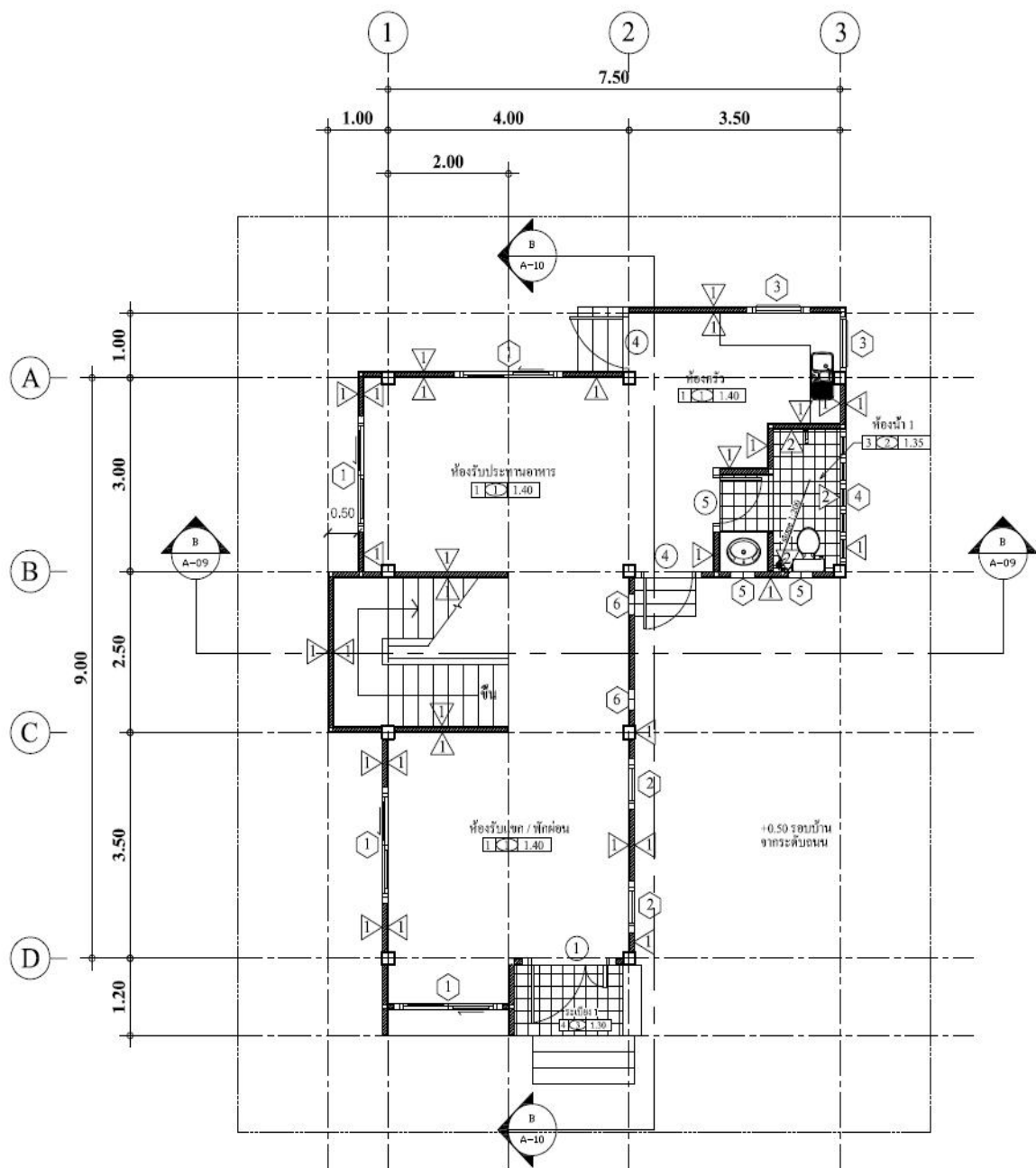


ตัวอย่างรายการคำนวณโครงสร้างบ้านพักอาศัย

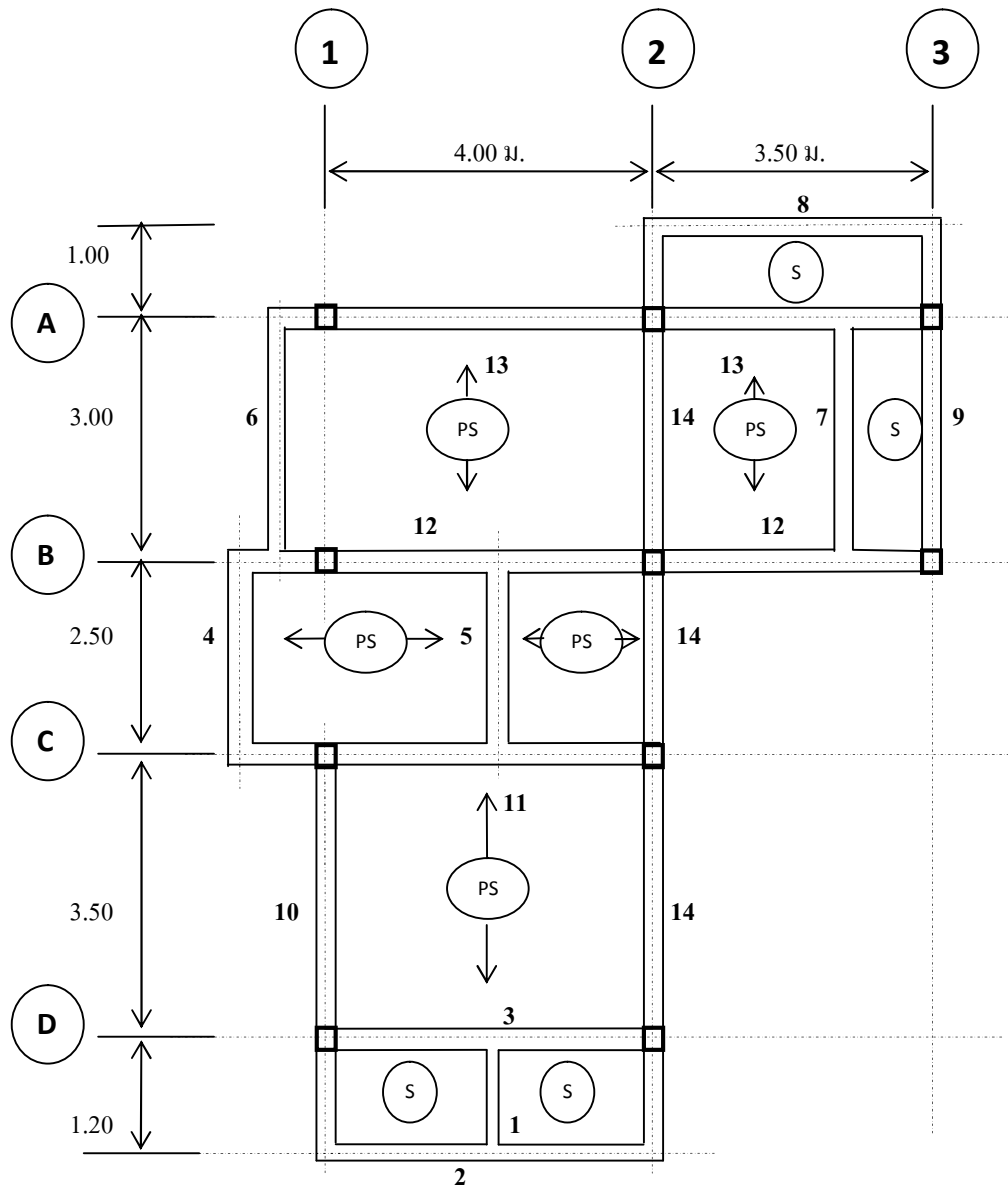
งานที่มอบหมายประจำภาคการศึกษา ให้คำนวณออกแบบ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กบ้านพักอาศัย โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. หาแบบรูปรายการบ้านพักอาศัยเป็นแบบทางสถาปัตยกรรม ประกอบด้วย แปลนพื้น รูปด้าน ทั้งสี่ด้าน และอื่นๆ ตัวอย่างเช่น แบบแปลนพื้นชั้นที่ 1 ดังรูปข้างล่าง



แปลนพื้นชั้นที่ 1

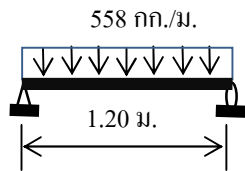
2. เขียนผังโครงสร้างคานเพื่อรองรับพื้นและผนังตามแนว Grid line โดยพิจารณาจากแบบรูปสถาปัตยกรรม พร้อมทั้งกำหนดชนิดของพื้นและระบุหมายเลขคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังรูป ในตัวอย่างนี้ กำหนดให้เป็นพื้นสำเร็จรูป (PS) พื้นเสริมเหล็กทางเดียว (S) และคานจำนวน 14 ตัว



ผังโครงสร้างพื้นและคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

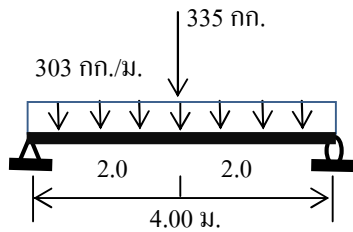
3. เขียนแบบจำลองทางโครงสร้างแล้วทำการถ่ายน้ำหนักจากพื้นและผนังลงคานรองรับ รวมทั้งน้ำหนักของคานเอง และทำการวิเคราะห์โครงสร้าง เพื่อหาแรงภายใน ได้แก่ แรงปฏิกิริยา แรงเฉือน โมเมนต์ดัด และแรงบิด (ถ้ามี)

คานหมายเลข 1



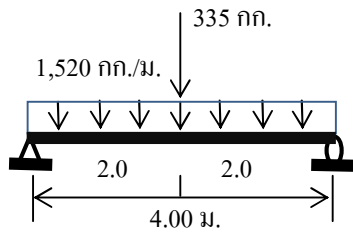
แรงปฏิกิริยา : 335 กก.
แรงเฉือน : 335 กก.
โมเมนต์ดัด : 100.4 กก.

คานหมายเลข 2



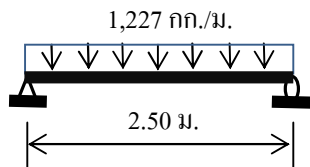
แรงปฏิกิริยา : 774 กก.
แรงเฉือน : 774 กก.
โมเมนต์ดัด : 941 กก.

คานหมายเลข 3



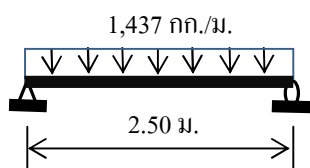
แรงปฏิกิริยา : 3,208 กก.
แรงเฉือน : 3,208 กก.
โมเมนต์ดัด : 3,375 กก.

คานหมายเลข 4



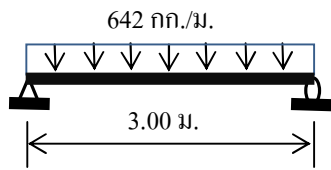
แรงปฏิกิริยา : 1,533 กก.
แรงเฉือน : 1,533 กก.
โมเมนต์ดัด : 958 กก.

คานหมายเลข 5



แรงปฏิกิริยา : 1,796 กก.
แรงเฉือน : 1,796 กก.
โมเมนต์ดัด : 1,122 กก.

คานหมายเลข 6

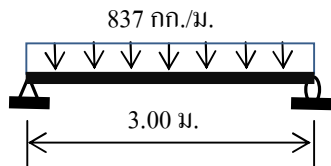


แรงปฏิกิริยา : 963 กก.

แรงเฉือน : 963 กก.

โมเมนต์ดัด : 722 กก.

คานหมายเลข 7

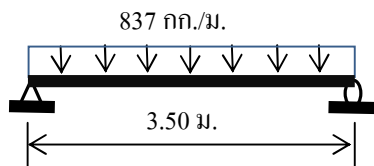


แรงปฏิกิริยา : 1,255 กก.

แรงเฉือน : 1,255 กก.

โมเมนต์ดัด : 942 กก.

คานหมายเลข 8

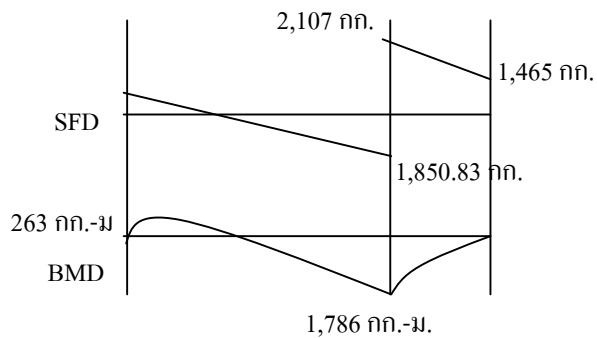
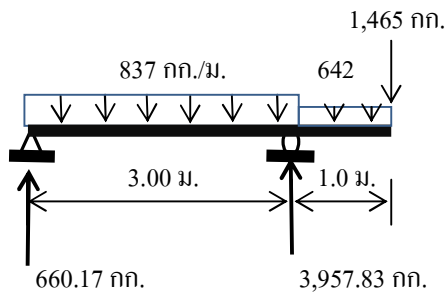


แรงปฏิกิริยา : 1,465 กก.

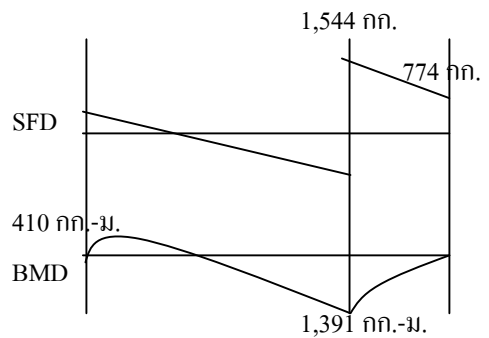
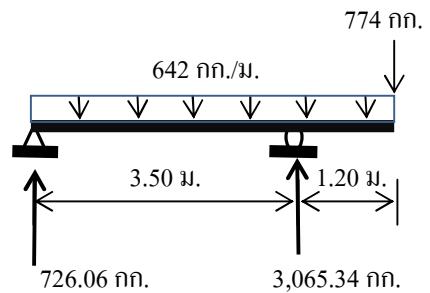
แรงเฉือน : 1,465 กก.

โมเมนต์ดัด : 1,282 กก.

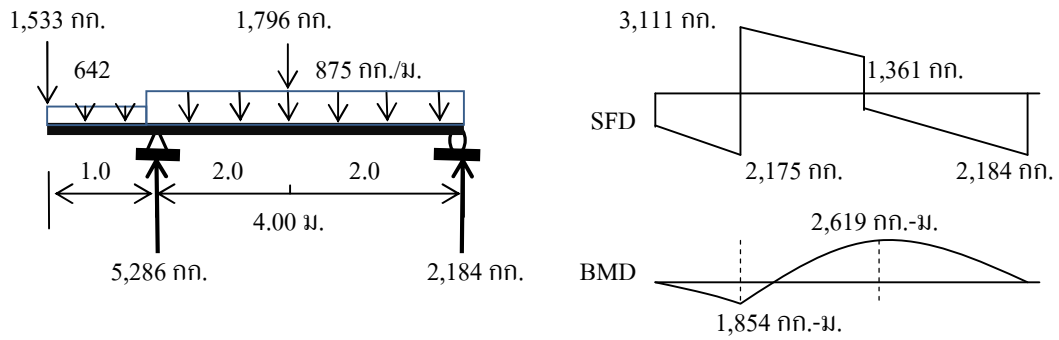
คานหมายเลข 9



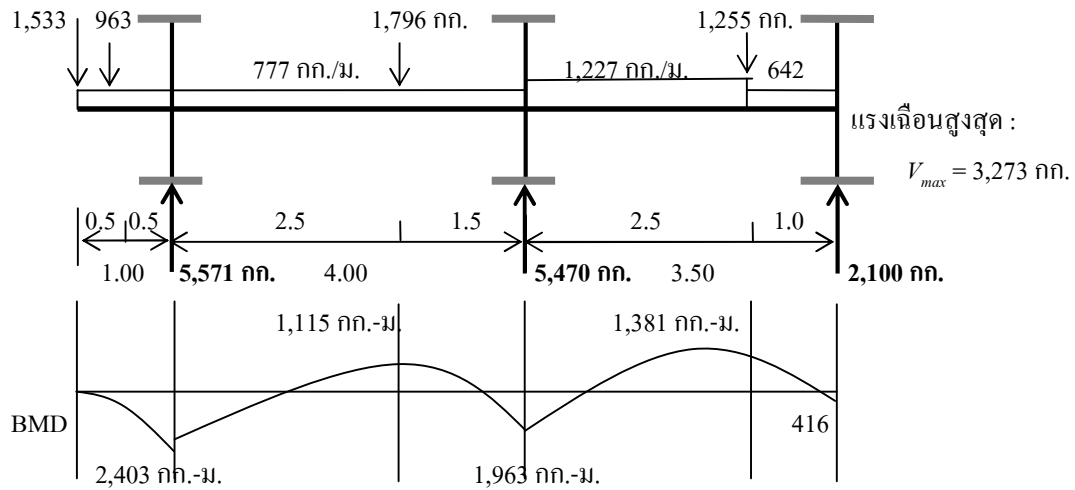
คานหมายเลข 10



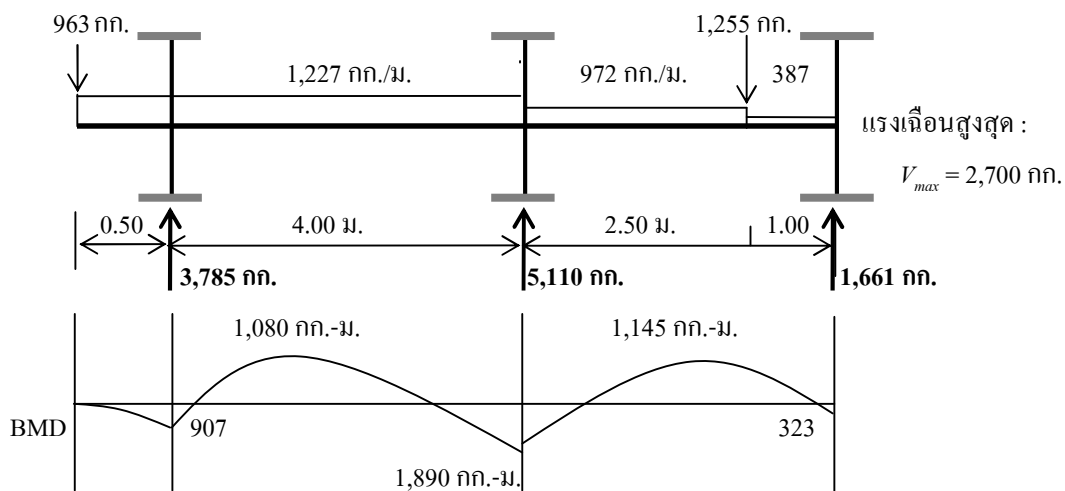
คานหมายเลข 11



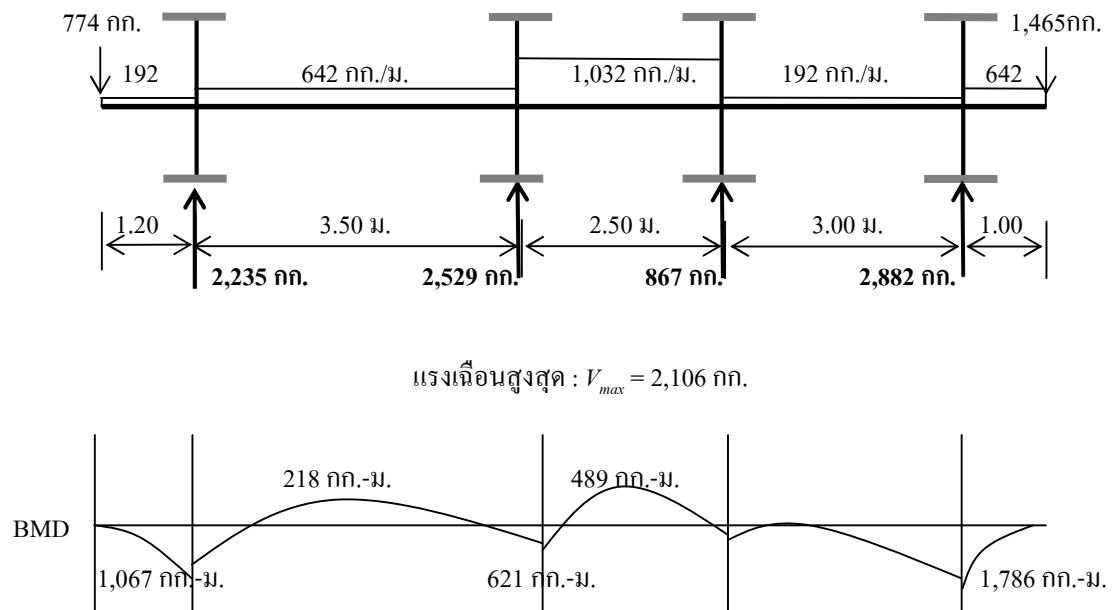
คานหมายเลข 12



คานหมายเลข 13



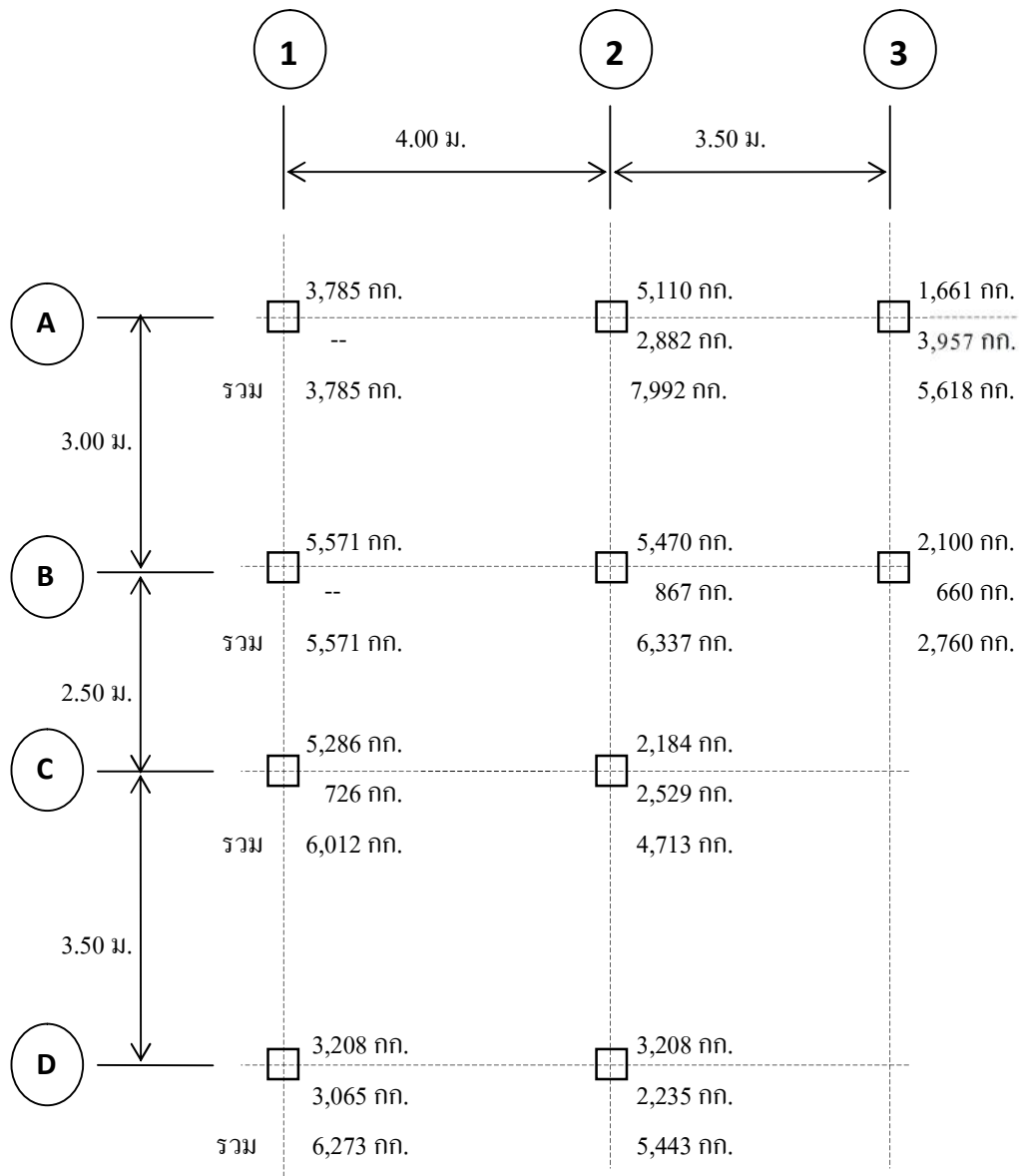
กำหนดหมายเลข 14



ข้อสังเกต

เมื่อสร้างแบบจำลองทางโครงสร้างและวิเคราะห์หาแรงภายในโครงสร้างแล้ว พบว่า คานที่มีลักษณะคล้ายกันและมีแรงภายในไม่ต่างกันมากนัก สามารถจัดรวมกลุ่มเพื่อคำนวณออกแบบในขั้นตอนต่อไปได้ (ดูรายละเอียดรายการคำนวณโครงสร้าง ข้อที่ 5)

4. รวมน้ำหนักถ่ายลงเสา (ชั้นที่ 1) โดยพิจารณาจากแรงปฏิกิริยาที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างในชั้นตอนที่ 3 และเขียนตามแนว Grid line ดังนี้



ข้อสังเกต

ส่วนของโครงสร้างรองรับน้ำหนักชั้นที่ 1 คือเสาตอม่อ แต่เสาเป็นองค์อาคารที่รับน้ำหนักบรรทุกสะสมจากชั้นอื่นๆ ด้วย ดังนั้น การคำนวณออกแบบเสาตอม่อและฐานรากต้องรวมน้ำหนักชั้น 2 และชั้นหลังคาด้วย (กรณีเป็นบ้าน 2 ชั้น)

5. รายการคำนวณโครงสร้าง

รายการคำนวณโครงสร้าง

ข้อกำหนดที่ใช้ในการออกแบบ

1. คอนกรีต : $fc' = 150 \text{ กก./ซม.}^2$

$$fc = 0.45fc' = 67.5 \text{ กก./ซม.}^2$$

2. เหล็กเสริม

เหล็กข้ออ้อย : $fy = 3,000 \text{ กก./ซม.}^2$ $fs = 1,500 \text{ กก./ซม.}^2$

เหล็กกลม : $fy = 2,400 \text{ กก./ซม.}^2$ $fs = 1,200 \text{ กก./ซม.}^2$

3. ค่าคงที่สำหรับการออกแบบ :

ค่าคงที่	n	k	j	R
เหล็กข้ออ้อย	11	0.331	0.889	9.93
เหล็กกลม	11	0.382	0.872	11.24

4. น้ำหนักบรรทุกจร (w_{LL}) :

ส่วนพักอาศัย ห้องน้ำ = 150 กก./ม.^2

หลังคา = 50 กก./ม.^2

5. แผ่นพื้นสำเร็จรูป  เป็นพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบทอเรียบ สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรได้ไม่น้อยกว่า 150 กก./ม.^2 เทคอนกรีตทับหน้าหนาไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร เสริมเหล็ก f 6 มม. @ 0.20 ม. หรือใช้ตะแกรงลวดเหล็กสำเร็จรูป (Wire mesh)



ความหนาแน่นต่ำสุดของพื้นที่ขั้วเดียว

น้ำหนักรั้วที่กระทำกับพื้น

$$w_{LL} = 150 \text{ нн./м.}^2$$

$$w_{\text{วัสดุพื้น}} = 60 \text{ กก./ม.}^2$$

น้ำหนักรวม : $w = 450 \text{ กก./ม.}^2$

โมเมนต์ที่ต้านทานโดยคอนกรีต : M_c

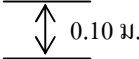
$$= 632.25 \text{ ဂဂ.-မ.} > M_{max}$$

เลือกใช้ f 9 มม. @ 0.25 ม. ($A_s = 2.54 \text{ ซม.}^2$)

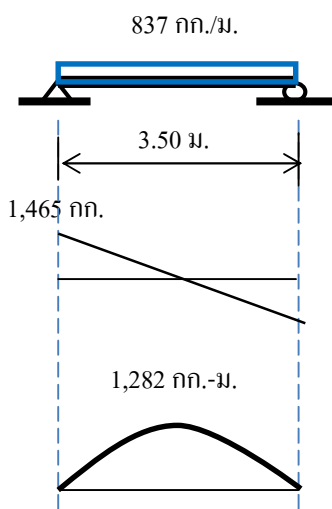
เลือกใช้ f 9 มม. @ 0.25 ม. ($A_s = 2.54 \text{ ซม.}^2$)

ตรวจสอบหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้น : v

$$v = \frac{V}{bd} = \frac{270}{(100)(7.5)} = 0.36 \text{ нн./мм.}^2 < 0.29\sqrt{fc'}$$



ออกแบบคาน B1 (ใช้สำหรับคานหมายเลข 1, 2, 4, 5, 6, 7 และ 8)



เลือกขนาดคาน : 0.15x0.35 ม.

$$Mc = Rbd^2 = 9.93(0.15)30^2 = 1,340 \text{ กก.-ม.} > M_{max}$$

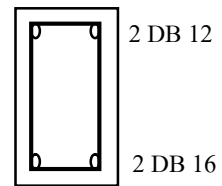
$$As = \frac{M_{max}}{fs \times j \times d} = \frac{1,340 \times 100}{1,500(0.889)30} = 3.20 \text{ ซม.}^2$$

เลือกใช้ 2 DB 16 ($As = 4.02 \text{ ซม.}^2$)

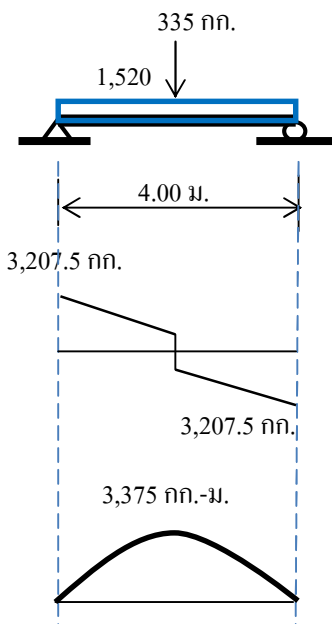
$$Vc = 0.29\sqrt{fc'bd} = 1,598 \text{ กก.} > V_{Max}$$

$$\text{เสริมเหล็กปลอกปริมาณต่ำสุด : } s = \frac{Av}{0.0015b}$$

เลือกใช้ f 6 มม. @ 0.15 ม.



ออกแบบคาน B2 (ใช้สำหรับคานหมายเลข 3)



เลือกขนาดคาน : 0.20x0.40 ม.

$$Mc = Rbd^2 = 9.93(0.20)35^2 = 2,432.85 \text{ กก.-ม.} < M_{max}$$

$$As_1 = \frac{2,432.85 \times 100}{1,500(0.889)35} = 5.21 \text{ ซม.}^2$$

$$As_2 = \frac{942.15 \times 100}{1,500(35 - 5)} = 2.09 \text{ ซม.}^2$$

$As = 7.30 \text{ ซม.}^2$ เลือกใช้ 4 DB 16 ($As = 8.04 \text{ ซม.}^2$)

$$As' = \frac{1}{2} As_2 \frac{(1-k)}{(k - \frac{d'}{d})} = 3.71 \text{ ซม.}^2$$

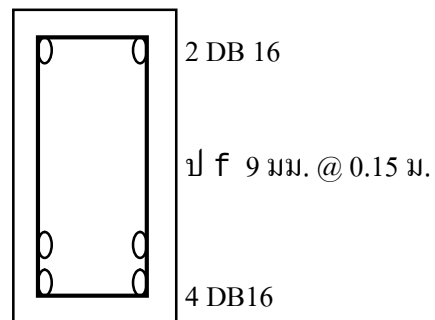
เลือก : 2 DB 16 ($As = 4.02 \text{ ซม.}^2$)

$$Vc = 0.29\sqrt{fc'bd} = 2,486 \text{ กก.} < V_{Max}$$

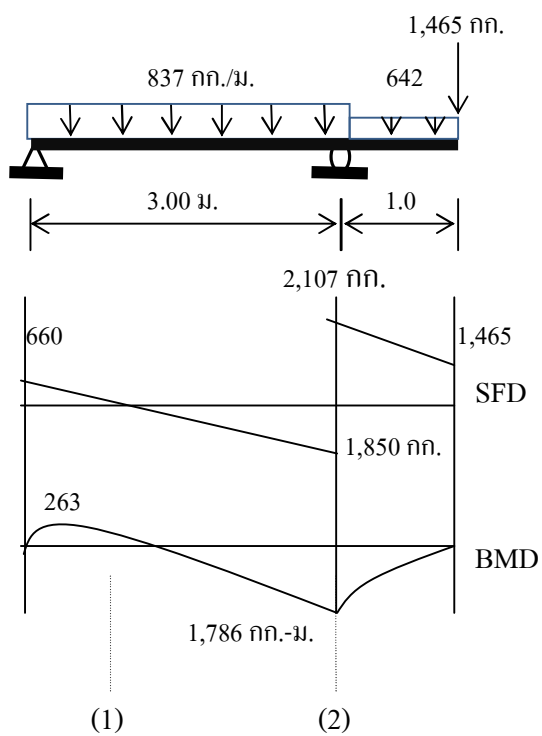
$$V' = 722 \text{ กก.}$$

$$s = \frac{Avfd}{V'} = 74 \text{ ซม.}$$

เลือกใช้ f 9 มม. @ 0.15 ม.



ออกแบบคาน B3 (ใช้สำหรับคานหมายเลข 9 และ 10)



เลือกขนาดคาน : 0.20x0.35 ม.

$$Mc = Rbd^2 = 9.93(0.20)30^2$$

$$= 1,787 \text{ กก.-ม.} > M_{max}$$

$$As = \frac{M_{max}}{f_s \times j \times d} = \frac{1,786 \times 100}{1,500(0.889)30} = 4.46 \text{ ซม.}^2$$

เลือกใช้ 2 DB 16 + DB 12

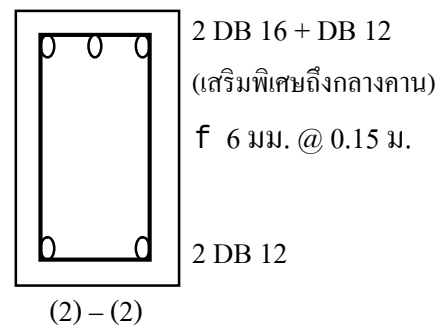
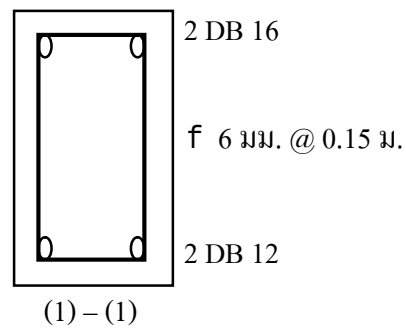
$$(As = 5.15 \text{ ซม.}^2)$$

$$Vc = 0.29\sqrt{f'_c}bd = 1,598 \text{ กก.} > V_{Max}$$

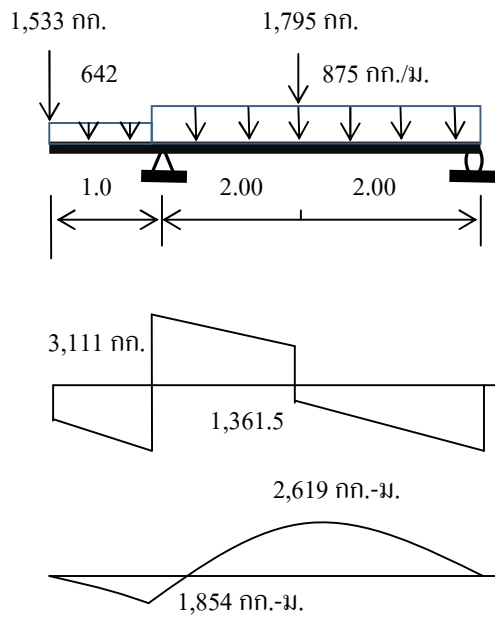
เสริมเหล็กปลอกปริมาณต่ำสุด :

$$s = \frac{Av}{0.0015b}$$

เลือกใช้ f 6 มม. @ 0.15 ม.



ออกแบบคาน B4 (ใช้สำหรับคานหมายเลข 11)



$$V_c = 0.29\sqrt{f_c'}bd = 2,486 \text{ กก.} < V_{Max}$$

$$V' = 625 \text{ กก.}$$

$$s = \frac{Avfvd}{V'} = 85.5 \text{ ซม.}$$

เลือกใช้ f 9 มม. @ 0.15 ม.

เลือกขนาดคาน : 0.20x0.40 ม.

$$Mc = Rbd^2 = 9.93(0.20)35^2 = 2,432.85 \text{ กก.-ม.} < M_{max}$$

ช่วงโมเมนต์บวก (+M)

$$As_1 = \frac{2,432.85 \times 100}{1,500(0.889)35} = 5.21 \text{ ซม.}^2$$

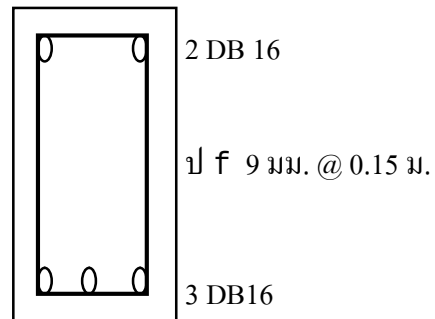
$$As_2 = \frac{186.15 \times 100}{1,500(35 - 5)} = 0.41 \text{ ซม.}^2$$

$As = 5.62 \text{ ซม.}^2$ เลือกใช้ 3 DB 16

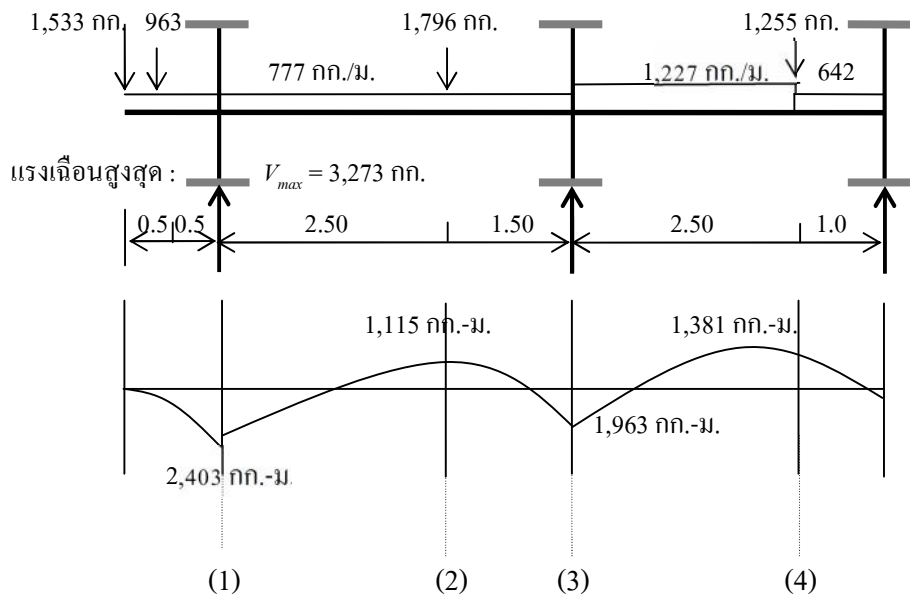
$$As' = \frac{1}{2} As_2 \frac{(1-k)}{(k - \frac{d'}{d})} = 0.72 \text{ ซม.}^2$$

ช่วงโมเมนต์ลบ (M)

$$As = \frac{M_{max}}{fs \times j \times d} = \frac{1,854 \times 100}{1,500(0.889)35} = 3.97 \text{ ซม.}^2 \text{ เลือกใช้ 2 DB 16}$$



ออกแบบคาน B5 (ใช้สำหรับคานหมายเลข 12 และ 13)



เลือกขนาดคาน : 0.20x0.40 ม.

$$Mc = Rbd^2 = 9.93(0.20)35^2 = 2,432 \text{ กก.-ม.} > M_{max}$$

ช่วงโมเมนต์บวก (+M)

$$As = \frac{1,381 \times 100}{1,500(0.889)35} = 2.33 \text{ ซม.}^2$$

เลือกใช้ 3 DB 12

ช่วงโมเมนต์ลบ (-M)

$$As = \frac{2,403 \times 100}{1,500(0.889)35} = 5.14 \text{ ซม.}^2$$

เลือกใช้ 3 DB 16

$$As = \frac{1,963 \times 100}{1,500(0.889)35} = 4.20 \text{ ซม.}^2$$

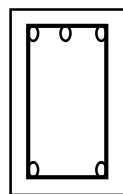
เลือกใช้ 2 DB 16 + 1 DB 12

$$Vc = 0.29\sqrt{fc'bd} = 2,486 \text{ กก.} < V_{Max}$$

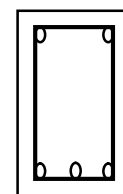
$$V' = 787 \text{ กก.}$$

$$s = \frac{Avfvd}{V'} = 67.7 \text{ ซม.}$$

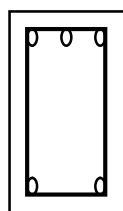
เลือกใช้ f 9 มม. @ 0.15 ม.



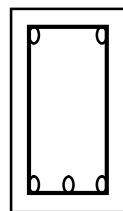
(1) - (1)



(2) - (2)

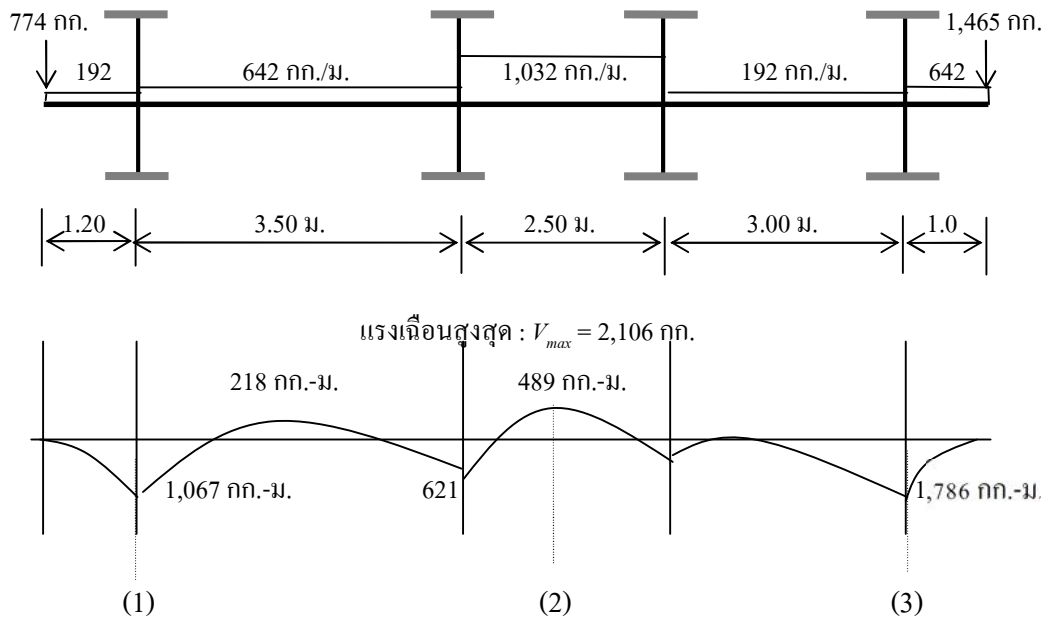


2 DB 16
+ 1 DB 12
1 f 9 มม. @ 0.15 ม.
2 DB 12
(3) - (3)



2 DB 16
3 DB 12
(4) - (4)

ออกแบบคาน B6 (ใช้สำหรับคานหมายเลข 14)



เลือกขนาดคาน : 0.20x0.35 ม.

$$Mc = Rbd^2 = 9.93(0.20)30^2 = 1,787 \text{ กก.-ม.} > M_{max}$$

ช่วงโมเมนต์บวก (+M)

$$As = \frac{489 \times 100}{1,500(0.889)30} = 1.22 \text{ ซม.}^2$$

เลือกใช้ 2 DB 12

ช่วงโมเมนต์ลบ (-M)

$$As = \frac{1,067 \times 100}{1,500(0.889)30} = 2.67 \text{ ซม.}^2$$

เลือกใช้ 3 DB 12

$$As = \frac{1,786 \times 100}{1,500(0.889)30} = 4.46 \text{ ซม.}^2$$

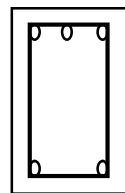
เลือกใช้ 4 DB 12

$$Vc = 0.29\sqrt{f'c}bd = 2,131 \text{ กก.} > V_{Max}$$

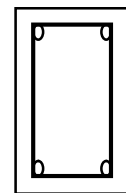
เสริมเหล็กปลอกปริมาณต่ำสุด :

$$s = \frac{Av}{0.0015b}$$

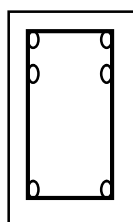
เลือกใช้ f 6 มม. @ 0.15 ม.



(1) - (1)



(2) - (2)



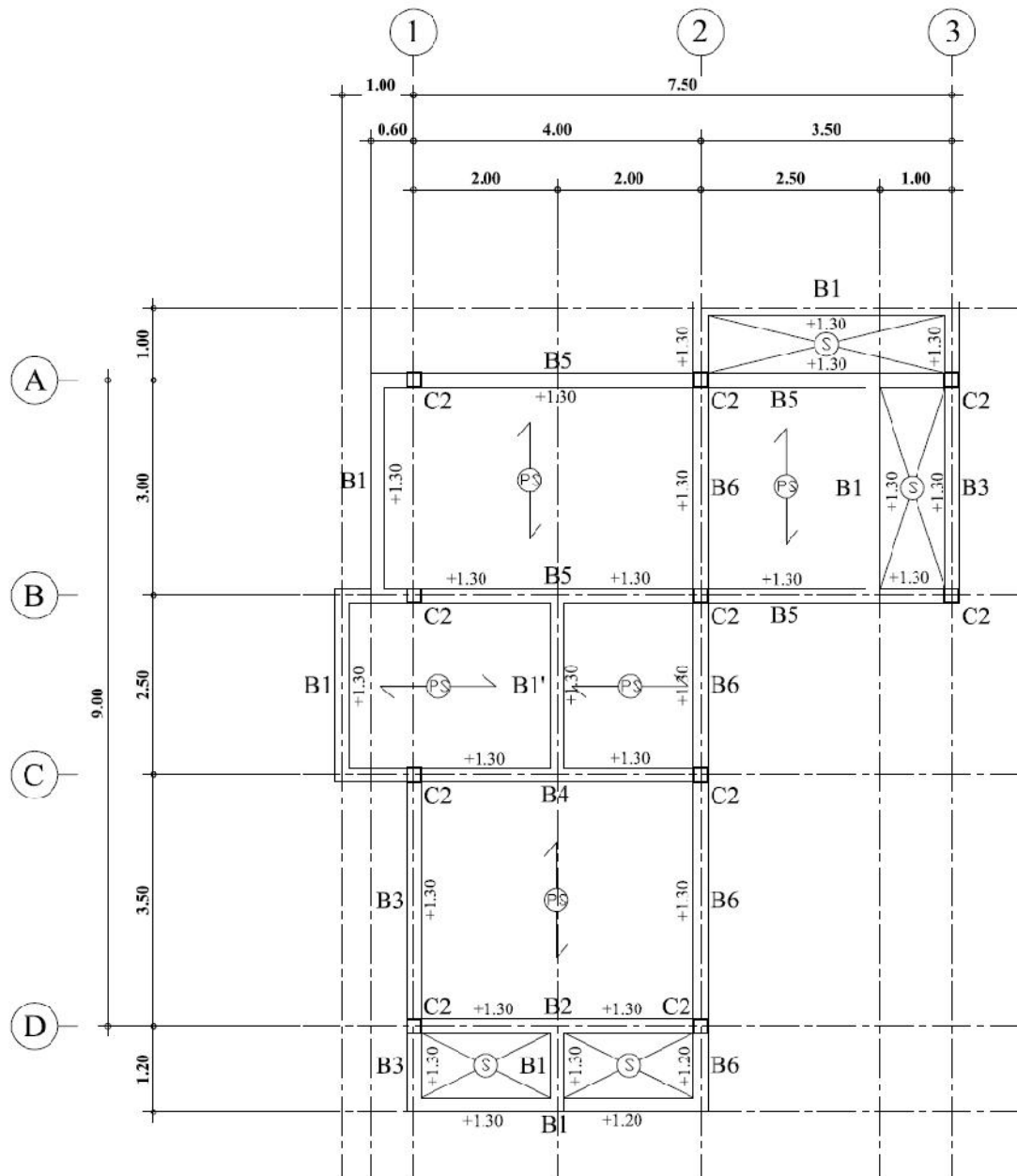
(3) - (3)

4 DB 12

ป f 6 มม. @ 0.15 ม.

2 DB 12

6. เขียนผังพื้นและคานพร้อมระบุชื่อพื้นและคานที่ออกแบบ

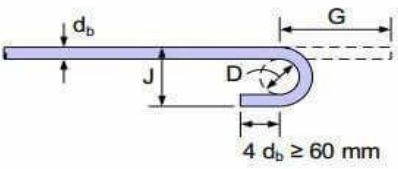
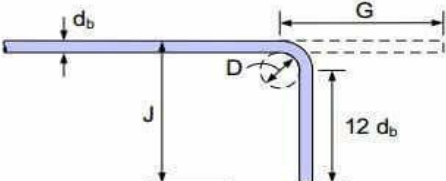


แสดงผังโครงสร้างพื้นและคานชั้นที่ 1

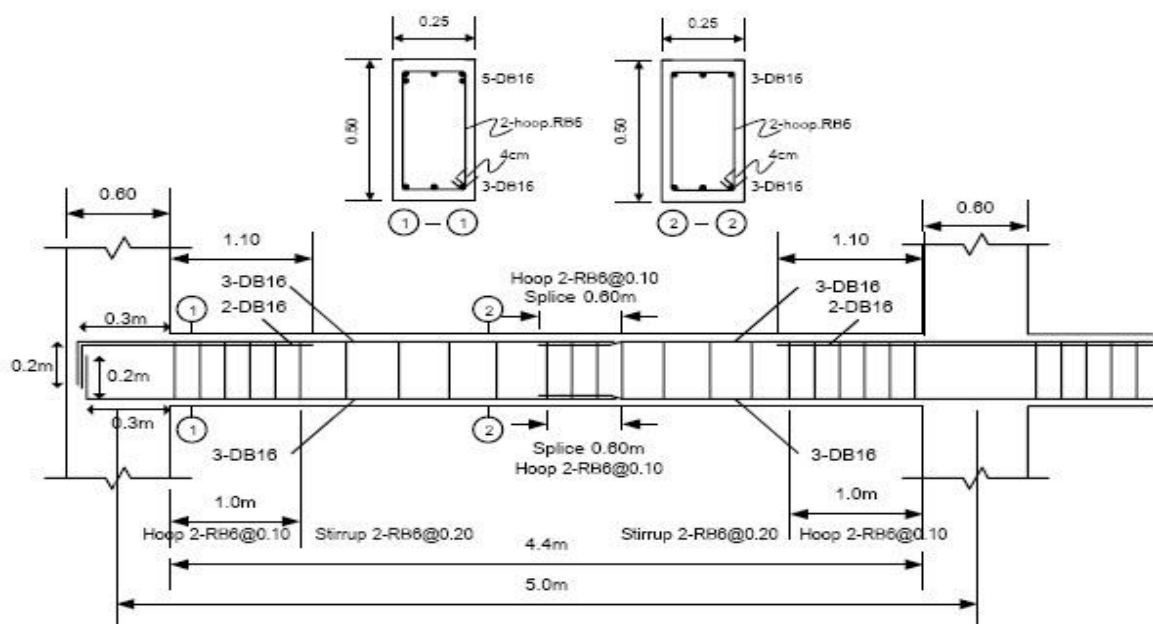
รายละเอียดเกี่ยวกับการเสริมเหล็ก

มาตรฐาน ว.ส.ท. ให้ข้อกำหนดการดัดงอเหล็กเสริม และการจัดวางเหล็กเสริม เพื่อให้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีแข็งแรงและสามารถรับแรงได้อย่างปลอดภัยภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งาน ปัจจุบันรายละเอียดเกี่ยวกับการเสริมเหล็กสามารถหาข้อมูลได้จาก Internet ดังตัวอย่าง ต่อไปนี้

การดัดงอเหล็กเสริม

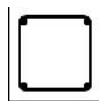
ของงอ 180° หรือครึ่งวงกลม 		ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของการดัดงอ D = 6 db สำหรับเหล็กเส้นขนาด 6 มม. – 25 มม. D = 8 db สำหรับเหล็กเส้นขนาด 28 มม. – 36 มม. D = 10 db สำหรับเหล็กเส้นขนาด 44 มม. – 57 มม.																																																																			
ของงอ 90° หรือมุมฉาก 		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ขนาดเหล็ก</th><th rowspan="2">D (มม.)</th><th colspan="2">ของงอ 180°</th><th colspan="2">ของงอ 90°</th></tr> <tr> <th>G(มม.)</th><th>J(มม.)</th><th>G(มม.)</th><th>J(มม.)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>RB9</td><td>55</td><td>110</td><td>73</td><td>120</td><td>150</td></tr> <tr><td>DB10</td><td>60</td><td>120</td><td>80</td><td>130</td><td>160</td></tr> <tr><td>DB12</td><td>75</td><td>130</td><td>99</td><td>160</td><td>200</td></tr> <tr><td>DB16</td><td>100</td><td>160</td><td>132</td><td>210</td><td>260</td></tr> <tr><td>DB20</td><td>120</td><td>190</td><td>160</td><td>260</td><td>320</td></tr> <tr><td>DB25</td><td>150</td><td>240</td><td>200</td><td>320</td><td>400</td></tr> <tr><td>DB28</td><td>225</td><td>330</td><td>281</td><td>380</td><td>550</td></tr> <tr><td>DB32</td><td>255</td><td>370</td><td>319</td><td>430</td><td>620</td></tr> <tr><td>DB36</td><td>290</td><td>420</td><td>362</td><td>480</td><td>800</td></tr> </tbody> </table>				ขนาดเหล็ก	D (มม.)	ของงอ 180°		ของงอ 90°		G(มม.)	J(มม.)	G(มม.)	J(มม.)	RB9	55	110	73	120	150	DB10	60	120	80	130	160	DB12	75	130	99	160	200	DB16	100	160	132	210	260	DB20	120	190	160	260	320	DB25	150	240	200	320	400	DB28	225	330	281	380	550	DB32	255	370	319	430	620	DB36	290	420	362	480	800
ขนาดเหล็ก	D (มม.)	ของงอ 180°		ของงอ 90°																																																																	
		G(มม.)	J(มม.)	G(มม.)	J(มม.)																																																																
RB9	55	110	73	120	150																																																																
DB10	60	120	80	130	160																																																																
DB12	75	130	99	160	200																																																																
DB16	100	160	132	210	260																																																																
DB20	120	190	160	260	320																																																																
DB25	150	240	200	320	400																																																																
DB28	225	330	281	380	550																																																																
DB32	255	370	319	430	620																																																																
DB36	290	420	362	480	800																																																																

เหล็กเสริมคาน

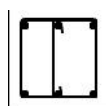
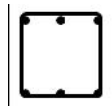


การจัดวางเหล็กเสริมเสา

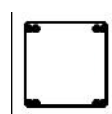
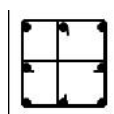
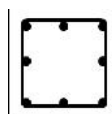
จำนวนเหล็กยื่น 4 เส้น



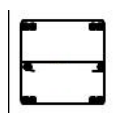
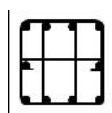
จำนวนเหล็กยื่น 6 เส้น



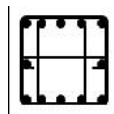
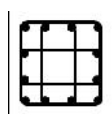
จำนวนเหล็กยื่น 8 เส้น



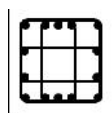
จำนวนเหล็กยื่น 10 เส้น



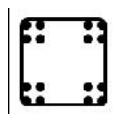
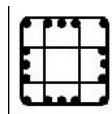
จำนวนเหล็กยื่น 12 เส้น



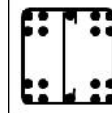
จำนวนเหล็กยื่น 14 เส้น



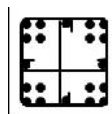
จำนวนเหล็กยื่น 16 เส้น



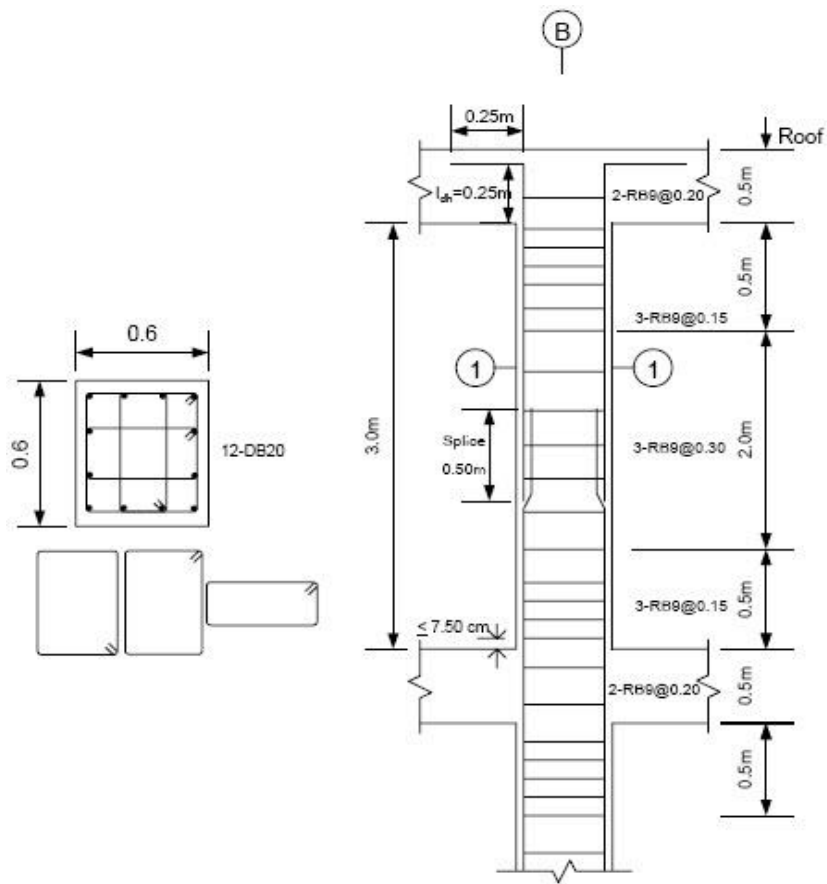
จำนวนเหล็กยื่น 18 เส้น



จำนวนเหล็กยื่น 20 เส้น



การจัดวางและต่อทาบเหล็กเสริมเสาเพื่อด้านทานแรงแผ่นดินไหว



การเสริมเหล็กฐานราก

