

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สอบกลางภาค ประจำปีภาคการศึกษา 1
วันที่ 1 สิงหาคม 2553
วิชา Timber and Steel Design
221-412

ปีการศึกษา 2553
เวลา 13.30-16.30 น.
ห้องสอบ A401
ผู้สอน ผศ.เอกรัฐ สมัคร์รัฐกิจ

ทฤษฎีในการสอบ โทษขั้นต่ำ คือ พักการเรียน 1 ภาคการศึกษา และปรับตกในรายวิชาที่ทฤษฎี

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

คำชี้แจง

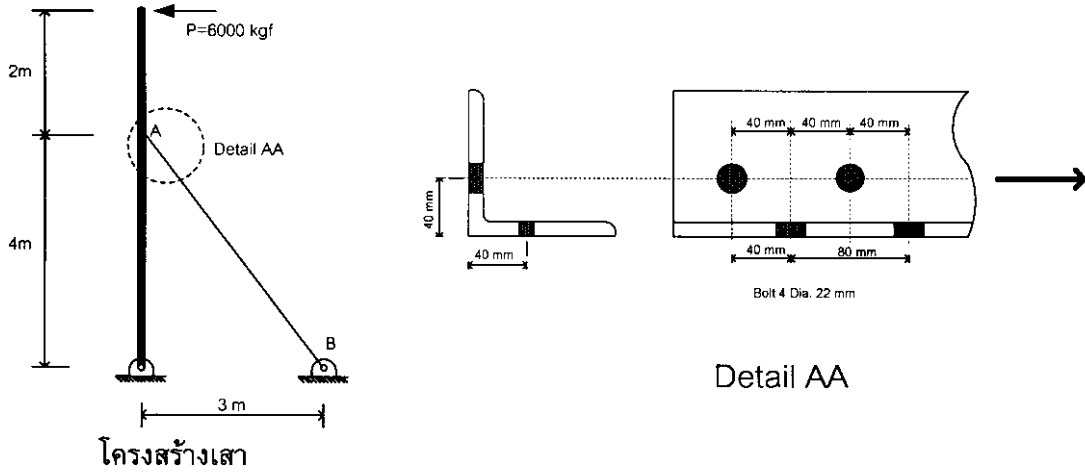
1. ข้อสอบทั้งหมดมี 4 ข้อ คะแนนรวม 40 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง
2. ข้อสอบมีทั้งหมด 10 หน้า (ไม่รวมปก) ผู้สอบต้องตรวจสอบว่ามีครบทุกหน้าหรือไม่ (ก่อนลงมือทำ) และห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม
3. ให้ทำหมดทุกข้อลงในกระดาษคำตอบ
4. ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทฤษฎีจะได้ E
5. อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลขได้ทุกชนิด
6. ให้เขียนรหัสในสมุดคำถามทุกหน้า
7. กระดาษทดที่แจกให้ไม่ต้องส่งคืน ถ้าไม่พอขอเพิ่มที่อาจารย์คุมสอบ
8. ห้ามหยิบ หรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ

ตารางคะแนน

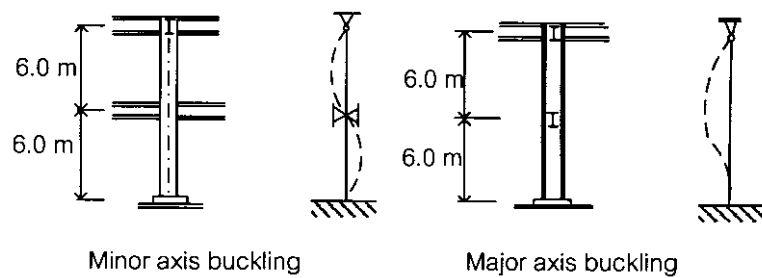
ข้อที่	คะแนนเต็ม	ได้
1	10	
2	10	
3	10	
4	10	
รวม	40	

ข้อที่ 1 จงออกแบบชิ้นส่วนรับแรงดึง (Tension member) AB ที่อยู่ในแนวทแยงที่ยึดเสาสูง 6 เมตร มีการยึดรั้งที่ปลายด้วยสลักเกลียวโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. จำนวน 4 รู เรียงตัวเป็น 2 แถว ดังแสดงในรูป Detail AA กำหนดให้เลือกเหล็กฉากเท่ากัน (Equal Angle)

กำหนด อัตราส่วนความขรุขระขององค์อาคารต้องไม่เกิน 300 $F_y = 2500$ ksc และ $F_u = 4000$ ksc
 $A_e = 0.85 A_n$ และความกว้างรูเจาะ $D = d + 4$ mm



ข้อที่ 2 จงออกแบบเสาเหล็ก WF ที่ต้องรับแรงแนวแกนขนาด 185 ton กำหนดให้ทำจากเหล็ก A36 ($F_y = 2500$ ksc , $E = 2.04 \times 10^6$ ksc) โดยมีปลายบนเป็นแบบหมุด (Pinned joint) ปลายล่างเป็นแบบยึดแน่น (Fixed joint) และมีค้ำยันที่กึ่งกลางเสา ดังแสดงในรูป

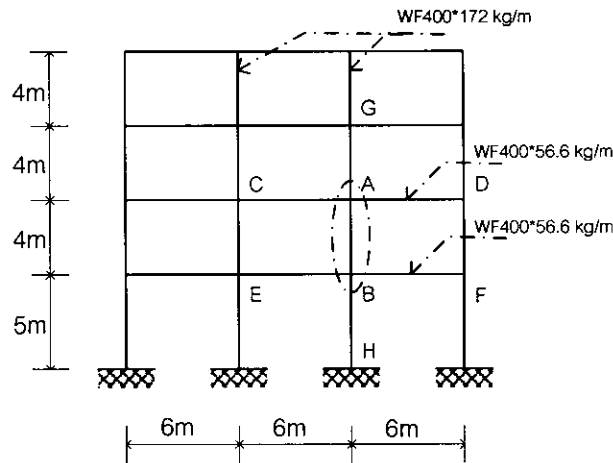


กำหนดสูตรที่ใช้คำนวณ เมื่อ $KL/r \leq C_c$: $F_c = \frac{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right)^2}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right)^3} F_y$

เมื่อ $KL/r > C_c$: $F_c = \frac{12\pi^2 E}{23 \cdot KL/r^2}$

ในที่นี้ $C_c = \sqrt{2\pi^2 E / F_y}$

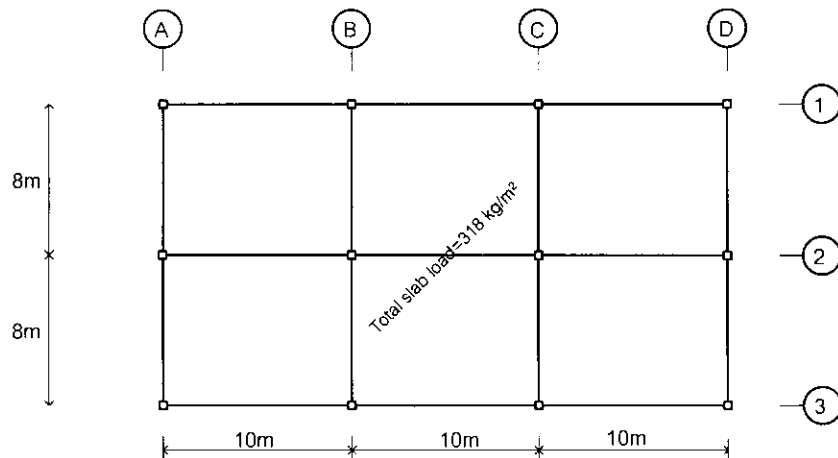
ข้อที่ 3 โครงสร้างเหล็กที่ปราศจากการค้ำยันทางข้างดังแสดงในรูป โดยเสาและคานทั้งหมดของอาคารมีขนาด WF 400*172 kg/m และ WF 400*56.6 kg/m ตามลำดับ กำหนดคุณสมบัติของเหล็กคือ F_y เท่ากับ 2500 ksc และ E เท่ากับ $2.10 \cdot 10^6$ ksc จงวิเคราะห์หาแรงอัดแนวแกนสูงสุดที่เสา AB สามารถรับได้ (10 คะแนน)



ข้อที่ 4 จงออกแบบคานเหล็ก WF แนวที่ 2 ช่วงความยาว 10 เมตร ที่ปราศจากการค้ำยันทางข้างและรับพื้นหล่อและน้ำหนักจร 318 kg/m^2 (รวมน้ำหนักคาน) ดังแสดงในรูป กำหนดคุณสมบัติของเหล็กคือ F_y เท่ากับ 2500 ksc และ E เท่ากับ $2.04 \cdot 10^6$ ksc (10 คะแนน)

หมายเหตุ

น้ำหนักลงคานช่วงสั้น $w_s = \frac{w_s}{3}$ น้ำหนักลงคานช่วงยาว $w_L = \frac{(3 - m^2)}{2} w_s$



4. กำหนดหน่วยแรงคัตที่ยอมให้

4.1 ตรวจสอบการก้ำกั้น (l) เป็นการผลการโค้งเดาะทางด้านข้าง

$$l_1 = \frac{637.2b_f}{\sqrt{F_y}} \quad l_2 = \frac{1.406 \times 10^6}{\left(\frac{d}{A_f}\right) F_y} \quad \text{และ} \quad l_3 = \sqrt{\frac{7.17 \times 10^6}{F_y}} r_T$$

โดยที่

กำหนดให้ค่าต่ำสุด และสูงสุดดังนี้

$$l_c = l_{\min} \quad \text{และ} \quad l_u = l_{\max}$$

ในกรณี $l < l_c$ $F_b = 0.66 F_y$

ในกรณี $l_c < l < l_u$ $F_b = 0.60 F_y$

ในกรณี $l > l_u$ แยกพิจารณาได้ดังนี้

ก. $\sqrt{\frac{7.17 \times 10^6 C_b}{F_y}} < \frac{l}{r_T} < \sqrt{\frac{35.85 \times 10^6 C_b}{F_y}}$

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y (l/r_T)^2}{107.56 \times 10^6 C_b} \right] F_y$$

$$F_b = \frac{843.6 \times 10^3 C_b}{ld/A_f}$$

เลือกค่าสูงสุดแต่ต้องไม่เกิน $0.60 F_y$

ข. $\frac{l}{r_T} > \sqrt{\frac{35.85 \times 10^6 C_b}{F_y}}$

$$F_b = \frac{11.95 \times 10^6 C_b}{(l/r_T)^2}$$

$$F_b = \frac{843.6 \times 10^3 C_b}{ld/A_f}$$

เลือกค่าสูงสุดแต่ต้องไม่เกิน $0.60 F_y$

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 < 2.3$$

โดยที่ $\left(\frac{M_1}{M_2} \right)$ มีค่าเป็นบวกเมื่อ M_1 และ M_2 มีเครื่องหมายเหมือนกัน (Double curve)

42 ตรวจสอบการโก่งเดาะ (Local Buckling) เป็นการพิจารณาการโก่งเดาะเฉพาะที่

ก. ตรวจสอบเวบ (Web)

$$\frac{d}{t_w} < \frac{5366}{\sqrt{F_y}} \text{ ตรวจสอบการโก่งเดาะของปีกต่อไป}$$

$$\frac{d}{t_w} > \frac{5366}{\sqrt{F_y}} \text{ ต้องปรับแต่งหน้าตัดใหม่ (ยังไม่ได้ศึกษาละเอียดในส่วนนี้)}$$

ข. ตรวจสอบปีก (Flange)

$$\text{Compact section} \quad \frac{b_f}{2t_f} < \frac{545}{\sqrt{F_y}}$$

$$F_b = 0.66 F_y$$

$$\text{Noncompact section} \quad \frac{545}{\sqrt{F_y}} < \frac{b_f}{2t_f} < \frac{796}{\sqrt{F_y}}$$

$$F_b = F_y \left(0.79 - 0.000238 \frac{b_f}{2t_f} \sqrt{F_y} \right)$$

$$\text{Thin section} \quad \frac{796}{\sqrt{F_y}} < \frac{b_f}{2t_f}$$

$$F_b = 0.6 F_y Q_s$$

$$\text{โดยที่} \quad \frac{796}{\sqrt{F_y}} < \frac{b_f}{2t_f} < \frac{1476}{\sqrt{F_y}} \quad \text{จะได้} \quad Q_s = 1.415 - 0.000521 \frac{b_f}{2t_f} \sqrt{F_y}$$

$$\frac{1476}{\sqrt{F_y}} < \frac{b_f}{2t_f} \quad \text{จะได้} \quad Q_s = \frac{1.406 \times 10^6}{F_y \left(\frac{b_f}{2t_f} \right)^2}$$

กรณี $KL/r < C_c$

$$F_{cr} = F_y \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right)^2 \right]$$

$$F.S = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right)^3$$

$$F_a = F_{cr} / FS$$

กรณี $KL/r \geq C_c$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$

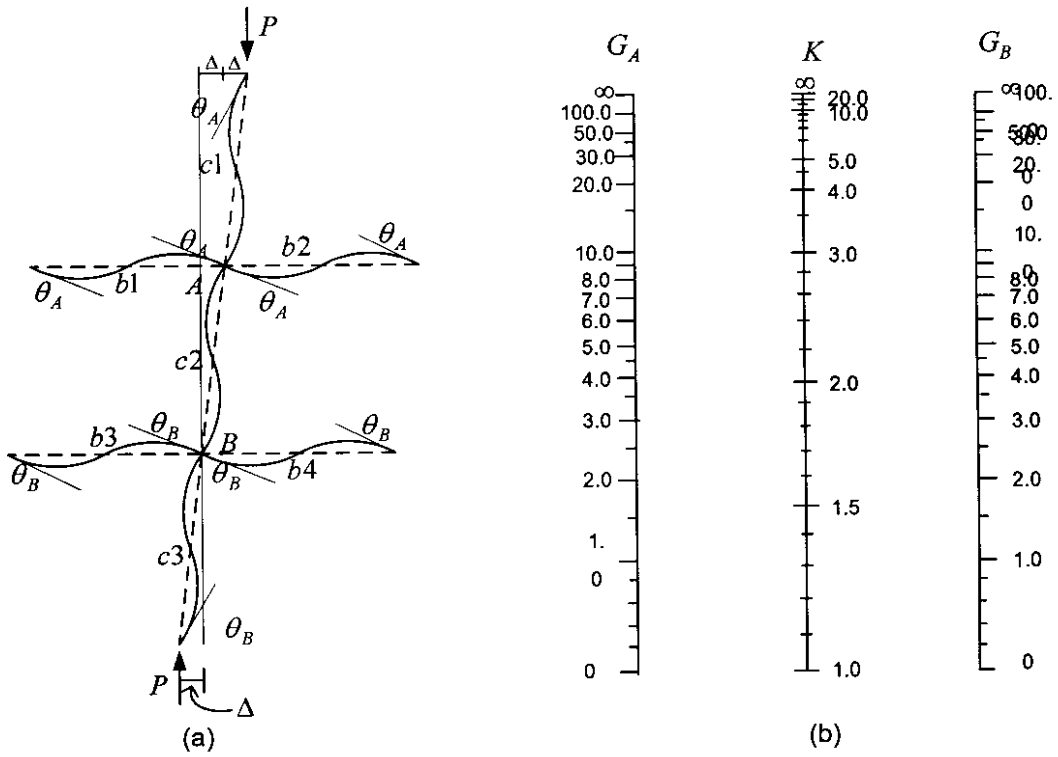
$$F.S = 1.92$$

$$F_a = F_{cr} / FS$$

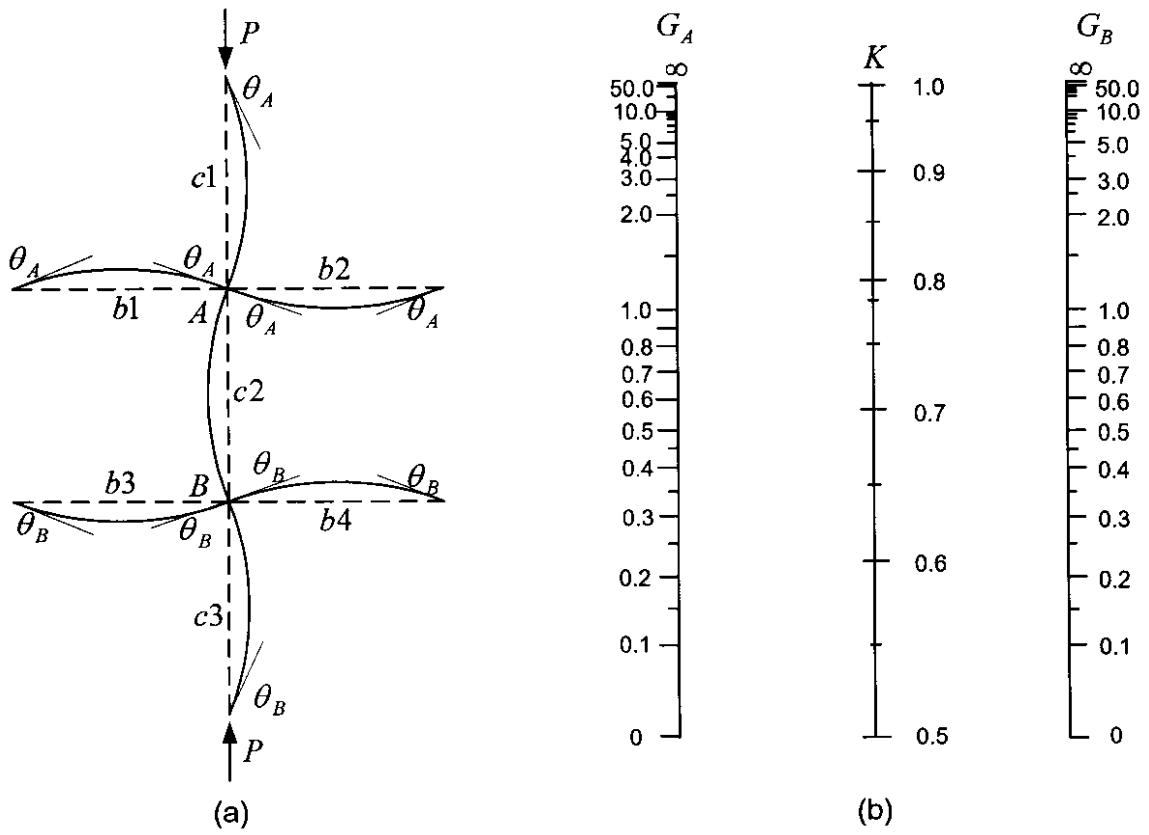
Allowable Compressive Strength for Design

Fy = 2500 ksc		Es = 2040000 ksc				Cc = 126.9	
KL/r	Fa	KL/r	Fa	KL/r	Fa	KL/r	Fa
1	1497.3	51	1270.2	101	898.1	151	459.9
2	1494.5	52	1264.1	102	889.4	152	453.9
3	1491.6	53	1257.9	103	880.5	153	448.0
4	1488.7	54	1251.6	104	871.6	154	442.2
5	1485.7	55	1245.3	105	862.7	155	436.5
6	1482.6	56	1239.0	106	853.7	156	430.9
7	1479.4	57	1232.5	107	844.6	157	425.4
8	1476.1	58	1226.1	108	835.5	158	420.1
9	1472.8	59	1219.5	109	826.4	159	414.8
10	1469.3	60	1213.0	110	817.1	160	409.6
11	1465.9	61	1206.3	111	807.9	161	404.6
12	1462.3	62	1199.6	112	798.5	162	399.6
13	1458.6	63	1192.9	113	789.1	163	394.7
14	1454.9	64	1186.1	114	779.7	164	389.9
15	1451.1	65	1179.3	115	770.2	165	385.2
16	1447.2	66	1172.4	116	760.6	166	380.6
17	1443.3	67	1165.4	117	751.0	167	376.0
18	1439.3	68	1158.4	118	741.3	168	371.5
19	1435.2	69	1151.3	119	731.5	169	367.2
20	1431.1	70	1144.2	120	721.7	170	362.9
21	1426.8	71	1137.1	121	711.8	171	358.6
22	1422.5	72	1129.9	122	701.9	172	354.5
23	1418.2	73	1122.6	123	691.9	173	350.4
24	1413.7	74	1115.3	124	681.8	174	346.4
25	1409.2	75	1107.9	125	671.7	175	342.4
26	1404.7	76	1100.5	126	661.5	176	338.5
27	1400.1	77	1093.0	127	650.2	177	334.7
28	1395.4	78	1085.5	128	640.0	178	331.0
29	1390.6	79	1077.9	129	630.2	179	327.3
30	1385.8	80	1070.3	130	620.5	180	323.7
31	1380.9	81	1062.6	131	611.1	181	320.1
32	1375.9	82	1054.9	132	601.8	182	316.6
33	1370.9	83	1047.1	133	592.8	183	313.1
34	1365.8	84	1039.3	134	584.0	184	309.7
35	1360.7	85	1031.4	135	575.4	185	306.4
36	1355.5	86	1023.5	136	567.0	186	303.1
37	1350.2	87	1015.5	137	558.7	187	299.9
38	1344.9	88	1007.4	138	550.6	188	296.7
39	1339.5	89	999.3	139	542.7	189	293.6
40	1334.0	90	991.2	140	535.0	190	290.5
41	1328.5	91	983.0	141	527.5	191	287.4
42	1323.0	92	974.8	142	520.1	192	284.5
43	1317.3	93	966.5	143	512.8	193	281.5
44	1311.6	94	958.1	144	505.7	194	278.6
45	1305.9	95	949.7	145	498.8	195	275.8
46	1300.1	96	941.2	146	492.0	196	273.0
47	1294.2	97	932.7	147	485.3	197	270.2
48	1288.3	98	924.2	148	478.7	198	267.5
49	1282.3	99	915.5	149	472.3	199	264.8
50	1276.3	100	906.9	150	466.1	200	262.2

แบบจำลองของเสาในโครงข้อแข็งไม่มีการยึดรั้งด้านข้าง และแผนภาพ Alignment



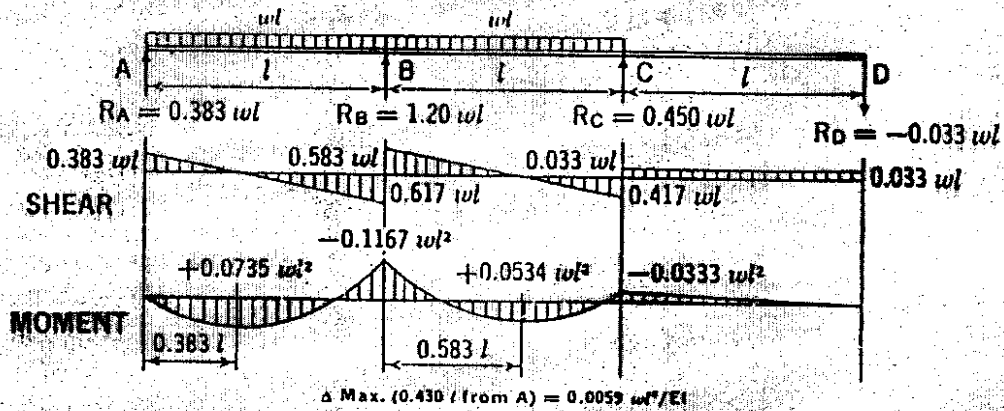
แบบจำลองของเสาในโครงข้อแข็งที่ยึดรั้งด้านข้าง และแผนภาพ Alignment



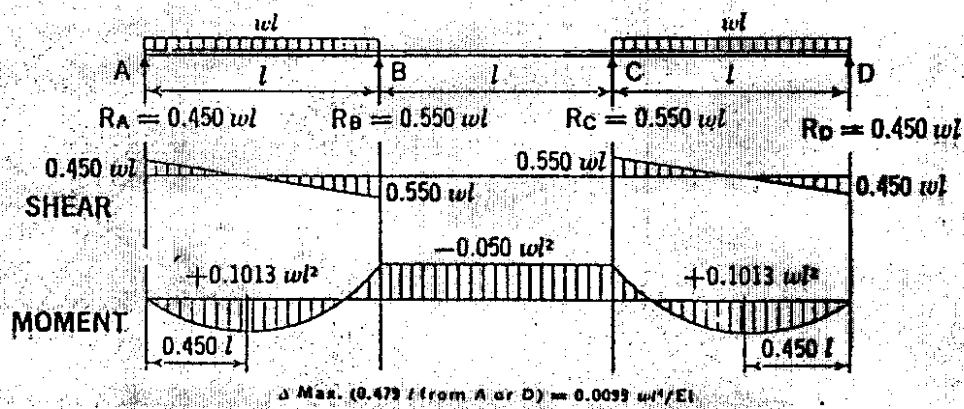
BEAM DIAGRAMS AND DEFLECTIONS For various static loading conditions

For meaning of symbols, see page 2-111.

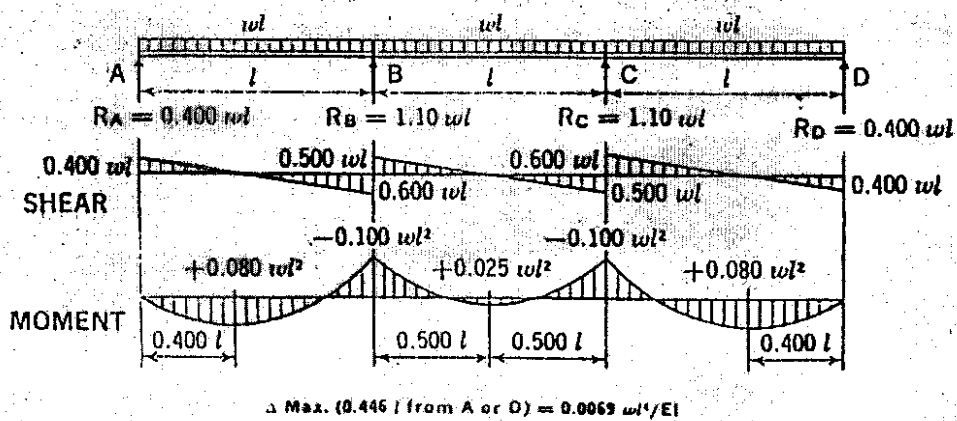
34. CONTINUOUS BEAM—THREE EQUAL SPANS—ONE END SPAN UNLOADED



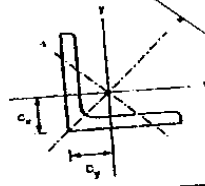
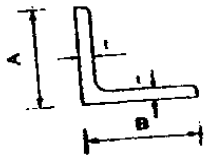
35. CONTINUOUS BEAM—THREE EQUAL SPANS—END SPANS LOADED



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

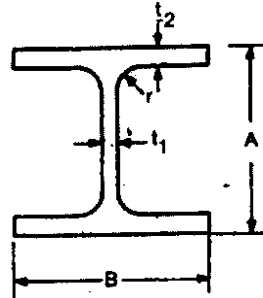


Equal Angle JIS G 3192



Size		Section	Unit	Center of Gravity, cm		Geometrical moment of Inertia, cm ⁴				Radius of Gyration of Area, cm				Modulus of Section, cm ³	
A x B, mm	t, mm			Area, cm ²	Weight, kg/m	C _x	C _y	I _x	I _y	Max. I _x	Min. I _y	r _x	r _y	Max. r _x	Min. r _y
25 x 25	3	1.427	1.12	0.719	0.719	0.797	0.797	1.26	0.332	0.75	0.75	0.94	0.48	0.45	0.45
30 x 30	3	1.727	1.36	0.844	0.844	1.42	1.42	2.26	0.590	0.91	0.91	1.14	0.59	0.66	0.66
40 x 40	3	2.336	1.83	1.09	1.09	3.53	3.53	5.60	1.46	1.23	1.23	1.55	0.79	1.21	1.21
40 x 40	5	3.755	2.95	1.17	1.17	5.42	5.42	8.59	2.25	1.20	1.20	1.51	0.77	1.91	1.91
45 x 45	4	3.492	2.74	1.24	1.24	6.50	6.50	10.3	2.70	1.36	1.36	1.72	0.88	2.00	2.00
45 x 45	5	4.302	3.38	1.28	1.28	7.91	7.91	12.5	3.29	1.36	1.36	1.71	0.87	2.46	2.46
50 x 50	4	3.892	3.06	1.37	1.37	9.06	9.06	14.4	3.76	1.53	1.53	1.92	0.96	2.49	2.49
50 x 50	5	4.802	3.77	1.41	1.41	11.1	11.1	17.5	4.58	1.52	1.52	1.91	0.98	3.08	3.08
50 x 50	6	5.644	4.43	1.44	1.44	12.6	12.6	20.0	5.23	1.50	1.50	1.88	0.96	3.55	3.55
60 x 60	4	4.692	3.68	1.61	1.61	16	16	25.4	6.62	1.85	1.85	2.33	1.19	3.66	3.66
60 x 60	5	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
65 x 65	5	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
65 x 65	6	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
65 x 65	8	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
70 x 70	6	8.127	6.36	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	8	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	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	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	9.327	7.32	2.18	2.18	56.4	56.4	89.6	23.2	2.46	2.46	3.10	1.58	9.7	9.7
90 x 90	6	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	12.22	9.59	2.46	2.46	93	93.0	148	38.3	2.76	2.76	3.48	1.77	14.2	14.2
90 x 90	10	17.00	13.3	2.57	2.57	125	125	199	51.7	2.71	2.71	3.42	1.74	18.5	18.5
90 x 90	13	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	13.62	10.7	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	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	13	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	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	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	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	38.75	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	34.77	27.3	4.14	4.14	740	740	1,180	304	4.61	4.61	5.82	2.96	68.1	68.1
150 x 150	15	42.74	33.6	4.24	4.24	888	888	1,410	365	4.56	4.56	5.75	2.92	82.5	82.5
150 x 150	19	63.38	41.9	4.40	4.40	1,090	1,090	1,730	451	4.52	4.52	5.69	2.91	103	103
175 x 175	12	40.52	31.8	4.73	4.73	1,170	1,170	1,860	480	5.38	5.38	6.78	3.44	92	92
175 x 175	15	50.21	39.4	4.85	4.85	1,440	1,440	2,290	589	5.35	5.35	6.75	3.42	114	114
200 x 200	15	57.75	45.3	5.48	5.48	2,180	2,180	3,470	891	6.14	6.14	7.75	3.93	150	150
200 x 200	20	76.00	59.7	5.67	5.67	2,820	2,820	4,490	1,160	6.09	6.09	7.68	3.90	197	197
200 x 200	25	93.75	73.8	5.86	5.86	3,420	3,420	5,420	1,410	6.04	6.04	7.61	3.88	242	242
250 x 250	25	119.4	93.7	7.10	7.10	6,950	6,950	11,000	2,860	7.63	7.63	9.62	4.90	388	388
250 x 250	35	162.6	128.0	7.45	7.45	9,110	9,110	14,400	3,790	7.49	7.49	9.42	4.83	519	519

ภาคผนวก ข



ขนาด	น้ำหนัก	A	B	ความหนา		ระยะ r	d เหนือที่	Ix	Iy	rx	ry	Sx	Sy
				t1	t2								
	กก/ม.	มม.	มม.	มม.	มม.	มม.	ซม.2	ซม.4	ซม.4	ซม.	ซม.	ซม.3	ซม.3
900 x 300	288	912	302	18	34	28	364.0	498,000	15,700	37.0	6.58	10,900	1,040
	243	900	300	16	28	28	309.8	411,000	12,800	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 x 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 x 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 x 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 x 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	586	199	10	15	22	120.5	68,700	1,980	23.9	4.05	2,310	199
500 x 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 x 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 x 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 x 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 x 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