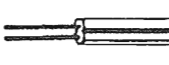
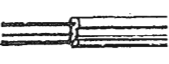



APPROXIMATE MOTOR AMPERES PER TERMINAL:

220 Va-c	= 4	amperes per H.P.
3 phase 220 Va-c	= 2.5	amperes per H.P.
3 phase 380 Va-c	= 1.41	amperes per H.P.
3 phase 440 Va-c	= 1.25	amperes per H.P.
3 phase 550 Va-c	= 1	amperes per H.P.

ชนิดของสายไฟฟ้า

	แบบ	แรงดันไฟฟ้า ไม่เกิน	อุณหภูมิแนว ล้อยไม่เกิน	มาตรฐาน อุตสาหกรรม	การใช้งาน
	IV	250V	60°C		สายชนิดนี้เหมาะกับการใช้งานทั่วไป โดยเฉพาะงานเดินสายร้อย
	HIV		75°C		
	TW	750V	60°C		ในท่อและหาคายในอากาศยึดกับฉนวนลูกถ้วย
	THW		75°C		
	VAF	250V	60°C	มอก.	สายชนิดนี้เหมาะกับการเดินเกาะกับพื้นผิวอาคารโดยใช้วิธีดอกลบรัดสายคืนกับผิวอาคาร สามารถใช้ในบริเวณชื้นแฉะได้
	HVAF		75°C	11-2531	
	VAF-G	250V	60°C		สายชนิดนี้เหมาะกับการเดินเกาะกับพื้นผิวอาคารโดยใช้วิธีดอกลบรัดสายคืนกับผิวอาคาร สามารถใช้ในบริเวณชื้นแฉะได้
	HVAF-G		75°C		
	VVF	750V	60°C		สายชนิดนี้เหมาะกับการวางฝังในดินโดยตรง ทั้งนี้บริเวณนั้นต้องไม่มีแรงกระแทกกระทั้นอาจทำให้สายไฟชำรุดหรือขาดได้
	Type B		75°C		
	NM	750V	60°C		สายชนิดนี้เหมาะกับการวางฝังในดินโดยตรง ทั้งนี้บริเวณนั้นต้องไม่มีแรงกระแทกกระทั้นอาจทำให้สายไฟชำรุดหรือขาดได้
	Type B-G		75°C		
	NYY	750	60°C		สายชนิดนี้เหมาะกับการวางฝังในดินโดยตรง ทั้งนี้บริเวณนั้นต้องไม่มีแรงกระแทกกระทั้นอาจทำให้สายไฟชำรุดหรือขาดได้
	Type C		75°C		
	NY Y-N	750V	60°C		สายชนิดนี้เหมาะกับการวางฝังในดินโดยตรง ทั้งนี้บริเวณนั้นต้องไม่มีแรงกระแทกกระทั้นอาจทำให้สายไฟชำรุดหรือขาดได้
	Type C-N		75°C		
	NY Y-G	750V	60°C		สายชนิดนี้เหมาะกับการวางฝังในดินโดยตรง ทั้งนี้บริเวณนั้นต้องไม่มีแรงกระแทกกระทั้นอาจทำให้สายไฟชำรุดหรือขาดได้
	Type C-G		75°C		

ชนิดของสายไฟฟ้า (ต่อ)

	แบบ	แรงดันไฟฟ้า ไม่เกิน	อุณหภูมิแนว ลัดมไม่เกิน	มาตรฐาน อุตสาหกรรม	การใช้งาน	
	VCT	750V	60°C		ใช้สำหรับเครื่องมือ เครื่องใช้ที่มีการเคลื่อน ย้ายเป็นประจำ	
	HVCT		75°C			
	VCT-G	750V	60°C		เช่นเดียวกับ VCT	
	HVC T-G		75°C			
	VAFF	250V	60°C		เช่นเดียวกับ VCT แต่ ใช้กับอุปกรณ์เครื่องมือ ที่มีขนาดเล็กกว่า	
	HVAFF		75°C			
	VFF	250V	60°C			
	HVFF		75°C			
	VEF-G	250V	60°C			
	HVFF-G		75°C			
	VTF	250V	60°C			
	HVTF		75°C			
	VSF	250V	60°C			ใช้ภายในเครื่องมือ เครื่องใช้
	HVSF		75°C			
	TIS-AV	LOW	60°C	มาตรฐานที่ 118-2517	ใช้สำหรับแรงดันไฟฟ้า ต่ำมาก เช่น ไฟฟ้ารถ ยนต์	
	JIS-AV	LOW	60°C	มาตรฐาน ญี่ปุ่น		

จำนวนกระแสสูงสุดที่ยอมให้ใช้กับสายไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ
ที่เดินสายในบริเวณที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตารางมิลลิเมตร)		กระแสสูงสุดสำหรับสาย หุ้มเดินในอากาศ (แอมแปร์)		กระแสสูงสุดสำหรับสายหุ้มเดินในท่อ ในเพดาน ในผนัง ในราง หรือสาย หลายแกน และใช้สายไม่เกิน 3 เส้น (แอมแปร์)	
สายที่ใช้งาน ได้ไม่เกินอุณหภูมิสูงสุด..... องศาเซลเซียส					
สายทองแดง	สายอลูมิเนียม	60° ซ.	75° ซ.	60° ซ.	75° ซ.
0.5		7	7	4	4
1		10	10	6	6
1.5		13	13	8	8
2.5		18	19	14	15
4		24	27	19	21
6		35	41	27	30
10	16	53	66	37	45
16	25	72	94	49	63
25	35	96	122	63	84
35	50	120	152	78	104
50	70	152	194	94	129
70	95	191	241	122	159
95	120	233	295	147	190
120	150	270	304	170	220
150	185	300	356	192	248
185	240		430		260
240	300		478		292
300	400		552		336
400	500		652		392
500	652		748		436

ค่าตัวคูณลดกระแสเกี่ยวกับจำนวนสาย

(ในกรณีที่ดินสายไฟมากกว่า 3 เส้น จะต้องลดกระแสภายในสายลง โดยใช้ตัวคูณในตาราง)

จำนวนสายเป็นเส้นหรือแกน	ตัวคูณ
4 ถึง 6	0.80
7 ถึง 24	0.70
25 ถึง 42	0.60
43 และมากกว่า	0.50

ค่าตัวคูณลดกระแสเกี่ยวกับอุณหภูมิ

(ในกรณีที่ดินสายไฟในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส กระแสสูงสุดที่กำหนด จะต้องลดกระแสภายในสายลงโดยใช้ตัวคูณลดกระแสในตาราง)

อุณหภูมิบริเวณเดินสาย (องศาเซลเซียส)	ตัวคูณสำหรับสายซึ่งทนอุณหภูมิใช้งานสูงสุด	
	60 องศาเซลเซียส	75 องศาเซลเซียส
45	0.866	0.932
50	0.707	0.850
55	0.5	0.761
60	—	0.659
70	—	0.398
75	—	—

ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงสำหรับสายไฟที่เดินในท่อโลหะ

ขนาด สาย ไฟฟ้า	Three Phase-Lagging Power Factor					Single Phase-Lagging Power Factor				
	100%	90%	80%	70%	60%	100%	90%	80%	70%	60%
2.5	13579	12414	11102	9807	8478	15695	14334	12824	11332	9790
4	10086	9259	8298	7334	6379	11650	10692	9584	8482	7350
6	6593	6104	5494	4877	4250	7610	7052	6347	5635	4910
10	3378	3201	2893	2633	2318	3903	3696	3378	3037	2679
16	2125	2063	1908	1735	1551	2391	2381	2207	2004	1791
25	1584	1568	1466	1348	1217	1811	1696	1555	1401	
35	1043	1076	1027	958	879	1204	1243	1184	1105	1014
50	666	731	718	689	646	768	846	830	794	748
70	522	600	597	577	551	607	692	689	669	640
95	380	469	466	469	456	443	541	551	544	528
120	292	384	403	407	403	335	446	469	469	466
150	246	341	364	370	370	282	397	420	430	426
185	297	298	325	335	341	226	341	347	387	390
240	154	256	282	298	305	177	292	325	344	354
300	134	236	266	282	292	154	292	305	325	338
400	105	207	239	259	269	121	239	266	298	212
500	89	190	223	246	256	102	220	259	282	298

การใช้ตาราง

คุณระยะทาง (ม.) ของสายเส้นเดียวด้วยกระแส (Amp.) และ ค่าในตาราง หาดด้วย 1,000,000 ผลลัพธ์
ที่ได้มีค่าเป็น Volts

ตัวอย่าง

สาย 16 PDW ยาว 60 ม. กระแส 40 Amp 3 Phase 80% P.F.

$$\text{Voltage loss} = 60 \times 40 \times 1908 \times 10^{-6}$$

$$= 4,579 \text{ Volts}$$

ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงสำหรับสายไฟที่เดินในท่อพลาสติก

ขนาด สายไฟฟ้า		Three Phase-Lagging Power Factor					Single Phase-Lagging Power Factor				
		100%	90%	80%	70%	60%	100%	90%	80%	70%	60%
2.5	*2.5 PDY	13579	12382	11038	9743	8417	15695	14270	12745	11232	9670
4	4 PDY	10086	9227	8234	7270	6299	11650	10628	9502	8382	7240
6	6 PDY	6593	6072	5430	4792	4157	7610	6988	6267	5535	4800
10	10 PDY	3378	3156	2829	2557	2226	3903	3632	3292	2937	2569
16	16 PDY	2125	2015	1844	1658	1461	2391	2323	2127	1912	1681
25	25 PDY	1584	1526	1399	1274	1134	1797	1757	1619	1465	1301
35	35 PDY	1043	1028	966	881	796	1204	1188	1114	1015	918
50	50 PDY	666	690	658	619	569	768	795	760	714	655
70	70 PDY	522	555	536	507	471	607	641	615	583	544
95	95 PDY	380	424	418	402	376	443	490	484	464	438
120	120 PDY	292	346	349	343	326	335	401	405	393	383
150	150 PDY	246	303	314	309	300	282	352	365	356	343
185	185 PDY	297	260	274	275	271	226	296	317	317	310
240	240 PDY	154	218	232	238	238	177	247	268	274	274
300	300 PDY	134	201	216	222	225	154	251	248	255	258
400	400 PDY	105	172	189	199	202	121	198	219	228	232
500	500 PDY	89	155	173	186	189	102	179	202	212	218

* Also for two core, three & four core conductor.

ค่ากระแสสูงสุดสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

ขนาด หม้อ แปลง KVA	กระแสด้านแรงสูง		กระแสด้านแรงต่ำ				Amp.	
	1 ยก	3 ยก	1 ยก	220 โวลต์		380 โวลต์		
	12 KV	△ 12 KV	440 V	1 PHASE	3 PHASE	1 PHASE	3 PHASE	
					△		Y	
5	0.4	0.2	11.4	22.7	13.1	13.2	7.6	
10	0.8	0.5	22.7	45.5	26.3	26.4	15.2	
15	1.3	0.7	34.1	68.2	39.4	39.5	22.8	
20	1.7	0.9	45.5	90.9	52.5	52.6	30.4	
25	2.1	1.2	56.8	113.5	65.6	65.8	37.9	
30	2.5	1.4	68.2	136.4	78.7	78.9	45.6	
37.5	3.1	1.8	85.2	170.5	98.4	98.7	56.9	
45	3.8	2.2	102.2	204.5	118.1	118.4	68.4	
50	4.2	2.4	113.6	227.3	131.2	131.6	75.9	
67.5	5.6	3.3	153.4	306.8	177.3	177.6	102.6	
75	6.3	3.6	170.5	340.9	196.8	197.4	113.9	
100	8.3	4.8	227.3	454.5	262.4	263.2	151.9	
112.5	9.4	5.4	255.7	511.4	294.2	296.0	170.9	
150	12.5	7.2	340.9	681.8	393.7	394.7	227.9	
167	13.9	8.0	379.5	759.1	438.3	439.5	253.7	
200	16.7	9.6	454.5	909.1	524.9	526.3	303.9	
225	18.8	10.8	512.0	1022.7	590.5	592.0	341.9	
250	20.8	12.0	568.2	1136.4	656.1	657.9	379.8	
300	25.0	14.4	681.8	1363.6	787.3	789.5	455.8	
333	27.8	16.0	756.8	1513.6	873.9	876.3	505.9	
350	29.2	16.8	795.5	1590.9	918.5	921.1	531.8	
400	33.3	19.3	909.1	1818.2	1049.8	1052.6	607.8	
450	37.5	21.7	1022.7	2045.5	1180.9	1184.2	683.7	
500	41.7	24.0	1136.4	2272.7	1312.2	1315.8	759.7	

ตารางค่ากระแสมอเตอร์ไฟฟ้า (ดีซี และ เอซี) (โดยประมาณ)

ขนาดของมอเตอร์ OUTPUT		DC 220 V	AC 1 PHASE 1 ยก		AC 3 PHASE 3 ยก		
กิโลวัตต์ KW	แรงม้า H P		Power Factor	220 V	Power Factor	220 V	380 V
0.18	0.25	1.2	0.60	2.3	0.68	1.23	0.71
0.25	0.33	1.6	0.60	3	0.71	1.6	0.92
0.37	0.50	2.3	0.70	4	0.73	1.9	1.1
0.55	0.75	3.4	0.70	5	0.74	2.8	1.6
0.75	1	4.5	0.70	7	0.74	3.7	2.1
1.1	1.5	6.3	0.70	8.8	0.75	5.4	3.1
1.5	2	8.5	0.70	12	0.78	6.9	4
2.2	3	12.5	0.70	17.5	0.78	9.5	5.5
3	4	17	0.75	22.5	0.82	11.5	6.7
4	5.5	24	0.75	28	0.82	15.3	8.8
5.5	7.5	30			0.85	19.6	11.6
7.5	10	44			0.86	25.7	14.8
11	15	61			0.82	40.7	23.6
15	20	82			0.82	54	31
18.5	25	93			0.85	63	36.5
22	30	111			0.85	75	43.5
30	40	150			0.87	100	58
37	50	186			0.83	128	74
45	60	222			0.84	154	89
55	75	270			0.87	180	104
75	100	370			0.88	240	139
90	125				0.88	320	185
110	150				0.86	362	209
132	175				0.86	430	245
160	220				0.86	520	300
200	275				0.86	650	373
220	300				0.88	695	400
260	350				0.88	800	460
300	400				0.88	910	525






















STARTING TORQUE AND CURRENTS OF INDUCTION MOTOR


















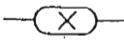
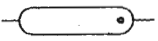
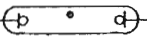

Method of starting	Direct on	Star Delta	Auto transformer		
			50%	60%	75%
% Line voltage	100	58	50	60	75
% Full load current	50	170	125	190	280
% Full load torque	125	42	32	45	70

สรุปข้อมูลด้านไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กใช้ไฟ 220 V/50 Hz

	ขนาดทำความเย็น BTU/hr	กำลังงาน (kW)	กระแสไฟ งาน	ขนาดสาย ไฟที่ใช้	หมายเหตุ
แบบหน้าต่าง	10,000	1.55	7.5	2.5 mm ²	12,000 BTU/hr
	12,500	2.25	11.0	2.5 mm ²	เท่ากับ 1 ตัน ความเย็น
	19,000	2.75	13.0	4 mm ²	
	20,500	3.00	14.0	4 mm ²	
	24,000	4.00	20.0	6 mm ²	ขนาด 2 ตัน
แบบแยกส่วน	10,300	-	9.4	2.5 mm ²	ขนาด 1 1/2 ตัน
	12,900	-	11.5	2.5 mm ²	
	15,000	-	13.2	4 mm ²	
	17,000	-	13.3	4 mm ²	
	18,800	-	14.1	4 mm ²	
	22,000	-	17.7	6 mm ²	ขนาด 3 ตัน
	27,200	-	22.6	6 mm ²	
	32,600	-	23.7	10 mm ²	
	38,500	-	26.0	10 mm ²	
	41,200	-	29.4	10 mm ²	
52,800	-	35.8	16 mm ²		

ตารางเปรียบเทียบสัญลักษณ์อุปกรณ์

รายละเอียด	เยอรมัน	อังกฤษ	สหรัฐอเมริกา	สัญลักษณ์สากล
Resistor		= or 	= or 	= or 
Winding, inductor		 or 		= or  or 
Capacitor				= or 
Accumulator cell, battery (long line = positive pole)			=	=
Earth (ground) connection		=	=	=
Frame or chassis connection				

รายละเอียด	เยอรมัน	อังกฤษ	สหรัฐอเมริกา	สัญลักษณ์สากล
Isolating fuse		—	—	—
Fuse	 supply side 	= or = or  or 	= or  or 	= or =
Isolating link				
Plug and socket device				= or 
Filament lamp	X			=
Discharge lamp				

ประเภทข้อต่อ	ตัวอย่าง	อังกฤษ	สัญลักษณ์สากล	สัญลักษณ์ภาษาไทย
Manually operating mechanism		=	=	=
Foot operated mechanism		 Foot operated switch		
Cam operated mechanism			= or annotated with -CO-	or =
Pneumatic operating mechanism				=
Power operating mechanism by stored energy		=	-	=
Motor operated mechanism		=	= or 	=
Valve, general symbol		=	-	=
Unidirectional latching device		=	-	=
Bidirectional latching device		 latched unlatched	-	 latched unlatched
Notch			with annotation	=
Device for time delayed operation, following actuating force to right		-		=

รายละเอียด	เยอรมัน	อังกฤษ	สหรัฐอเมริกา	สัญลักษณ์
Operating element with automatic return on discontinuation of actuating force for contactors, relays, trips				=
Relay with two coils acting unidirectionally				
Undervoltage relay				=
Time-delay for electro-mechanic operating elements				
coil of slow-releasing relay				
coil of slow-operating relay				
coil of a slow-operating and slow-releasing relay				=











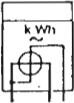


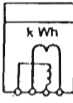
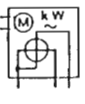






รายละเอียด	เขตรับ	อังกฤษ	พหุรูป/เกณฑ์	สัญลักษณ์ย่อ
Make contact (NO)				
Break contact (NC)				
Change-over contact				
Change-over contact make-before-break				
Time-delayed contacts				
make contact, delayed make			TC or TDC	
break contact, delayed break			TO or TDO	
make contact, delayed break			TO or TDO	
break contact, delayed make			TC or TDC	










ภาพแสดง	มาตรฐาน	อังกฤษ	พหุคูณสาม	สัญลักษณ์ไทย
Contactor with thermal overload devices				= or
Triple-pole circuit breaker with switching mechanism with electromagnetic release and 3 thermal overload relays				
Isolating circuit breaker			-	
Circuit breaker				
Triple-pole load-break switch			-	
Triple-pole fused isolator				=
Triple-pole isolator				
Isolating link, change-over type				

ชื่อภาษาไทย	เขียนไทย	อังกฤษ	อเมริกา/แคนาดา	สัญลักษณ์สากล
Single throw switch manually operated				—
Momentary or spring return switches manually operated	with 1 NO contact			=
	with 1 NC contact			=
foot operated				—
cam operated				
flow speed actuated				=
pressure actuated				=
temperature actuated				= or
liquid level actuated				
over/under flow speed	v > / v <	—	—	
over/under pressure	P > / P <	—	P / P	= / =
over/under temperature	T > / T <	—	T / T	= / =
over/under liquid level	Q > / Q <	—	L / L	
over/under speed	n > / n <	—	SP / SP	v > / v <
Examples: Momentary switch opens at overspeed		—	> ≠ SP	
Momentary switch closes at under temperature		—	> ≡ T	=

รายละเอียด	เขื่อน	อังกฤษ	สหรัฐอเมริกา	สัญลักษณ์สากล
Horn				
Bell		=		=
Siren		=		=
Buzzer				
Pilot light, Indicating light		=		=
Semaphore Indicator		-		=
Drop annunciator make contact actuated by the actuating system		-		-
make contact actuated by the target			(gen. symbol)	

รายละเอียด	เขื่อน	อังกฤษ	สหรัฐอเมริกา	สัญลักษณ์สากล
Thermal overload tripping device		=		=
Magnetic overcurrent tripping device				
Undervoltage tripping device				
Open-circuit shunt trip coil				-

รายละเอียด	เขตนับ	อังกฤษ	สัญลักษณ์ไทย	สัญลักษณ์สากล
Ammeter		=	=	=
Voltmeter		=	=	=
Double voltmeter				
Single-phase A. C. watt-hour meter, form 1				
Single-phase A. C. watt-hour meter, form 2				
Single-phase recording A. C. wattmeter, form 2				
Instrument shunt				=

รายละเอียด	เขตนับ	อังกฤษ	สัญลักษณ์ไทย	สัญลักษณ์สากล
Coil of a polarized relay with permanent magnet			 or 	 or =
Coil of a remanent relay			—	 or =
Coil of a mechanically- resonance relay		=	—	=

กฎหมายก่อสร้าง

ประมวลกฎหมายอาญา (พ.ศ. 2499-2532) ที่น่าสนใจ

มาตรา 226 ผู้ใดกระทำให้ด้วยประการใด ๆ แก่ โรงเรือน ตู้เรือ ที่จอดตรก หรือเรือสาธารณะ จอดเรือ สิ่งปลูกสร้าง เครื่องจักร เครื่องกล สายไฟฟ้า หรือสิ่งที่ทำไว้เพื่อป้องกันอันตรายแก่บุคคลหรือทรัพย์ จนน่าจะเป็นเหตุให้เกิดอันตรายแก่บุคคลอื่นต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินห้าปี หรือปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

มาตรา 227 ผู้ใดเป็นผู้มีวิชาชีพในการออกแบบควบคุมหรือทำการก่อสร้างใด ๆ ไม่ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ หรือวิธีการอันพึงกระทำนั้น ๆ โดยประการที่น่าจะเป็นเหตุให้เกิดอันตรายแก่บุคคลอื่น ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินห้าปี หรือปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาทหรือทั้งจำทั้งปรับ

คำจำกัดความของอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษ อาคารขนาดใหญ่ อาคารพิเศษ ตาม พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร

“อาคารสูง หมายความว่า อาคารที่บุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้ โดยมีความสูงตั้งแต่ 23.00 เมตรขึ้นไป การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นคาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่ว หรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด”

“อาคารขนาดใหญ่พิเศษ หมายความว่า อาคารที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้อาคาร หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารเป็นที่อยู่อาศัย หรือประกอบกิจการประเภทเดียวหรือหลายประเภท โดยมีพื้นที่รวมกันทุกชั้น หรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป”

(ข้อ 1 กฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535 ออกตามความใน พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522)

“อาคารขนาดใหญ่ หมายความว่า อาคารที่สร้างขึ้นเพื่อใช้อาคาร หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารเป็นที่ประกอบกิจการประเภทเดียวหรือหลายประเภท โดยมีความสูงจากระดับถนนตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไป และมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันเกิน 1,000 ตารางเมตร หรือมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันเกิน 2,000 ตารางเมตร”

(ข้อ 1 (12) กฎกระทรวงฉบับที่ 7 พ.ศ. 2517 ออกตามความใน พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2479)

รายชื่อกฎหมายควบคุมอาคารที่ควรรทราบ

1. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

2. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2535

3. กฎกระทรวง ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

3.1 กฎกระทรวง (พ.ศ. 2524)ฯ ว่าด้วยความรู้หรือคุณวุฒิของข้าราชการ หรือพนักงาน ส่วนท้องถิ่น ที่จะแต่งตั้งเป็นนายตรวจหรือนายช่างได้

3.2 กฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2524)ฯ ว่าด้วยแบบบัตรประจำตัวนายช่าง และบัตรประจำตัวนายตรวจ

3.3 กฎกระทรวง ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2526)ฯ ว่าด้วยการยึด เก็บรักษาหรือขายซึ่งวัสดุก่อสร้าง และสิ่งของ

3.4 กฎกระทรวง ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2526) ว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขในการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้ายใช้ หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร

3.5 กฎกระทรวง ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2527) ว่าด้วยอาคารประเภทควบคุมการใช้สำหรับพาณิชย์-กรรม การศึกษา การสาธารณสุขฯ

3.6 กฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ว่าด้วยการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของวัสดุที่ใช้และพื้นดินที่รองรับอาคาร

3.7 กฎกระทรวง ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2528) ว่าด้วยการกำหนดค่าธรรมเนียม การออกใบอนุญาต

3.8 กฎกระทรวง ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2528) กำหนดแบบของคำขออนุญาตใบอนุญาตและใบรับรอง แบบของคำสั่งของเจ้าพนักงาน และแบบหนังสือของเจ้าพนักงานท้องถิ่น

3.9 กฎกระทรวง ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2528) ว่าด้วยการกำหนดอาคารที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขออนุญาต

3.10 กฎกระทรวง ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2528) ว่าด้วยวิธีปฏิบัติในการขอรับใบอนุญาต

3.11 กฎกระทรวง ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2528) ว่าด้วยการกระทำที่ไม่ถือเป็นการดัดแปลงอาคาร และการรื้อส่วนอื่นของโครงสร้างของอาคารที่ถือเป็นการรื้อถอนอาคาร

3.12 กฎกระทรวง ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2528) ว่าด้วยการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารให้ผิดไปจากแผนผังบริเวณแบบแปลน และรายการประกอบแบบแปลนที่ได้รับอนุญาต ตลอดจนวิธีการหรือเงื่อนไขที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นกำหนดไว้ในใบอนุญาต ซึ่งให้กระทำได้

3.13 กฎกระทรวง ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2528) ว่าด้วยการห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภทในท้องถิ่นบางแห่งในอำเภอบางไทร อำเภอพระนครศรีอยุธยา อำเภอบางปะอิน และอำเภอมั่นน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

3.14 กฎกระทรวง ฉบับที่ 14 (พ.ศ. 2529) แก้ไขเพิ่มเติมกฎกระทรวง ฉบับที่ 9 ซึ่งว่าด้วยการกำหนดอาคารที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขออนุญาต

3.15 กฎกระทรวง ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2529) ว่าด้วยการกำหนดบริเวณห้ามการก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภทในตำบลป่าตอง อำเภอกระทุ่ม จังหวัดภูเก็ต

3.16 กฎกระทรวง ฉบับที่ 16 (พ.ศ. 2530) ว่าด้วยบริเวณห้ามก่อสร้างอาคารบางชนิดและบางประเภท ในท้องที่ตำบลบางเตย ตำบลบางกระทิก อำเภอสามพราน ตำบลศาลายา อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม และแขวงศาลาธรรมสพน์ แขวงทวีวัฒนา เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร

3.17 กฎกระทรวง ฉบับที่ 17 (พ.ศ. 2530) ว่าด้วยกำหนดพื้นที่ในท้องที่ตำบลบางกะเจ้า ตำบลบางกอบัว ตำบลบางยอ ตำบลบางน้ำผึ้ง ตำบลทรงคนอง และ ตำบลบางกระสอบ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เป็นบริเวณห้ามก่อสร้างอาคารบางชนิดและบางประเภท

3.18 กฎกระทรวง ฉบับที่ 18 (พ.ศ. 2530) เพิ่มเติมกฎกระทรวง ฉบับที่ 4 ซึ่งว่าด้วยหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไข ในการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร

3.19 กฎกระทรวง ฉบับที่ 19 (พ.ศ. 2531) เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ในท้องที่บางสวนในตำบลหัวเขา ตำบลสิงหน้อ ตำบลเกาะยอ และตำบลพะวง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา

3.20 กฎกระทรวง ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2532) เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ในท้องที่บางสวนในตำบลไม้ขาว ตำบลสาคร ตำบลเชิงทะเล อำเภอดงตาล ตำบลกมลา ตำบลปาดทอง อำเภอเกาะกู่ และตำบลกระน ตำบลราไวย์ อำเภอเมืองภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

3.21 กฎกระทรวง ฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2532) ว่าด้วย เรื่องหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข ในการให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจสั่งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารดำเนินการแก้ไขอาคารที่ติดตั้งลูกกรง เหล็กคัต หรือสิ่งอื่นที่มีลักษณะเท่านองเดียวกัน ซึ่งทำให้อาคารนั้นมีสภาพที่อาจเป็นภัยอันตรายต่อชีวิตหรือร่างกาย

3.22 กฎกระทรวง ฉบับที่ 22 (พ.ศ. 2532) เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้างดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ในท้องที่บางสวนในตำบลแม่น้ำ ตำบลบ่อผุด ตำบลมะเร็ด ตำบลหน้าเมือง ตำบลตลิ่งงาม ตำบลลิปะน้อย และตำบลอ่างทอง อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3.23 กฎกระทรวง ฉบับที่ 23 (พ.ศ. 2533) ว่าด้วยการบัญญัติให้ "อาคาร" หมายความว่ารวมถึงป้ายหรือสิ่งทีสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายที่ติดหรือตั้งไว้ในระยะห่างจากที่สาธารณะซึ่งเมื่อวัดในทางราบแล้ว ระยะห่างจากที่สาธารณะมีน้อยกว่าความสูงของป้ายนั้นเมื่อวัดจากพื้นดิน

3.24 กฎกระทรวง ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2533) เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ในท้องที่บางสวนในตำบลปากเกร็ด และตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

3.25 กฎกระทรวง ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2533) เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ในท้องที่บางสวนในตำบลเสาธงหิน อำเภอบางใหญ่ ตำบลบางรักใหญ่ อำเภอบางบัวทอง และตำบลบางรักน้อย ตำบลไทรมี้า ตำบลบางกระสอบ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

3.26 กฎกระทรวง ฉบับที่ 26 (พ.ศ. 2534) เรื่อง การปรับปรุงมาตรการเกี่ยวกับการควบคุม การก่อสร้าง ดัดแปลง หรือการใช้อาคารในท้องที่ ในอำเภอบางไทร อำเภอพระนครศรีอยุธยา อำเภอบางปะอิน และอำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

3.27 กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) เรื่อง การก่อสร้างอาคารสูง และอาคารขนาดใหญ่พิเศษ เพื่อประโยชน์แห่งความมั่นคงแข็งแรง ความปลอดภัย การป้องกันอัคคีภัย การสาธารณสุข การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การผังเมือง การสถาปัตยกรรม และการอำนวยความสะดวกแก่การจราจร

4. กฎกระทรวง ออกตามความในพระราชบัญญัติการก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2479

4.1 กฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2498) เรื่อง ระเบียบการขออนุญาตปลูกสร้างอาคาร เพื่อให้เป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับผู้ที่อยู่ในเขตประกาศใช้พระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2479

4.2 กฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2498) เรื่อง ห้ามมิให้ก่อสร้างอาคารบางชนิดที่เห็นว่าเป็นอาคารที่จะให้เกิดความรำคาญ หรืออาคารที่จะก่อให้เกิดสิ่งปฏิญูลต่าง ๆ ในเขตท้องที่บางแห่งในตำบลแสนสุข ตำบลบ้านปึก และตำบลอ่างศิลา อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี

4.3 กฎกระทรวง ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2498) เรื่อง การควบคุมการก่อสร้างอาคาร เพื่อประโยชน์ในการผังเมือง การป้องกันอัคคีภัย การอนามัย การสุขาภิบาล และความมั่นคงแข็งแรง ให้เป็นระเบียบเรียบร้อยแก่บ้านเมือง ในเขตท้องที่บางแห่งในอำเภอบางเขน

4.4 กฎกระทรวง ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2503) เพื่อแก้ไขกฎกระทรวง ฉบับที่ 3

4.5 กฎกระทรวง ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2512) เพื่อแก้ไขกฎกระทรวง ฉบับที่ 1

4.6 กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2515) เรื่อง การควบคุมการก่อสร้างอาคาร ภายในเขตท้องที่บางแห่งในตำบลบางปูใหม่ ตำบลท้ายบ้าน ตำบลแพรกษา อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ ฉะนั้นเพื่อ

4.7 กฎกระทรวง ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2517) เรื่อง การกำหนดให้เจ้าของอาคารบางประเภทที่ใช้ในบริการสาธารณะ เพื่อหาประโยชน์ต้องจัดให้มีที่จอดรถยนต์สำหรับผู้ที่ใช้ประโยชน์จากอาคารนั้น และการกำหนดประเภทของอาคาร การกำหนดจำนวนพื้นที่ที่ต้องมีและใช้เป็นที่จอดรถยนต์ที่กัลบรถยนต์ และทางเข้าออกของรถยนต์

4.8 กฎกระทรวง ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2519) เรื่อง ห้ามมิให้ปลูกสร้างอาคารบางชนิดที่เห็นว่าจะก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญและก่อให้เกิดสิ่งปฏิญูลต่าง ๆ และทำให้สภาพแวดล้อมเสียไป ในเขตท้องที่บางแห่งในตำบลบางละมุง ตำบลนาเกลือ และตำบลหนองปรือ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

5. ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร

5.1 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521

5.2 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ควบคุมการก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2522

5.3 เทศบัญญัติเทศบาลนครกรุงเทพ เรื่อง กำหนดบริเวณซึ่งอาคารบางชนิดจะปลูกสร้างขึ้นมิได้ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2502

5.4 เทศบัญญัติเทศบาลนครกรุงเทพ เรื่อง กำหนดบริเวณซึ่งอาคารบางชนิดจะปลูกสร้างขึ้นมิได้ (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2505

5.5 เทศบัญญัติเทศบาลนครกรุงเทพ เรื่อง กำหนดบริเวณซึ่งอาคารบางชนิดจะปลูกสร้างขึ้นมิได้ (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2509

5.6 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณซึ่งอาคารบางชนิดจะปลูกสร้างขึ้นมิได้

5.7 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารบางชนิด หรือบางประเภท พ.ศ. 2524

5.8 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท พ.ศ. 2525

5.9 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยน การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ในท้องที่เขตมีนบุรี แขวงคลองสิบ แขวงคูฝั่งเหนือ เขตหนองจอก และแขวงคลองสามประเวศ แขวงลำปลาทิว แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2525

5.10 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยน การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ในท้องที่แขวงบางไผ่ แขวงบางแคเหนือ และแขวงคลองขวาง เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2525

5.11 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยน การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ในท้องที่แขวงนิมพิล แขวงบางระมาด แขวงบางเข็กหนึ่ง และ แขวงบางพรหม เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2525

5.12 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยน การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ในท้องที่แขวงถนนนครไชยศรี แขวงวชิรพยาบาล แขวงคูสิต แขวงสวนจิตรลดา แขวงสี่แยกมหานาค เขตคูสิต แขวงทุ่งพญาไท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท แขวง วัดโสมนัส เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย และแขวงวัดสามพระยา แขวงบางขุนพรหม เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2526

5.13 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยน การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ริมนนรัชดาภิเษกทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงสามเสนนอก แขวง ห้วยขวาง เขตห้วยขวาง และแขวงลาดยาว เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2528

5.14 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยน การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ภายในบริเวณกรุงรัตนโกสินทร์ชั้นใน ในท้องที่แขวงพระบรม- มหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2528

5.15 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยน การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ริมนนรัชดาภิเษกทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงวัดท่าพระ เขต บางกอกใหญ่ และแขวงตลาดพลู แขวงบุคคโล เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2529

5.16 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยน การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ภายในบริเวณกรุงรัตนโกสินทร์ชั้นนอกในท้องที่แขวงชนะสงคราม แขวงตลาดยอด แขวงศาลเจ้าพ่อเสือ แขวงบวรนิเวศ แขวงเสาชิงช้า แขวงราชบพิธ แขวงสำราญราษฎร์ และแขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2530

5.17 ประกาศกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดแบบแปลน แผนผัง และรูปแบบทางสถาปัตยกรรม ของห้องแถว ตึกแถว ภายในบริเวณกรุงรัตนโกสินทร์ชั้นนอก พ.ศ. 2531

5.18 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยน การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ริมนนรัชดาภิเษกทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงบางซื่อ เขตคูสิต กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2530

5.19 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ริมนนรัชดาภิเษกทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงคลองเตย เขต พระโขนง กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2530

5.20 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ริมนนศรีนครินทร์ทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ และแขวงสวนหลวง แขวงหนองบอน แขวงบางจาก แขวงบางนา เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2530

5.21 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภทริมนนพระรามที่ 9 ทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงห้วยขวาง แขวง บางกะปิ เขตห้วยขวาง และแขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2530

5.22 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ริมนนรัชดาภิเษกทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงบางซื่อ เขตดุสิต และแขวงลาดยาว เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2530

5.23 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ริมนนรามคำแหงทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงหัวหมาก แขวง สะพานสูง เขตบางกะปิ และแขวงมีนบุรี แขวงแสนส่าบ เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2531

5.24 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ริมนนสุขาภิบาล 1 ทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงคันนายาว แขวง จรเขี้ยว แขวงคลองกุ่ม แขวงคลองจั่น และแขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2531

5.25 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ริมนนแจ้งวัฒนะทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงอนุสาวรีย์ แขวง ตลาดบางเขน แขวงคลองถนน และแขวงทุ่งสองห้อง เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2532

5.26 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิดหรือบางประเภท ริมนนสุขาภิบาล 2 ทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงคลองจั่น แขวง คลองกุ่ม แขวงคันนายาว เขตบางกะปิ และแขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2532

5.28 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนแปลง การใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท บริเวณโดยรอบสวนหลวง ร.9 ในท้องที่แขวงหนองบอน แขวง ประเวศ เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2532

6. ประกาศกรุงเทพมหานคร

6.1 ประกาศกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์เกี่ยวกับกระยะร่นโดยรอบอาคาร พ.ศ. 2521

6.2 ประกาศกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์การอนุญาตปลูกสร้างอาคารแถว อยู่อาศัย พ.ศ. 2522

6.3 ประกาศกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์การผ่อนผันการอนุญาตให้ปลูกสร้าง อาคาร พ.ศ. 2524

6.4 ประกาศกรุงเทพมหานคร เรื่อง แก้ไขเพิ่มเติมกำหนดหลักเกณฑ์การอนุญาตให้ปลูกสร้างอาคาร พ.ศ. 2529

6.5 ประกาศกรุงเทพมหานคร เรื่อง คำแนะนำเกี่ยวกับการขอใช้อาคารประเภทควบคุมการใช้เป็นส่วน ๆ พ.ศ. 2530

6.6 ประกาศกรุงเทพมหานคร เรื่อง คำแนะนำเกี่ยวกับการขอรับใบอนุญาตก่อสร้างอาคารชั้นรากฐาน ก่อนได้รับใบอนุญาตให้ก่อสร้างอาคารสมบูรณ์ตามโครงการ พ.ศ. 2531

6.7 ระเบียบกรุงเทพมหานคร ว่าด้วยการขออนุญาตตัดคันหินทางเท้า ลดระดับคันหินทางเท้า และทำทางเชื่อมในที่สาธารณะ พ.ศ. 2531

6.8 ประกาศกรุงเทพมหานคร เรื่อง แก้ไขเพิ่มเติมกำหนดหลักเกณฑ์การอนุญาตให้ปลูกสร้างอาคาร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2532

6.9 ประกาศกรุงเทพมหานคร เรื่อง ข้อกำหนดลักษณะแบบของบันไดหนีไฟ และทางหนีไฟทางอากาศของอาคาร พ.ศ. 2532

6.10 ประกาศกรุงเทพมหานคร เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการก่อสร้างตัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดแก่สุขภาพ ชีวิต ร่างกาย และทรัพย์สินของประชาชน (พ.ศ. 2534)

6.11 ประกาศกรุงเทพมหานคร ที่ ป.280/2535 เรื่อง กำหนดแบบ หนังสือแจ้งความประสงค์ จะก่อสร้าง ตัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร หรือเปลี่ยนการใช้อาคารโดยไม่มียื่นคำขอรับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น แบบใบรับแจ้ง และแบบหนังสือแจ้งให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจสอบ การก่อสร้าง ตัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคาร

6.12 ประกาศกรุงเทพมหานคร ที่ ป.281/2535 เรื่อง คำแนะนำในการขอรับใบอนุญาตก่อสร้าง ตัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร และการแจ้งความประสงค์จะก่อสร้าง ตัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร โดยไม่มียื่นคำขอรับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น

7. ประกาศกระทรวงมหาดไทย

7.1 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ตัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ริมนนสะพานกรุงธน-ตลิ่งชัน ทั้งสองฟาก ในท้องที่ แขวงบางพลัด แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด และริมนนบางกอกน้อย-นครชัยศรี ทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด และแขวงตลิ่งชัน เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2533

7.2 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ตัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ริมนนพระรามที่ 2 ทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงบางปะกอก เขตราชบุรีบูรณะ แขวงจอมทอง แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2533

7.3 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ตัดแปลง ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารบางชนิด หรือบางประเภท ริมนนรามอินทรา และถนนสุวินทวงศ์ทั้งสองฟาก ในท้องที่แขวงอนุสาวรีย์ แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน แขวงจระเข้บัว เขตลาดพร้าว แขวงคลองกลุ่ม แขวงคันนายาว เขตวังทองหลาง และแขวงบางลำโพง แขวงบางเขน แขวงบางพลัด แขวงบางพลัด กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2533

- 7.4 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง “ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยเขตก่อสร้าง” (พ.ศ. 2528)
- 7.5 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง “ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับการตอกเสาเข็ม” (พ.ศ. 2531)
- 7.6 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง “ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยนั่งร้าน” (พ.ศ. 2525)
- 7.7 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง “ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างว่าด้วยลิฟท์ขนส่งวัสดุชั่วคราว” (พ.ศ. 2524)
- 7.8 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง “ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับบันได” (พ.ศ. 2530)
- 7.9 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง “ความปลอดภัยในการทำงานของลูกจ้าง” (พ.ศ.2528)
- 7.10 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง “ความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้า” (พ.ศ. 2522)

8. กฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

- 8.1 พระราชบัญญัติป้องกันภัยอันตรายอันเกิดแต่การเล่นมหรสพ พ.ศ. 2464
- 8.2 พระราชบัญญัติโรงแรม พ.ศ. 2478
- 8.3 ประกาศคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 28 ลงวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2514 เรื่องการบรรจุก๊าซ-ปิโตรเลียมเหลว
- 8.4 กฎกระทรวง ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2529 ออกตามความในประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 28 ลงวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2514
- 8.5 กฎกระทรวง ฉบับที่ 5 พ.ศ. 2531 ออกตามความในประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 28 ลงวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2514
- 8.6 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง พ.ศ. 2519
- 8.7 พระราชบัญญัติอาคารชุด พ.ศ. 2522
- 8.8 พระราชบัญญัติการประกอบอาชีพงานก่อสร้าง พ.ศ. 2522
- 8.9 ประกาศกรมทางหลวง เรื่อง การควบคุมอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง ในที่ดินริมเขตทางหลวง พ.ศ. 2528
- 8.10 ประกาศกรมโยธาธิการ เรื่อง มาตรฐานของแผนผัง รูปแบบ ลักษณะ และความปลอดภัยของสถานที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2532

การยื่นขออนุญาตหรือแจ้งความประสงค์ที่จะก่อสร้างอาคาร

การยื่นขออนุญาตหรือแจ้งความประสงค์ที่จะก่อสร้างตัดแปลงรื้อถอน เคลื่อนย้ายอาคารตาม พรบ.ควบคุมอาคาร ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) ต่อกรุงเทพมหานครจะต้องมีเอกสาร 3 หมวดใหญ่ ดังนี้

ก) รายการเอกสารที่ใช้ประกอบการยื่นขออนุญาต หรือแจ้งความประสงค์จะก่อสร้าง ตัดแปลงรื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร

1. การขออนุญาตก่อสร้าง ตัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร

- 1.1 แผนผังบริเวณแบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน จำนวน 5 ชุด
- 1.2 รายการคำนวณโครงสร้าง จำนวน 1 ชุด
- 1.3 แบบและรายการคำนวณระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันเพลิงไหม้ [(เฉพาะอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535)] จำนวน 1 ชุด
- 1.4 แบบและรายการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสีย และการระบายน้ำทิ้ง [เฉพาะอาคารสูงหรืออาคารใหญ่พิเศษ] จำนวน 1 ชุด
- 1.5 แบบและรายการคำนวณระบบประปา [เฉพาะอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ] จำนวน 1 ชุด
- 1.6 แบบและรายการคำนวณระบบลิฟต์ [เฉพาะอาคารสูงหรืออาคารใหญ่พิเศษ] จำนวน 1 ชุด
- 1.7 หนังสือแสดงความยินยอม และรับรองของผู้ออกแบบ และคำนวณอาคาร
 - วิศวกรผู้ออกแบบโครงสร้าง
 - สถาปนิกผู้ออกแบบ
 - วิศวกรผู้ออกแบบระบบปรับภาวะอากาศ และระบบระบายอากาศ และระบบป้องกันเพลิงไหม้ [เฉพาะอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ]]
 - วิศวกรผู้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย และการระบายน้ำทิ้ง [เฉพาะอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ]
 - วิศวกรผู้ออกแบบระบบลิฟต์ [เฉพาะอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ]
- 1.8 หนังสือแสดงความยินยอมของผู้ควบคุมงาน
 - วิศวกรผู้ควบคุมงานโครงสร้าง
 - สถาปนิกผู้ควบคุมงาน
 - วิศวกรผู้ควบคุมงานระบบปรับภาวะอากาศ และระบบระบายอากาศ และระบบป้องกันเพลิงไหม้ [เฉพาะอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ]
 - วิศวกรผู้ควบคุมงานระบบบำบัดน้ำเสีย และการระบายน้ำทิ้ง [เฉพาะอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ]
 - วิศวกรผู้ควบคุมงานระบบลิฟต์ [เฉพาะอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ]
- 1.9 สำเนาใบอนุญาตของผู้ออกแบบอาคาร ผู้ออกแบบคำนวณอาคาร หรือผู้ควบคุมงานทุกคน
- 1.10 สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน สำเนาทะเบียนบ้านของผู้ขออนุญาต
- 1.11 สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล (กรณีที่นิติบุคคลเป็นผู้ขออนุญาต)
- 1.12 สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน สำเนาทะเบียนบ้านของผู้จัดการหรือผู้แทนนิติบุคคลผู้ขออนุญาตทุกคน (กรณีนิติบุคคลเป็นผู้ขออนุญาต)

1.13 หนังสือแสดงความเห็นตัวแทนของผู้อนุญาต สำนักบัตรประจำตัวประชาชน และสำเนาทะเบียนบ้านของตัวแทนผู้อนุญาต (กรณีมีการมอบอำนาจให้ผู้อื่นอนุญาตแทน)

1.14 สำเนาโฉนดที่ดิน/น.ส.3/ส.ค.1 ที่จะทำการก่อสร้างอาคาร/ดัดแปลงอาคาร/รื้อถอนอาคารขนาดเท่าที่ดินฉบับจริง จำนวน 3 ชุด ต่อที่ดิน 1 แปลง

1.15 สำเนาโฉนดที่ดิน/น.ส.3/ส.ค.1 ที่จะใช้เป็นที่ยึดครุฑ ที่กัลปพฤกษ์ และทางเข้า-ออกของรถยนต์ ขนาดเท่าต้นฉบับจริง จำนวน 3 ชุด ต่อที่ดิน 1 แปลง

1.16 หนังสือยินยอมของเจ้าของที่ดินทุกคนตาม 1.14 และหรือ 1.15 สำนักบัตรประจำตัวประชาชน และสำเนาทะเบียนบ้านของเจ้าของที่ดินทุกคน หรือสำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล สำนักบัตรประจำตัวประชาชน และสำเนาทะเบียนบ้านของผู้จัดการหรือผู้แทนนิติบุคคลเจ้าของที่ดินทุกคนจำนวนอย่างละ 1 ฉบับ (กรณีเป็นที่ดินของบุคคลอื่น)

1.17 หนังสือยืนยันที่จะทำการรื้อถอนอาคารเดิม หรือสำเนาคำขออนุญาตหรือหนังสือแจ้งความประสงค์จะรื้อถอนอาคาร สำเนาใบอนุญาตหรือใบรับหนังสือแจ้งความประสงค์จะรื้อถอนอาคารเดิม (กรณีมีอาคารเดิมจะต้องรื้อถอนอยู่ในบริเวณที่จะก่อสร้างอาคาร/ดัดแปลงอาคาร/เคลื่อนย้ายอาคาร)

1.18 เอกสารหลักฐานการขออนุญาตเกี่ยวกับอาคารที่จะทำการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอนหรือเคลื่อนย้าย (ถ้ามี) เช่น

- การตรวจสอบเส้นทางสัญจรจากโรงเรียนอนุบาลฯ จากกรมการขนส่งทางบก และกรมการขนส่งทางเรือ
- การตรวจสอบระเบียบกองทัพอากาศจากกองทัพอากาศ กรมช่างโยธาทหารอากาศกองทัพอากาศ
- การตรวจสอบเขตปลอดภัยในการเดินอากาศ จากการท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย และกรมการบินพาณิชย์
- การตรวจสอบเรื่องเขตปลอดภัยทางทหาร จากกองทัพบก กองทัพอากาศ และกองทัพอากาศ
- การตรวจสอบตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม จากกองทะเบียนกรมตำรวจ
- การตรวจสอบตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ จากกองบัญชาการตำรวจนครบาล
- การตรวจสอบตามกฎหมายว่าด้วยการป้องกันอันตรายอันเกิดแก่การเล่นมหรสพ จากกรมโยธาธิการ
- การตรวจสอบจากกรมทางหลวง
- การตรวจสอบตามหลักเกณฑ์ในการอนุญาตให้สร้างสิ่งล่วงล้ำลำน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาจากกรมเจ้าท่า
- การตรวจสอบตามกฎหมายว่าด้วยการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ จากกรมทางพิเศษแห่งประเทศไทย
- การตรวจสอบตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จากสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ
- การตรวจสอบใบอนุญาตในหลักการให้จัดตั้งโรงงานอุตสาหกรรม จากกรมโรงงานกระทรวงอุตสาหกรรม
- การตรวจสอบ เรื่องควบคุมการจัดสรรที่ดินจากคณะกรรมการจัดสรรที่ดิน
- การตรวจสอบแนวเขตเดินสายไฟ จากการไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย
- การตรวจสอบแนวเขตคลองสาธารณะที่อยู่ในความดูแลของกรมชลประทาน จากกรมชลประทาน

1.19 หนังสือรับรองของสถาบันที่เชื่อถือได้ (ตัวจริง) ในกรณีที่ยารายการคำนวณใช้ค่ากำลังของคอนกรีตมากกว่าที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง

2. การแจ้งความประสงค์จะก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร โดยไม่ยื่นคำขอรับใบอนุญาต ตามมาตรา 39 ทวิ พรบ. ควบคุมอาคาร ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535)

2.1 เอกสารตามข้อ 1 ยกเว้นรายการที่ 1.7 และ 1.8

2.2 หนังสือรับรองว่าเป็นผู้ออกแบบอาคาร ผู้ออกแบบและคำนวณอาคาร หรือผู้ควบคุมงานตามมาตรา 39 ทวิ (1) (จ)(แบบ กทม.5)

หมายเหตุ

“อาคารสูง” หมายความว่า อาคารที่บุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้โดยมีความสูงตั้งแต่ 23.00 เมตรขึ้นไป การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นคาบฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด

“อาคารขนาดใหญ่พิเศษ” หมายความว่า อาคารที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารเป็นที่อยู่อาศัยหรือประกอบกิจการประเภทเดียวหรือหลายประเภทโดยมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป

ข) รายการสรุปประกอบและแบบย่อ

1. แบบย่อใช้มาตราส่วนไม่เล็กกว่า 1:500 และตัวเลขทุกตัวสามารถอ่านได้โดยสะดวก จำนวน 5 ชุด
2. แสดงแผนที่สังเขปเพื่อแสดงตำแหน่งที่ตั้งของอาคารพร้อมเครื่องหมายทิศ
3. แสดงผังโหนดโดยระบุเลขโหนดที่ดิน เลขที่ดิน ขนาดเนื้อที่ของโหนด หมุดหลักเขตที่ดินโดยต่อเนื่องกันทุกแปลงพร้อมเครื่องหมายทิศ
4. แสดงผังบริเวณโดยระบุตำแหน่งของอาคารที่จะทำการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือ เคลื่อนย้ายอาคาร ขนาดของขอบเขตที่ดิน ระยะห่างจากอาคารถึงขอบเขตที่ดินทุกด้าน และแนวนอนนศาธารณะพร้อมความกว้างของถนนโดยแต่ละพื้นที่ให้แสดงหมายสี หรืออย่างอื่นให้เห็นแยกกันอย่างเด่นชัดพร้อมเครื่องหมายทิศ และจำนวนร้อยละของที่ว่างโดยปราศจากสิ่งปกคลุม
5. แสดงแปลนของอาคารทุกชั้นโดยแสดงประโยชน์ใช้สอยที่แตกต่างกัน โดยแต่ละพื้นที่ให้แสดงหมายสี หรืออย่างอื่นให้เห็นแยกกันอย่างเด่นชัด และเนื้อที่ของประโยชน์ใช้สอยแต่ละส่วนให้ชัดเจน
6. รูปด้านของอาคารอย่างน้อย 2 รูป โดยแสดงความสูงของอาคารแต่ละชั้นประโยชน์ใช้สอยแต่ละชั้น จำนวนชั้น และเส้นแสดงแนวถอยร่น (ถ้ามี)
7. แสดงรูปตัดของอาคารอย่างน้อย 2 รูป โดยแสดงความสูงของอาคารแต่ละชั้น ประโยชน์ใช้สอยแต่ละชั้น จำนวนชั้น และเส้นแสดงแนวถอยร่น (ถ้ามี)

ข้อกำหนด เรืองแรงลม

(ตามข้อบัญญัติ กทม. พ.ศ. 2522)

ความสูงของอาคารหรือส่วนของอาคาร	หน่วยแรงลมอย่างน้อย (กก/ม ²)
ส่วนสูงของอาคารที่สูงไม่เกิน 10 เมตร	50
ส่วนสูงของอาคารที่สูงกว่า 10 เมตรแต่ไม่เกิน 20 ม.	80
ส่วนสูงของอาคารที่สูงกว่า 20 เมตรแต่ไม่เกิน 40 ม.	120
ส่วนสูงของอาคารที่สูงเกินกว่า 40 เมตรขึ้นไป	160

หน่วยแรงของ ไม้

(ตามข้อบัญญัติ กทม. พ.ศ. 2522)

ในการคำนวณกำลังส่วนของอาคารที่ประกอบด้วยไม้ชนิดต่าง ๆ ให้ใช้ค่าหน่วยแรงไม่เกินตามที่กำหนดนี้

ชนิดไม้	หน่วยแรง (กก/ซม ²)			
	แรงอัด	แรงอัด ขนานเสี้ยน	แรงอัด ขวางเสี้ยน	แรงเหวี่ยง ขนานเสี้ยน
ไม้เนื้ออ่อนมาก	60	45	12	6
ไม้เนื้ออ่อน	80	60	16	8
ไม้เนื้อปานกลาง	100	75	22	10
ไม้เนื้อแข็ง	120	90	30	12
ไม้เนื้อแข็งมาก	150	110	40	15

น้ำหนักบรรทุกของอาคาร

(ตามข้อบัญญัติของ กทม. พ.ศ. 2522)

ประเภทการใช้อาคาร	น้ำหนักบรรทุก ไม่ให้น้อยกว่า (กก/ม ²)
1. หลังคา	50
2. กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	100
3. ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
4. ห้องแถว ตึกแถว อาคารชุด หอพัก โรงแรม ห้องคนใช้	200
5. สำนักงาน ธนาคาร	250
6. ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถวตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน	300
ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารชุด หอพัก-โรงแรม โรงพยาบาล สำนักงาน ธนาคาร	300
7. ก) ตลาด ห้างสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ-ภัตตาคาร ห้องอ่านหนังสือในหอสมุด ที่จอดรถ	400
ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารพาณิชย์-มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน	400
8. ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงพิมพ์ โรงงานอุตสาหกรรม ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500
ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของตลาด ห้างสรรพสินค้า หอประชุมโรงมหรสพ ภัตตาคาร หอสมุด	500
9. ห้องเก็บหนังสือของหอสมุด	600
10. ที่จอดรถหรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปลาและรถอื่น ๆ	800

หมายเหตุ หากปรากฏว่าพื้นที่ส่วนใดต้องรับน้ำหนักเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ หรือน้ำหนักบรรทุกมากกว่าที่กำหนดนี้ ให้ใช้จำนวนที่มากกว่านั้น เฉพาะส่วนที่ต้องรับน้ำหนักเพิ่มขึ้น

ข้อกำหนดการลดน้ำหนักบรรทุกของอาคาร

(ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522)

ในการคำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงเสาและฐานราก ให้ใช้น้ำหนักของอาคารเต็มอัตราจริงส่วนน้ำหนักบรรทุก (LIVE LOAD) ให้ลดส่วนลงได้ตามชั้นของอาคารดังต่อไปนี้

การรับน้ำหนักของพื้น	อัตราการลดน้ำหนักบรรทุกบนพื้นแต่ละชั้น เป็นร้อยละ
หลังคาหรือดาดฟ้า	0
ชั้นที่หนึ่งถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	0
ชั้นที่สองถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	0
ชั้นที่สามถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	10
ชั้นที่สี่ถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	20
ชั้นที่ห้าถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	30
ชั้นที่หกถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	40
ชั้นที่เจ็ดถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า และชั้นต่อไป	50

สำหรับโรงมหรสพ หอประชุม หอสมุด พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ คลังสินค้า โรงงานอุตสาหกรรม อาคารจอดรถยนต์ หรือเก็บรถยนต์ ให้คือน้ำหนักบรรทุกเต็มอัตราทุกชั้น

ข้อกำหนดความสูงของอาคาร

(ตามข้อบัญญัติ กทม. พ.ศ. 2522)

ประเภทการใช้อาคาร	ระบบปรับอากาศ	
	มี (เมตร)	ไม่มี (เมตร)
1. ที่พักอาศัย ห้องเรียนของนักเรียนอนุบาล	2.40	2.40
2. สำนักงาน ห้องพักในโรงแรม ห้องคนใช้พิเศษ	2.40	3.00
3. ห้องเรียน ห้องอาหาร ห้องโถง ภัตตาคาร	2.70	3.00
4. ห้องขายสินค้า ห้องเก็บสินค้า ห้องคนใช้รวม โรงงาน ห้องประชุม โรงครัวและอื่น ๆ คล้ายกัน	3.00	3.50
5. ห้องแถว ตึกแถว		
5.1 ชั้นล่าง	3.50	3.50
5.2 ตั้งแต่ชั้นที่สองขึ้นไป		
ก) ห้องเก็บสินค้า ห้องประกอบการค้า	3.00	3.50
ข) ห้องพักอาศัย	2.40	3.00
6. คริวไฟฟ้าสำหรับอาคารพักอาศัย	2.40	2.40
7. อาคารเลี้ยงสัตว์ คอกสัตว์ซึ่งมีคนพักอยู่ข้างบน	3.50	3.50
8. ห้องน้ำส้วม ระเบียง ช่องทางเดินในอาคาร	2.00	2.00
9. อาคารส่วนที่ใช้จอดรถยนต์ (ความสูงสุทธิ)	—	2.10
10. การสร้างพื้นระหว่างชั้น (ชั้นลอย)	—	2.25

หมายเหตุ** ความสูงที่กำหนดนี้คือระยะตั้งจากพื้นถึงเพดานหรือยอดผนังของอาคารคอนกรีตที่ต่ำสุด

สาขาและประเภทวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

พ.ร.บ. วิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505 กำหนดวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมไว้ 5 สาขา คือ

- (1) สาขาวิศวกรรมโยธา
- (2) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
- (3) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า แยกเป็น 2 แห่ง คือ
 - ก) แขนงวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง
 - ข) แขนงวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
- (4) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
- (5) สาขาวิศวกรรมเหมืองแร่

งานในสาขาวิศวกรรมโยธา ซึ่งเป็นวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

(ตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 3 พ.ศ. 2508)

1. งานออกแบบและคำนวณ หมายถึงการใช้ความรู้ในสาขาวิศวกรรมโยธา เพื่อให้ได้มาซึ่งรายละเอียดในการก่อสร้าง โดยแสดงเป็นแบบรูป ข้อกำหนด และประมาณการ
2. งานควบคุมการก่อสร้าง หมายถึงการอำนวยความสะดวกและการก่อสร้างในสาขาวิศวกรรมโยธา ให้เป็นไปโดยถูกต้องตามหลักวิชาการแบบรูปและข้อกำหนด
3. งานพิจารณาตรวจสอบ หมายถึงการค้นคว้าการวิเคราะห์ การทดสอบ การหาข้อมูลและสถิติต่าง ๆ เพื่อเป็นหลักเกณฑ์ประกอบการตรวจสอบวินิจฉัยงานในสาขาวิศวกรรมโยธา
4. งานวางโครงการก่อสร้าง หมายถึงการแผนผัง หรือการวางแผนงานการก่อสร้างในสาขาวิศวกรรมโยธา
5. งานให้คำปรึกษา หมายถึงการให้ข้อเสนอแนะหรือการตรวจสอบที่เกี่ยวกับงานในสาขาวิศวกรรมโยธา ตาม 1.2.3. หรือ 4

งานในสาขาวิศวกรรมโยธาดังกล่าวข้างต้นนี้ต้องมีลักษณะ ขนาด หรืออยู่ในประเภทที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ

ประเภทของผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

1. ภาควิศวกร ประกอบวิชาชีพได้ ดังนี้
 - งานออกแบบ และคำนวณอาคารไม่เกินสามชั้น
 - งานควบคุมการก่อสร้าง
 - งานพิจารณาตรวจสอบ
2. สามีวิศวกร ประกอบวิชาชีพได้ ดังนี้
 - งานออกแบบและคำนวณ
 - งานควบคุมการก่อสร้าง
 - งานพิจารณาตรวจสอบ
 - งานวางโครงการก่อสร้าง
3. วุฒิศวกร ประกอบวิชาชีพได้ทุกประเภทงาน

นอกจากนั้น ยังได้เปิดโอกาสให้บุคคลทั่วไปที่มีคุณสมบัติไม่เข้าข่ายจะยื่นคำขอเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ประเภทดังกล่าวข้างต้น ยื่นคำขอเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมประเภทใบอนุญาตพิเศษ ตามมาตรา 19 ทวิ แห่ง พ.ร.บ. วิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505

บทกำหนดโทษตาม พ.ร.บ.วิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505

ความผิด	บทกำหนดโทษ	
	ก.ว.	พนักงานสอบสวน
กรณีได้รับใบอนุญาต		
ก. ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมผิดประเภทหรือผิดสาขาที่ได้รับใบอนุญาต	พักหรือเพิกถอนใบอนุญาตแล้วแต่กรณี	ปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาท
ข. ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมโดยผิดใบอนุญาต	— " — —	ปรับไม่เกินหนึ่งพันบาท
ค. ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมระหว่างถูกพักหรือเพิกถอนใบอนุญาต	— " — —	จำคุกไม่เกินหกเดือนหรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ
ง. ใบอนุญาตสูญหายหรือถูกทำลาย โดยมีได้มาขึ้นคำร้องขอรับใบแทนภายในกำหนด 30 วัน นับแต่วันทราบการสูญหายหรือถูกทำลาย	—	ปรับไม่เกินสองร้อยบาท
จ. ผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมมิได้รักษามรรยาทแห่งวิชาชีพตามกำหนด โดยกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2508) ออกตามความใน พ.ร.บ. วิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505	พักหรือเพิกถอนใบอนุญาตแล้วแต่กรณี	—
กรณีไม่ได้รับใบอนุญาต		
กรณีประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมโดยไม่ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมจาก ก.ว.		จำคุกไม่เกินหนึ่งปีหรือปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

มรรยาทแห่งวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

มรรยาทแห่งวิชาชีพของผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2529) มีดังนี้

- (1) ไม่กระทำการใด ๆ อันอาจนำมาซึ่งความเสื่อมเสียเกียรติศักดิ์แห่งวิชาชีพ
- (2) ต้องปฏิบัติงานที่ได้รับทำอย่างถูกต้องตามหลักปฏิบัติและวิชาการ
- (3) ต้องประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมด้วยความซื่อสัตย์สุจริต
- (4) ไม่ใช้อำนาจหน้าที่โดยไม่ชอบธรรม หรือใช้อิทธิพลหรือให้ผลประโยชน์แก่บุคคลใดเพื่อให้ตนเองหรือผู้อื่นได้รับ

หรือไม่ได้รับงาน

(5) ไม่เรียกรับ หรือยอมรับทรัพย์สินหรือผลประโยชน์อย่างใดสำหรับตนเองหรือผู้อื่นโดยมิชอบ จากผู้รับเหมาหรือบุคคลใดซึ่งเกี่ยวข้องกับงานที่ทำอยู่กับผู้ว่าจ้าง

(6) ไม่โฆษณาหรือยอมให้ผู้อื่นโฆษณา ซึ่งการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม เว้นแต่การแสดงชื่อ คุณวุฒิที่อยู่ หรือสำนักงานของผู้นั้น

(7) ไม่ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมเกินความสามารถที่ตนเองจะกระทำได้

(8) ไม่ละทิ้งงานที่ได้รับทำโดยไม่มีเหตุอันสมควร

(9) ไม่ลงลายมือชื่อเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมในงานที่ตนไม่ได้รับทำ ตรวจสอบ หรือควบคุมด้วยตนเอง

(10) ไม่เปิดเผยความลับของงานที่ตนได้รับทำเว้นแต่ได้รับอนุญาตจากผู้ว่าจ้าง

(11) ไม่แย่งงานจากผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมอื่น

(12) ไม่รับทำงานหรือตรวจสอบงานขึ้นเดียวกันกับผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมอื่นทำอยู่ เว้นแต่เป็นการทำงานหรือตรวจสอบตามหน้าที่ หรือได้แจ้งให้ผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมอื่นนั้นทราบล่วงหน้าแล้ว

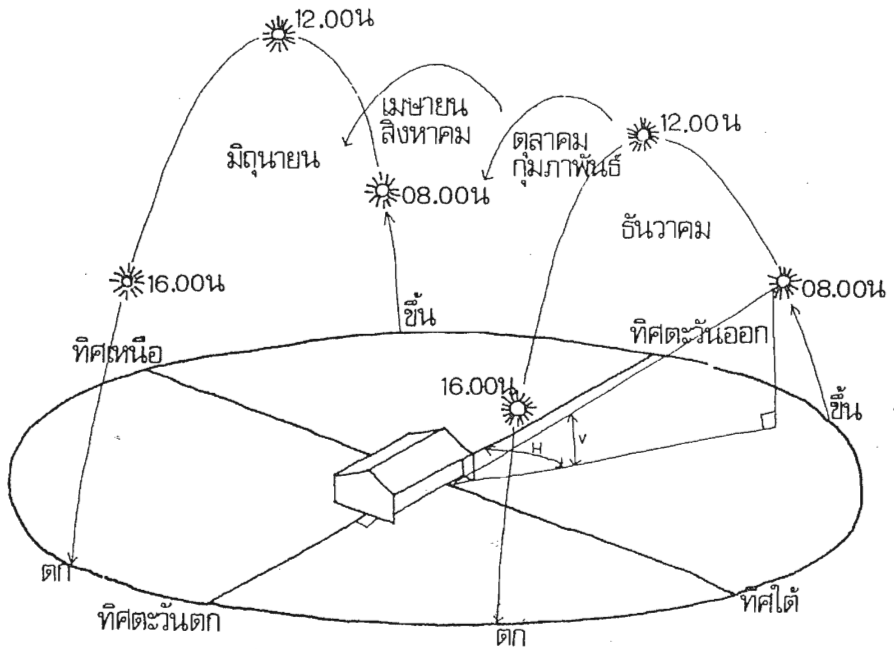
(13) ไม่รับค่าเงินงานขึ้นเดียวกันให้แก่ผู้ว่าจ้างรายอื่น เพื่อการแข่งขันราคา เว้นแต่ได้แจ้งให้ผู้ว่าจ้างรายแรกทราบล่วงหน้าเป็นลายลักษณ์อักษรหรือได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ว่าจ้างรายแรก และได้แจ้งให้ผู้ว่าจ้างรายอื่นนั้นทราบล่วงหน้าแล้ว

(14) ไม่ใช้หรือคัดลอกแบบ รูป แผนผัง ผัง หรือเอกสารที่เกี่ยวกับงานของผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมอื่น เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมอื่นนั้น

(15) ไม่กระทำการใด ๆ โดยจงใจให้เป็นที่ยุติหรือเสียหายแก่ชื่อเสียงหรืองานของผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมอื่น

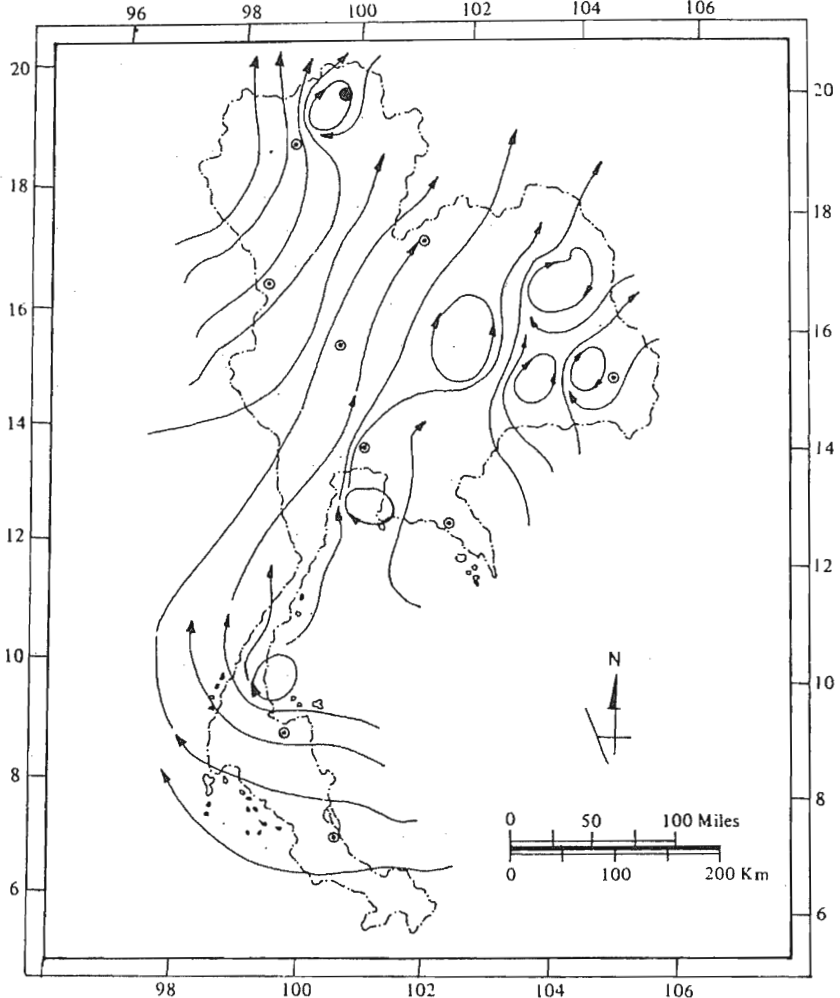
อื่นๆ

ทางเดินของดวงอาทิตย์



มุม H = มุมที่ตำแหน่งดวงอาทิตย์อยู่ห่างแนวแกนทิศ ตะวันตก - ตะวันออก
 v = มุมสูงของแสงแดด

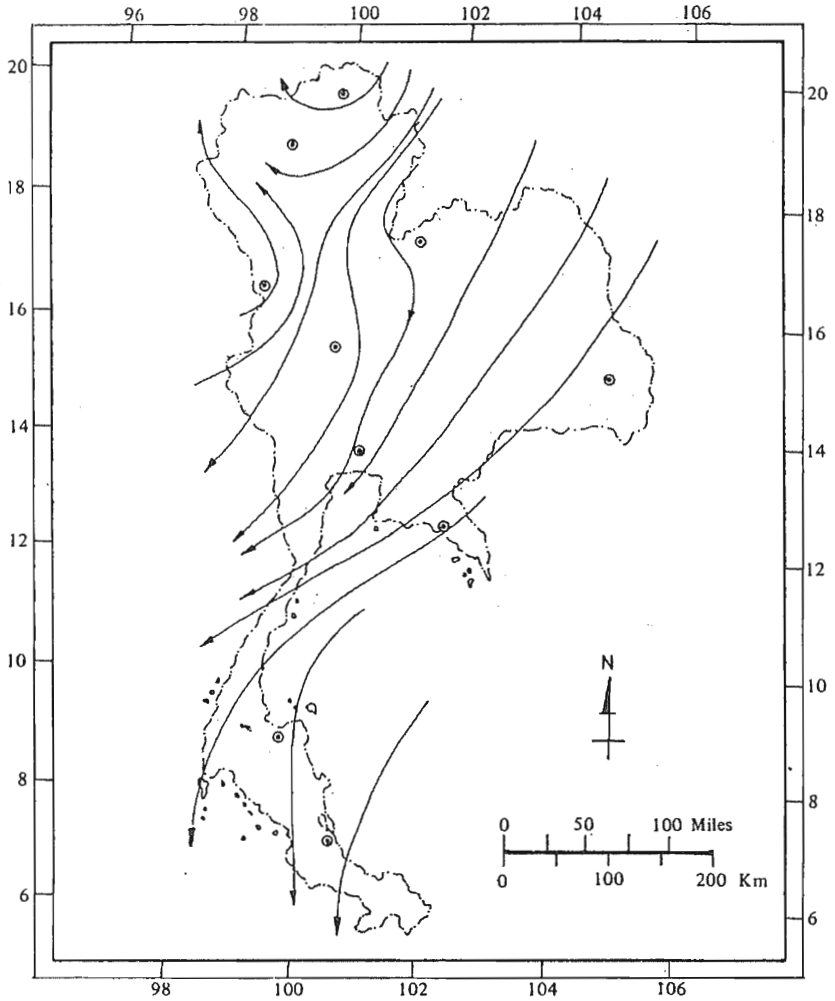
แผนที่แสดงทิศทางลมทั่วประเทศ



แผนที่แสดงทิศทางลมระหว่างเดือนมกราคมถึง
เดือนมิถุนายนของทุกปี

- -เมือง
- -ทิศทางลม
- - - อาณาเขต

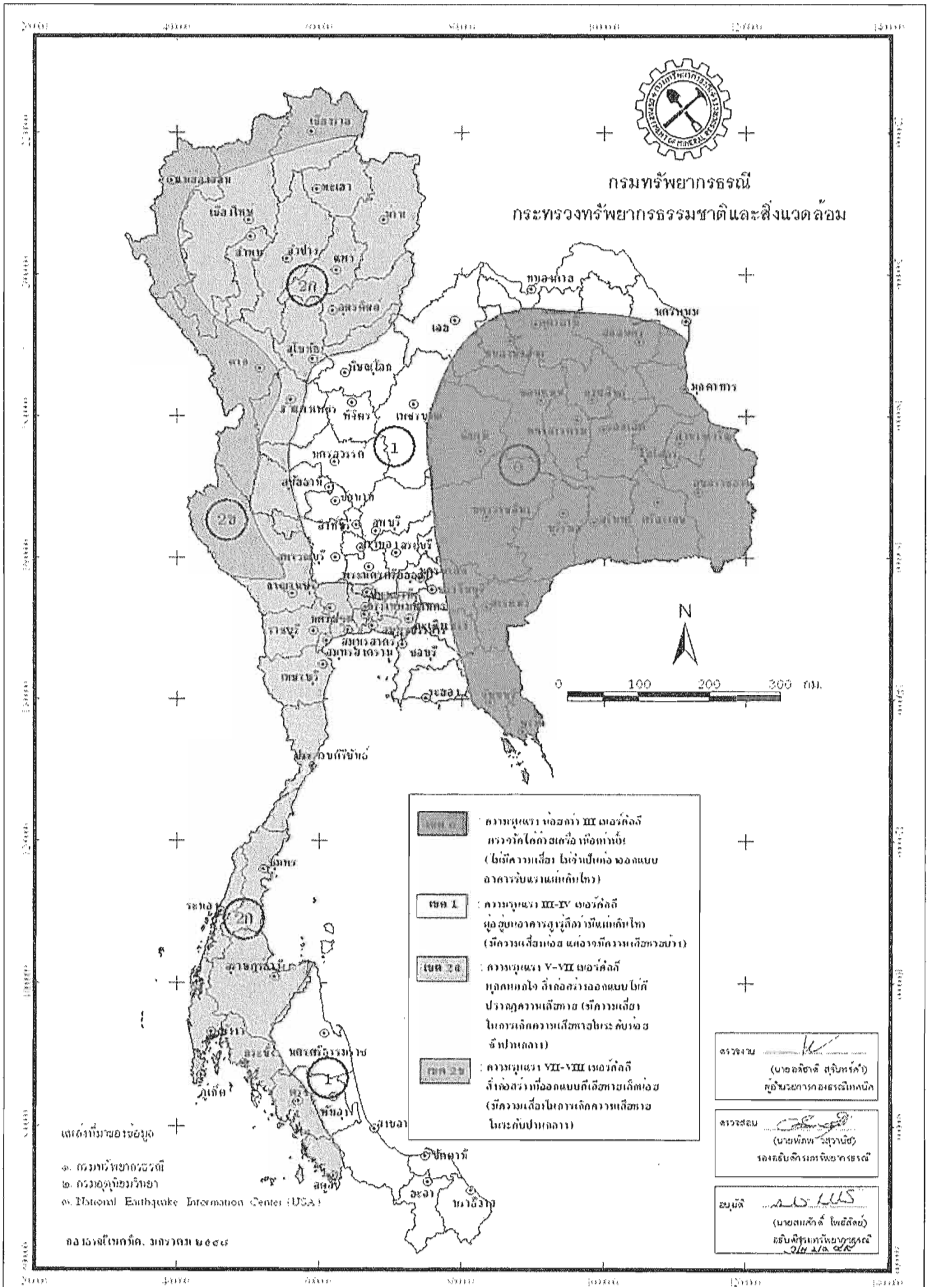
แผนที่แสดงทิศทางลมทั่วประเทศ



แผนที่แสดงทิศทางลมระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง
เดือนธันวาคมของทุกปี

- -เมือง
- -ทิศทางลม
- - - อาณาเขต

แผนที่บริเวณเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๕๘)

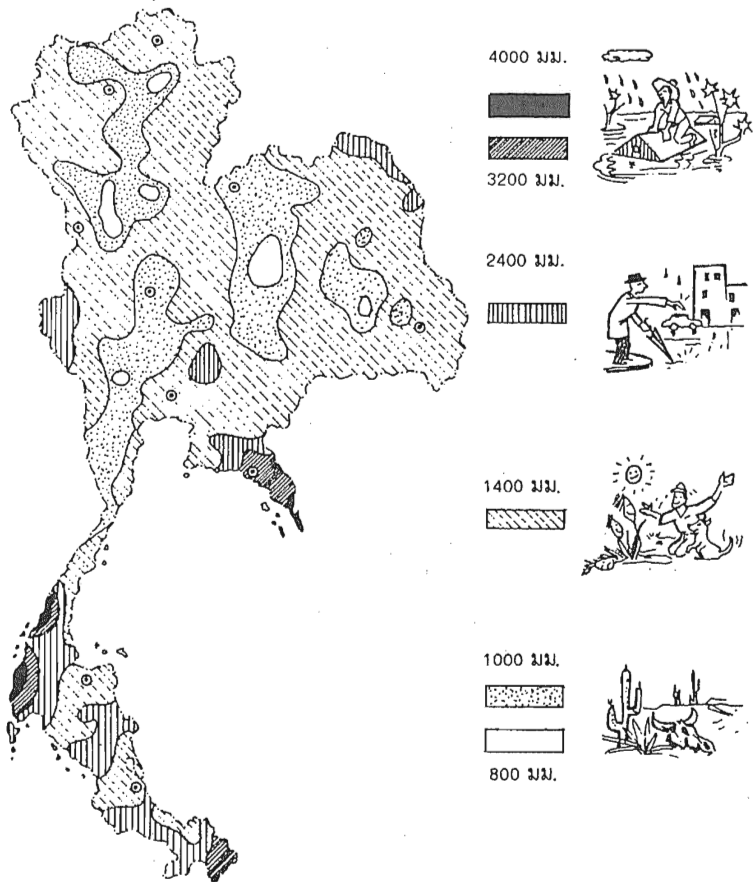


Driving Distance Chart (KM.)

แผนภูมิระยะทางระหว่างจังหวัด (กม.) Driving Distance Chart (Km.)

71	162	31	40	51	62	73	84	95	106	117	128	139	150	161	172	183	194	205	216	227	238	249	260	271	282	293	304	315	326	337	348	359	370	381	392	403	414	425	436	447	458	469	480	491	502	513	524	535	546	557	568	579	590	601	612	623	634	645	656	667	678	689	700	711	722	733	744	755	766	777	788	799	810	821	832	843	854	865	876	887	898	909	920	931	942	953	964	975	986	997	1008	1019	1030	1041	1052	1063	1074	1085	1096	1107	1118	1129	1140	1151	1162	1173	1184	1195																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
102	113	124	135	146	157	168	179	190	201	212	223	234	245	256	267	278	289	300	311	322	333	344	355	366	377	388	399	410	421	432	443	454	465	476	487	498	509	520	531	542	553	564	575	586	597	608	619	630	641	652	663	674	685	696	707	718	729	740	751	762	773	784	795	806	817	828	839	850	861	872	883	894	905	916	927	938	949	960	971	982	993	1004	1015	1026	1037	1048	1059	1070	1081	1092	1103	1114	1125	1136	1147	1158	1169	1180	1191	1202	1213	1224	1235	1246	1257	1268	1279	1290	1301	1312	1323	1334	1345	1356	1367	1378	1389	1400	1411	1422	1433	1444	1455	1466	1477	1488	1499	1510	1521	1532	1543	1554	1565	1576	1587	1598	1609	1620	1631	1642	1653	1664	1675	1686	1697	1708	1719	1730	1741	1752	1763	1774	1785	1796	1807	1818	1829	1840	1851	1862	1873	1884	1895	1906	1917	1928	1939	1950	1961	1972	1983	1994	2005	2016	2027	2038	2049	2060	2071	2082	2093	2104	2115	2126	2137	2148	2159	2170	2181	2192	2203	2214	2225	2236	2247	2258	2269	2280	2291	2302	2313	2324	2335	2346	2357	2368	2379	2390	2401	2412	2423	2434	2445	2456	2467	2478	2489	2500	2511	2522	2533	2544	2555	2566	2577	2588	2599	2610	2621	2632	2643	2654	2665	2676	2687	2698	2709	2720	2731	2742	2753	2764	2775	2786	2797	2808	2819	2830	2841	2852	2863	2874	2885	2896	2907	2918	2929	2940	2951	2962	2973	2984	2995	3006	3017	3028	3039	3050	3061	3072	3083	3094	3105	3116	3127	3138	3149	3160	3171	3182	3193	3204	3215	3226	3237	3248	3259	3270	3281	3292	3303	3314	3325	3336	3347	3358	3369	3380	3391	3402	3413	3424	3435	3446	3457	3468	3479	3490	3501	3512	3523	3534	3545	3556	3567	3578	3589	3600	3611	3622	3633	3644	3655	3666	3677	3688	3699	3710	3721	3732	3743	3754	3765	3776	3787	3798	3809	3820	3831	3842	3853	3864	3875	3886	3897	3908	3919	3930	3941	3952	3963	3974	3985	3996	4007	4018	4029	4040	4051	4062	4073	4084	4095	4106	4117	4128	4139	4150	4161	4172	4183	4194	4205	4216	4227	4238	4249	4260	4271	4282	4293	4304	4315	4326	4337	4348	4359	4370	4381	4392	4403	4414	4425	4436	4447	4458	4469	4480	4491	4502	4513	4524	4535	4546	4557	4568	4579	4590	4601	4612	4623	4634	4645	4656	4667	4678	4689	4700	4711	4722	4733	4744	4755	4766	4777	4788	4799	4810	4821	4832	4843	4854	4865	4876	4887	4898	4909	4920	4931	4942	4953	4964	4975	4986	4997	5008	5019	5030	5041	5052	5063	5074	5085	5096	5107	5118	5129	5140	5151	5162	5173	5184	5195	5206	5217	5228	5239	5250	5261	5272	5283	5294	5305	5316	5327	5338	5349	5360	5371	5382	5393	5404	5415	5426	5437	5448	5459	5470	5481	5492	5503	5514	5525	5536	5547	5558	5569	5580	5591	5602	5613	5624	5635	5646	5657	5668	5679	5690	5701	5712	5723	5734	5745	5756	5767	5778	5789	5800	5811	5822	5833	5844	5855	5866	5877	5888	5899	5910	5921	5932	5943	5954	5965	5976	5987	5998	6009	6020	6031	6042	6053	6064	6075	6086	6097	6108	6119	6130	6141	6152	6163	6174	6185	6196	6207	6218	6229	6240	6251	6262	6273	6284	6295	6306	6317	6328	6339	6350	6361	6372	6383	6394	6405	6416	6427	6438	6449	6460	6471	6482	6493	6504	6515	6526	6537	6548	6559	6570	6581	6592	6603	6614	6625	6636	6647	6658	6669	6680	6691	6702	6713	6724	6735	6746	6757	6768	6779	6790	6801	6812	6823	6834	6845	6856	6867	6878	6889	6900	6911	6922	6933	6944	6955	6966	6977	6988	6999	7010	7021	7032	7043	7054	7065	7076	7087	7098	7109	7120	7131	7142	7153	7164	7175	7186	7197	7208	7219	7230	7241	7252	7263	7274	7285	7296	7307	7318	7329	7340	7351	7362	7373	7384	7395	7406	7417	7428	7439	7450	7461	7472	7483	7494	7505	7516	7527	7538	7549	7560	7571	7582	7593	7604	7615	7626	7637	7648	7659	7670	7681	7692	7703	7714	7725	7736	7747	7758	7769	7780	7791	7802	7813	7824	7835	7846	7857	7868	7879	7890	7901	7912	7923	7934	7945	7956	7967	7978	7989	8000	8011	8022	8033	8044	8055	8066	8077	8088	8099	8110	8121	8132	8143	8154	8165	8176	8187	8198	8209	8220	8231	8242	8253	8264	8275	8286	8297	8308	8319	8330	8341	8352	8363	8374	8385	8396	8407	8418	8429	8440	8451	8462	8473	8484	8495	8506	8517	8528	8539	8550	8561	8572	8583	8594	8605	8616	8627	8638	8649	8660	8671	8682	8693	8704	8715	8726	8737	8748	8759	8770	8781	8792	8803	8814	8825	8836	8847	8858	8869	8880	8891	8902	8913	8924	8935	8946	8957	8968	8979	8990	9001	9012	9023	9034	9045	9056	9067	9078	9089	9100	9111	9122	9133	9144	9155	9166	9177	9188	9199	9210	9221	9232	9243	9254	9265	9276	9287	9298	9309	9320	9331	9342	9353	9364	9375	9386	9397	9408	9419	9430	9441	9452	9463	9474	9485	9496	9507	9518	9529	9540	9551	9562	9573	9584	9595	9606	9617	9628	9639	9650	9661	9672	9683	9694	9705	9716	9727	9738	9749	9760	9771	9782	9793	9804	9815	9826	9837	9848	9859	9870	9881	9892	9903	9914	9925	9936	9947	9958	9969	9980	9991	10002	10013	10024	10035	10046	10057	10068	10079	10090	10101	10112	10123	10134	10145	10156	10167	10178	10189	10200	10211	10222	10233	10244	10255	10266	10277	10288	10299	10310	10321	10332	10343	10354	10365	10376	10387	10398	10409	10420	10431	10442	10453	10464	10475	10486	10497	10508	10519	10530	10541	10552	10563	10574	10585	10596	10607	10618	10629	10640	10651	10662	10673	10684	10695	10706	10717	10728	10739	10750	10761	10772	10783	10794	10805	10816	10827	10838	10849	10860	10871	10882	10893	10904	10915	10926	10937	10948	10959	10970	10981	10992	11003	11014	11025	11036	11047	11058	11069	11080	11091	11102	11113	11124	11135	11146	11157	11168	11179	11190	11201	11212	11223	11234	11245	11256	11267	11278	11289	11300	11311	11322	11333	11344	11355	11366	11377	11388	11399	11410	11421	11432	11443	11454	11465	11476	11487	11498	11509	11520	11531	11542	11553	11564	11575	11586	11597	11608	11619	11630	11641	11652	11663	11674	11685	11696	11707	11718	11729	11740	11751	11762	11773	11784	11795	11806	11817	11828	11839	11850	11861	11872	11883	11894	11905	11916	11927	11938	11949	11960	11971	11982	11993	12004	12015	12026	12037	12048	12059	12070	12081	12092	12103	12114	12125	12136	12147	12158	12169	12180	12191	12202	12213	12224	12235	12246	12257	12268	12279	12290	12301	12312	12323	12334	12345	12356	12367	12378	12389	12400	12411	12422	12433	12444	12455	12466	12477	12488	12499	12510	12521	12532	12543	12554	12565	12576	12587	12598	12609	12620	12631	12642	12653	12664	12675	12686	12697	12708	12719	12730	12741	12752	12763	12774	12785	12796	12807	12818	12829	12840	12851	12862	12873	12884	12895	12906	12917	12928	12939	12950	12961	12972	12983	12994	13005	13016	13027	13038	13049	13060	13071	13082	13093	13104	13115	13126	13137	13148	13159	13170	13181	13192	13203	13214	13225	13236	13247	13258	13269	13280	13291	13302	13313	13324	13335	13346	13357	13368	13379	13390	13401	13412	13423	13434	13445	13456	13467	13478	13489	13500	13511	13522	13533	13544	13555	13566	13577	13588	13599	13610	13621	13632	13643	13654	1366

แผนที่แสดงปริมาณน้ำฝนประจำปี



GUTTER SIZES FOR VARIOUS RAINFALL INTENSITIES AND ROOF CATCHMENT AREAS PER DOWNPIPE

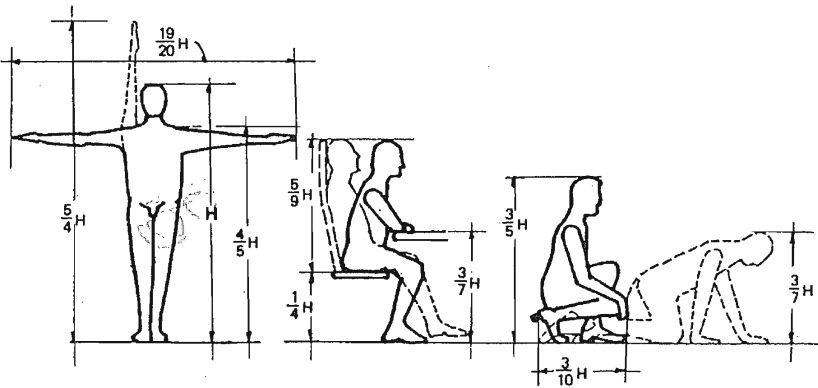
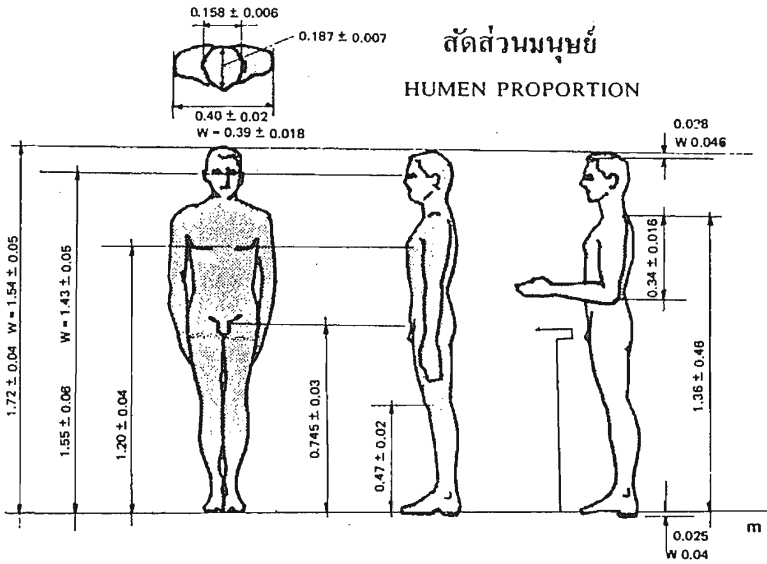
Roof catchment area	10 m ²	20 m ²	50 m ²	100 m ²	200 m ²
Rainfall intensity ² mm/hr	Cross-sectional area of Gutter, mm ²				
100	1480	2570	5360	9320	16230
120	1680	2930	6100	10620	18490
130	1790	3120	6500	11310	19690
140	1900	3310	6890	12000	20890
150	2020	3510	7310	12730	22170
170	2230	3880	8080	14070	24490
180	2350	4090	8500	14810	25770
190	2460	4290	8920	15540	27050
200	2560	4450	9270	16140	28100
250	3060	5320	11080	19290	33590
275	3310	5760	12000	20890	36360
375	4240	7390	15370	26770	46590
400	4430	7700	16040	27930	48620
500	5190	9030	18790	32720	56960
525	5380	9360	19480	33930	59060

1. The roof catchment area for each downpipe is the length of roof run (ridge to gutter) multiplied by the spacing between downpipes.
2. Rainfall intensities, related to a storm of 5 minutes duration and a return interval of once in 20 years and once in 100 years.
3. Eaves gutter sizes are based on rainfall intensities for an overflow risk of once in 20 years and internal box gutters for an overflow risk of once in 100 years.

A further safety margin of 25mm freeboard, on the depth of internal box gutters, should be added to the cross-sectional areas given.

สัดส่วนมนุษย์

HUMAN PROPORTION



หมายเหตุ

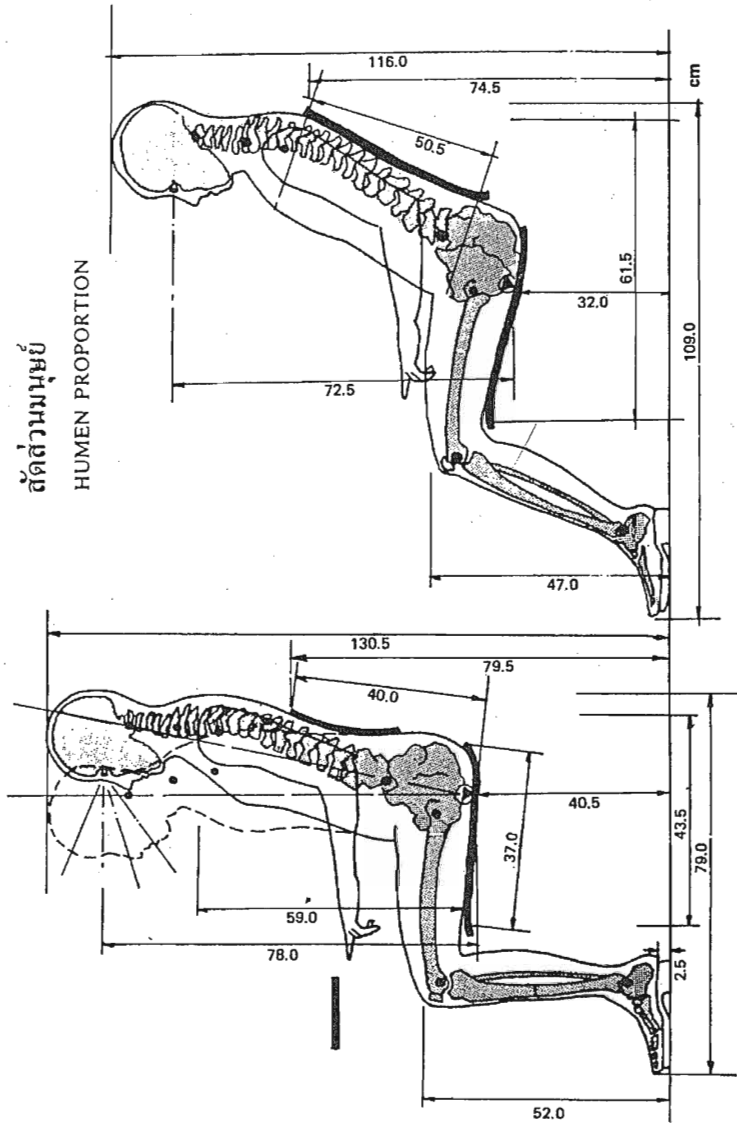
W = ส่วนสัดของผู้หญิง

H = ส่วนสูงของแต่ละคน

จากสถาบันวิจัยสมรรถภาพและสัดส่วนคนเอเชียแห่งญี่ปุ่น

สัดส่วนมนุษย์

HUMAN PROPORTION



ENGINEERING PROFESSIONAL LOG BOOK

Page ____ / ____

Name _____

Professional Register No. _____

Time Period Project/Client	Description /Details Results /Recommendation	Job Category*	Partner/Supervisor Cert. Signature

Signature _____

Report on _____

ENGINEERING PROFESSIONAL LOG BOOK

Page _____ / _____

Name _____

Professional Register No. _____

Time Period Project/Client	Description /Details Results /Recommendation	Job Category*	Partner/Supervisor Cert. Signature

Signature _____

Report on _____

ENGINEERING PROFESSIONAL LOG BOOK

Page ____ / ____

Name _____

Professional Register No. _____

Time Period Project/Client	Description /Details Results /Recommendation	Job Category*	Partner/Supervisor Cert. Signature

Signature _____

Report on _____

บรรณานุกรม

- ACI STANDARD (ACI 315-80) : DETAILS AND DETAILING OF CONCRETE REINFORCEMENT
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION OF STRUCTURAL BUILDINGS, 1969
- CRSI FOUNDED 1924 : PLACING REINFORCING BARS, 1976
- DEPARTMENT OF THE NAVY NAVAL FACILITIES ENGINEERING COMMAND : DESIGN MANUAL SOILMECHANICS, FOUNDATIONS, AND EARTH STRUCTURES
- J.F. BROTCHE, A.J. WYNN : ELASTIC DEFLECTION AND MOMENTS IN AN INTERNAL PANEL OF A FLAT PLATE STRUCTURE DESIGN INFORMATION
- MANFRED R. HAUSMANN : ENGINEERING PRINCIPLES OF GROUND MODIFICATION, 1990
- PHIL M. FERGUSON : REINFORCED CONCRETE FUNDAMENTALS, 1960
- T.Y. LIN, NED H. BURNS : DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE STRUCTURES, 1981
- THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS : STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES, 1977
- WAYNE C. TENG : FOUNDATION DESIGN, 1980
- ชมรมวิศวฯ จุฬาลงกรณ์ฯ 70, ชมรมวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์ฯ : รายละเอียดเหล็กเสริมงานคอนกรีต, พ.ศ. 2524
- ซีอีดยูเคชั่น จำกัด : คู่มือวิศวกรไฟฟ้า, พ.ศ. 2535
- ทักษิณ : ตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกร, พ.ศ. 2526
- ทักษิณ : ตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกร, พ.ศ. 2526
- ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ : การวิเคราะห์โครงสร้าง, พ.ศ. 2527
- พนม ภัยหน่าย : การบริหารงานก่อสร้าง, พ.ศ. 2525
- พิภพ สุนทรสมัย รัช.ดร. : วิศวกรรมการเดินทางและตั้งเครื่องสุขภัณฑ์, พ.ศ. 2533
- มานะ สรรพกิจจำนง : ตำราคำนวณคอนกรีตเสริมเหล็ก, พ.ศ. 2515
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย : มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก, พ.ศ. 2534
- สนั่น เจริญเผ่า : แบบรายละเอียดวิศวกรรมโครงสร้าง, พ.ศ. 2527
- สนั่น เจริญเผ่า, วินิต ช่อวิเชียร : การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก, พ.ศ. 2523
- สนั่น เจริญเผ่า, วินิต ช่อวิเชียร : คอนกรีตเสริมเหล็ก, พ.ศ. 2523
- สมศักดิ์ คำปลิว : การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก, พ.ศ. 2530
- สมสุข บุญณะบัญชา, สุนทร ภิรมย์รัตน์, นิพนธ์ กลิ่นวิชาติ, ฯลฯ : บ้านการบำรุงรักษา
- อำนวย พานิชกุล, สมนึก กุลประภา, วินิต ช่อวิเชียร : การวิเคราะห์โครงสร้าง, พ.ศ. 2522
- เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ : แบบหล่อคอนกรีต, พ.ศ. 2530

INDEX

หน้าที

ACI STANDARD CLOSED COLUMN TIES	169
ALPHA TRUSS SLAB	230
ANALYSIS OF STABILITY	293
ANALYSIS OF STABILITY OF NATURAL SLOPES	292
AVERAGE COHESION VALUE FOR BANGKOK AREA	275
BASIS OF THE DESIGN CHARTS	296
BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS	23
BRITISH STANDARD PIPE BS 1387 : 1967 HEAVY	144
BRITISH STANDARD PIPE BS 1387 : 1967 LIGHT	143
BRITISH STANDARD PIPE BS 1387 : 1967 MEDIUM	143
CALCULATION OF QUANTITIES FOR EXCAVATION	69
CARBON STEEL TUBES FOR GENERAL STRUCTURAL PURPOSE JIS G 3444	141
CHANNEL JIS G3192	134
CHECKERED PLATES	130
COMPACTION CHARACTERISTICS FOR SOILS IN EARTHWORK CONSTRUCTION	283
DESIGN OF ANCHORED SHEETPIILING BY FREE-END METHOD	307
DESIGN OF CANTILEVER SHEETPIILING IN COHESIVE SOILS	305
DESIGN OF CANTILEVER SHEETPIILING IN GRANULAR SOILS	305
DESIGN OF VERTICAL, REINFORCED SOIL WALLS	301
DESIGN VEHICLE DIMENSIONS	321
DESIGNING WITH PREFABRICATED VERTICAL WICK DRAINS	314
DIRECT SHEAR TEST	266
DUTCH-CONE-PENETRATION TEST	270
EFFECT OF SURCHARGE LOADS ON RETAINING STRUCTURES	290
ELECTRICAL ENGINEERING FORMULAS	350
EQUAL ANGLE JIS G3192	133
EXPANSION JOINTS	327
FIELD CHARACTERISTICS SOILS IN EARTHWORK CONSTRUCTION	288
FIELD VANE SHEAR TEST	269
FLAT BARS	131
GENERAL PRINCIPLES OF PRESTRESSED CONCRETE	93
GENERAL RULE FOR ANCHOR SPACING TO ACHIEVE FULL LOAD UTILIZATION	243
GRC TECHNICAL DATA	239
GUIDE SPECIFICATION FOR EXPANSION JOINT	335
GUTTER SIZES FOR VARIOUS RAINFALL INTENSITIES AND ROOF CATCHMENT AREAS PER DOWNPIPE	401
H-BEAM JIS G3192	135

HEAVY COLUMN SECTION	140
HOLLOW CORE SLAB แผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตอัดแรงแบบกลวง	208
I-BEAM JIS G3192	134
ILLUSTRATION OF SOUND LEVELS	189
LIGHT LIP CHANNEL JIS G3350	132
LOAD DISTRIBUTION ON HOLLOW CORE SLAB	223
METHOD OF TOLERANCE MEASUREMENT	236
MILD STEEL PLATES	129
MINIMUM TURNING RADII OF DESIGN VEHICLES	322
NON-SHRINK GROUT MORTAR	242
PC WIRE SPECIFICATION	113
PC-STRAND SPECIFICATION	114
PRECASTED WALL	235
PRESTRESSED CONCRETE DESIGN FORMULAR	87
PRESTRESSED CONCRETE PILES	196
PRESUMED BEARING VALUES UNDER VERTICAL STSTIC LOADING	282
REACTIONS, MOMENTS AND DEFLECTIONS FOR DIFFERENT LOADING CONDITIONS	42
REQUIREMENTS FOR BORING DEPTHS	266
SI UNITS	14
SLOPE STABILITY FORMULAS	294
SOIL PROPERTIES FOR ANALYSIS AND DESIGN	263
SPACERS AND CHAIR	245
STABILITY OF SHEETPIILING IN COHESIVE SOILS	308
STANDARD HOOKS	163
STANDARD HS-TRUCKS	320
STANDARD PENETRATION TEST	268
STANDARD REQUIREMENTS AND TESTING SPACERS AND CHAIRS	252
STRENGTH OF PC. PILE (PCI Design Handbook)	195
THAI UNIT OF WEIGHT AND MEASURES	15
THE EQUIVALENT FRAME METHOD (ACI 318-89, clause 13.7)	96
THE FUNCTION OF FABRICS (GEOTEXTILE OR GEOGRID)	300
THERMAL CONDUCTIVITY (K-VALUES) OF BASIC MATERIALS	148
THERMAL CONDUCTIVITY (K-VALUES) OF BASIC MATERIALS (Con't)	149
TRAFFIC RAILING	326
TRIAxIAL COMPRESSION TEST	267
TYPES OF TEST BORINGS	265

TYPES OF TIES การผูกเหล็กเสริมด้วยลวด	176
TYPICAL GEOTEXTILE STRENGTH AND MODULUS	299
TYPICAL READY MIX CONCRETE MIX PROPORTIONS	185
UNCONFINED COMPRESSION TEST	267
UNIVERSAL STANDARD COLUMN TIES	170
VERTICAL DRAIN	311
WEIGHTS OF BUILDING METERIALS	111
WELDED SPLICES	177
WIDE FLANGE SHAPES	137
การคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากคุณสมบัติของดิน	271
การต่อเหล็กเสริมในเสา	171
การทดสอบหาน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มโดยวิธี LOAD TEST	279
การประเมินและการยอมรับงานคอนกรีต	155
การแปลงกำลังอัดคอนกรีต ลูกบาศก์เป็นทรงกระบอก	156
การยื่นขออนุญาต หรือแจ้งความประสงค์ที่จะก่อสร้างอาคาร	380
การให้สัญญาณเมื่อสำหรับปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่	187
การให้สัญญาณเมื่อสำหรับปั้นจั่นชนิดอยู่กับที่	186
การออกแบบโครงสร้างไม้ในอาคารพักอาศัย (โดยใช้แผนภูมิ)	101
การออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กไร้คาน (มาตรฐาน วสท. 1007-34)	81
การออกแบบแผ่นพื้นสองทาง โดยวิธีที่ 1 (มาตรฐาน วสท. 1007-34)	73
การออกแบบแผ่นพื้นสองทาง โดยวิธีที่ 2 (มาตรฐาน วสท. 1007-34)	76
การออกแบบแบบแผ่นพื้นสองทาง โดยวิธีที่ 3 (มาตรฐาน วสท. 1007-34)	77
กำลังอัดของคอนกรีตตามอายุ และสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์	156
กำลังอัดคอนกรีตที่ยอมให้ถอดแบบได้	158
ขนาดไม้แปรรูปในห้องตลาด	146
ขนาดเล็กที่สุดของท่อประปา	341
ขนาดและมวลของเหล็กฉากเท่ากัน และไม่เท่ากันชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	116
ขนาดและมวลของเหล็กฉากเท่ากันชนิดรีดร้อน (มอก.)	122
ขนาดและมวลของเหล็กฉากไม่เท่ากันชนิดรีดร้อน (มอก.)	124
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว C ชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	118
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว H ชนิดรีดร้อน (มอก.)	126
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว I ชนิดรีดร้อน (มอก.)	127
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว T ชนิดรีดร้อน (มอก.)	128
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว Z ชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	119
ขนาดและมวลของเหล็กรูปตัว lip Z ชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	120
ขนาดและมวลของเหล็กูปร่างน้ำชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	117
ขนาดและมวลของเหล็กูปร่างน้ำชนิดรีดร้อน (มอก.)	125
ขนาดและมวลของเหล็กูปร่างหกชนิดแปรรูปเย็น (มอก.)	121

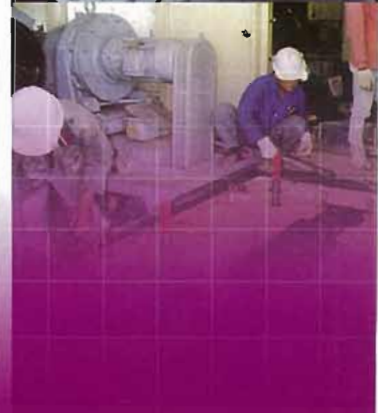
ข้อกำหนดการลดน้ำหนักบรรทุกของอาคาร (ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522)	386
ข้อกำหนดความสูงของอาคาร (ตามข้อบัญญัติ กทม. พ.ศ. 2522)	387
ข้อกำหนดจำนวนสุขภัณฑ์ (ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522)	342
ข้อกำหนดเรื่องแรงลม	384
ของอาคารฐาน (มาตรฐาน วสท. และ ACI)	162
ข้อแนะนำในการออกแบบ และติดตั้งแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบกลาง	214
ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้	159
ความยาวประสิทธิผลของเสา-โครงสร้างรับแรงอัด	99
ความยาวเหล็กเสริม	172
ความหนาคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมสำหรับคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป	161
ความหนาคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก	160
ค่ากระแสมอเตอร์ไฟฟ้า (ดีซี และเอซี)	360
ค่ากระแสสูงสุดสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า	359
ค่าของ $f_{m dx}$	59
ค่าคงที่การบิด (TORSIONAL CONSTANT)	56
ค่าตรีโกณมิติของรูปสามเหลี่ยม	68
ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงสำหรับสายไฟที่เดินในท่อพลาสติก	358
ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงสำหรับสายไฟที่เดินในท่อโลหะ	357
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้นของวัตถุ	147
ค่าจำกัดความของอาคารตาม พรบ. ควบคุมอาคาร	372
คุณสมบัติของวงกลม (PROPERTIES OF THE CIRCLE)	64
งานพื้นคอนกรีตอัดแรงในที่ (POST-TENSIONED SLAB)	225
จำนวนกระแสสูงสุดที่ยอมให้ใช้กับสายไฟฟ้านาต่าง ๆ	355
จุดศูนย์ถ่วง (THE CENTROIDS)	62
ชนิดของรอยต่อเชื่อม	179
ชนิดของสายไฟฟ้า	353
ทางเดินของดวงอาทิตย์	394
น้ำหนักก่าแพงชนิดต่าง ๆ	146
น้ำหนักบรรทุกของอาคาร (ตามข้อบัญญัติของ กทม. พ.ศ. 2522)	385
บรรณานุกรม	
ประมวลกฎหมายอาญา (พ.ศ. 2499-2532) ที่น่าสนใจ	372
ปริมาณหินและยางในการทำถนนต่อตารางเมตร	182
เปรียบเทียบสัญลักษณ์รูปทรง	362
ผังแสดงทิศทางลมของกรุงเทพฯ	395
แผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จสำหรับระบบพื้นคอนกรีต มอก. 576-2531	203
แผนที่แสดงทิศทางลมทั่วประเทศ	396
แผนที่แสดงน้ำฝนประจำปี	400
พร.บ. วิชาชีพวิศวกรรม สาขาและประเภทวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม	388

พื้นที่จุดศูนย์ถ่วงและโมเมนต์อินเนอร์เซียของรูปหน้าตัด	61
พื้นที่ผิวข้างและปริมาตรของรูปทรง	63
ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	361
มาตรฐาน วสท. และคู่มือการออกแบบ	153
มาตราส่วนของแบบวิศวกรรม	154
โมเมนต์และแรงเฉือนในแผ่นพื้นและคาน (มาตรฐาน วสท.)	85
ระยะเวลาค้ำยันแบบหล่อคอนกรีต	159
รายการค้ายี่ห้อที่ควรเลือกใช้กับการเขียนแบบของวิศวกรรมสุขาภิบาล หรือแบบสถาปัตยกรรม	343
รายชื่อกฎหมายควบคุมอาคารที่ควรทราบ	373
รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified	260
รายละเอียดการเสริมเหล็กในคาน (ACI Code)	166
รายละเอียดการเสริมเหล็กในคาน (CRSI Hand Book)	168
รายละเอียดการเสริมเหล็กในพื้นที่ (CRSI Hand Book)	167
รายละเอียดการเสริมเหล็กในพื้นที่ คสล. (ACI Code)	165
แรงดันคอนกรีตต่อแบบหล่อคอนกรีต	157
แรงปฏิกิริยาที่เกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งที่ปลายของชิ้นส่วนคุณสมบัติคงที่	55
แรงยึดแน่นปลายของชิ้นส่วนคุณสมบัติคงที่	53
วัสดุก่อสร้างในงานช่างปูน (ต่อ 1 ตารางเมตร)	183
วิธีทดสอบการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จสำหรับพื้นคอนกรีต มอก. 577-2531	205
วิธีหาพื้นที่ (METHOD OF FINDING AREAS)	60
สถิติการทำงานต่อวัน	181
ส่วนผสมคอนกรีตใน 1 ลูกบาศก์เมตร	184
สัญลักษณ์ของข้อต่อ หรือวาล์ว	344
สัญลักษณ์ของเส้น และเส้นประกอบตัวอักษรสำหรับการเดินท่อ	345
สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบสถาปัตยกรรม หรือสุขาภิบาล	346
สัญลักษณ์มาตรฐานของการเชื่อม	178
ลัดส่วนมนุษย์	402
สูตรของเสาโดยข้อกำหนดของ AISC	98
สูตรในการตอกเสาเข็ม	276
เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ มอก. 396-2524	192
เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่	200
แสดงจำนวนการใช้หน้า	340
หน่วยแรงของไม้	384
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)	100
เหล็กเส้นกลมเสริมคอนกรีต (มอก. 20-2543)	112
เหล็กเส้นข้ออ้อยเสริมคอนกรีต (มอก. 24-2548)	112
หน่วยแรงที่ยอมให้ของ CONCRETE (Working Stress Design)	๙๕

GEL

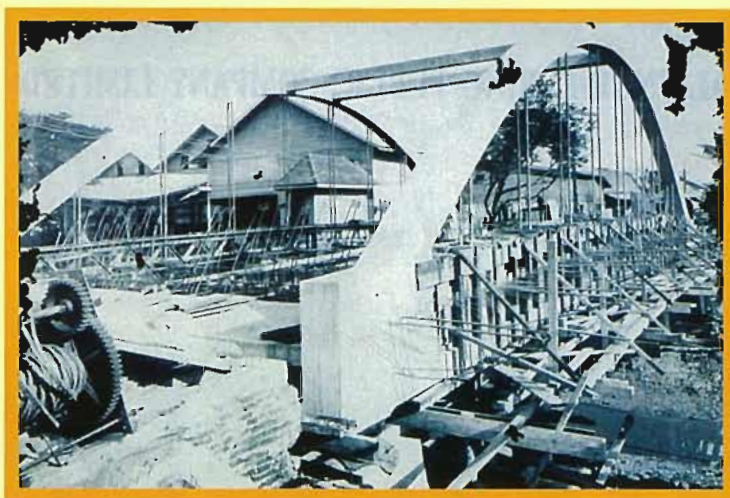
CIVIL ENGINEERING SPECIALISTS

GENERAL ENGINEERING PUBLIC COMPANY LIMITED





บริษัท เจนเนอรัล เอนจิเนียริ่ง จำกัด (มหาชน)
GENERAL ENGINEERING PUBLIC COMPANY LIMITED



General Engineering Limited (GEL) was founded in 1962 by Khunying Chatchani Chatikavanij to engage in the manufacturing of concrete products such as prestressed concrete piles, bridge girders and electric posts, As Thailand was poised for rapid development, GEL saw an immense need for construction materials which would meet international standards.

Consequently, GEL began importing new technologies and recommending the use of prestressed concrete piles in place of wooden piles which were still popular at that time. The expanded use of prestressed concrete piles enabled the construction of much larger and higher buildings in Bangkok and ushered in a new era of development in the country.

As the pace of Thailand development increased, GEL executives realized other technologies would be required for construction in increasingly congested Bangkok. Consequently, post-tensioned slab CCL systems were introduced in 1968 and, in 1977, GEL introduced the "bored pile" process foundation and later developing it as demand increased. Both have facilitated more ambitious construction projects here.

Over past decade, GEL has continued to expand and diversify its product line, adding Glassfiber Reinforced Concrete (Pilkington TM), DENKA special cement products, TENSAR soil reinforcement geogrid, drainage systems, CIPEC expansion joints, bridge bearing (MAGEBA) and precast hollow core slab and other innovations. GEL is committed to bringing state-of-the-art engineering technology to Thailand and expanding its markets throughout the region. Since 1990 GEL has been listed on the Stock Exchange of Thailand (SET).

PILING

**PRESTRESSED CONCRETE PILES**

- SOLID AND HOLLOW SQUARE SECTION
- I AND DOUBLE HALF MOON SECTION

PRESTRESSED CONCRETE PILES

Since 1962, prestressed concrete piling has been GEL's largest source of business. Prestressed concrete piles are regarded as the most efficient foundation system, saving on construction time and expense and offering considerably more durability against the effects of Thailand's climate and soft soil condition. Over the past three decades, GEL has produced millions of piles ranging from 2 to 30 meters, supporting thousands of buildings including some of Bangkok's most notable landmarks : the Parliament Building, Petroleum Authority of Thailand Tower and Sathorn Thani Tower.

FLOOR SLAB



POST-TENSIONED FLAT SLAB

- BONDED POST - TENSIONING
- UNBONDED POST - TENSIONING

POST-TENSIONED SLAB

GEL is the pioneer of the first post-tensioned flat slab system in Thailand since 1968. It is well known as the most modern and commonly used method of floor slab construction. The system enables the building floor to span larger between column to column. No beams are required between columns of buildings, allowing more storeys of the same height, much faster and more efficient construction. Post-tensioned slab systems has been used of Thai Farmer Bank's New Headquarter Building, Amarin Building, Thai Wah Tower, Sathorn Thani Building, Central Plaza parking area, EGAT Headquarters Building, Cathay Trust Building etc.

**ALPHA TRUSS SLAB**

- ALPHA TRUSS GIRDER
- ALPHA TRUSS GIRDER SLAB

ALPHA TRUSS SLAB

Since 1993, GEL has pioneered to manufacture ALPHA Truss Floor Slab in Thailand. Actually this kind of truss has been popularly used in European countries, Australia and Japan. In Thailand ALPHA Truss Floor Slab are well accepted by the consultants and the contractors for its flexibility of application, durable homogenous member, economical aspect and highly smooth joint. Various sizes of slab are produced to suit the engineering design and specification. Our engineers and service teams are ready to advise the planning, design and construction of any requested projects. Notable buildings such as Daily-news printing Building and Pattaya Park Hotel, used ALPHA Truss Floor Slab.

CONCRETE PRESTRESSING SYSTEM

- POST - TENSIONED SYSTEM
- RETENSIONING SYSTEM

CONCRETE PRESTRESSING SYSTEM

Southeast Asia countries have experienced on application in concrete prestressing systems of more than 40 years ago. This technique has widely accepted and broaden in its usage. High technology engineering application in prestressing for construction are now in popular demand. GEL has introduced prestressing system to Thailand since 1962. We have participated in of prestressing work in various field of construction such as the multi-cell box girder, post tensioned bridge girder pedestrian bridges, stadium roof beams and buffer tank.



GLASSFIBER REINFORCED CONCRETE (GRC)

- SINGLE SKIN PANEL
- STUD FRAME

GLASSFIBER REINFORCED CONCRETE

Glassfiber Reinforced Concrete (GRC) was introduced by GEL in 1979 on license from Pilkinton Brothers Ltd. of England. Since then GRC has been one of GEL's most successful products, adorning many of Bangkok's most recognized building including the Wall Street Tower, Peninsula Plaza, Amrin Plaza, Bank of Asia and the new Grand Hyatt Erawan Hotel. GRC is a unique mixture of cement and sand reinforced with a special glassfiber, creating a thin but strong material which may be easily formed into a wide variety of ornamental shapes. The light-weight GRC are easily transported and put in place.

PRECAST CONCRETE WALL



Since 1992, GEL has supplied high quality architectural precast concrete walls using modern technology and machinery from Japan. Produced in a manufacturing environment cause GEL precast concrete wall excellent and constant qualities, satisfied strength and appearance in safety and efficient manner. GEL precast concrete walls can facilitate installation and contribute to reduction of both construction time and substantial cost by eliminating scaffolding and on-site finishing. Various sizes and shapes of precast concrete walls are produced to meet several architectural designs and the requirement of the clients. The flexibility of precast concrete technology allows the creation of the attractive covers and textures help the architect integrates wide varieties of facing designs. With wet-processed, precast concrete walls can ensure consistently high quality finish and significantly provide bonding strength many times higher than tile and granite set on site by conventional style. Consequently it eliminates problem of peeling of peeling off of tile and granite and their high maintenance cost.

GEOTECHNICAL PRODUCTS



SOIL REINFORCEMENT PRODUCTS

- TENSAR GEOGRID
- TRNSAR GEOCELL MATTRESS
- TENSAR MAT
- TAFNEL GEOTEXTILE

GEOGRID & GEOTEXTILE

TENSAR geogrids, products from Netlon Limited UK, has been introduced by GEL since 1986. It is a range of very high tensile strength polymer grids which have been developed specifically for the reinforcement of soils. Its application includes soft soil foundation, retaining wall, golf course and container yard etc, Tensar Geogrids has been utilised for various project for more than half million square meters, including the soft soil reinforcement of the Second Stage of Expressway and in Chiang Rai steep slope highway embankment.

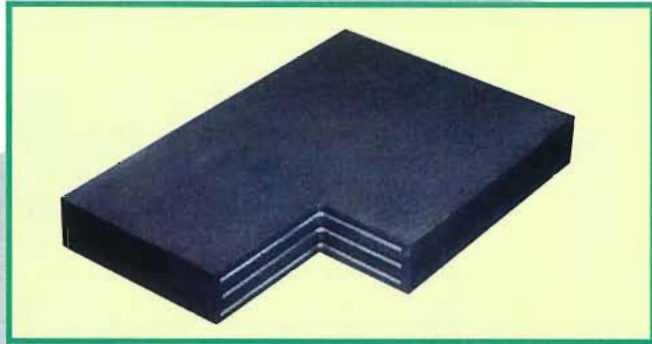
TAFNEL geotextile, product of Mitsui Petrochemical Industries, Ltd. Japan, is distributed by GEL. It is a non-woven continuous long-fiber fabric manufactured from polypropylene. Geotextile has been widely used for many application such as a soil reinforcement material, a water-collection or discharge material, a separation material, a filtration material etc.

BRIDGE CONSTRUCTION PRODUCTS**EXPANSION JOINTS**

- CIPEC SINGLE ELEMENT JOINTS
- MAGEBA MULTI ELEMENT JOINTS
- ZEBRAJOINT ASPHALTIC PLUG JOINTS

EXPANSION JOINTS

GEL has introduced CIPEC expansion joints since 1990 with good success CIPEC company is the specialist in expansion joints over 35 years. CIPEC expansion joints have been utilised to allow the displacement of the structure while assuring smooth riding continuity and comfort for the traffic. A correctly installed joint offers greater comfort for the motorists, last longer life of joints, less noise and better protection of the bridge structure. Numerous countrywide job references is achieved including the Second Stage of Expressway, Ramindra-Atnarong Expressway and the major cities interchanges and over-passes of the Department of Highways.

**BRIDGE BEARINGS**

- CCL : Strip/Laminated Bearings
- MAGEBA : Pot Bearings
- FABREEKA - CCL : Fabric Laminated Bearings

**BRIDGE BEARINGS
ELASTOMERIC BEARING**

CCL elastomeric bridge bearings was introduced to Thailand since 1986 by GEL. CCL systems have been supplying a comprehensive range of bridge bearing since 1968. The range of bearings pads are include elastomeric plain pad and laminated pad which are currently utilised on numerous of structures such as bridges and expressways. The elastomeric bearings can be supplied either on natural rubber or chloroprene rubber. The bearings can be supplied to both British Standard and AASHTO Standard required by the client.

POT BEARINGS

MAGEBA pot bearings are mechanical appliances described like elastomeric bearings, they provide the liaison between the structure and its support. They also offer the advantage of transmitting high vertical load while occupying reduced space. Their use is therefore particularly suited to medium or large span bridges but also to buildings, industrial structures, off shore platforms etc.

**NOISE BARRIER**

- ROCLA SYSTEM : Dispersive/Absorptive type
- SONOTEC : Absorptive type

NOISE BARRIER

GEL is the leading manufacturer of sound attenuation barrier system which gives exceptional results in the critical traffic noise frequency range.

ROCLA SYSTEM

The ROCLA Noisebloc is a flexible system of standard lightweight fibred concrete panels for absorption, reflection or dispersion of sound from roads or railways. GEL has successfully introduced Noisebloc system to a few projects notably the Second Stage of Expressway and others.

SONOTEC

SONOTEC is the leading manufacturer of sound protective elements in Switzerland. SONOTEC products are high sound absorbing and sound insulating. All components are fabricated in aluminum, with colored powder coat and are officially proved and patented at the Swiss Federal Laboratories for Material Testing and Research.

SPECIAL CEMENT PRODUCTS**DENKA**

- PRETASCON NON-SHRINK GROUT
- CSA EXPANSIVE ADDITIVE FOR CEMENT
- Q-TEX WATER PLUG CEMENT
- CHEMI-AXE QUIET DEMOLISHER
- QUICK CAPSULE FOR BOLT & DOWEL BAR

SPECIAL CEMENT PRODUCTS

In 1987, GEL received license from Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha Co., Ltd. Japan for the production of DENKA non-shrink grouting material and later DENKA quick capsule. DENKA non-shrink grout is the grout of no-shrinkage, good flowability, high strength, non-bleeding and metallic free properties. Its main application is used for grouting for heavy machine base grouting, plant foundation structure base grouting and repair works of existing concrete. DENKA quick capsule is an encapsulated super-quick setting expansive inorganic material used for anchoring of bolts along with high pull-out strength. GEL is also the distributor of DENKA Chemi-Axe a non-explosive demolition agent for rock breakage and demolition of concrete, DENKA Q-TEX a rapid hardening concrete for water cut-off & repair, DENKA CSA an expansive additive for concrete to prevent shrinkage crack. It has been used for many factories such as EGAT and oil refineries.

EPOXY PRODUCTS



SHO-BOND EPOXY

- REINFORCEMENT AND STRENGTHENING
- REPAIRING MATERIALS ● FLOORING MATERIALS
- SEALANT
- ZEBRAFLEX
- ANTI-SKID SURFACING

EPOXY MATERIALS

In 1994, GEL has been appointed to be a sole distributor and applicator of various high quality epoxy material of SHO-BOND products to serve the construction and maintenance of public infrastructures of existing and new construction structures such as highways, expressway, tunnel, railroad etc. GEL has the exclusive rights to SHO-BOND technology products in Thailand of epoxy materials from Japan and Singapore. Today, SHO-BOND is one of the world leader in concrete protection repair technology, maintenance, reinforced and strengthening of concrete structure such as bridges, highways and building, SHO-BOND has also developed various flooring hardener systems suitable for use in clubhouse, golf course, hospital, warehouse etc.



GEL

Head office & factory

**44/2 Group 2 Tivanont Road,
Bangkadee, Muang, Patumtanee
12000 Thailand**

**Tel : 0-2501-1055,
0-2501-2020,
0-2501-2462-7,
0-2501-2128-31**

**Fax : 0-2501-2134,
0-2501-2468**

Persons for Inquiries

- 1. Mr.Vichaya chatikavanij
President**
- 2. Mr.Voranit Charumas
Senior Executive Vice President**
- 3. Miss Vimornrat Pitayaviriyakul
Senior Executive Vice President**
- 4. Mr. Kittichai Raktakanit
senior Executive Vice President**

**Home page
E-mail**

**www.gel.co.th
gel@gel.co.th**