

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษา 1

วันที่ 3 ตุลาคม 2556

วิชา Timber and Steel Design (221-412)

ปีการศึกษา 2556

เวลา 9.00-12.00 น.

ห้องสอบ S203

ผู้สอน ผศ.เอกรัฐ สมศรีรัฐกิจ

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

คำชี้แจง

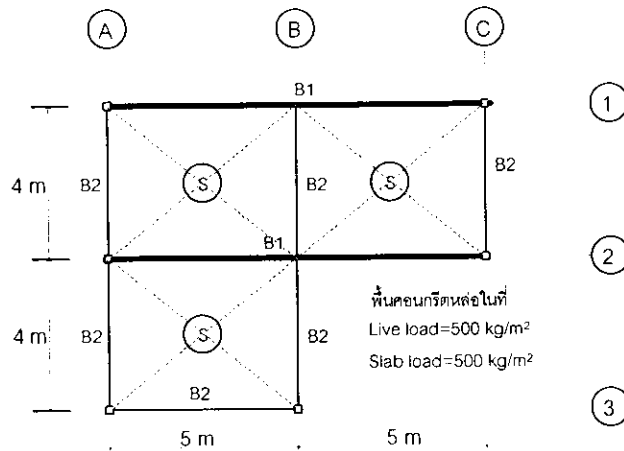
1. ข้อสอบทั้งหมดมี 5 ข้อ คะแนนรวม 50 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง
2. ข้อสอบมีทั้งหมด 13 หน้า (ไม่รวมปก) ผู้สอบต้องตรวจสอบว่ามีครบทุกหน้าหรือไม่ (ก่อนลงมือทำ) และห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม
3. ให้ทำหมดทุกข้อลงในสมุดคำตอบที่แนบ
4. ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทุกวิธีจะได้ E
5. อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลขได้ทุกชนิด
6. ให้เขียนรหัสในสมุดคำถามทุกหน้า
7. กระดาษทดที่แจกให้ไม่ต้องส่งคืน ถ้าไม่พอขอเพิ่มที่อาจารย์คุมสอบ
8. ห้ามหยิบ หรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ
9. นักศึกษาสามารถเพิ่มเติมข้อมูลได้ในกรณีที่คิดว่าข้อมูลที่ให้มาไม่เพียงพอ

ตารางคะแนน

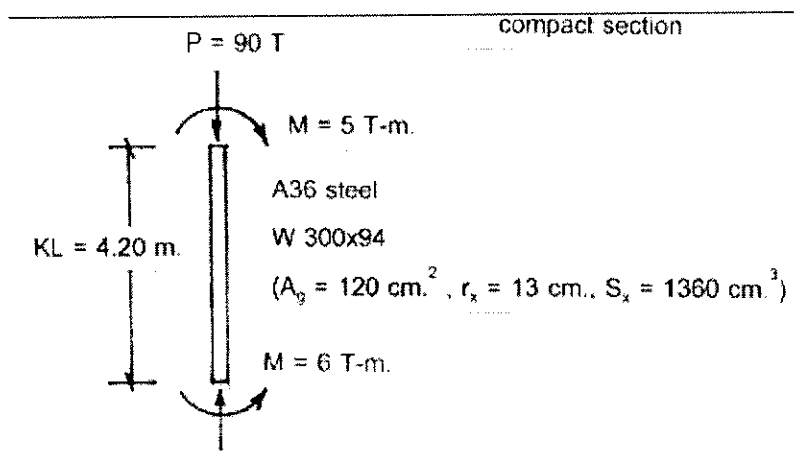
| ข้อที่ | คะแนนเต็ม | ได้ |
|--------|-----------|-----|
| 1      | 10        |     |
| 2      | 10        |     |
| 3      | 10        |     |
| 4      | 10        |     |
| 5      | 10        |     |
| รวม    | 50        |     |

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำ คือ พักการเรียน 1 ภาคการศึกษา และปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต

ข้อที่ 1 จงออกแบบคานเหล็ก WF (B1) ที่มีความยาว 10 เมตร โดยปราศจากการค้ำยันทางด้านข้างดังแสดงในรูปข้างล่าง รับพื้นคอนกรีตหล่อในที่หนา 20 cm และน้ำหนักจร 400 kg/m<sup>2</sup> ดังแสดงในรูป กำหนดคุณสมบัติของเหล็กคือ  $F_y$  เท่ากับ 2500 ksc และ  $E$  เท่ากับ  $2.04 \times 10^6$  ksc (ไม่ต้องคิदन้ำหนักคาน) การโก่งตัวต้องไม่เกิน  $\frac{L}{300}$  และกรณีคานช่วงเดียวรับแรงกระจาย  $C_b = 1.13$



ข้อที่ 2 เสาต้นหนึ่งนในโครงเฟรมที่ไม่เซ รับแรงอัดใช้งาน  $P$  และโมเมนต์ดัด  $M$  ดังแสดง เสานี้มีค้ำยันทางข้างเพื่อกันการโก่งรอบแกน  $y$  ให้พิจารณาความปลอดภัยของเสาต้นนี้ ตามวิธี ASD กำหนดให้ระยะค้ำยันในการคำนวณหน่วยแรงดัดที่ยอมให้เท่ากับ 4.2 m คุณสมบัติของเหล็กคือ  $F_y$  เท่ากับ 2500 ksc และ  $E_s$  เท่ากับ  $2.04 \times 10^6$  ksc



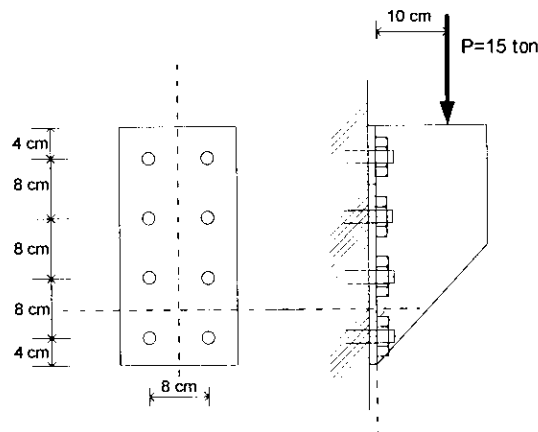
ข้อที่ 3 จุดต่อยึดสลักเกลียวชนิด A307 จำนวน 8 ตัวจัดเรียงดังแสดงในรูป รับแรงขนาด 15 ton ดังแสดงในรูป จงคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสลักเกลียว กำหนดให้แรงดึงใน

$$P_i = \frac{M d_i}{\sum (d_i)^2}$$

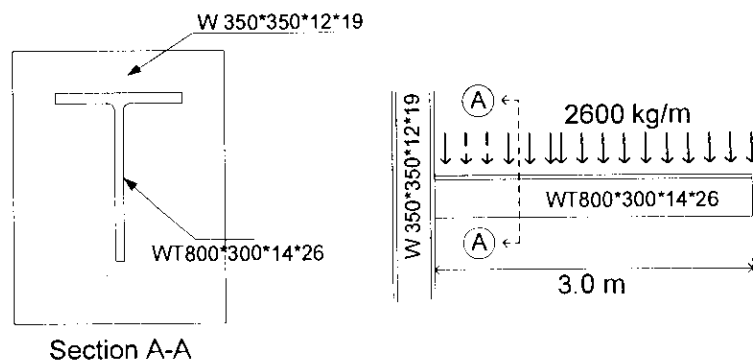
ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของอุปกรณ์ยึดแบบมีแรงแบกทาน

| อุปกรณ์ยึด | Tensile Stress ,Ft<br>(ksc) | Shear stress,Fv<br>(ksc) | Tensile Stress (มีแรงเฉือนร่วม), $F_t'$<br>(ksc) |
|------------|-----------------------------|--------------------------|--|
| A307       | 1615                        | 1230                     | 1960-1.6 $f_v < 1615$                            |

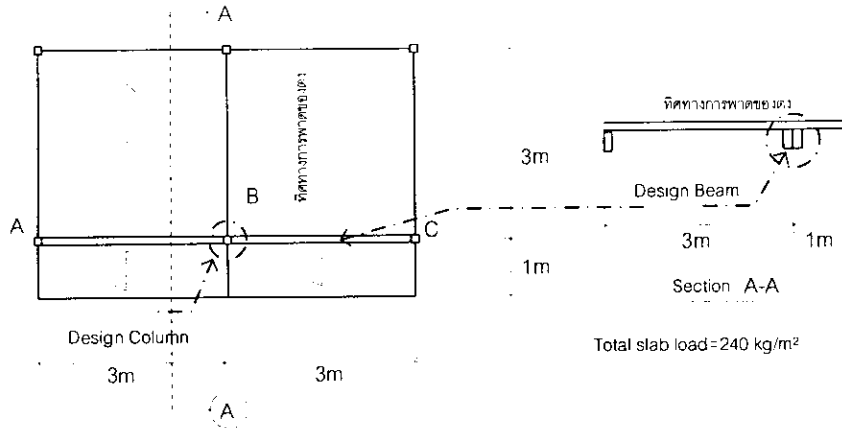
หมายเหตุ ขนาดของสลักเกลียวมาตรฐานมี 12mm 15mm 19mm 22mm 25mm 29mm 32mm 35mm และ 38mm



ข้อที่ 4 จงออกแบบขนาดของรอยเชื่อมที่ใช้ลวดเชื่อมชนิด E70 ของรอยต่อเสากับคานยื่น (Overhanged beam) รับน้ำหนักกระจาย 2600 kg/m ดังแสดงในรูป คานยื่นเป็นเหล็ก Wide Flange Tee (เหล็ก WF ตัดครึ่ง) ถูกต่อเชื่อมกับเสาเหล็ก WF ด้วยลวดเชื่อมชนิด E70 คือ  $F_v$  เท่ากับ 1470 ksc



ข้อที่ 5 จงออกแบบพื้น(ความหนา) ตงไม้ (ขนาดและระยะห่าง) และเสาไม้ต้นความสูง 3 เมตรที่ตำแหน่ง B ดังแสดงในรูป โดยที่รับน้ำหนักรวม (LL+DL) เท่ากับ 240 กก/ตร.ม กำหนดให้ใช้ไม้เนื้อแข็งแบบไสแล้ว และการโก่งตัวที่ยอมให้  $L/200$



ตารางแสดงค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของไม้ ตามมาตรฐาน วสท. และข้อบัญญัติ กทม.

| ประเภทไม้       | หน่วยแรงดัด<br>หรือหน่วยแรง<br>ดึง (ksc) | หน่วยแรงอัด<br>(ksc) |         | หน่วยแรงเฉือน<br>ขนานเส้น<br>(ksc) | โมดูลัสแห่ง<br>ความยืดหยุ่น<br>(ksc) |
|-----------------|--|----------------------|---------|------------------------------------|--------------------------------------|
|                 |  | ขนาน                 | ตั้งฉาก |                                    |                                      |
| ไม้เนื้ออ่อนมาก | 60                                       | 45                   | 12      | 6                                  | 78900                                |
| ไม้เนื้ออ่อน    | 80                                       | 60                   | 16      | 8                                  | 94100                                |
| ไม้เนื้อปานกลาง | 100                                      | 75                   | 22      | 10                                 | 112300                               |
| ไม้เนื้อแข็ง    | 120                                      | 90                   | 30      | 12                                 | 136300                               |
| ไม้เนื้อแข็งมาก | 150                                      | 110                  | 40      | 15                                 | 189000                               |

การออกแบบตงให้พิจารณาเป็น Simple Beam

การออกแบบเสาเดี่ยวดัน (ข้อบัญญัติ กทม.)

$$L/d \leq 12 \quad f_c \leq F_c$$

$$L/d > 12 \quad f_c \leq F_c \left( 1.33 - \frac{Ld}{35} \right)$$

โดยที่  $F_c$  คือ หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ตามข้อบัญญัติ กทม

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  $KL/r \geq C_c$

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

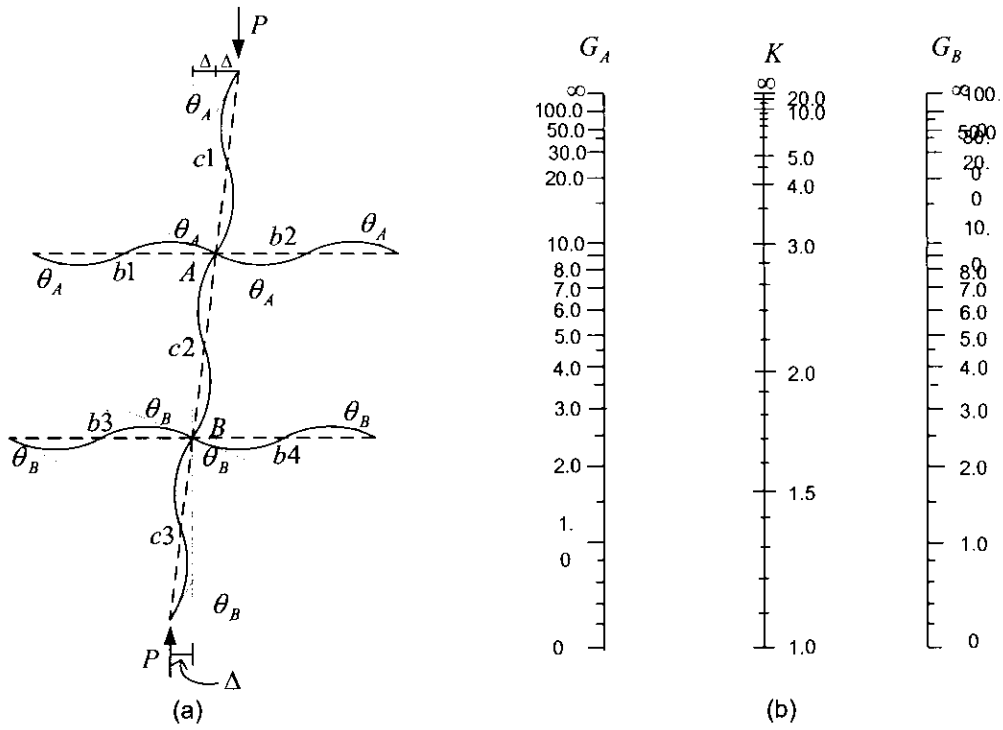
$$F.S = 1.92$$

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

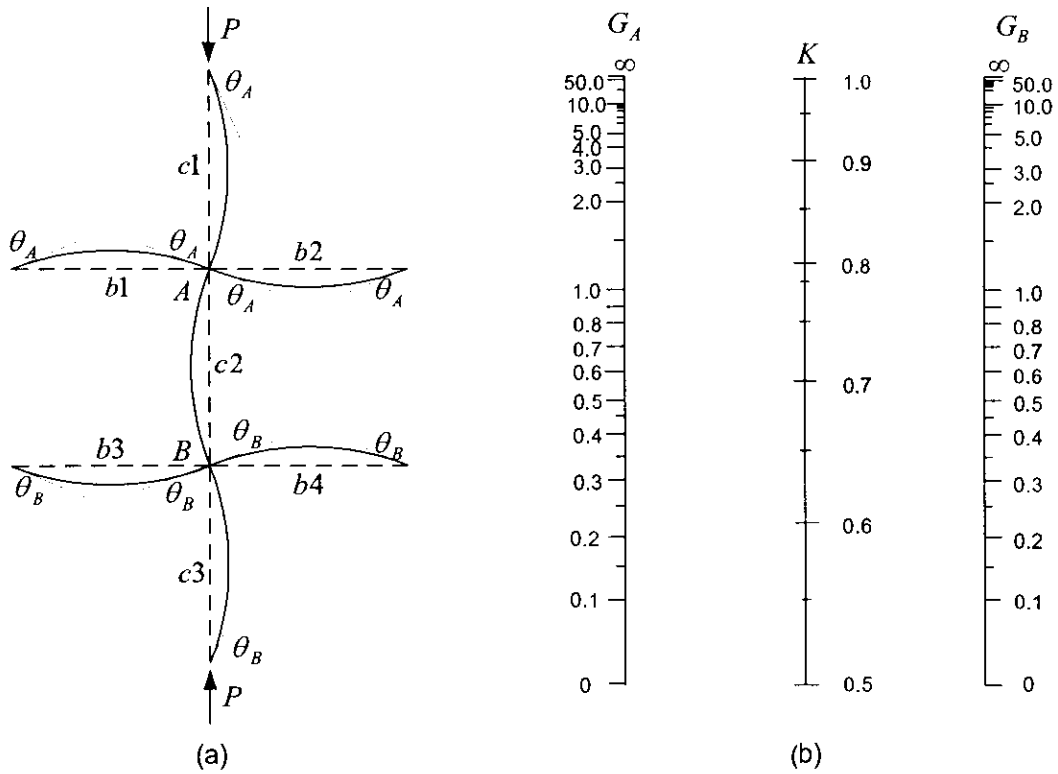
Allowable Compressive Strength for Design

| 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



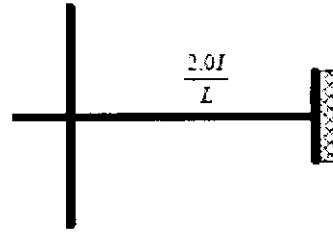
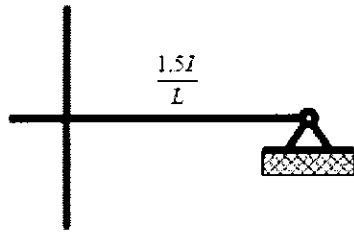
แบบจำลองของเสาในโครงข้อแข็งที่ยึดรั้งด้านข้าง และแผนภาพ Alignment



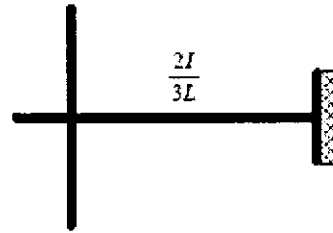
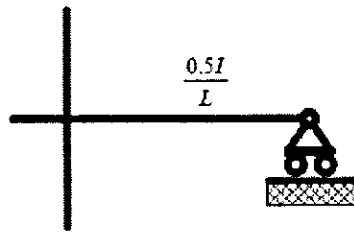
$$G = \frac{\sum (I L)_{col}}{\sum (I L)_{beam}}$$

เงื่อนไขการใช้ Alignment Chart

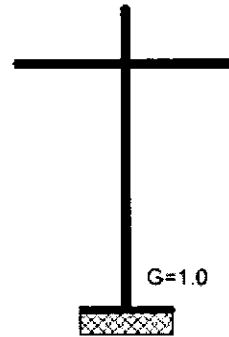
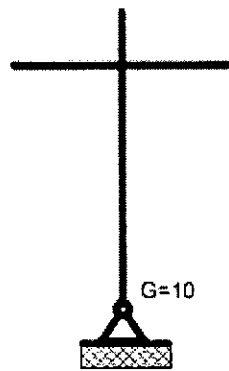
โครงสร้างไม่มีการ Sway



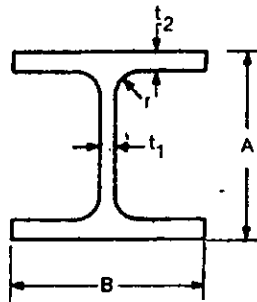
โครงสร้างมีการ Sway



ในส่วนของเสา



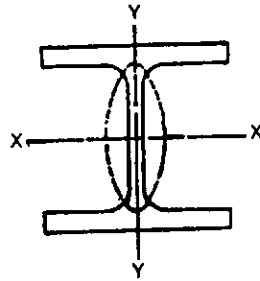
ภาคผนวก ข



| ขนาด      | น้ำหนัก | A   | B   | ความหนา        |                | ระยะ r | x <sub>เนือท</sub> | I <sub>x</sub>   | I <sub>y</sub>   | r <sub>x</sub> | r <sub>y</sub> | S <sub>x</sub>   | S <sub>y</sub>   |
|-----------|---------|-----|-----|----------------|----------------|--------|--------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
|           |         |     |     | t <sub>1</sub> | t <sub>2</sub> |        |                    |                  |                  |                |                |                  |                  |
|           | กก/ม.   | มม. | มม. | มม.            | มม.            | มม.    | ซม. <sup>2</sup>   | ซม. <sup>4</sup> | ซม. <sup>4</sup> | ซม.            | ซม.            | ซม. <sup>3</sup> | ซม. <sup>3</sup> |
| 900 x 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          | 12,800           | 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          | 10,800           | 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          | 7,870            | 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    | 596 | 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            |



ภาคผนวก ข (ต่อ)



| ขนาด      | น้ำหนัก<br>กก/ม. | A<br>มม. | B<br>มม. | ความหนา               |                       | ระยะ<br>r<br>มม. | X<br>เนื้อที่<br>ซม.2 | I <sub>x</sub><br>ซม.4 | I <sub>y</sub><br>ซม.4 | r <sub>x</sub><br>ซม. | r <sub>y</sub><br>ซม. | S <sub>x</sub><br>ซม.3 | S <sub>y</sub><br>ซม.3 |
|-----------|------------------|----------|----------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|           |                  |          |          | t <sub>1</sub><br>มม. | t <sub>2</sub><br>มม. |                  |                       |                        |                        |                       |                       |                        |                        |
|           |                  |          |          | ด                     | บ                     |                  |                       |                        |                        |                       |                       |                        |                        |
| 400 x 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 x 300 | 107              | 390      | 300      | 10                    | 16                    | 22               | 138.0                 | 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 x 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 x 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                 | 13,800                 | 15.2                  | 8.84                  | 2,300                  | 778                    |
|           | 131              | 344      | 354      | 16                    | 16                    | 20               | 166.6                 | 35,300                 | 11,800                 | 14.6                  | 8.43                  | 2,050                  | 669                    |
|           | 115              | 344      | 348      | 10                    | 18                    | 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 x 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 x 175 | 49.6             | 350      | 175      | 7                     | 11                    | 14               | 63.14                 | 13,800                 | 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 x 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 x 200 | 65.4             | 298      | 201      | 9                     | 14                    | 18               | 63.36                 | 13,300                 | 1,900                  | 12.6                  | 4.77                  | 893                    | 189                    |
|           | 56.6             | 294      | 200      | 8                     | 12                    | 18               | 72.38                 | 11,300                 | 1,800                  | 12.5                  | 4.71                  | 771                    | 160                    |
| 300 x 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                   | 9                     | 13               | 40.80                 | 6,320                  | 442                    | 12.4                  | 3.29                  | 424                    | 59.3                   |

ขั้นตอนในการออกแบบคาน

4. คำนวณหน่วยแรงดัดที่ยอมให้

4.1 ตรวจสอบการค้ำยัน ( $l$ ) เป็นการผลการโก่งเดาะทางด้านข้าง

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

โดยที่  $A_f = b_f t_f$      $A_w = (d - 2t_f) t_w$      $r_T = \sqrt{\frac{I_y}{A_f + \frac{A_w}{6}}}$

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

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

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

เลือกค่าสูงสุดแต่ต้องไม่เกิน  $0.60 F_y$

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

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

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

เลือกค่าสูงสุดแต่ต้องไม่เกิน  $0.60 F_y$

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

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

กรณีคานแบบง่ายรับแรงกระจาย     $C_b = 1.13$

4.2 ตรวจสอบการโก่งเดาะ (Local Buckling) เป็นการพิจารณาการโก่งเดาะเฉพาะที่ (ไม่ต้องพิจารณาการโก่งเดาะเฉพาะที่ในกรณีที่เลือกเหล็กจากตารางเหล็ก)

ก. ตรวจสอบเอว (Web)

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

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

ข. ตรวจสอบปีก (Flange)

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

$$F_b = 0.66 F_y$$

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

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

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

$$F_b = 0.6 F_y Q_s$$

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

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

ขั้นตอนในการออกแบบคาน-เสาเหล็ก (WF)

1. กรณี  $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$  ถือว่าแรงแนวแกนมีค่าน้อย แรงแนวแกนไม่มีผลต่อโมเมนต์ จะได้สมการหน่วยแรงที่ยอมให้คือ

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

2. กรณี  $\frac{f_a}{F_a} \geq 0.15$  ถือว่าแรงแนวแกนมีผลต่อโมเมนต์ จะได้สมการหน่วยแรงที่ยอมให้แบ่งได้เป็น 2 กรณีตามลักษณะการเกิดโมเมนต์คือ  
กรณีที่ 1 โมเมนต์ตัดสูงสุดเกิดขึ้นที่ปลายชิ้นส่วน

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

- กรณีที่ 2 โมเมนต์ตัดสูงสุดเกิดขึ้นภายในชิ้นส่วน

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \frac{C_m}{1 - \frac{f_a}{F_e'}} \leq 1.0$$

- โดยที่  $F_a$  คือ Allowable axial stress  
 $F_b$  คือ Allowable bending stress  
 $F_e'$  คือ Allowable euler stress =  $\frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \frac{12}{23}$   
 $C_m$  คือ Coefficient factor ที่ขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนที่ของ joint และลักษณะการเกิดโมเมนต์

สำหรับชิ้นส่วนที่อยู่เป็นส่วนหนึ่งของโครงข้อแข็ง ค่า  $C_m$  สรุปได้ดังนี้

Case 1 ไม่มีการเคลื่อนที่ใดๆ ปลายชิ้นส่วน (No-sway)

มีเฉพาะโมเมนต์กระทำที่ปลาย

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0.4$$

$\frac{M_1}{M_2}$  เป็นบวก เมื่อทำชิ้นส่วนตัดเป็นโค้งเดียว

มีแรงทางขวางกระทำอยู่ในชิ้นส่วน


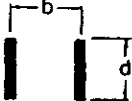
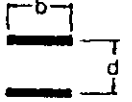
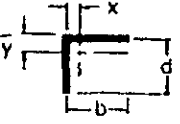
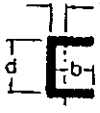




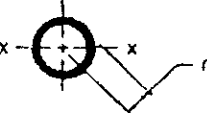
$C_m = 0.85$       กรณีปลายยึดแน่น

$C_m = 1.00$       กรณีปลายแบบหลุด

Case 2 มีการเคลื่อนที่ใดๆ ปลายชิ้นส่วน (Sway)

$C_m = 0.85$       กรณีปลายยึดแน่นและแบบหลุด

ตารางที่ 7.10 คุณสมบัติของรอยเชื่อมโนลักษณะเป็นเส้น

| หน้าตัด  | โมดูลัสหน้าตัด<br>$I_x/\bar{y}$ | $I_p$ รอบจุดศูนย์กลาง                                    |
|--|---------------------------------|--|
| 1.    | $S = \frac{d^2}{6}$             | $I_p = \frac{d^3}{12}$                                   |
| 2.    | $S = \frac{d^2}{3}$             | $I_p = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$                          |
| 3.    | $S = bd$                        | $I_p = \frac{b(3d^2 + b^2)}{6}$                          |
| 4.  $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$<br>$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ | $S = \frac{4bd + d^2}{6}$       | $I_p = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$                |
| 5.  $\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$                                    | $S = bd + \frac{d^2}{6}$        | $I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$ |
| 6.  $\bar{y} = \frac{d^2}{2b+d}$                                    | $S = \frac{2bd + d^2}{3}$       | $I_p = \frac{b^3 + 6b^2d + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{2d+b}$ |
| 7.    | $S = bd + \frac{d^2}{3}$        | $I_p = \frac{(b+d)^3}{6}$                                |
| 8.  $\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$                                    | $S = \frac{2bd + d^2}{3}$       | $I_p = \frac{b^3 + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{b+2d}$         |
| 9.    | $S = bd + \frac{d^2}{3}$        | $I_p = \frac{b^3 + 3b^2 + d^3}{6}$                       |
| 10.   | $S = \pi r^2$                   | $I_p = 2\pi r^3$   |

| ขนาดเหล็ก | ขนาดท่อน<br>มม. | ขนาดโอบ<br>มม. | พ. ท้าัด โอบท่อน<br>( มม <sup>2</sup> ) | พ. ท้าัด ไม้โอบ<br>( มม <sup>2</sup> ) | I ของ ไม้ท่อน<br>มม <sup>4</sup> | I ของ ไม้โอบ<br>มม <sup>4</sup> |
|-----------|-----------------|----------------|---|--|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 1/2"x3" | 3.61x7.32       | 3.41x7.02      | 26.43                                   | 23.94                                  | 117.99                           | 98.31                           |
| 1 1/2"x4" | 3.61x9.86       | 3.41x9.56      | 35.59                                   | 32.64                                  | 288.37                           | 248.28                          |
| 1 1/2"x5" | 3.61x12.40      | 3.41x12.10     | 44.76                                   | 41.26                                  | 537.57                           | 503.42                          |
| 1 1/2"x6" | 3.61x14.94      | 3.41x14.64     | 53.93                                   | 49.92                                  | 1003.18                          | 891.65                          |
| 2" X 4"   | 4.78x9.86       | 4.48x9.56      | 47.13                                   | 42.83                                  | 381.48                           | 326.19                          |
| 2" X 5"   | 4.78x12.40      | 4.48x12.10     | 59.27                                   | 54.21                                  | 759.47                           | 661.38                          |
| 2" X 6"   | 4.78x14.94      | 4.48x14.64     | 71.41                                   | 65.59                                  | 1328.31                          | 1171.44                         |
| 2" X 8"   | 4.78x19.92      | 4.48x19.52     | 95.22                                   | 87.45                                  | 3148.58                          | 2776.75                         |
| 4" X 4"   | 9.86x9.86       | 9.56x9.56      | 97.22                                   | 91.39                                  | 787.64                           | 696.07                          |
| 5" X 5"   | 12.40x12.40     | 12.10x12.10    | 153.76                                  | 146.41                                 | 1970.18                          | 1786.32                         |
| 6" X 6"   | 14.94x14.94     | 14.64x14.64    | 223.20                                  | 214.33                                 | 4151.85                          | 3828.10                         |
| 8" X 8"   | 19.92x19.92     | 19.52x19.52    | 396.80                                  | 381.03                                 | 13121.28                         | 12098.68                        |
| 10" X 10" |                 |                |   |  |                                  |                                 |