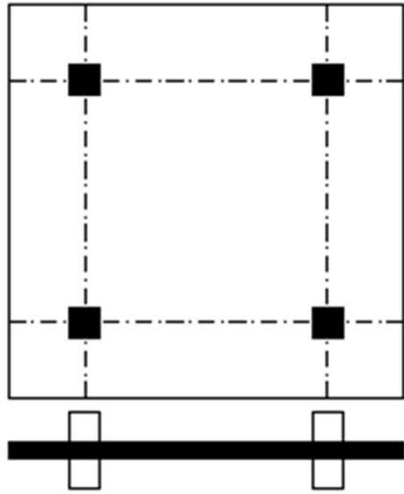




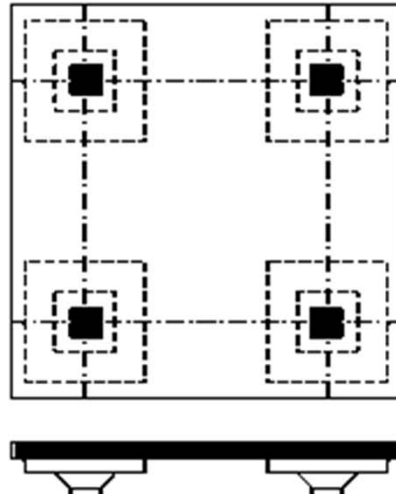
RC FLAT SLAB

Building Design

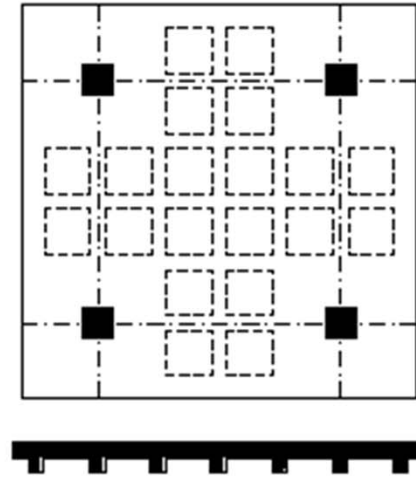
RC Flat Slab



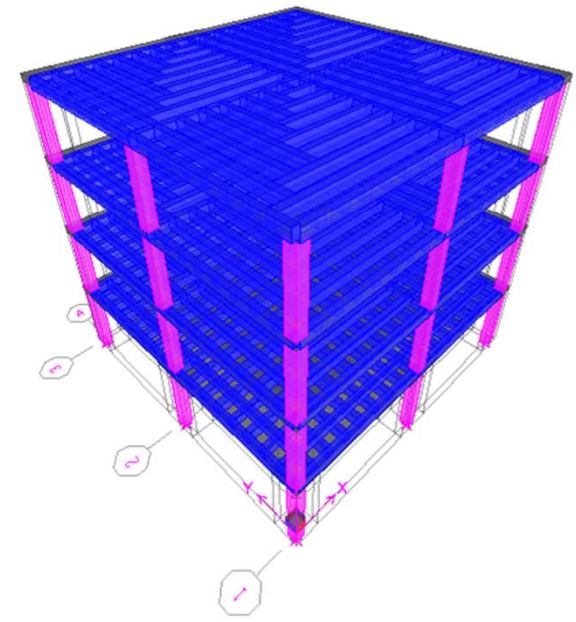
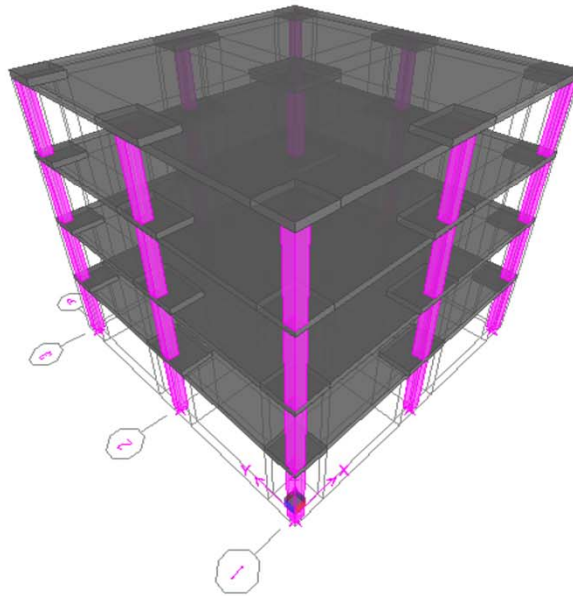
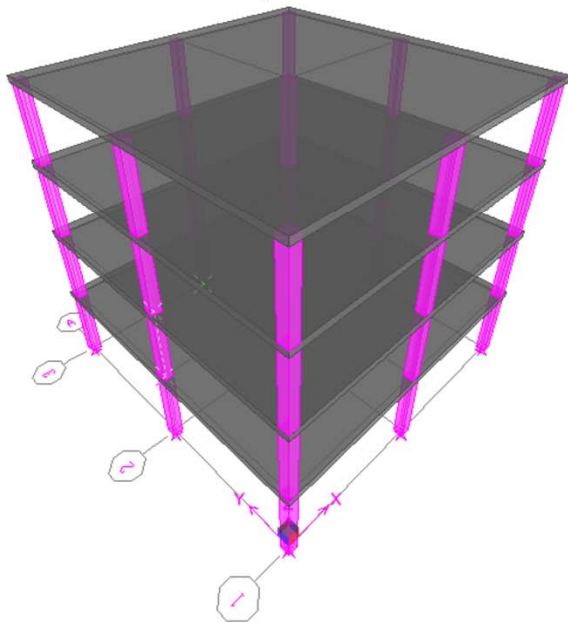
Flat plate slab



Flat slab



Grid slab



RC Flat Slab

หลังคา	50	กก. ต่อ ตารางเมตร
กันสาด หรือ หลังคาคอนกรีต	100	กก. ต่อ ตารางเมตร
ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150	กก. ต่อ ตารางเมตร
อาคารชุด หอพัก โรงแรม	200	กก. ต่อ ตารางเมตร
สำนักงาน ธนาคาร	250	กก. ต่อ ตารางเมตร
อาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน	300	กก. ต่อ ตารางเมตร
ห้องโถง บันได ทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม โรงพยาบาล สำนักงาน และธนาคาร	300	กก. ต่อ ตารางเมตร
ห้างสรรพสินค้า โรงมหรสพ หอประชุม ภัตตาคาร ที่จอดรถหรือเก็บรถยนต์นั่ง	400	กก. ต่อ ตารางเมตร
ห้องโถง บันได ทางเดินของอาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย และโรงเรียน	400	กก. ต่อ ตารางเมตร

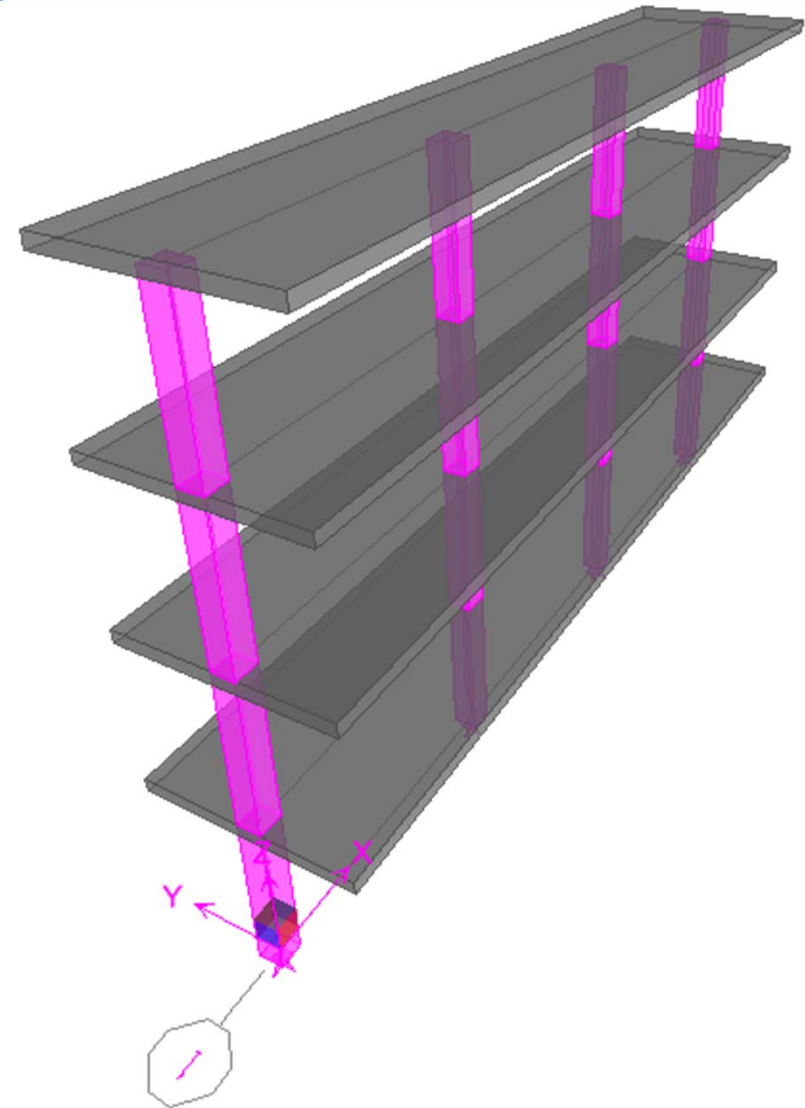
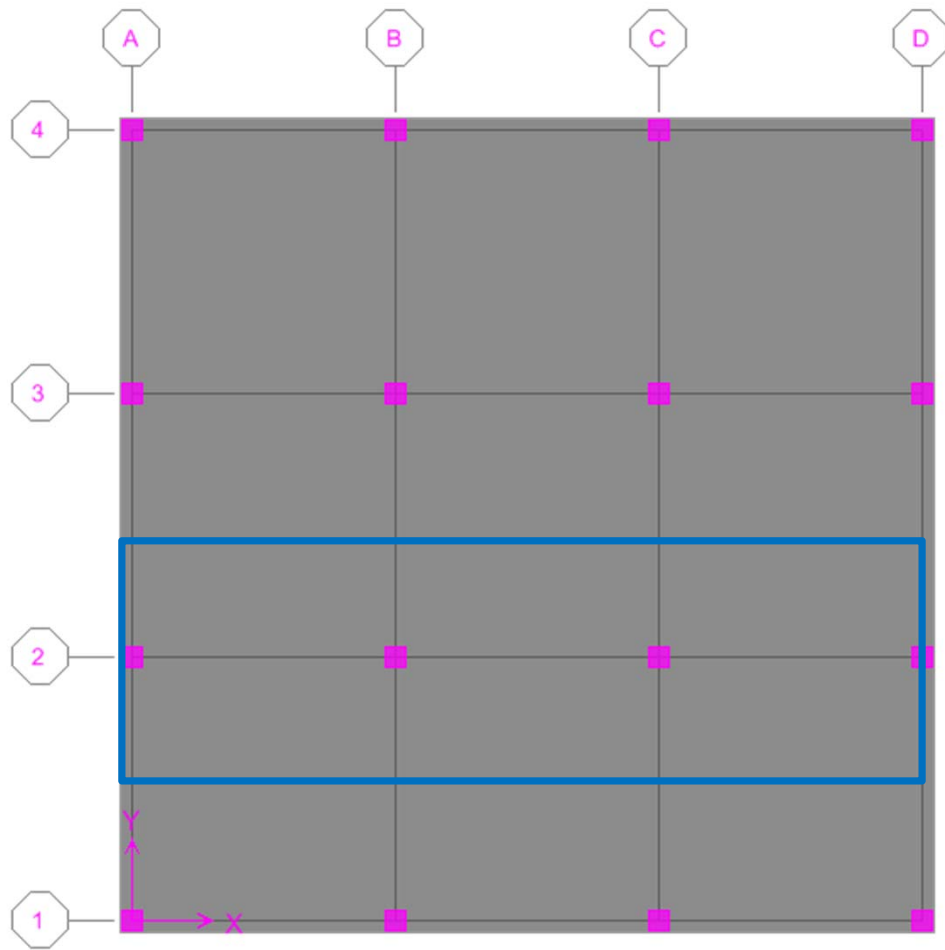
RC Flat Slab

คลังสินค้า พิพิธภัณฑ์ อัจฉรินทร์ โรงงานอุตสาหกรรม		
โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500	กก. ต่อ ตารางเมตร
ห้องโถง บ้านใต้ ทางเดินของห้างสรรพสินค้า โรงแรมหรู		
หอประชุม ภัตตาคาร และหอสมุด	500	กก. ต่อ ตารางเมตร
ห้องเก็บหนังสือของหอสมุด	600	กก. ต่อ ตารางเมตร
ที่จอดรถหรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปล่าและรถอื่น	800	กก. ต่อ ตารางเมตร

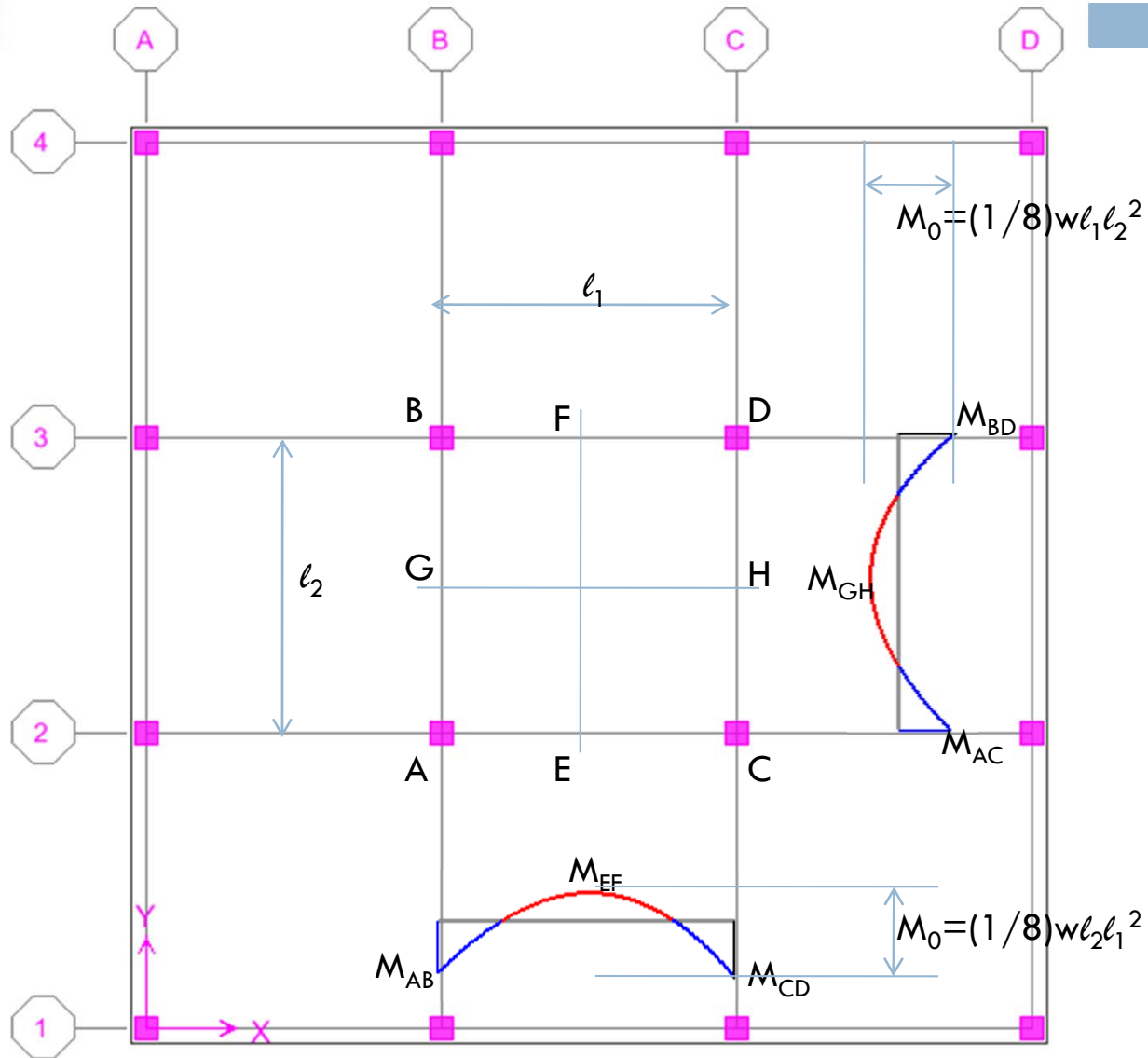
RC Flat Slab

- ACI ได้เสนอวิธีออกแบบ 2 วิธี
 - Direct Design Method, DDM วิธีการคำนวณออกแบบโดยตรง
 - Equivalent Frame Method, EFM วิธีโครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า
- การออกแบบทั้ง 2 วิธี ต้องทำการแบ่งพื้นที่ทางด้านสั้นและด้านยาวออกเป็น แถบออกแบบ(**design strip**) ที่เสมือนคานกว้าง

Design Strip



โมเมนต์ดัดประลัยแบบสถิตย์ทั้งหมดในช่วงแผ่นพื้น



โมเมนต์ดัดประลัยแบบสถิตย์ทั้งหมดในช่วงแผ่นพื้น

- พิจารณารูปถ้าพิจารณาด้านยาวเท่ากับ l_1 ด้านกว้างหรือด้านสั้นเท่ากับ l_2 ถ้าพิจารณาแผ่นพื้นตามแนวกลางจะได้แถบออกแบบ(**design strip**) ถ้าหน้าหนักรวมเท่ากับ w จะได้โมเมนต์ดัดตามแนวยาว l_1 เท่ากับ

$$\frac{1}{2}(M_{ab} + M_{cd}) + M_{ef} = \frac{1}{8}(wl_2)l_1^2 = M_0$$

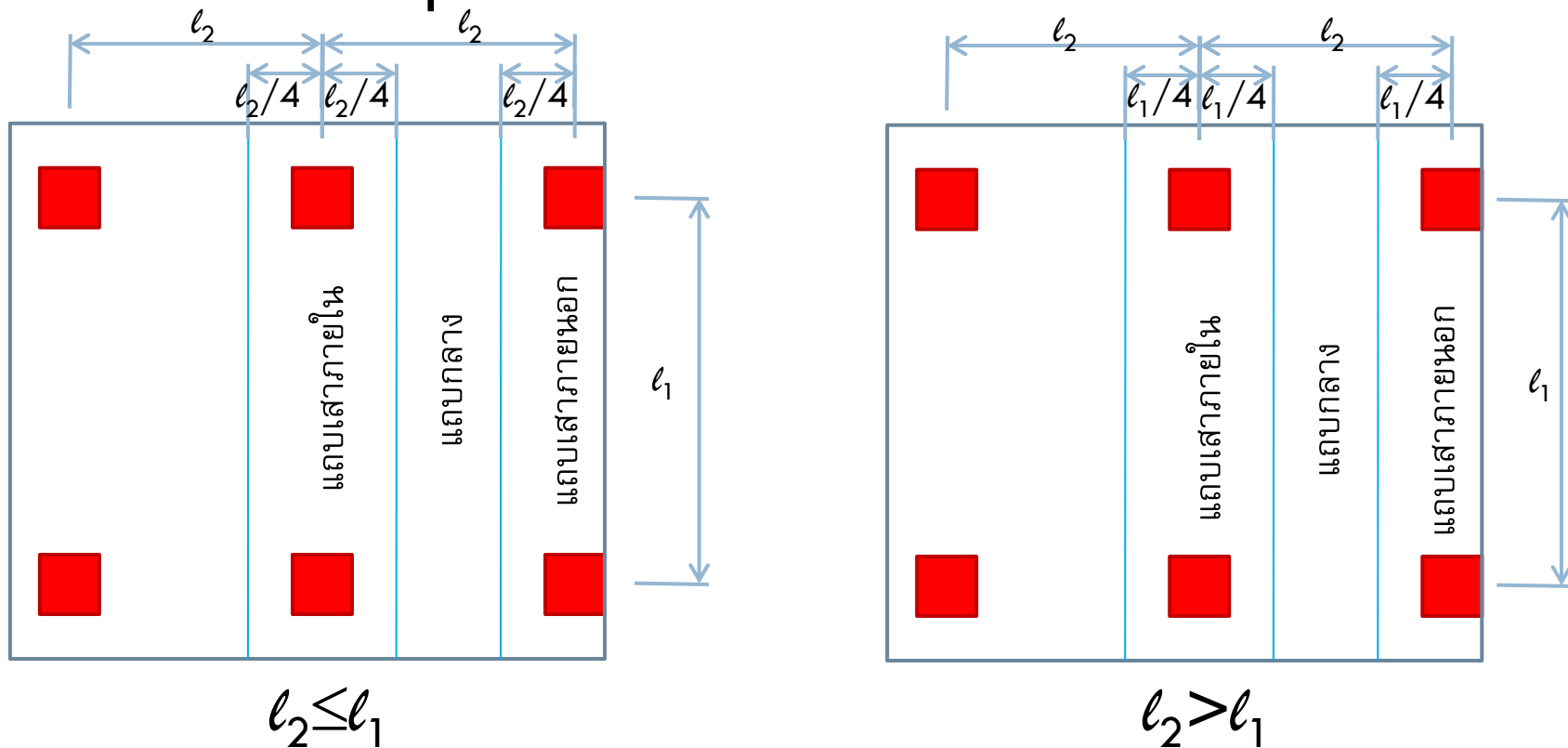
- โมเมนต์ดัดตามแนวยาว l_2 เท่ากับ

$$\frac{1}{2}(M_{ac} + M_{bd}) + M_{gh} = \frac{1}{8}(wl_1)l_2^2 = M_0$$

- M_0 โมเมนต์ดัดแบบสถิตย์ทั้งหมด (**total static moment**)
- ซึ่งต้องแบ่งเป็นโมเมนต์ลบและโมเมนต์บวกและต้องกระจายสู่แถบย่อยคือ แถบเสา(**column strips**)และแถบกกลาง(**middle strips**)

Column Strips and Middle Strips

- **Column Strips** แถบออกแบบในแต่ละข้างของศูนย์กลางเสาเท่ากับค่าน้อยของ $0.25l_1$ หรือ $0.25l_2$
- **Middle Strips** แถบออกแบบที่ขนาดแถบเสาทั้ง 2 ข้าง



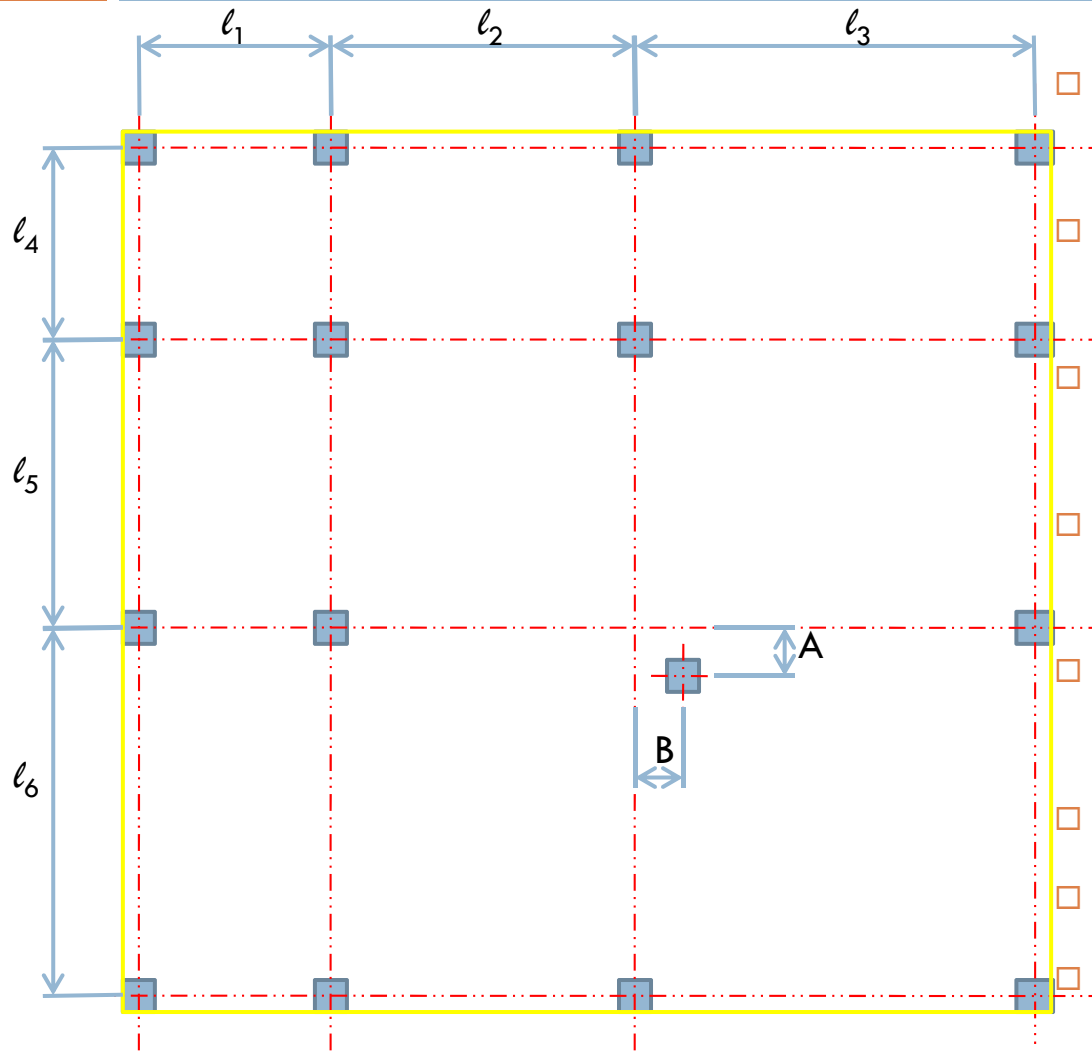
ความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้นไร้คาน

กำลังจุดคราก f_y, ksc	ไม่มีแป้นหัวเสา			มีแป้นหัวเสา		
	ช่วงพื้นภายนอก		ช่วงพื้น ภายใน	ช่วงพื้นภายนอก		ช่วงพื้น ภายใน
	ไม่มีคานขอบ	มีคานขอบ		ไม่มีคานขอบ	มีคานขอบ	
3000	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
4000	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$

Direct Design Method : DDM

- วิธีการคำนวณออกแบบแผ่นพื้นโดยตรง มีข้อจำกัดดังนี้
 - แผ่นพื้นในแต่ละทิศทางต้องมีความต่อเนื่องอย่างน้อย 3 ช่วง
 - แผ่นพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าความยาวด้านยาวไม่เกิน 2 เท่าของความยาวด้านสั้น
 - ความยาวของแผ่นที่ต่อเนื่องกันต้องต่างกันไม่เกิน $1/3$ ของช่วงที่ยาวกว่า
 - ศูนย์เสาเอียงได้ไม่เกิน 10% ของความยาวในทิศที่มีการเอียง
 - แผ่นพื้นรับน้ำหนักที่เกิดจากแรงโน้มถ่วง(**gravity load**) และลมสม่ำเสมอกระจายเต็มพื้นที่โดยที่ $LL \leq 3DL$
 - แผ่นพื้นที่มีคานรองรับต้องมีค่า $0.2 \leq \alpha_1 l_2^2 / \alpha_2 l_1^2 \leq 5.0$
 - ไม่อนุญาตให้วิเคราะห์โดย **Moment Distribution**

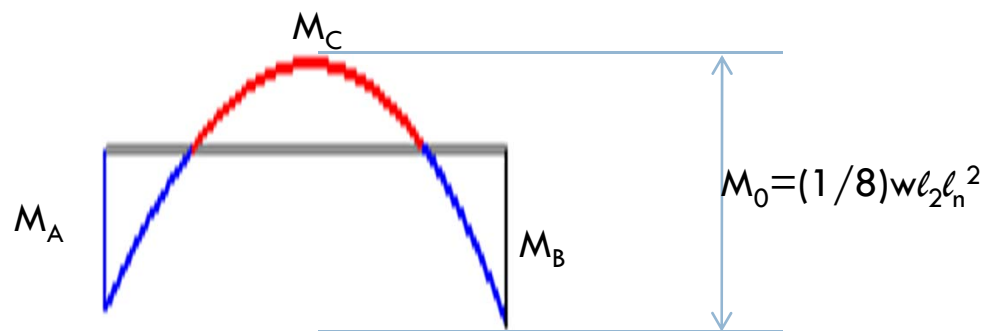
Direct Design Method : DDM



- Three continuous spans in each direction, minimum
- Rectangular panels with aspect ratio ≤ 2.0 e.g. $l_6/l_1 \leq 2.0$
- Span lengths differ by $1/3$ or less of longer span e.g. $l_5/l_6 > 0.67$
- Column offset a maximum at 10% e.g. $A \leq 0.1l_6$
- Gravity load only, uniformly distributed load, not lateral loads
- Live load ≤ 3 (dead load)
- Beam stiffness $0.2 \leq \alpha_1 l_2^2 / \alpha_2 l_1^2 \leq 5.0$
- No moment distribution

Direct Design Method : DDM

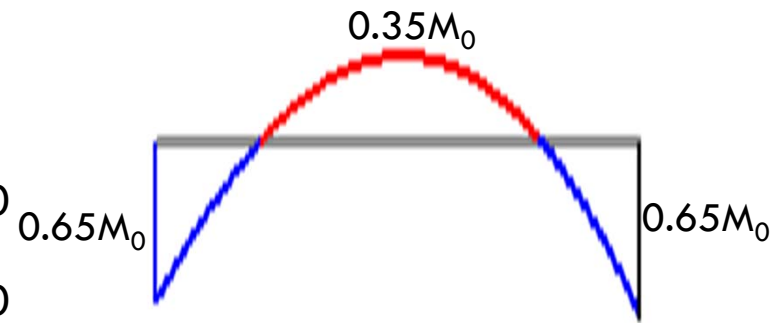
- โมเมนต์ดัดประลัยแบบสถิตย์ทั้งหมดในแถบออกแบบ



- ระยะ l_n เป็นระยะจากขอบของเสา หวมกหัวเสา เป็นหูช้าง กำแพงซึ่งต้องไม่น้อยกว่า $0.65 l_1$
- ถ้าเป็นเสากลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ c จะมีค่า $l_n = l_1 - (2/3)c$

Direct Design Method : DDM

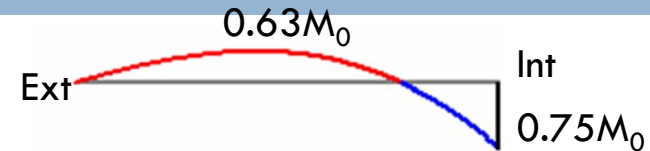
- การแบ่งโมเมนต์ดัดประลัยแบบสถิตย์ทั้งหมด
- โมเมนต์ดัดประลัย M_0 จะถูกแบ่งเป็นโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบดังนี้
- พื้นช่วงใน (Interior Spans)
 - ▣ โมเมนต์ลบที่ขอบเสา $= 0.65M_0$
 - ▣ โมเมนต์บวกระหว่างเสา $= 0.35M_0$
- พื้นช่วงนอก (Exterior or End Spans)



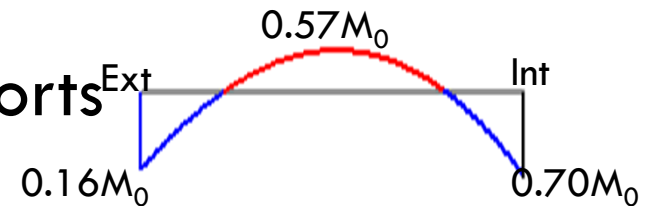
	ขอบนอกไม่มีการยึดรั้ง	มีคานรองรับทุกด้าน	ไม่มีคานขอบ	มีคานขอบ	ขอบนอกมีการยึดรั้ง
โมเมนต์ลบที่ขอบในแรก	0.75	0.70	0.60	0.70	0.65
โมเมนต์บวก	0.63	0.57	0.52	0.50	0.35
โมเมนต์ลบที่ขอบนอก	0	0.16	0.26	0.30	0.65

การแบ่งโมเมนต์ดัดประลัยแบบสถิตย์ทั้งหมด

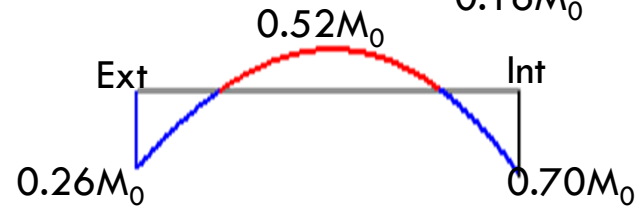
- exterior edge unrestrained



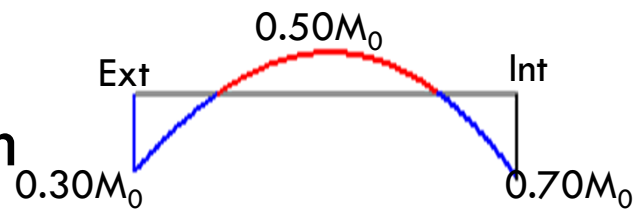
- slab with beams between all supports



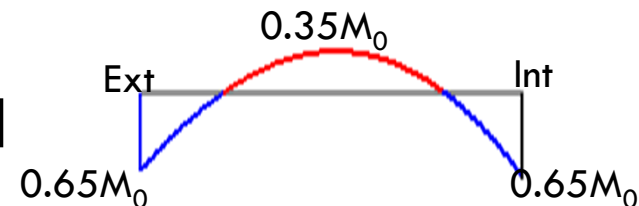
- slab with out beams



- slab with edge beam



- exterior edge fully restrained



การกระจายโมเมนต์ออกไปทางขวาง

□ ในการกระจายโมเมนต์ต้องพิจารณา

□ อัตราส่วนระหว่างด้านสั้นต่อด้านยาวของแผ่นพื้น (l_2/l_1)

□ สติฟเนสการดัดระหว่างคานต่อแผ่นพื้น ($\alpha_1 = E_{cb} I_b / E_{cs} I_s$)

□ ค่าของ $\beta_f = E_{cb} C / 2E_{cs} I_s$ เมื่อ $c = \sum \left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3}$

การกระจายโมเมนต์ออกไปทางขวาง

□ โมเมนต์ลบในแถบเสา (Column Strip Moment)

□ โมเมนต์ลบภายในช่วงพื้นภายใน (Interior Panels)

l_2/l_1	0.5	1.0	2.0
$\alpha_1(l_2/l_1)=0$	75	75	75
$\alpha_1(l_2/l_1)\geq 1.0$	90	75	45

□ โมเมนต์ลบในพื้นที่ช่วงนอก (Exterior Panels)

l_2/l_1		0.5	1.0	2.0
$\alpha_1(l_2/l_1)=0$	$\beta_f=0$	100	100	100
	$\beta_f\geq 2.5$	75	75	75
$\alpha_1(l_2/l_1)\geq 1.0$	$\beta_f=0$	100	100	100
	$\beta_f\geq 2.5$	90	75	45

การกระจายโมเมนต์ออกไปทางขวาง

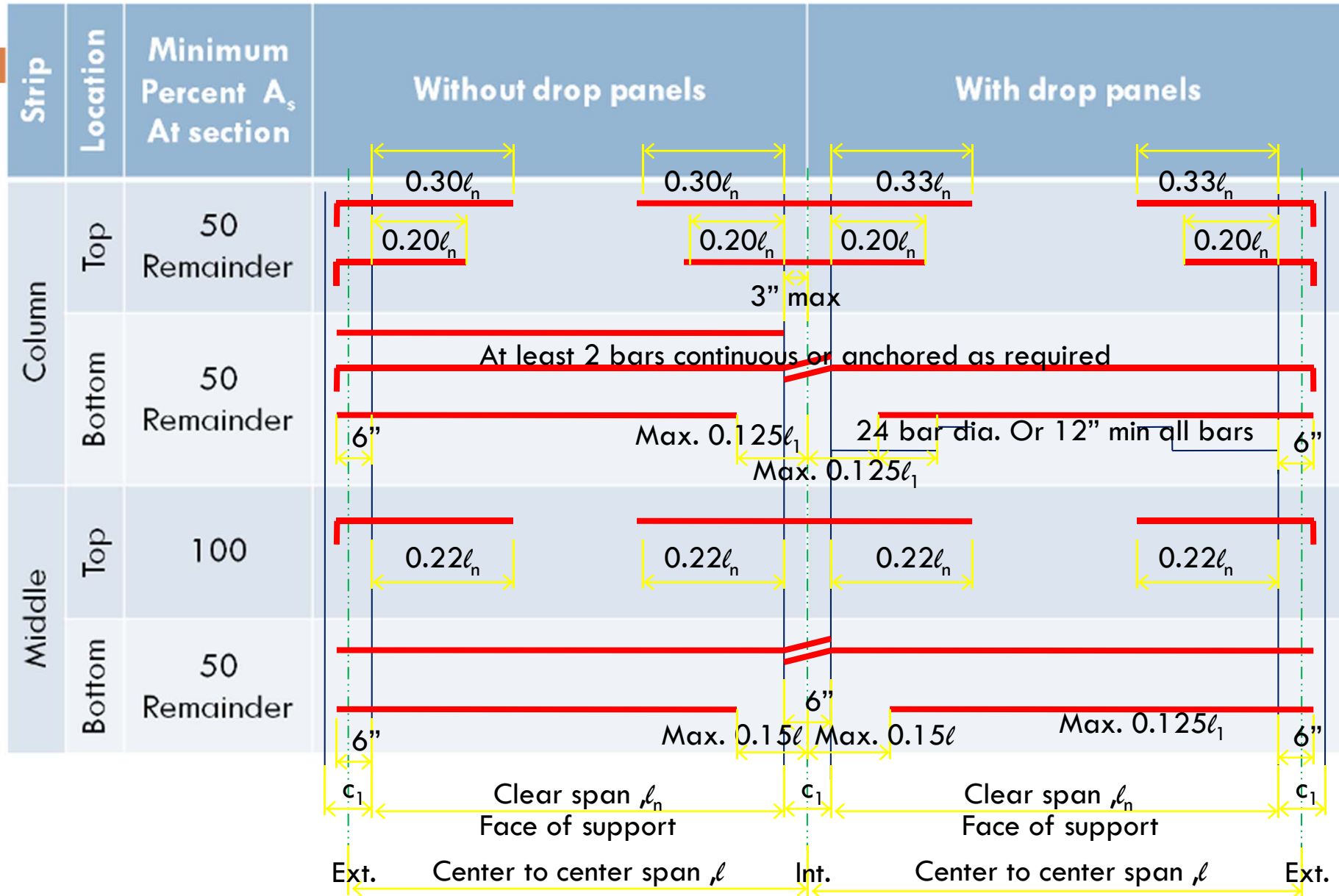
□ โมเมนต์บวกในแถบเสา

l_2/l_1	0.5	1.0	2.0
$\alpha_1(l_2/l_1)=0$	60	60	60
$\alpha_1(l_2/l_1)\geq 1.0$	90	75	45

□ โมเมนต์ลบและโมเมนต์บวกในแถบกลาง (Middle Strip Moment)

- โมเมนต์ลบและบวกที่ไม่ได้แบ่งเข้าสู่แถบเสาให้นำมาแบ่งเข้าครึ่งหนึ่งของแถบกลาง (**haft middle strips**) ของด้านที่สอดคล้องกัน
- ผลรวมของโมเมนต์ครึ่งหนึ่งจากแถบกลางทั้งสองด้าน จะเป็นโมเมนต์ที่กระทำบนแถบกลางนั้น
- แถบกลางที่รองรับโดยกำแพงจะต้องรับโมเมนต์เป็นสองเท่าของโมเมนต์ที่ได้จากครึ่งแถบกลางของด้านที่สอดคล้องกับที่รองรับภายในแรก

การเสริมเหล็กรับแรงดัดในพื้นไร้คาน



กำลังต้านทานแรงเฉือนของแผ่นพื้น

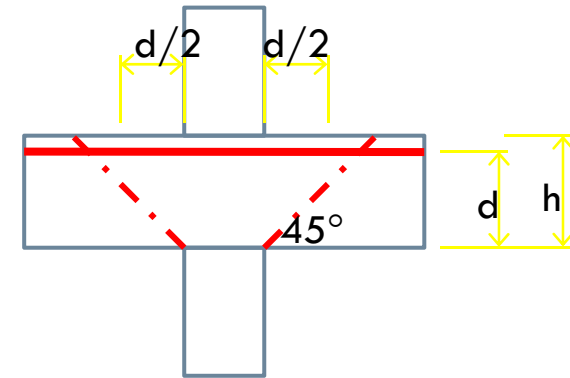
□ Punching Shear เกิดที่ระยะ $d/2$ จากขอบเสา

□ โดยที่ $V_u < \phi V_c$

□ V_c เลือกค่าน้อยสุดจาก

- $\beta_c \leq 2; V_c = 1.06 \sqrt{f'_c} b_0 d$
- $\beta_c > 2; V_c = 0.27 \left(2 + \frac{4}{\beta_c} \right) \sqrt{f'_c} b_0 d$
- $V_c = 0.27 \left(\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \sqrt{f'_c} b_0 d$

□ เมื่อ β_c คืออัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวของเสา $\alpha_s = 40, 30, 20$
สำหรับเสาตันใน เสาตันริม เสามุม



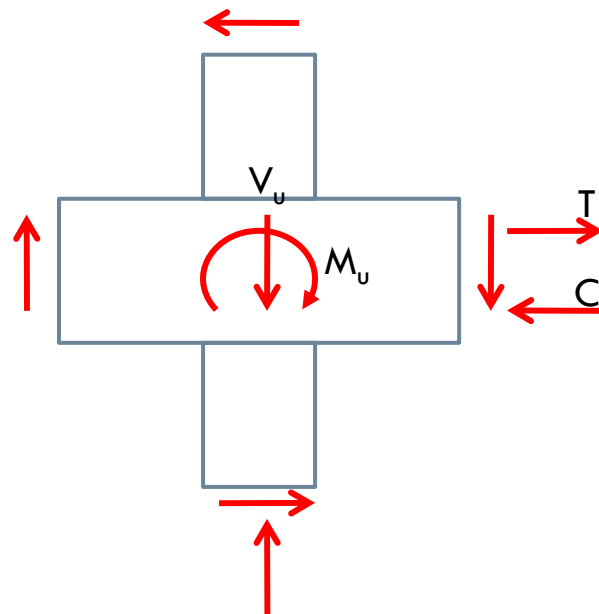
กำลังต้านทานแรงเฉือนของแผ่นพื้น

- ถ้า $V_u > \phi V_c$ ค่าแรงกำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กจาก
 - $\phi V_s = V_u - \phi V_c$ โดยที่ $V_c = 0.53\sqrt{f'_c}b_0d$ และ $V_n \leq 1.06\sqrt{f'_c}b_0d$
- ซึ่งเหล็กเสริมในพื้นจะประกอบไปด้วย
 - เหล็กปลอกเดี่ยว ซึ่งพื้นที่ต้องหนาไม่น้อยกว่า **25 cm** ค่าแรงจาก
 - $s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} \leq \frac{d}{2}$
 - เหล็กคอดำ ที่ทำมุม α ค่าแรงจาก
 - $A_v = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi f_y \sin \alpha}$



การถ่ายแรงเฉือน-โมเมนต์ที่จุดต่อระหว่างแผ่นพื้นกับเสา

- ในกรณีที่พื้นรับน้ำหนักไม่สม่ำเสมอ หรือต้องรับแรงด้านข้างจะทำให้หน่วยแรงเฉือนในหน้าตัดวิกฤตไม่สม่ำเสมอทำให้จุดต่อต่างๆต้องรับโมเมนต์ด้วย



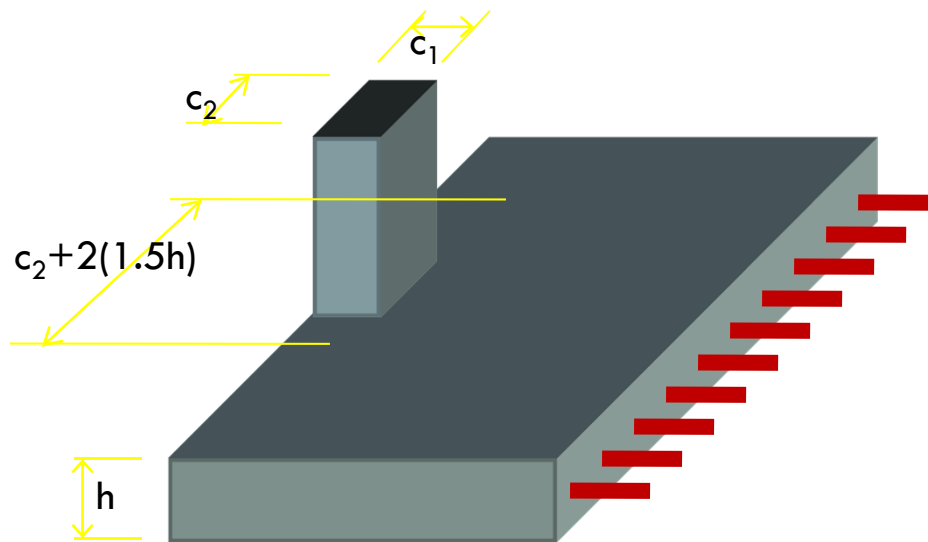
- พิจารณาจากรูป โมเมนต์ที่เกิดขึ้นทำให้หน่วยแรงเฉือนด้านขวาเพิ่มขึ้น และด้านซ้ายลดลง

การถ่ายแรงเฉือน-โมเมนต์ที่จุดต่อระหว่างแผ่นพื้นกับเสา

- **ACI** ได้กำหนดส่วนของโมเมนต์ดัดที่ไม่สมดุล เท่ากับ $\gamma_f M_u$ ให้ส่งถ่าย โดยการดัด ส่วนที่เหลือเท่ากับ $\gamma_v M_u$ ให้ส่งถ่ายโดยการเฉือน โดยพิจารณา
 - $M_{ub} = \gamma_f M_u$ และ $M_{uv} = \gamma_v M_u$
 - โดยที่ $\gamma_f = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{b_1/b_2}}$; $\gamma_v = 1 - \gamma_f$
 - เมื่อ $b_2 = c_2 + d$ เป็นความกว้างหน้าตัดวิกฤตด้านที่รับโมเมนต์ดัด
 - $b_1 = c_1 + d$ สำหรับเสาภายใน และ $b_1 = c_1 + d/2$ สำหรับเสาภายนอก
 - สำหรับเสามุม $b_1 = c_1 + d/2$ และ $b_2 = c_2 + d/2$

การถ่ายแรงเฉือน-โมเมนต์ที่จุดต่อระหว่างแผ่นพื้นกับเสา

- การถ่ายโมเมนต์ดัด (M_{ub}) กระทำผ่านความกว้างของแผ่นพื้นซึ่งเป็นความกว้างของหน้าเสาพร้อมกับระยะยื่นอีก 1.5 เท่าของความหนา (h) ซึ่งจะได้ความกว้างประสิทธิผลเท่ากับ $C_2 + 2(1.5h)$ ซึ่งต้องเรียงเหล็กเสริมที่รับโมเมนต์ M_{ub} ให้อยู่ในความกว้างนี้



การถ่ายแรงเฉือน-โมเมนต์ที่จุดต่อระหว่างแผ่นพื้นกับเสา

- การกระจายของหน่วยแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤติซึ่งเกิดจาก V_u และ M_{uv} ซึ่งสามารถหาหน่วยแรงเฉือนได้จาก

- **R** ; $V_{u(AB)} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{M_{uv} c_{AB}}{J_c}$

- **L** ; $V_{u(CD)} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{M_{uv} c_{CD}}{J_c}$

- เมื่อ $A_c = 2[(c_1 + d) + (c_2 + d)]d$ สำหรับเสาภายใน

- $= 2[(c_1 + d/2) + (c_2 + d)]d$ สำหรับเสาต้นริม

- c_{AB} และ c_{CD} ระยะศูนย์กลางของหน้าตัดวิกฤติไปยังด้านซ้ายและด้านขวา

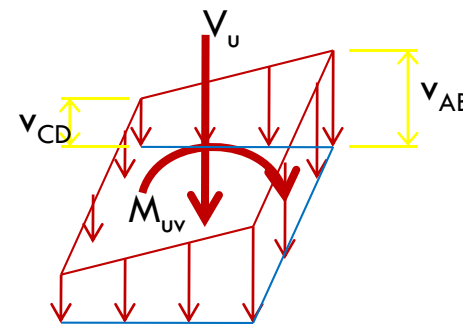
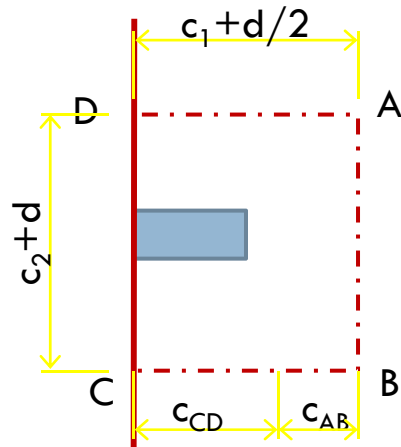
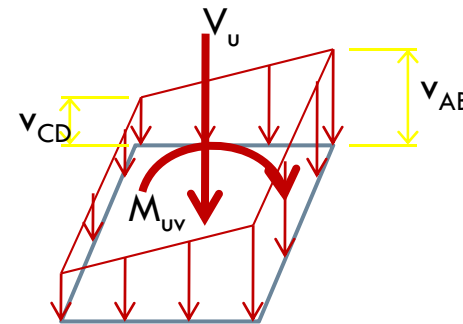
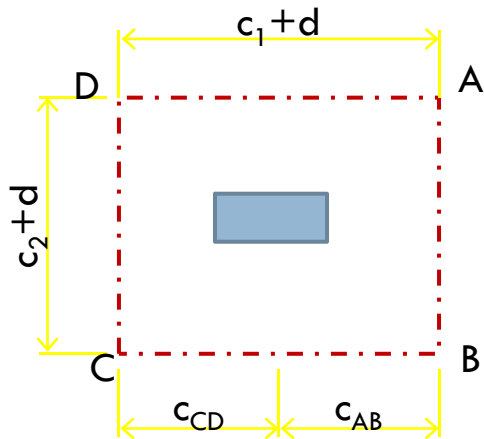
- $J_c = \text{Polar moment inertia}$

- $= \frac{2d(c_1 + d)^3}{12} + \frac{2(c_1 + d)d^3}{12} + 2d(c_2 + d) \left(\frac{c_1 + d}{2} \right)^2$ สำหรับเสาภายใน

- $= \frac{2(c_1 + d/2)d^3}{12} + \frac{2d}{3}(c_{AB}^3 + c_{CD}^3) + d(c_2 + d)(c_{AB})^2$ สำหรับเสาต้นริม

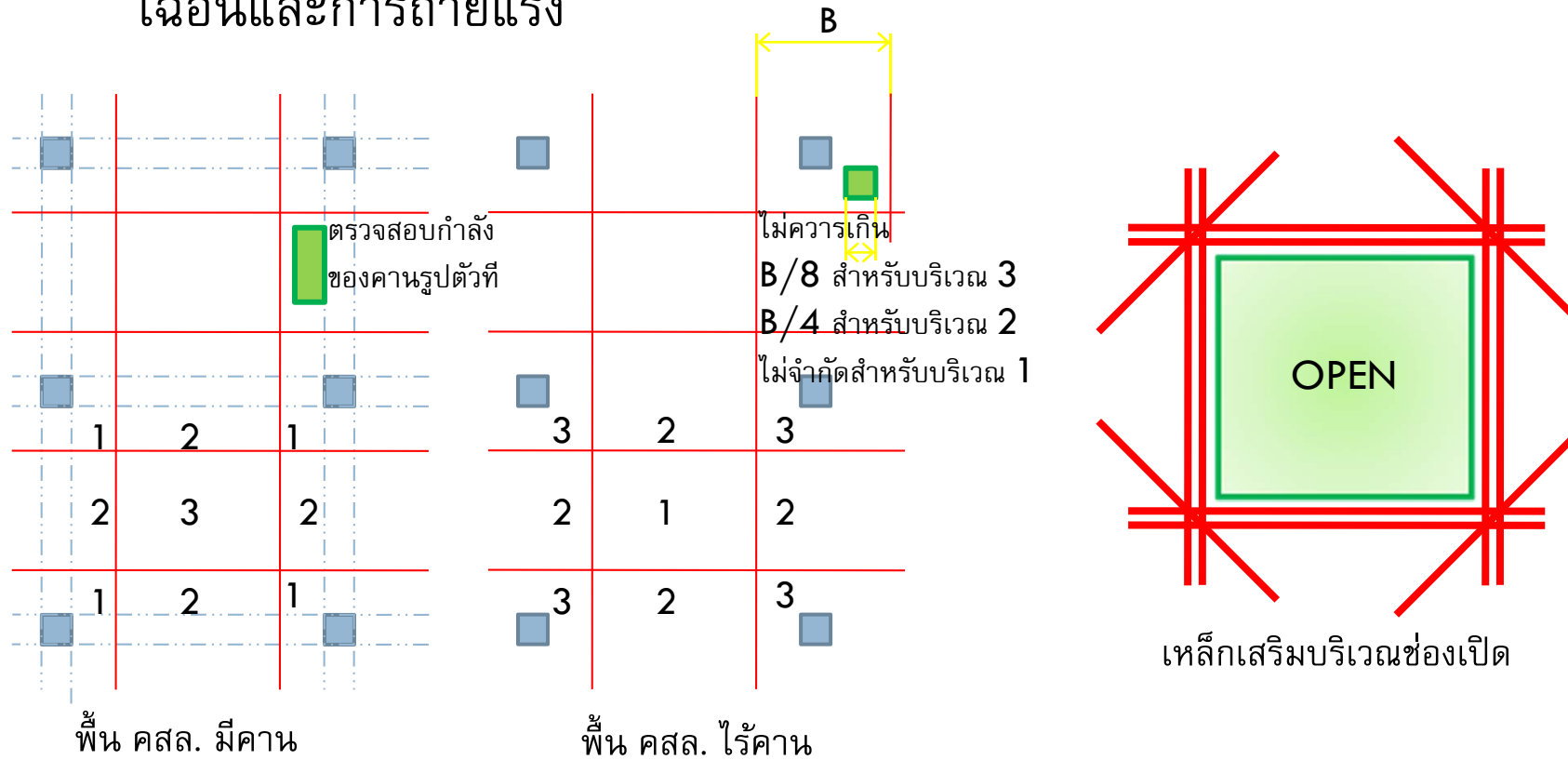
การถ่ายแรงเฉือน-โมเมนต์ที่จุดต่อระหว่างแผ่นพื้นกับเสา

- ซึ่งค่า $v_u < \phi v_n = (\phi V_c + V_s) / (b_0 d)$



ช่องเปิดในแผ่นพื้น

- ปกติควรหลีกเลี่ยงช่องเปิดในบริเวณเสาเพราะส่งผลกระทบต่อกำลังรับแรงเฉือนและการถ่ายแรง

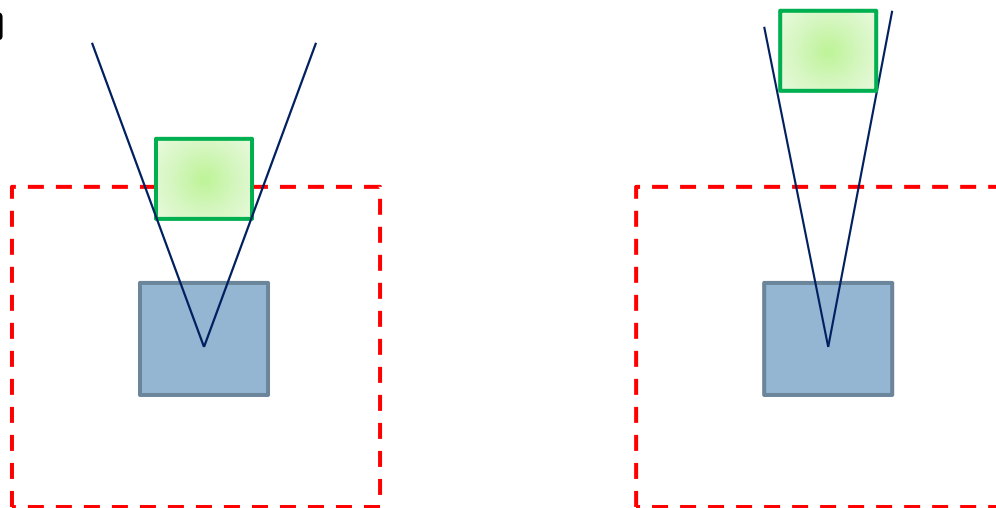


ช่องเปิดในแผ่นพื้น

- ACI ได้ให้ข้อพิจารณาในการทำช่องเปิดซึ่งไม่ส่งผลต่อกำลังของแผ่นพื้น ดังนี้
 - ช่องเปิดอยู่ในแถบกลางสองแถบที่ตัดกันยังคงใช้ปริมาณเหล็กเท่ากับในกรณีไม่มีช่องเปิด
 - ช่องเปิดแถบเสาสองแถบที่ตัดกันความกว้างช่องเปิดไม่เกิน $1/8$ ของความกว้างแถบเสาและยังคงใช้ปริมาณเหล็กเท่ากับในกรณีไม่มีช่องเปิด
 - ช่องเปิดที่อยู่ตัดกันระหว่างแถบกลางและแถบเสาความกว้างช่องเปิดไม่เกิน $1/4$ ของความกว้างแถบเสาและยังคงใช้ปริมาณเหล็กเท่ากับในกรณีไม่มีช่องเปิด

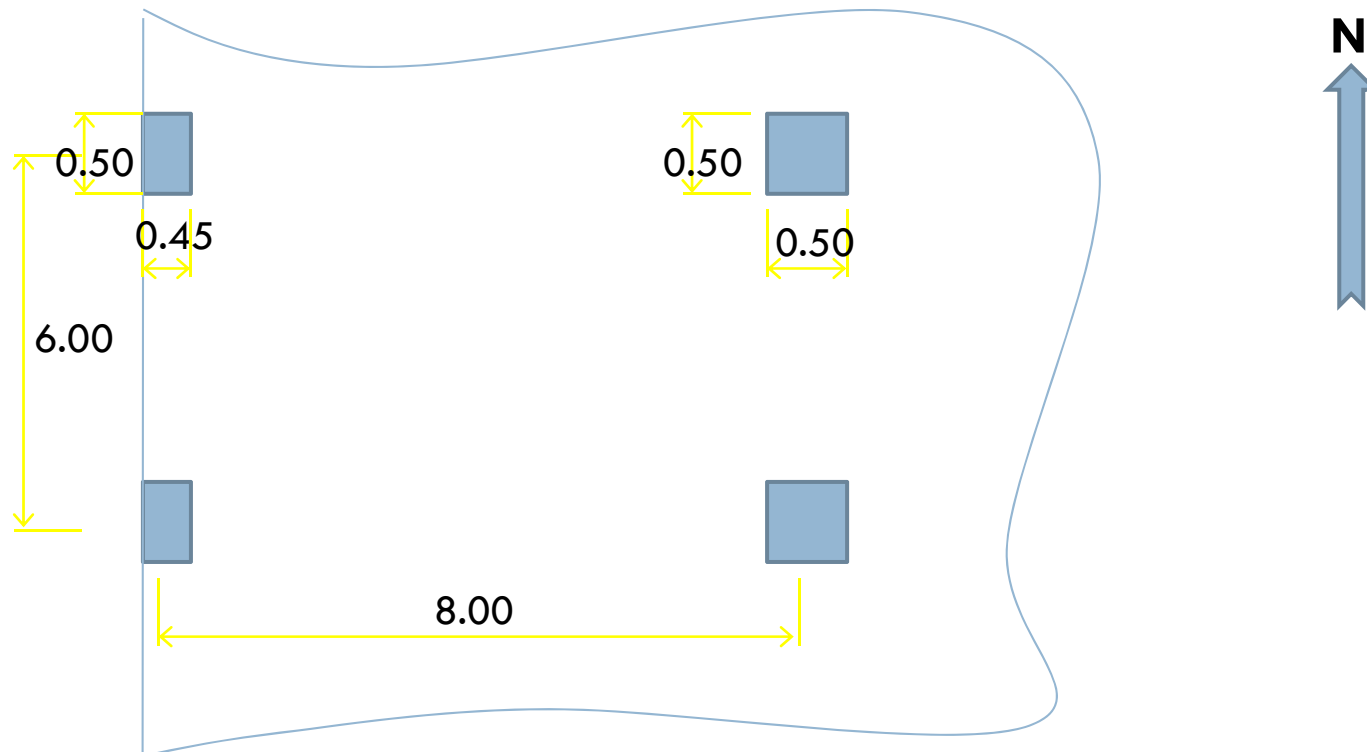
ช่องเปิดในแผ่นพื้น

- **ACI** ให้ข้อพิจารณาช่องเปิดที่มีผลกระทบต่อแรงเฉือนดังนี้
 - เมื่อแผ่นพื้นไม่มีเหล็กหมวกหัวเสารับแรงเฉือนส่วนของเส้นรอบรูปหน้าตัดวิกฤตที่ได้จากศูนย์กลางเสาไปถึงขอบช่องเปิดให้ถือว่ารับแรงเฉือนไม่ได้
 - เมื่อแผ่นพื้นมีเหล็กหมวกหัวเสารับแรงเฉือนส่วนของเส้นรอบรูปหน้าตัดวิกฤตที่ได้จากศูนย์กลางเสาไปถึงขอบช่องเปิดให้ถือว่ารับแรงเฉือนไม่ได้ให้ถือว่ามีค่าครึ่งหนึ่ง



Example

- ออกแบบพื้นไร้คานโดยวิธี **DDM** ดังรูป โดยพื้นที่รับ **LL=200 ksm**
;SDL=50 ksm
- กำหนด $f'_c=250 \text{ ksc}$ ' $f_y=4000 \text{ ksc}$



Example

- ตรวจสอบว่าสามารถออกแบบโดยวิธี **DDM** ได้หรือไม่
 - อัตราส่วนระหว่างด้านยาวต่อด้านสั้นเท่ากับ $8/6=1.22$ OK.
 - สมมติพื้นหนา 25 cm ได้ $w_d=(0.25\times 2400)+50=650\text{ ksm}$
 - $w_l = 200\text{ ksm} < 3w_d$ OK.
- หาคความหนาต่ำสุด
 - E-W : $\ell_{n1} = 8.0 - (0.45/2) - (0.50/2) = 7.525\text{ m}$
 - N-S : $\ell_{n2} = 6.0 - (0.50/2) - (0.50/2) = 5.50\text{ m}$
 - $h = \ell_n/30 = 0.251\text{ m} \therefore \text{USE } h=27\text{ cm} ; d=25\text{ cm}$

Example

- Ultimate load

- $w_u = 1.4((0.28 \times 2400) + 50) + 1.7(200) = 1351 \text{ ksm}$

- Check Punching Shear

- **Interior Column**

- $b_0 = 75 \times 4 = 300 \text{ cm}$

- $V_u = 1351[(8 \times 6) - (0.75 \times 0.75)] = 64090 \text{ kg}$

- อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นของเสา $\beta_c = 50/50 = 1.0$

- $\beta_c \leq 2 ; V_c = 1.06 \sqrt{f'_c} b_0 d = 125700 \text{ kg}$

- $\alpha_s = 40 ; V_c = 0.27 \left(\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \sqrt{f'_c} b_0 d = 170763 \text{ kg}$

- $\phi V_c = 0.85(125700) = 106850 > V_u \text{ OK.}$

Example

□ Check Punching Shear

□ Exterior column

$$□ b_0 = 2(57.5) + 75 = 190 \text{ cm}$$

$$□ V_u = 1351 [(6 \times 4.225) - (0.575 \times 0.75)] = 33670 \text{ kg}$$

$$□ \text{อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นของเสา } \beta_c = 50/45 = 1.11$$

$$□ \beta_c \leq 2 ; V_c = 1.06 \sqrt{f'_c} b_0 d = 79610 \text{ kg}$$

$$□ \alpha_s = 30 ; V_c = 0.27 \left(\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \sqrt{f'_c} b_0 d = 120600 \text{ kg}$$

$$□ \phi V_c = 0.85(79610) = 67670 > V_u \text{ OK.}$$

Example

- total static moment

- E-W : $l_{n1} = 7.525 \text{ m} > 0.65 l_1$

- $M_0 = w_u l_2 l_{n1}^2 / 8 = 57376 \text{ kg-m}$

- N-S : $l_{n2} = 5.50 \text{ m} > 0.65 l_2$

- แถบภายใน $M_0 = w_u l_1 l_{n2}^2 / 8 = 40868 \text{ kg-m}$

- แถบภายใน $M_0 = w_u l_1' l_{n2}^2 / 8 = 21583 \text{ kg-m}$

Example

□ Positive & Negative Moment

□ E-W

□ โมเมนต์ที่ขอบเสาตื้นริม $M_u^- = 0.26M_0 = 14918 \text{ kg-m}$

□ โมเมนต์ที่กลางช่วง $M_u^+ = 0.52M_0 = 29835 \text{ kg-m}$

□ โมเมนต์ที่ขอบเสาตื้นใน $M_u^- = 0.70M_0 = 40163 \text{ kg-m}$

□ N-S

Moment	Interior Strip $M_0 = 40868 \text{ kg-m}$	Edge Strip $M_0 = 21583 \text{ kg-m}$
ขอบเสา ; $M_u^- = 0.65M_0$	26564 kg-m	14030 kg-m
กลางช่วง ; $M_u^+ = 0.35M_0$	14304 kg-m	7554 kg-m

Example

□ กระจายโมเมนต์ลบและโมเมนต์บวกสู่แถบเสาและแถบกลาง

□ ไม่มีคานขบรองรับ ฉะนั้น $I_b = 0$ นั่นคือ $\alpha = 0$

□ $\beta_t = \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s}$ โดยที่ $C = \left(1 - 0.63\frac{x}{y}\right)\frac{x^3y}{3}$

□ **E-W**

■ $I_s = \frac{600 \times 28^3}{12} = 1097600 \text{ cm}^4$

■ $C = \left(1 - 0.63\frac{28}{50}\right)\left(\frac{28^3 \times 50}{3}\right) = 236790 \text{ cm}^4$

■ $\beta_t = 0.11$

□ **N-S**

■ $I_s = \frac{800 \times 28^3}{12} = 1463470 \text{ cm}^4$

■ $C = \left(1 - 0.63\frac{28}{45}\right)\left(\frac{28^3 \times 45}{3}\right) = 200200 \text{ cm}^4$

■ $\beta_t = 0.07$

□ เห็นได้ว่าค่า β_t มีค่าน้อยมากจึงพิจารณาให้เท่ากับ ศูนย์

Example

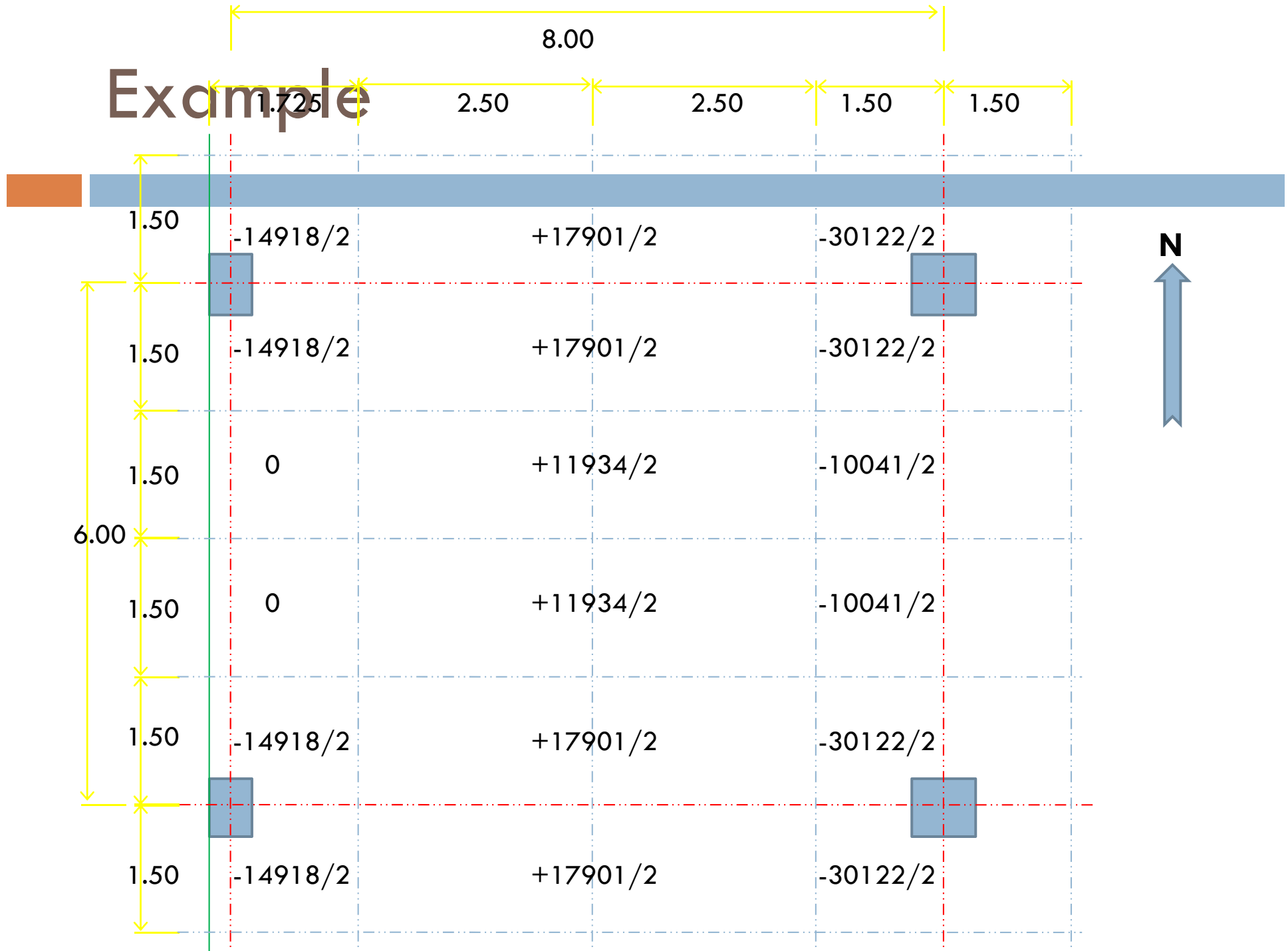
- โมเมนต์ในทิศ E-W $l_2/l_1=6/8=0.75$, $\alpha_1(l_2/l_1)=0$, $\beta_t=0$

	M ⁻ ช่วงนอก	M ⁺	M ⁻ ช่วงใน
$M_u(\text{kg/m})$	14918	29835	40163
ตัวประกอบประกอบ(%)	100	60	75
โมเมนต์ในแถบเสา(kg/m)	$1 \times 14918 = 14918$	$0.6 \times 29835 = 17901$	$0.75 \times 40163 = 30122$
โมเมนต์ในแถบกลาง(kg/m)	0	11934	10041

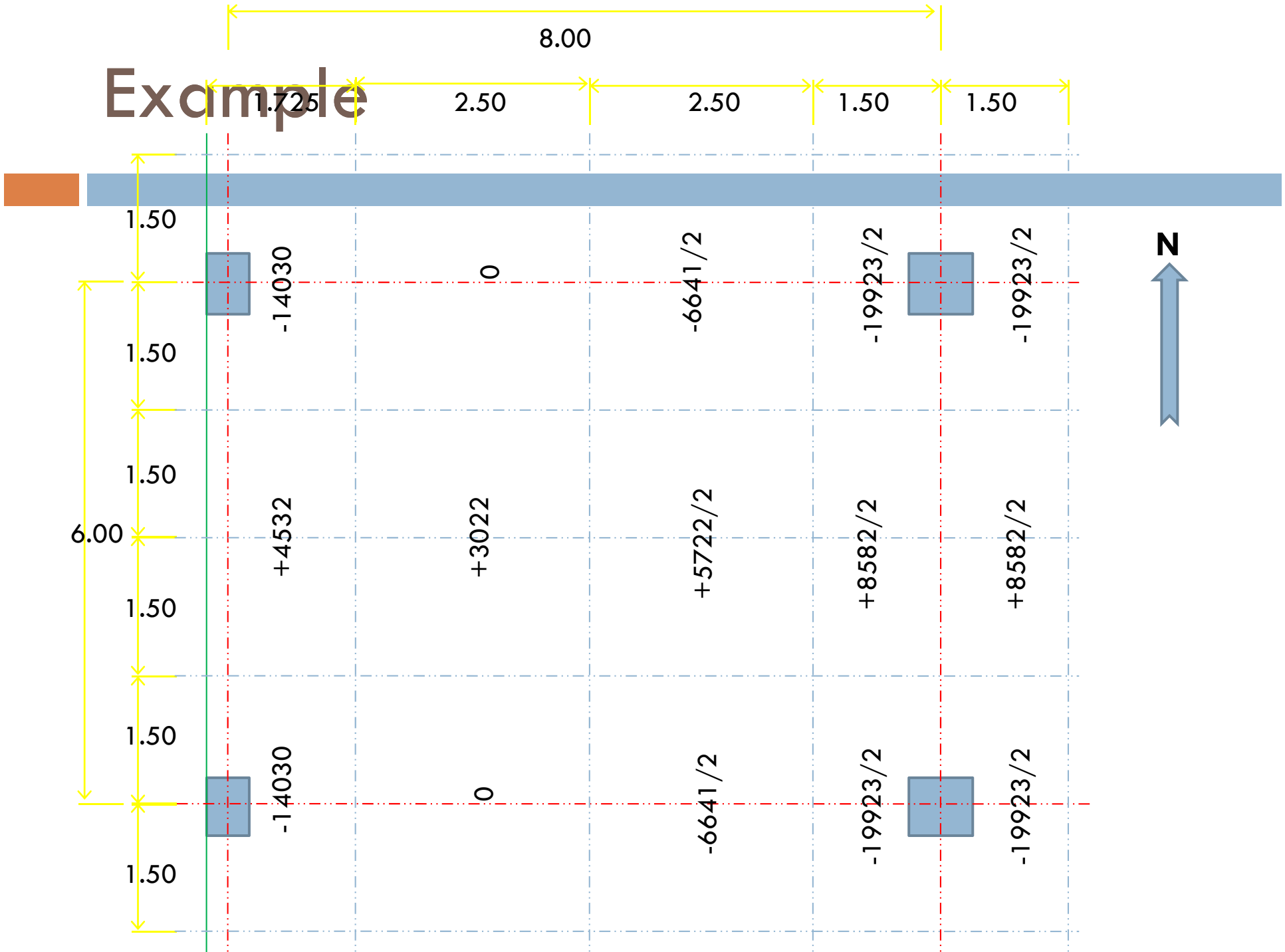
- โมเมนต์ในทิศ N-S $l_2/l_1=8/6=1.33$, $\alpha_1(l_2/l_1)=0$, $\beta_t=0$

	M ⁻ แถบใน	M ⁺ แถบใน	M ⁻ แถบริม	M ⁺ แถบริม
$M_u(\text{kg/m})$	26564	14304	14030	7554
ตัวประกอบประกอบ(%)	75	60	100	60
โมเมนต์ในแถบเสา(kg/m)	19923	8582	14030	4532
โมเมนต์ในแถบกลาง(kg/m)	6641	5722	0	3022

Example



Example



Example

- ตรวจสอบการถ่ายแรงเฉือนขโมเมนต์ที่เสาต้นริม ทิศ E-W
- $M^{\text{ต้นริม}}=14918 \text{ kg-m}$; $M^{\text{ต้นในแรก}}=14918 \text{ kg-m}$
 $V_u=3360 \text{ kg}$
- รวมแรงเฉือนที่ได้จากโมเมนต์จได้
- $V_u = 33670 - \frac{40163 - 14918}{8 - (0.45 + 0.50)/2} = 30310 \text{ kg}$
- หาดำแหน่งศูนย์ถ่วงของหน้าตัดวิกฤติ
- $d(c_1 + d/2 + c_1 + d/2 + c_2 + d)\bar{x} = 17.4 \text{ cm}$
- เมื่อ $c_1=45\text{cm}$, $c_2=50\text{cm}$, $d=25\text{cm}$
- ระยะเยื้องศูนย์ $g=17.4-(25/2)=5\text{cm}=0.005 \text{ m}$

Example

- โมเมนต์ดัดที่ไม่สมดุล $M_u = 14918 + 30310(0.05) = 16434 \text{ kg-m}$
- โมเมนต์ที่ส่งถ่ายโดยการเฉือน
- $M_{uv} = \gamma_v M_u = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} M_u = 0.37 M_u$
- เมื่อ $b_1 = c_1 + d/2 = 57.5 \text{ cm}$, $b_2 = c_2 + d = 75 \text{ cm}$
- $V_u = \frac{V_u}{A_c} + \frac{M_{uv} c}{J_c}$
- $A_c = b_0 d = (2 \times 57.5 + 75)(25) = 4750 \text{ cm}^2$
- $C = \bar{x} = 17.4 \text{ cm}$

Example

□ $J_c = I_1 + I_2 = 1879900 \text{ cm}^4$

□ $I_1 = 2 \left[\frac{(c_1 + d/2)d^3}{12} + (c_1 + d/2)d \left(\frac{c_1 + d/2}{2} - \bar{x} \right)^2 + \frac{d(c_1 + d/2)^3}{12} \right] = 1312226 \text{ cm}^4$

□ $I_2 = (c_2 + d)d\bar{x}^2 = 567675 \text{ cm}^4$

□ $v_u = \frac{V_u}{A_c} + \frac{M_{uv}c}{J_c} = 12 \text{ ksc} < 1.06\phi\sqrt{f'_c} = 14.25 \text{ ksc} \quad \text{OK}$

Example

- ออกแบบเหล็กเสริมที่หน้าเสาให้รับโมเมนต์ดัดไม่สมดุลย์
- $M_{ub} = \gamma_f M_u = (1 - 0.37)(16434) = 10353 \text{ kg-m}$
- ความกว้าง $= 50 + 2(1.2 \times 28) = 134 \text{ cm}$
- $M_{ub} = \phi R_u b d^2 \therefore R_u = 13.74 \text{ ksc}$
- $\rho_{req} = \frac{0.85(250)}{4000} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.74}{0.85(250)}} \right) = 0.00355$
- $A_s = 0.00355(134)(25) = 11.90 \text{ cm}^2$
- USE 4-DB20 (ผ่านหน้าเสากว้าง 50 cm)

Example

□ ออกแบบเหล็กเสริม E-W

<u>Column Strip</u>	M ⁻ ขอบนอก	M ⁺ กลางช่วง	M ⁻ ขอบใน
M _u ,kg-m	14918	17901	30122
แถบกว้าง Strip ,m	3.0	3.0	3.0
d ,cm	25	25	25
M _u /strip ,kg-m/m	4973	5967	10041
R _u ,ksc	8.80	10.56	17.77
ρ _{req}	0.00225	0.0027	0.00465
A _s /strip ,cm ² /m	5.63	6.75	11.63
A _{st} ,cm ² /m	5.04	5.04	5.04
USE Steel	15-DB12@0.20	18-DB12@0.16	31-DB12@0.095

Example

□ ออกแบบเหล็กเสริม E-W

<u>Middle Strip</u>	M ⁻ ขอบนอก	M ⁺ กลางช่วง	M ⁻ ขอบใน
M _u ,kg-m	0	11934	10041
แถบกว้าง Strip ,m	3.0	3.0	3.0
d ,cm	25	25	25
M _u /strip ,kg-m/m	0	3978	3347
R _u ,ksc	0	7.072	5.95
ρ _{req}	0	0.0018	0.0015
A _s /strip ,cm ² /m	0	4.50	3.75
A _{st} ,cm ² /m	5.04	5.04	5.04
USE Steel	15-DB12@0.20	15-DB12@0.20	15-DB12@0.20

Example

□ ออกแบบเหล็กเสริม N-S

<u>Column Strip</u>	M^- แถบใน	M^+ แถบใน	M^- แถบริม	M^+ แถบริม
M_u , kg-m	19923	8582	14030	4532
แถบกว้าง Strip ,m	3.0	3.0	1.725	1.725
d ,cm	23.8	23.8	23.8	23.8
M_u /strip ,kg-m/m	6641	2861	8133	2627
R_u ,ksc	13.03	5.61	15.95	5.15
ρ_{req}	0.0034	0.0014	0.0042	0.0013
A_s /strip ,cm ² /m	8.01	3.38	9.88	3.10
A_{st} ,cm ² /m	5.04	5.04	5.04	5.04
USE Steel	22-DB12@0.14	15-DB12@0.20	16-DB12@0.11	8-DB12@0.20

Example

□ ออกแบบเหล็กเสริม N-S

<u>Middle Strip</u>	M ⁻ แถบใน	M ⁺ แถบใน	M ⁻ แถบริม	M ⁺ แถบริม
M _u ,kg-m	6641	5722	0	3022
แถบกว้าง Strip ,m	5.0	5.0	2.5	2.5
d ,cm	23.8	23.8	23.8	23.8
M _u /strip ,kg-m/m	1328	1144	0	1209
R _u ,ksc	2.61	2.24	0	2.37
ρ _{req}	0.00066	0.0006	0	0.0006
A _s /strip ,cm ² /m	1.56	1.34	0	1.42
A _{st} ,cm ² /m	5.04	5.04	5.04	5.04
USE Steel	25-DB12@0.20	25-DB12@0.20	12-DB12@0.20	12-DB12@0.20

Example

