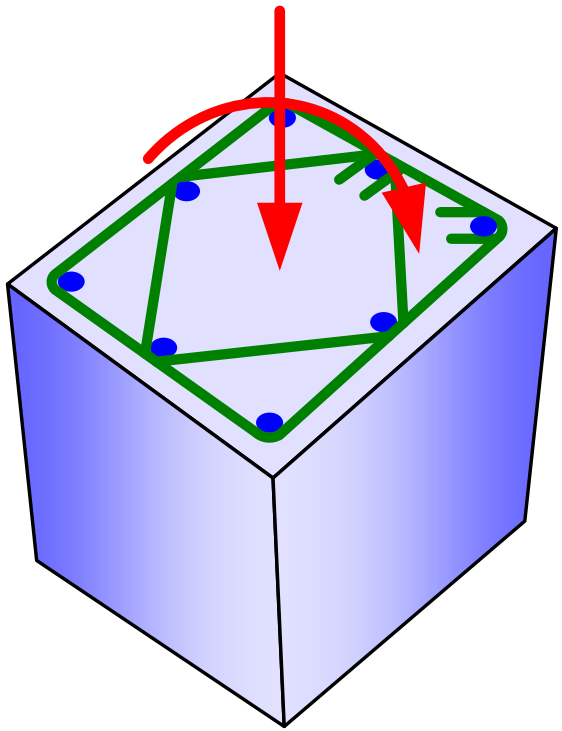
12

Reinforced Concrete Design II

Axial & Bending



- เสารับแรงตามแนวแกนและโมเมนต์ดัด
- แผนภูมิปฏิสัมพันธ์
- สภาวะวิบัติสมดุล
- การออกแบบโดยใช้แผนภูมิปฏิสัมพันธ์

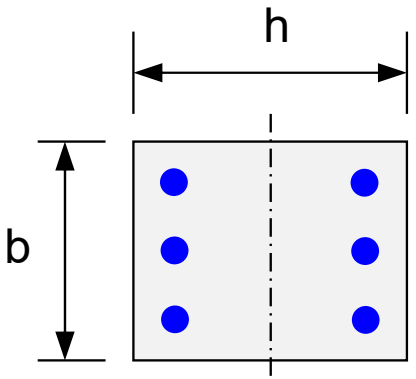
Mongkol JIRAVACHARADET

SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

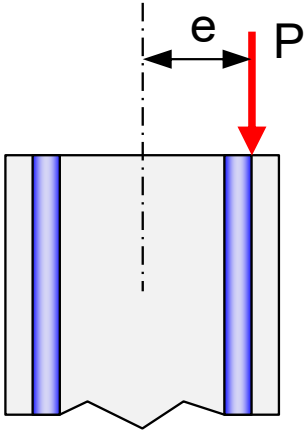
INSTITUTE OF ENGINEERING

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

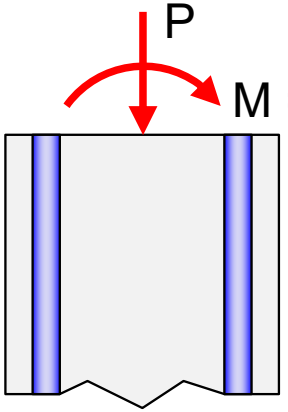
เสารับน้ำหนักบรรทุกเยื้องศูนย์



&"ˆ-ซ-อ-ย-ภ-า-ค-ต-ั-ด



&"ˆ-ก-ล-ไ-ก-ร-ว-ม-ก-ร-ณ-ี



&"ˆ-ก-ล-ม-ี-ม-ว-ล-ร-ว-ม –
ธ-ร-ร-ม-ด-ี-ย-ว

เมื่อองค์อาคารอยู่ภายใต้แรงกระทำร่วมของแรงอัด P และโมเมนต์ M จะเทียบเท่ากับเสารับแรงอัด P กระทำที่ระยะเยื้องศูนย์ e = M / P

หน้าตัดเสาจะต้องมีกำลังรับโมเมนต์ดัดและแรงอัดตามแนวแกนไม่น้อยกว่าที่ต้องการโดยน้ำหนักบรรทุก

$$\phi M_n \geq M_u$$

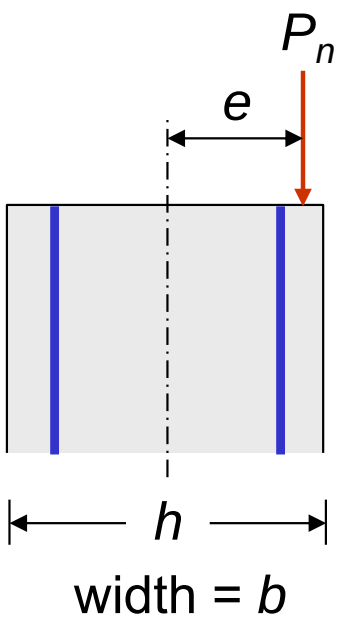
และ

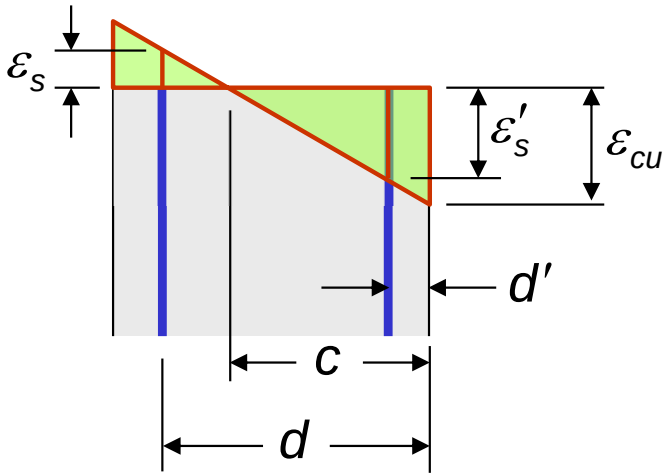
$$\phi P_n \geq P_u$$

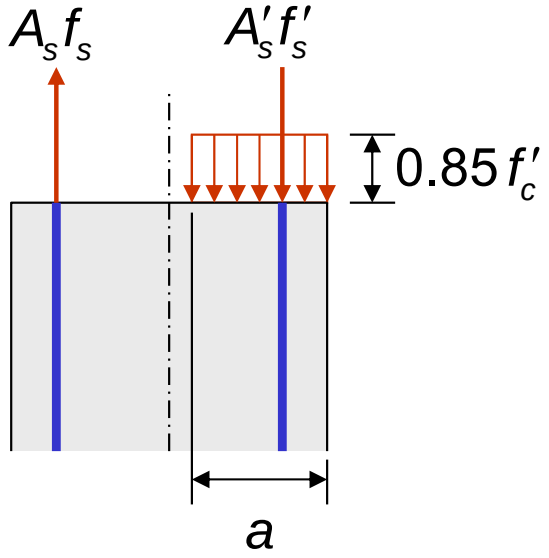
เสารับแรงตามแนวแกนและโมเมนต์ดัด

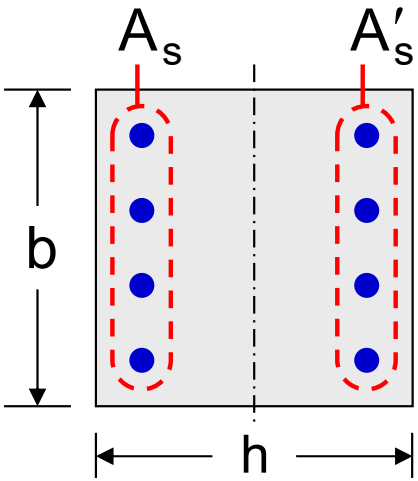
SDM

เมื่อเสารับแรงในแนวดิ่ง P_n กระทำที่ระยะเยื้องศูนย์ e









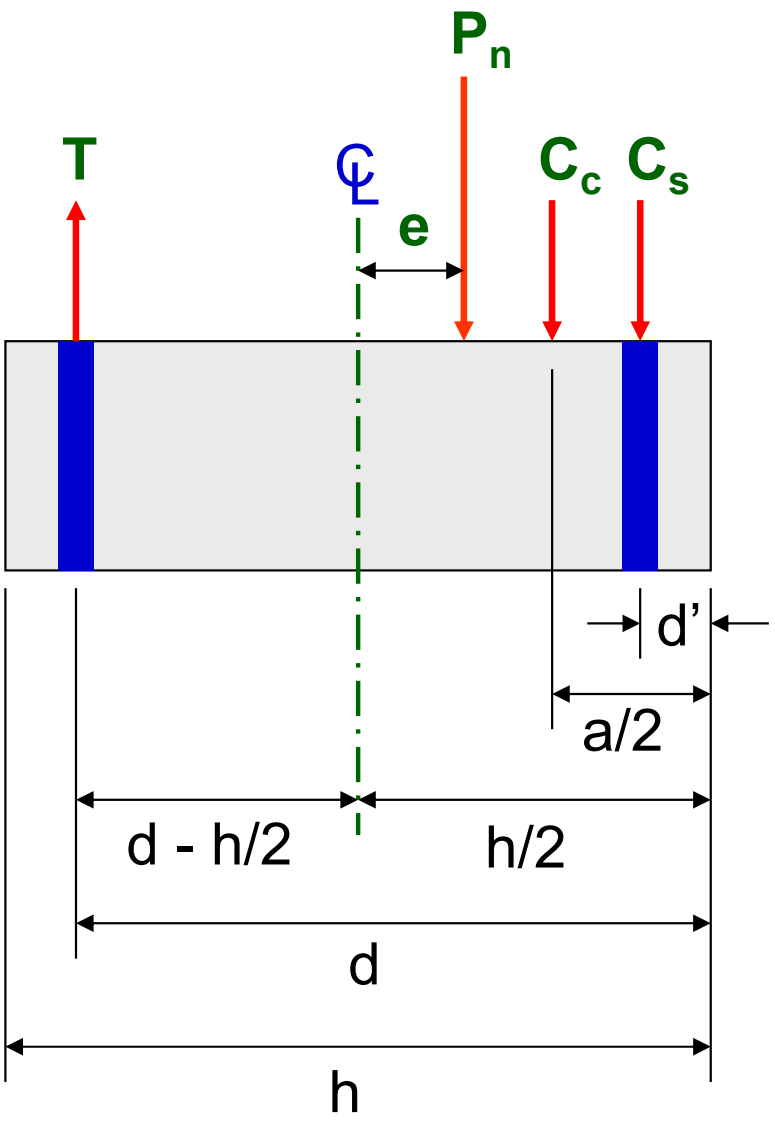
จากสมดุลของแรงในแนวดิ่งบนหน้าตัดเสา [$\Sigma F_y = 0$]

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$P_n = 0.85 f'_c ab + A'_s f'_s - A_s f_s$$

เสารับแรงตามแนวแกนและโมเมนต์ดัด

SDM



กำลังต้านทานโมเมนต์ดัด $M_n = P_n e$ หาจากสมดุลโมเมนต์รอบแกนศูนย์ถ่วงพลาสติกของหน้าตัด $[\Sigma M_{℄} = 0]$

$$M_n = C_c\left(\frac{h}{2}-\frac{a}{2}\right)+C_s\left(\frac{h}{2}-d'\right)+T\left(d-\frac{h}{2}\right)$$

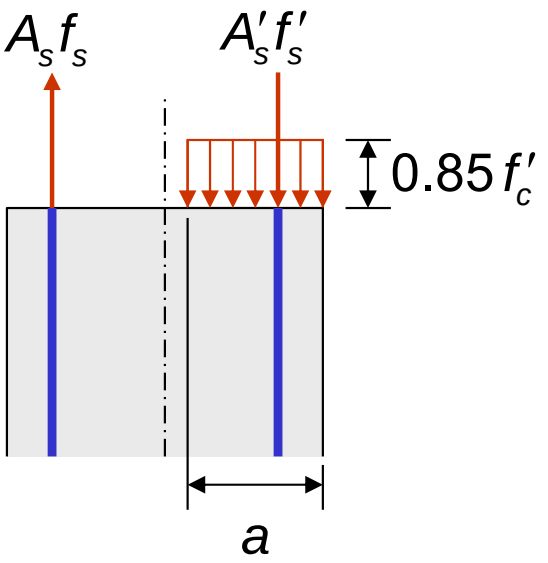
หรือหาจากสมดุลโมเมนต์รอบเหล็กรับแรงดึง

$$M_{n2} = C_c\left(d-\frac{a}{2}\right)+C_s\left(d-d'\right)$$

$$= P_n\left(e+d-\frac{h}{2}\right)$$

เหล็กรับแรงดึง เหล็กรับแรงอัด และ คอนกรีต

SDM



เหล็กรับแรงดึง: $T = A_s f_s$

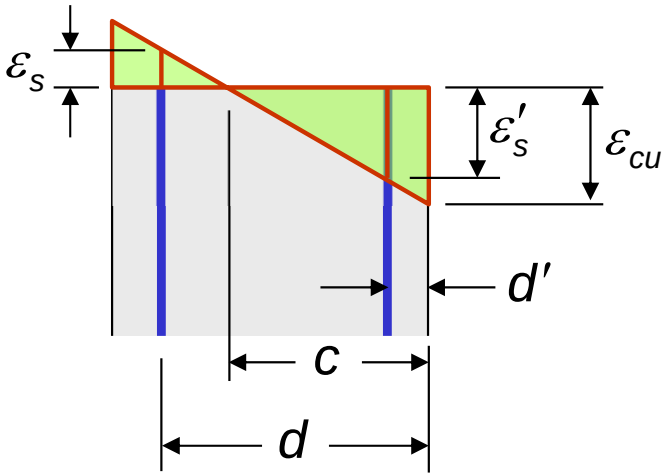
$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu}\frac{d-c}{c}$$

$$f_s = \varepsilon_s E_s$$

$$= \varepsilon_{cu} E_s \frac{d-c}{c} = 6{,}120\frac{d-c}{c} \le f_y$$

$\varepsilon_{cu} = 0.003$

$E_s = 2.04\times10^6$ kg/cm^2



เหล็กรับแรงอัด: $C_s = A'_s f'_s$

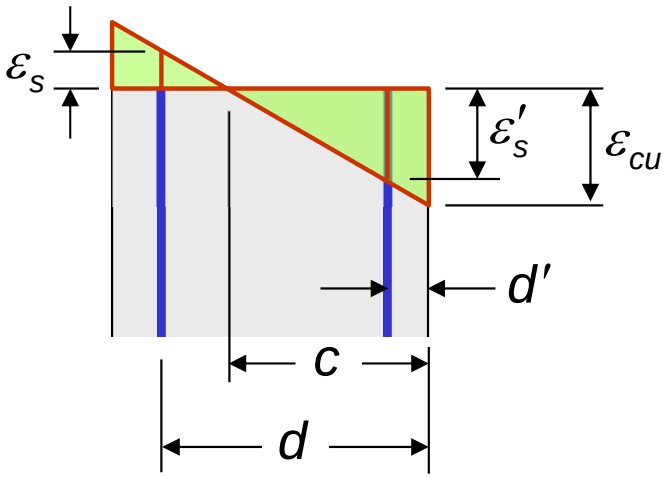
$$\varepsilon'_s = \varepsilon_{cu}\frac{c-d'}{c}$$

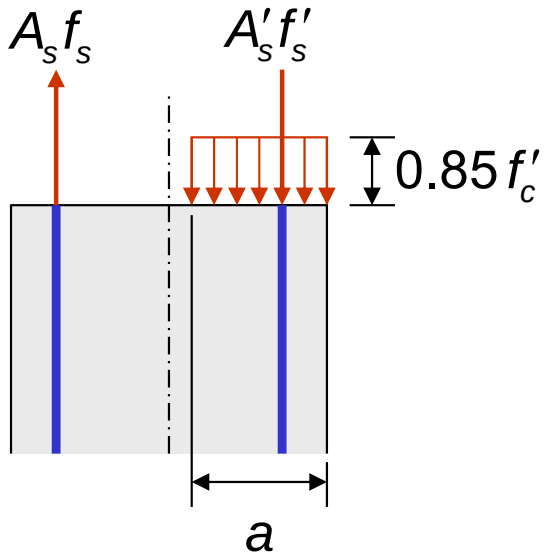
$$f'_s = \varepsilon'_s E_s = 6{,}120\frac{c-d'}{c} \le f_y$$

คอนกรีต: $C_c = 0.85 f'_c ab$

กำลังรับแรงตามแนวแกน และกำลังโมเมนต์ดัด

SDM





เริ่มต้นจากตำแหน่งแกนสะเทิน c

$$f_s = 6{,}120\frac{d-c}{c} \le f_y \rightarrow T = A_s f_s$$

$$f'_s = 6{,}120\frac{c-d'}{c} \le f_y \rightarrow C_s = A'_s f'_s$$

$$a = \beta_1 c \rightarrow C_c = 0.85 f'_c ab$$

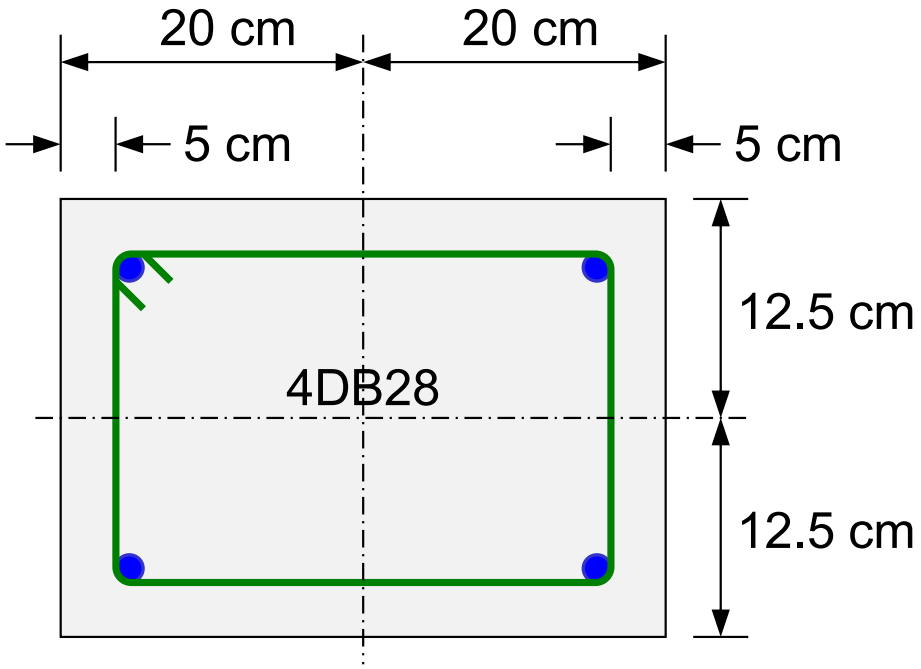
กำลังรับแรงตามแนวแกน: $P_n = C_c + C_s - T$

กำลังรับโมเมนต์ดัด:

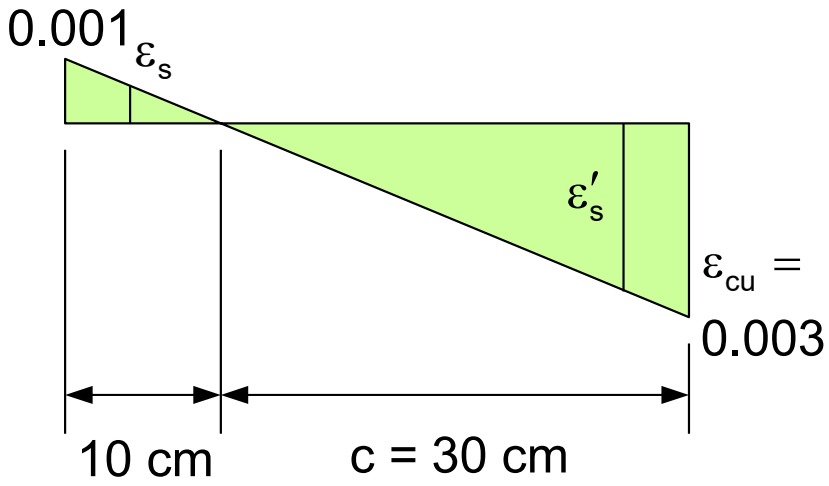
$$M_n = C_c\left(\frac{h}{2}-\frac{a}{2}\right) + C_s\left(\frac{h}{2}-d'\right) + T\left(d-\frac{h}{2}\right)$$

ระยะเยื้องศูนย์: $e = M_n / P_n$

ตัวอย่างที่ 12.1 จงคำนวณกำลังรับน้ำหนักบรรทุก P_n และโมเมนต์ M_n ของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 25×40 ซม. เสริมเหล็ก 4DB28 ที่ทำให้เกิดสภาวะการยืดหดดังในรูปf′กำหนด $= 210$ ก.ก./ซม.^{2} และ $f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2}



Column Section



Strain Condition

วิธีทำ 1. ขีดจำกัดความเครียดในคอนรีตและเหล็กเสริม

คอนกรีต : $\varepsilon_{cu} = 0.003$

เหล็กเสริม : $\varepsilon_y = f_y / E_s = 4{,}000 / 2.04 \times 10^6 = 0.002$

2. หน่วยแรงในเหล็กรับแรงดึง

$$f_s = \varepsilon_{cu} E_s \frac{d-c}{c} = 0.003 \times 2.04 \times 10^6 \frac{32.5-30}{30}$$

$$= 510 \text{ ก.ก./ซม.}^2 < [\, f_y = 4{,}000 \text{ ก.ก./ซม.}^2 \,] \qquad \textbf{OK}$$

3. หน่วยแรงในเหล็กรับแรงอัด

$$f'_s = \varepsilon_{cu} E_s \frac{c-d'}{c} = 0.003 \times 2.04 \times 10^6 \frac{30-7.5}{30}$$

$$= 4{,}590 \text{ ก.ก./ซม.}^2 > [\, f_y = 4{,}000 \text{ กก./ซม.}^2 \,] \qquad \textbf{NG}$$

$$\therefore f'_s = f_y = 4{,}000 \text{ ก.ก./ซม.}^2$$

4. แรงอัดในคอนกรีต

$$a = \beta_1 c = 0.85(30) = 25.5 \text{ ซม.}$$

$$C = 0.85 f'_c ab = 0.85(210)(25.5)(25)/1000 = 113.8 \text{ ตัน}$$

5. แรงในเหล็กเสริม

$$T = A_s f_s = 2(6.16)(510)/1000 = 6.28 \text{ ตัน}$$

$$T' = A'_s f'_s = 2(6.16)(4000)/1000 = 49.28 \text{ ตัน}$$

6. สมดุลของแรง

$$P_n = C + T' - T = 113.8 + 49.28 - 6.28 = 156.8 \text{ ตัน}$$

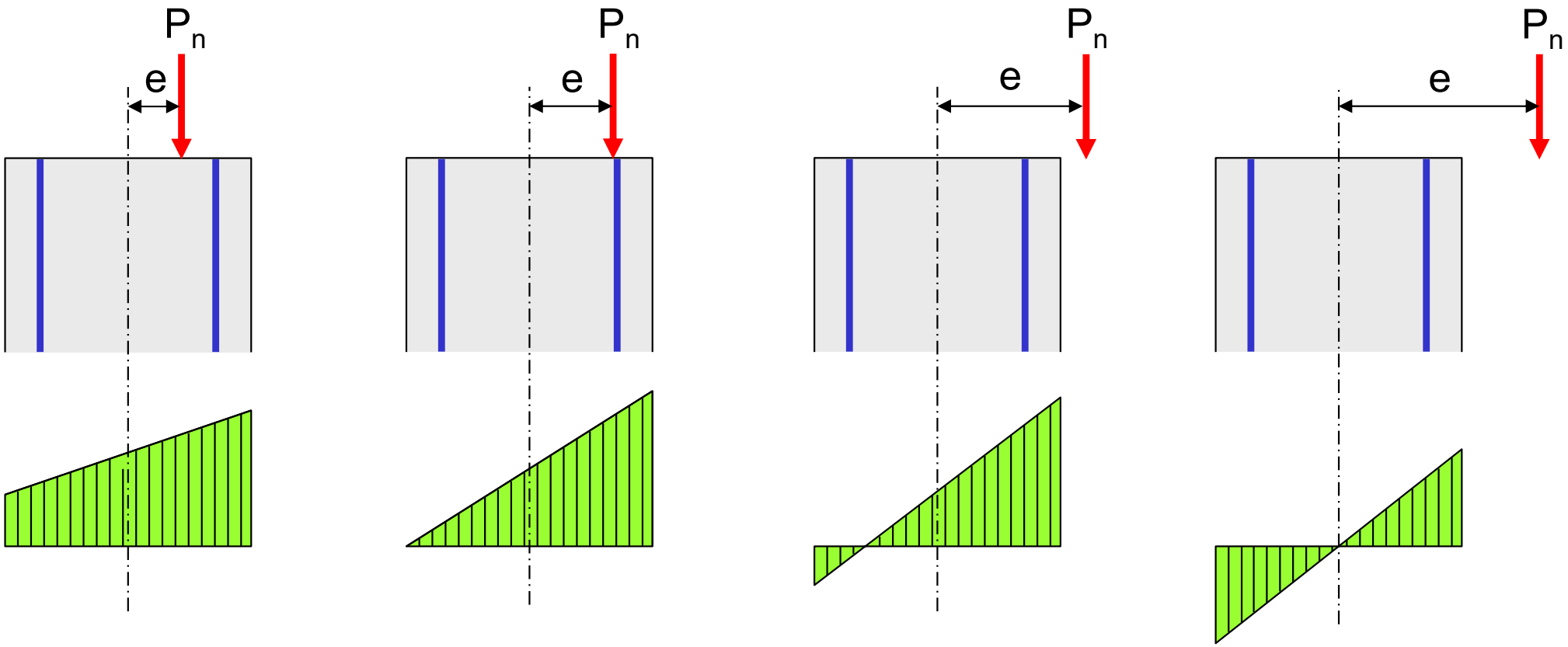
$$M_n = 113.8(20\text{-}25.5/2) + 6.28(20\text{-}7.5) + 49.28(20\text{-}7.5)$$

$$= 1{,}520 \text{ ตัน-ซม.} = 15.2 \text{ ตัน-เมตร}$$

$$e = M_n/P_n = 1{,}520/156.8 = 9.7 \text{ ซม.}$$

■

Tension & Compression Failure



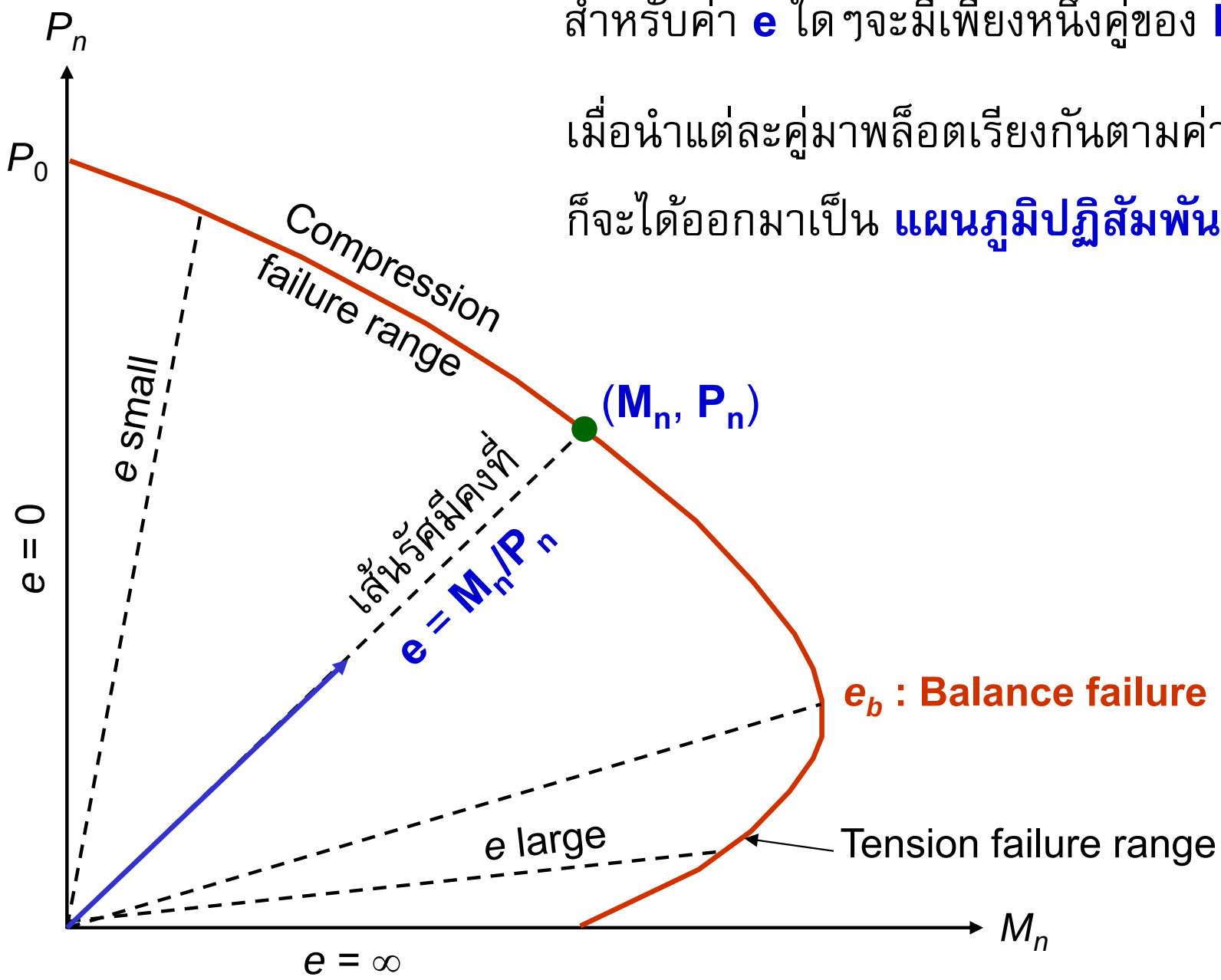
Small Eccentricity — Large Eccentricity

Large e → $f_s = f_y$ when $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu} = 0.003$ (tension failure)

Small e → $f_s < f_y$ when $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu} = 0.003$ (compression failure)

แผนภูมิปฏิสัมพันธ์ (Interaction diagram)

SDM



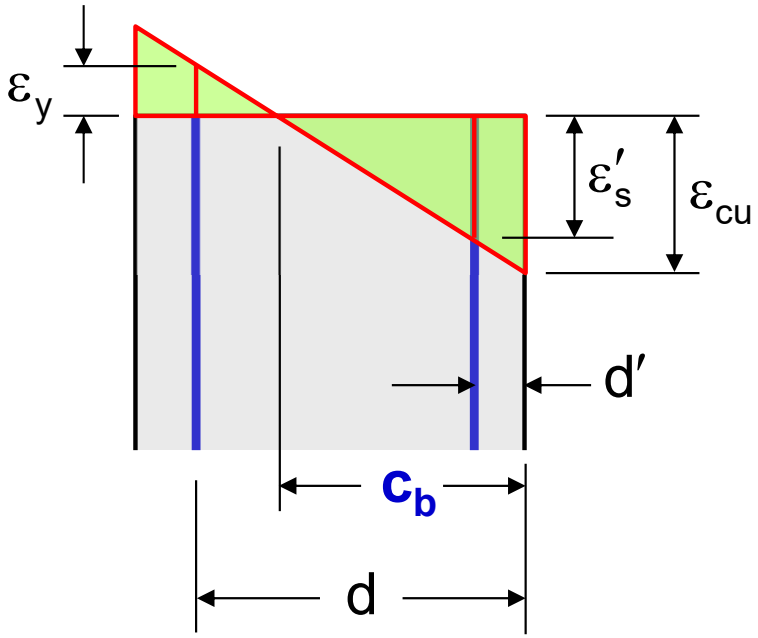
สำหรับค่า **e** ใดๆจะมีเพียงหนึ่งคู่ของ P_n และ M_n

เมื่อนำแต่ละคู่มาพล็อตเรียงกันตามค่า **e** ต่างๆ

ก็จะได้ออกมาเป็น **แผนภูมิปฏิสัมพันธ์**

การวิบัติแบบสมดุล (Balanced failure)

SDM



คือสภาวะการวิบัติซึ่งเหล็กเสริมรับแรงดึงถึงจุดคราก ε_y พร้อมกับคอนกรีตถูกอัดแตกที่หน่วยการยืดหด สูงสุด $\varepsilon_{cu} = 0.003$

$$c_b = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y} d = \frac{6{,}120}{6{,}120 + f_y} d$$

$$a_b = \beta_1 c_b$$

$$f'_s = 6{,}120 \frac{c_b - d'}{c_b} \leq f_y$$

$$P_b = 0.85 f'_c a_b b + A'_s f'_s - A_s f_y$$

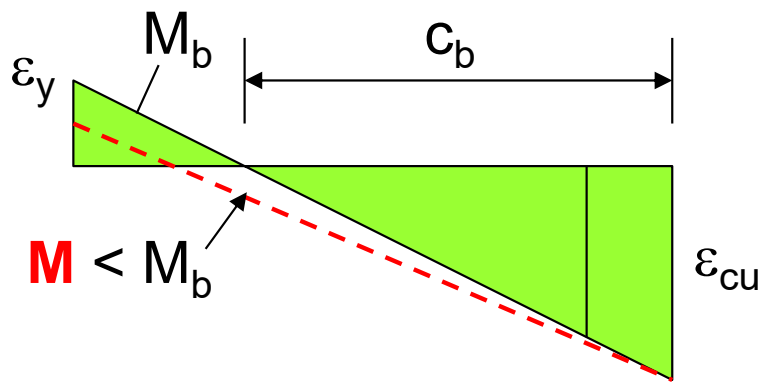
$$M_b = 0.85 f'_c a_b b \left(\frac{h}{2} - \frac{a_b}{2}\right) + A'_s f'_s \left(\frac{h}{2} - d'\right) + A_s f_y \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

$$e_b = M_b / P_b$$

การแบ่งโหมดการวิบัติโดยใช้ e_b

SDM

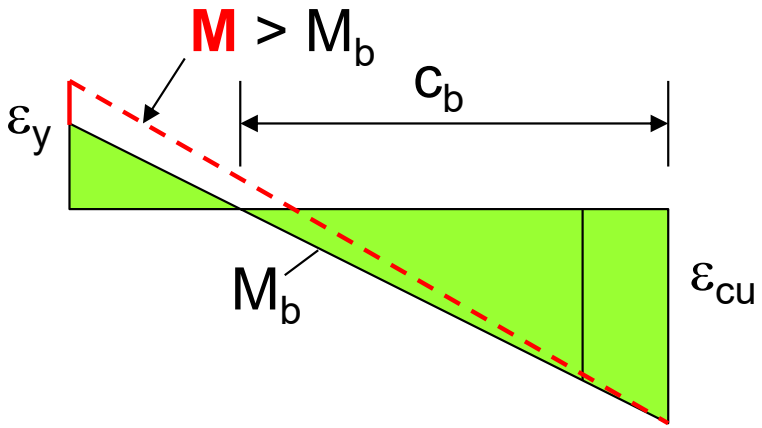
Case 1: $e < e_b$



$c > c_b \rightarrow \varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow f_s < f_y$

Compression Failure

Case 2: $e > e_b$



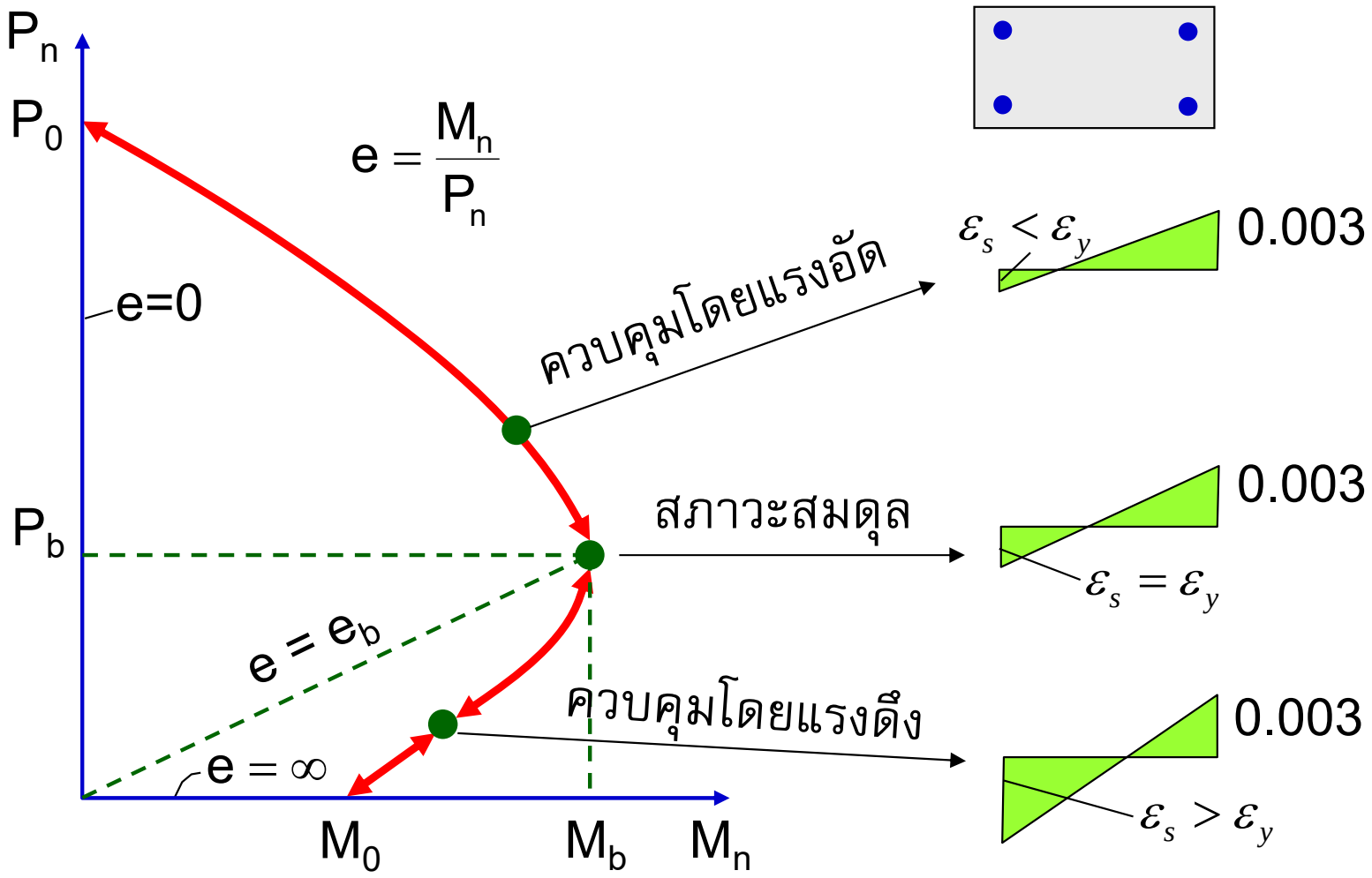
$c < c_b \rightarrow \varepsilon_s > \varepsilon_y \rightarrow f_s > f_y$

Tension Failure

แผนภูมิปฏิสัมพันธ์ (Interaction diagram)

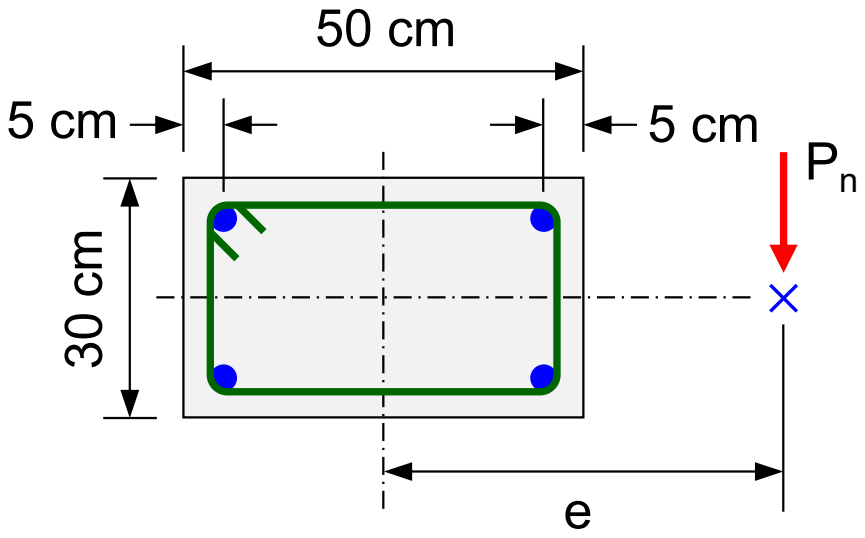
SDM

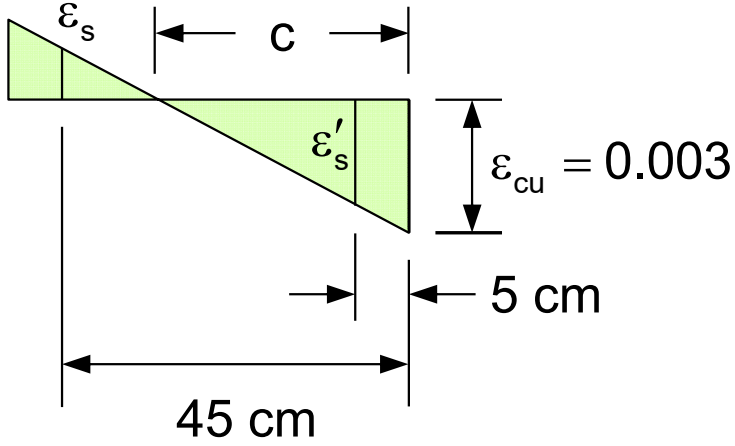
P_0 = Nominal axial strength $= 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$



M_0 = Nominal moment strength

ตัวอย่างที่ 12.2 เสาหน้าตัด 30×50 ซม. เสริมเหล็ก 4DB28 ที่แต่ละมุมดังแสดงในรูป กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต $f'_c = 240$ กก./ซม.^{2} และกำลังครากของเหล็ก $f_y = 4{,}000$ กก./ซม.^{2} จงพิจารณากำลังของเสาที่สภาวะต่างๆ





วิธีทำ

1. สภาวะสมดุลการวิบัติ

$$\varepsilon_{cu} = 0.003$$

$$\varepsilon_y = f_y / E_s = 4000/2.04\times10^6$$

$$= 0.002$$

$$c_b = \frac{6{,}120d}{f_y + 6{,}120}$$

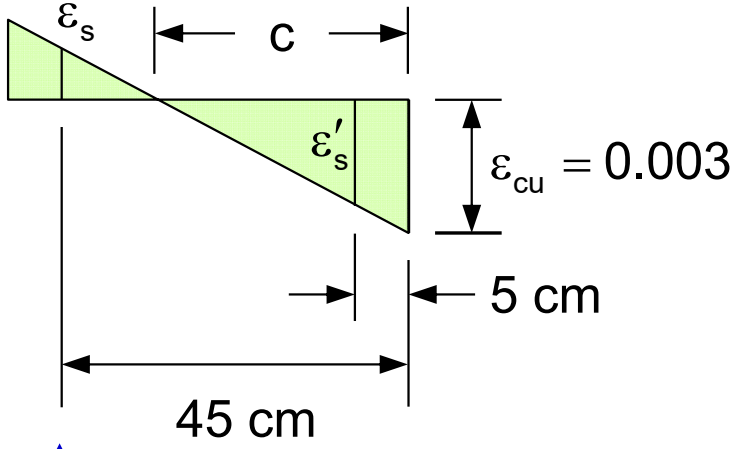
$$= \frac{6{,}120 \times 45}{4{,}000 + 6{,}120} = 27.2 \text{ cm}$$

$$a_b = \beta_1 c_b = 0.85(27.2) = 23.1 \text{ cm}$$

$f_s = f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2}

$$f'_s = 0.003 \times 2.04 \times 10^6 \left(\frac{27.2 - 5}{27.2} \right)$$

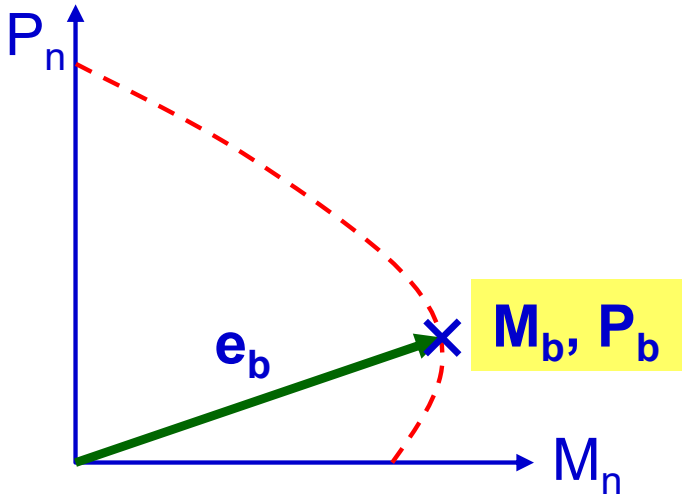
$= 4{,}995$ ก.ก./ซม.^{2} → $\mathbf{f'_s = 4{,}000}$ กก./ซม.^{2}



$C_c = 0.85(240)(30)(23.1)/1000 = 141.4$ ตัน

$T = 2(6.16)(4.0) = 49.28$ ตัน

$C_s = 2(6.16)(4.0) = 49.28$ ตัน



$P_b = C_c + C_s - T = 141.4 + 49.28 - 49.28 = 141.4$ ตัน

$M_b = 141.4(25 - 23.1/2) + 49.28(25 - 5) + 49.28(45-25)$

$= 3{,}873$ ตัน-ซม. $= 38.7$ ตัน-เมตร

$e_b = M_b/P_b = 3{,}873/141.4 = 27.4$ ซม. ■

2. สภาวะวิบัติโดยแรงอัด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ $e < e_b$ หรือ $c > c_b$ **เลือก c = 30 ซม.**

$a = 0.85(30) = 25.5$ ซม.

$C_c = 0.85(240)(30)(25.5)/1{,}000 = 156.1$ ตัน

$f_s = 6{,}120(45\text{-}30)/30 = 3{,}060$ ก.ก./ซม.^{2} $<$ [$f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2}]

OK

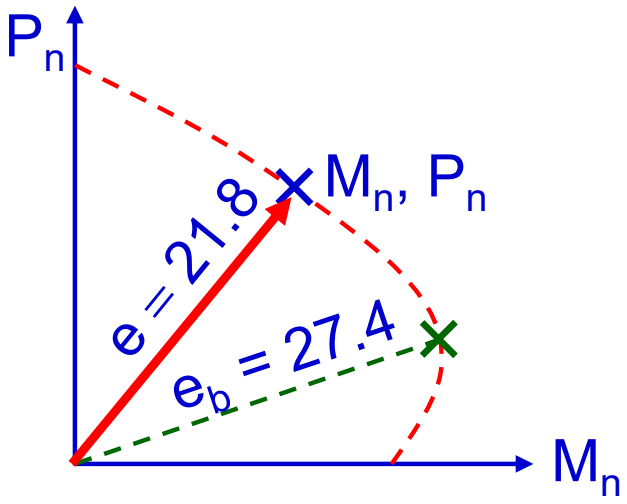
$f'_s = 6{,}120(30\text{-}5)/30 = 5{,}250$ ก.ก./ซม.^{2} $>$ [$f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2}] **NG**

$f'_s = f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2}

$P_n = 156.1 + 4.0(12.32) - 3.06(12.32) = 167.7$ ตัน

$M_n = 156.1(25\text{-}25.5/2) + 4.0(12.32)(25\text{-}5)$
$+ 3.06(12.32)(45\text{-}25)$

$= 3{,}652$ ตัน-ซม. $= 36.5$ ตัน-เมตร



$e = 3{,}652/167.7 = 21.8$ ซม. $<$ [$e_b = 27.4$ ซม.] ■

3. สภาวะวิบัติโดยแรงดึง ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ $e > e_b$ หรือ $c < c_b$ **เลือก c = 20 ซม.**

$a = 0.85(20) = 17.0$ ซม.

$C_c = 0.85(240)(30)(17.0)/1000 = 104.0$ ตัน

$f_s = f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2} (โดยนิยาม)

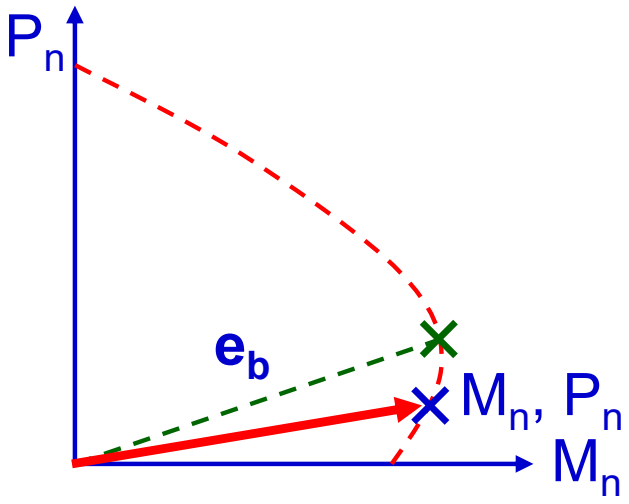
$f'_s = 6{,}120(20\text{-}5)/20 = 4{,}725$ กก./ซม.^{2} $>$ [$f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2}] **NG**

$f'_s = f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2}

$P_n = 104.0 + 4.0(12.32) - 4.0(12.32) = 104.0$ ตัน

$M_n = 104.0(25\text{-}17/2) + 4.0(12.32)(25\text{-}5)$
$+ 4.0(12.32)(45\text{-}25)$

$= 3{,}687$ ตัน-ซม. $= 36.9$ ตัน-เมตร



$e = 3{,}687/104.0 = 35.5$ ซม. $>$ [$e_b = 27.4$ ซม.]

4. สภาวะรับแรงตามแนวแกน ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ $e = 0$ หรือ $c = \infty$ และ $M_n = 0$

$$P_0 = 0.85 f'_c bh + (A_s + A'_s) f_y$$

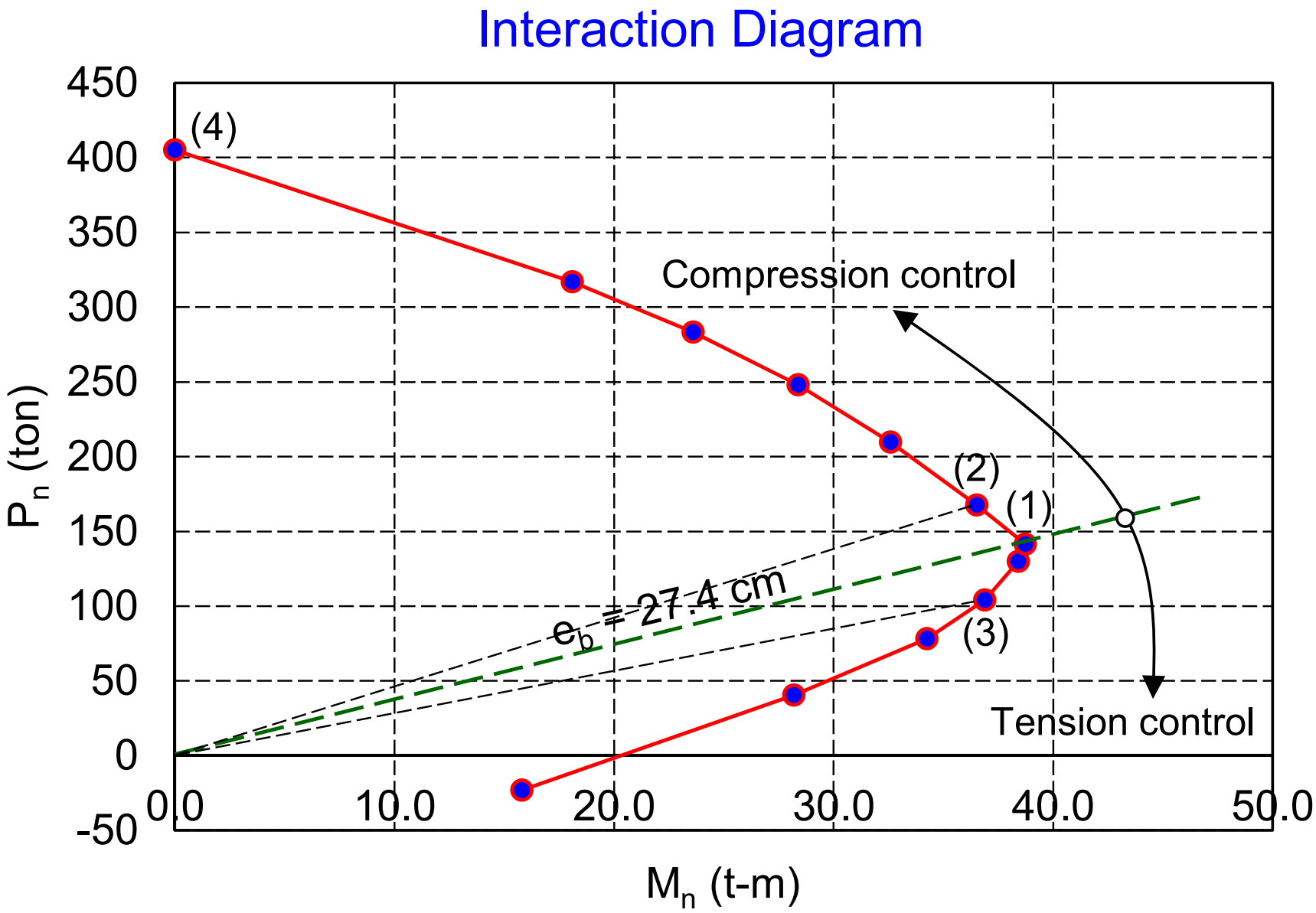
$$= 0.85(0.24)(30)(50) + 4(6.16)(4.0) = 404.6 \text{ ตัน}$$ ■

5. เขียนแผนภูมิปฏิสัมพันธ์ของกำลัง

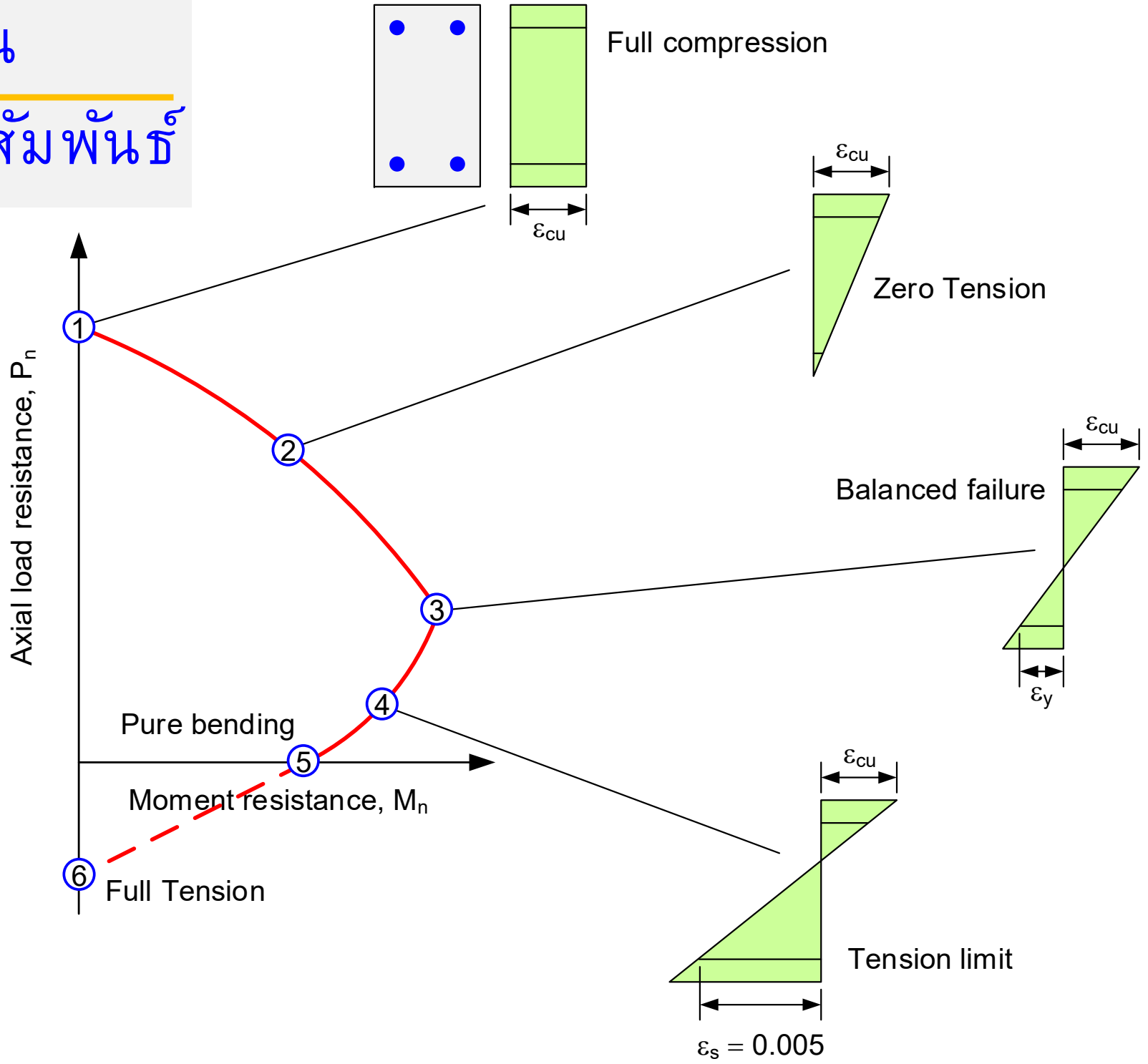
สร้างจุดพิกัด M_n, P_n อื่นโดยเขียนโปรแกรมหรือใช้การสร้างเป็นตารางใน Excel โดย

- แปรเปลี่ยนค่า c จากศูนย์ถึงไม่เกินขนาดหน้าตัดเสาคือ h = 50 ซม.
- แบ่งเป็น 2 ช่วงคือ $0 < c < c_b$ คำนวณตามข้อ 3. แบบแรงดึงควบคุม และ
  $c_b < c < h$ คำนวณตามข้อ 2. แบบแรงอัดควบคุม

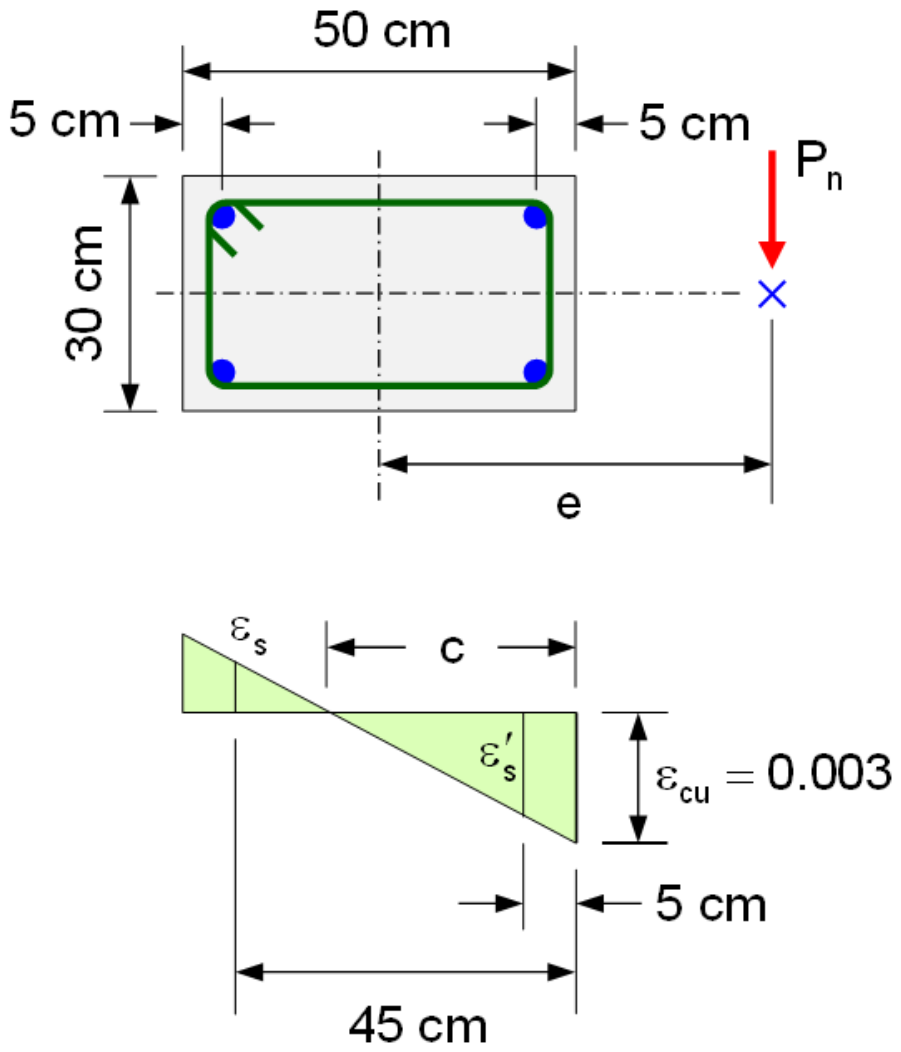
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	c	a	Cc	fs	fs'	Pn	Mn	e
2	5	4.3	26	4000	0	-23	15.8	-67.9
3	10	8.5	52	4000	3060	40	28.2	69.7
4	15	12.8	78	4000	4000	78	34.2	43.9
5	20	17.0	104	4000	4000	104	36.9	35.4
6	25	21.3	130	4000	4000	130	38.4	29.5
7	27.2	23.1	141	4000	4000	141	38.7	27.4
8	30	25.5	156	3060	4000	168	36.5	21.8
9	35	29.8	182	1749	4000	210	32.6	15.5
10	40	34.0	208	765	4000	248	28.4	11.4
11	45	38.3	234	0	4000	283	23.6	8.3
12	50	42.5	260	-612	4000	317	18.1	5.7


Interaction Diagram
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
-50
0.0
10.0
20.0
30.0
40.0
50.0
P_n (ton)
M_n (t-m)
(4)
(2)
(1)
(3)
Compression control
Tension control
e_b = 27.4 cm

จุดสำคัญบนแผนภูมิปฏิสัมพันธ์ของเสา



ตัวอย่างที่ 12.3 จากตัวอย่างที่ 12.2 เสาหน้าตัด 30×50 ซม. เสริมเหล็ก 4DB28 ที่แต่ละมุมดังแสดงในรูป กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต f'_c = 240 ก.ก./ซม.^{2} และกำลังครากของเหล็ก f_y = 4,000 ก.ก./ซม.^{2} จงพิจารณาจุดสำคัญที่เหลือ



วิธีทำ

1. จุดที่ได้คำนวณแล้วในตัวอย่างที่ 12.2

จุดที่ 1 : Full Compression

$M_n = 0$, $P_n = 404.6$ ton

จุดที่ 3 : Balanced Failure

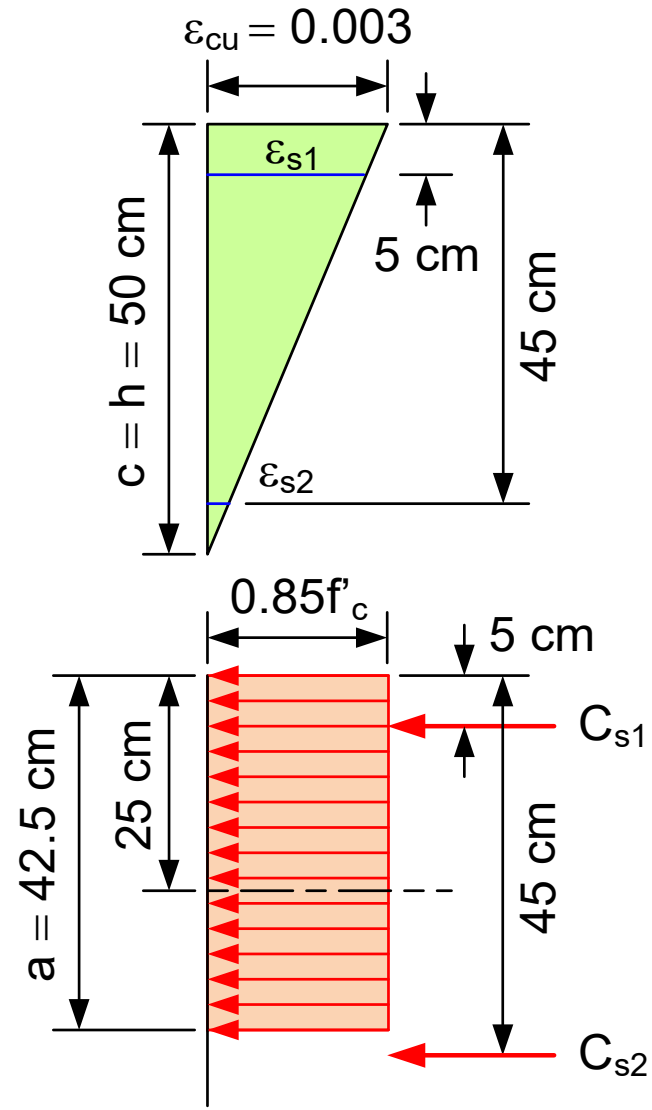
$M_b = 38.7$ t-m, $P_b = 141.4$ ton

2. จุดที่ 6 : Full Tension

$$P_n = A_s f_y$$

$$= 4(6.16)(4.0) = 98.6 \text{ ton}$$

3. จุดที่ 2 : Zero Tension



$a = \beta_1 c = 0.85(50) = 42.5$ cm

$C_c = 0.85\, f'_c\, a\, b$

$= 0.85(240)(42.5)(30)/1000 = 260.1$ ton

$f_{s1} = \varepsilon_{s1} E_s = 0.003 E_s \frac{45}{50} = 5508 > [f_y = 4{,}000$ ksc$]$

$\therefore\ f_{s1} = f_y = 4{,}000$ kg/cm^2

$f_{s2} = \varepsilon_{s2} E_s = 0.003 E_s \frac{5}{50} = 612$ kg/cm^2

สมดุลแรงในแนวดิ่ง :

$P_n = C_c + C_{s1} + C_{s2}$

$= 260.1 + 4.0(12.32) + 0.612(12.32)$

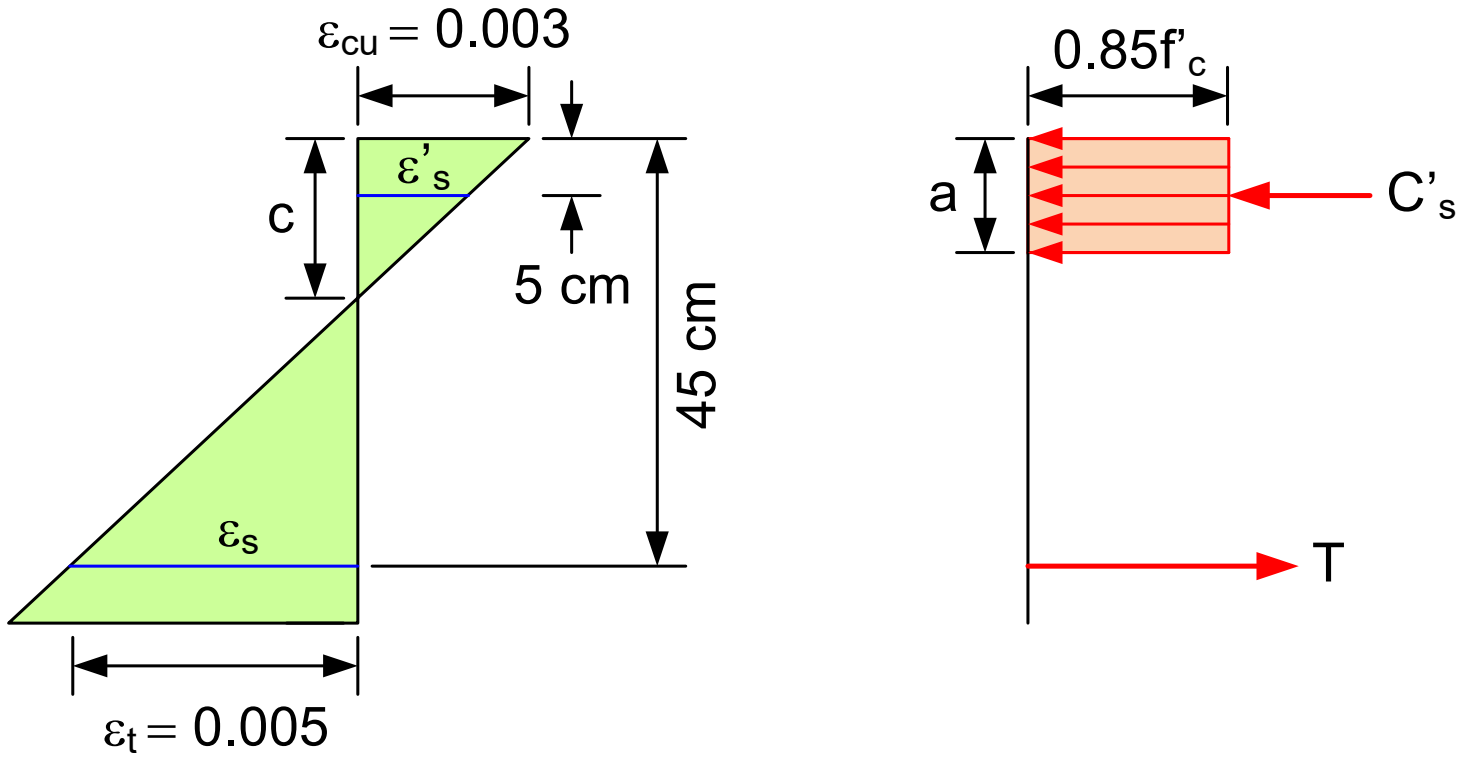
$= 316.9$ ton

สมดุลโมเมนต์รอบศูนย์กลางหน้าตัด :

$M_n = 260.1(25 - 42.5/2) + 4.0(12.32)(25\text{-}5) - 0.612(12.32)(45\text{-}25)$

$= 1{,}810$ t-cm $= 18.1$ t-m (ตรงกับแถวที่ 12 ที่คำนวณโดย Excel)

4. จุดที่ 4 : Tensile-Controlled Limit เป็นจุดที่มี $\varepsilon_{cu} = 0.003$ และ $\varepsilon_y = 0.005$



$$c = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y} d = \frac{0.003 \times 45}{0.003 + 0.005} = 16.9 \text{ ซม.}$$

$$a = 0.85(16.9) = 14.4 \text{ ซม.}$$

$$C_c = 0.85(240)(30)(14.4)/1000 = 88.1 \text{ ตัน}$$

$$f_s = f_y = 4{,}000 \text{ ก.ก./ซม.}^2 \text{ (โดยนิยาม)}$$

$f'_s = 6{,}120(16.9\text{-}5)/16.9 = 4{,}309$ กก./ซม.^{2} > [$f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2}] **NG**

$f'_s = f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2}

$P_n = 88.1 + 4.0(12.32) - 4.0(12.32) = 88.1$ ton

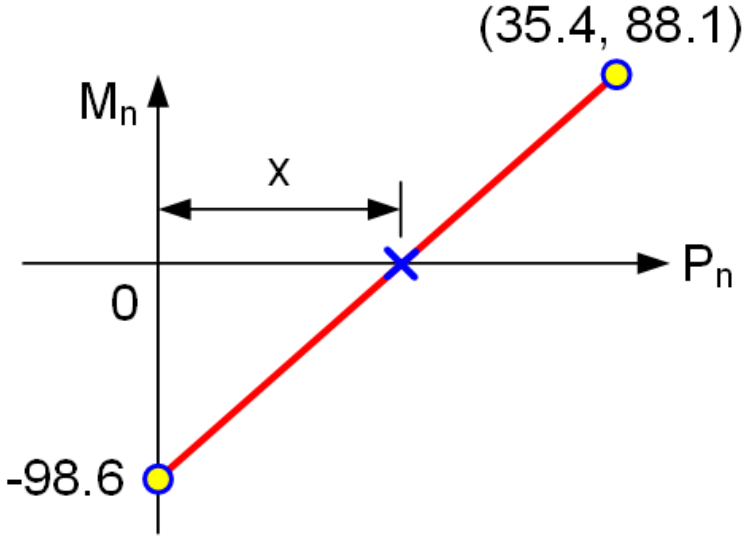
$M_n = 88.1(25 - 14.4/2) + 4.0(12.32)(25\text{-}5) + 4.0(12.32)(45\text{-}25)$

$= 3{,}539$ t-cm $= 35.4$ t-m

5. สรุปจุดต่างๆที่คำนวณได้

	P_n (ton)	M_n (t-m)
(1) Full Compression	404.6	0
(2) Zero Tension	316.9	18.1
(3) Balanced Failure	141.4	38.7
(4) Tension-controlled Limit	88.1	35.4
(6) Full Tension	-98.6	0

6. จุดที่ 5 : Pure Bending หาโดยการประมาณเชิงเส้นจากจุดที่ 4 และ 6



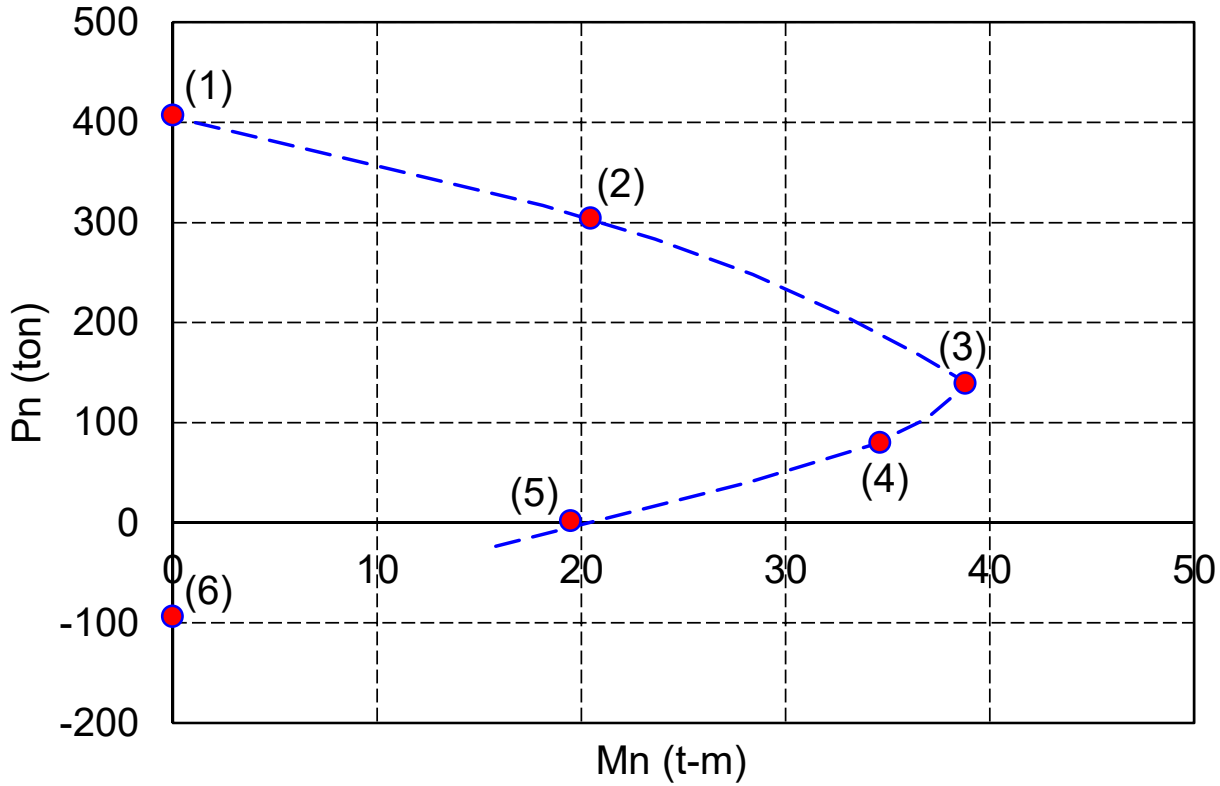
จากกฎสามเหลี่ยมคล้าย

$$\frac{x}{98.6} = \frac{35.4}{98.6+88.1}$$

$$x = 18.7$$

$$\therefore\ M_n = 18.7 \text{ t-m}$$

Interaction Diagram

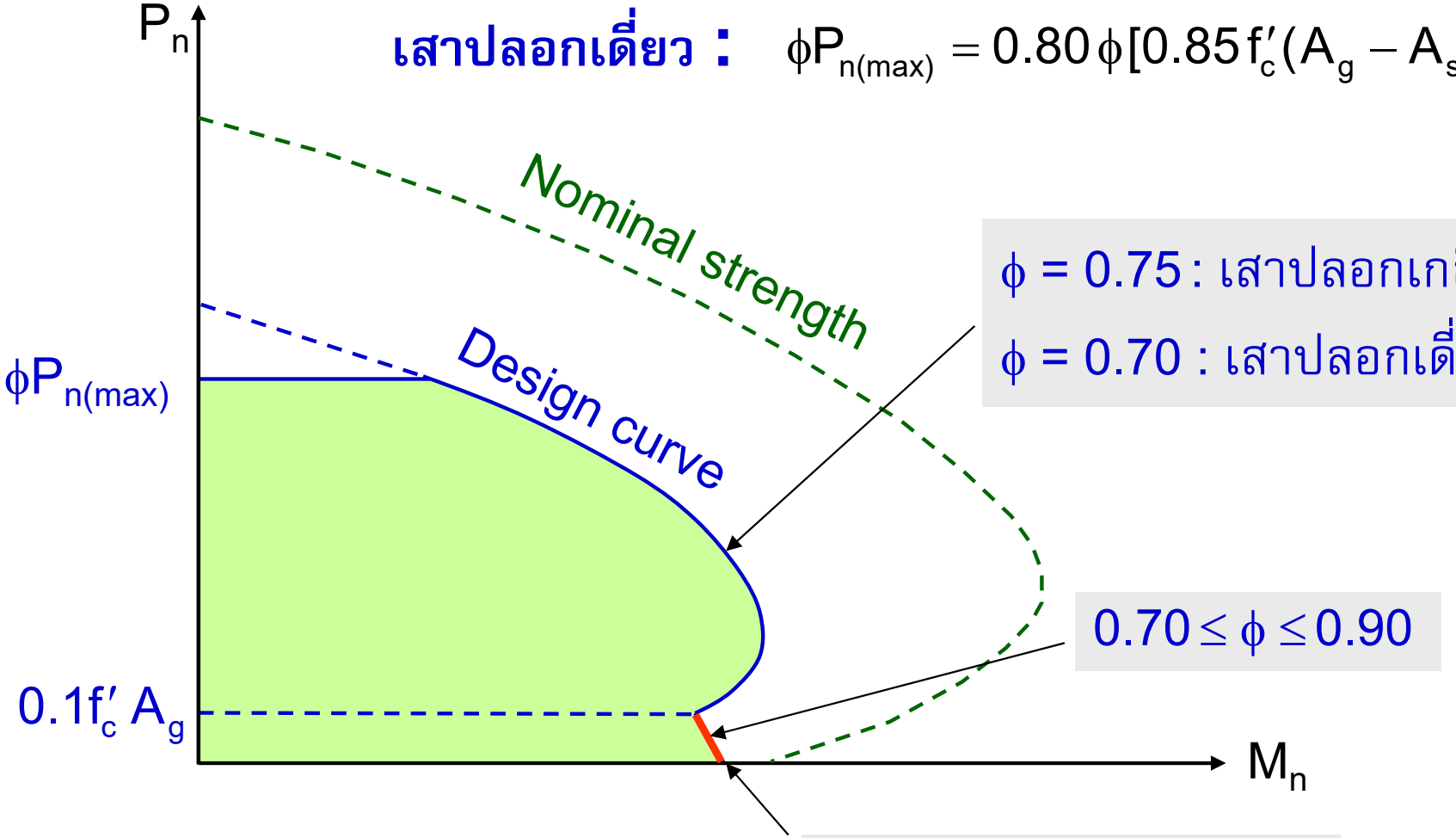


แผนภูมิปฏิสัมพันธ์สำหรับการออกแบบ

SDM

เสาปลอกเกลียว : $\phi P_{n(max)} = 0.85\phi[0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$

เสาปลอกเดี่ยว : $\phi P_{n(max)} = 0.80\phi[0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$



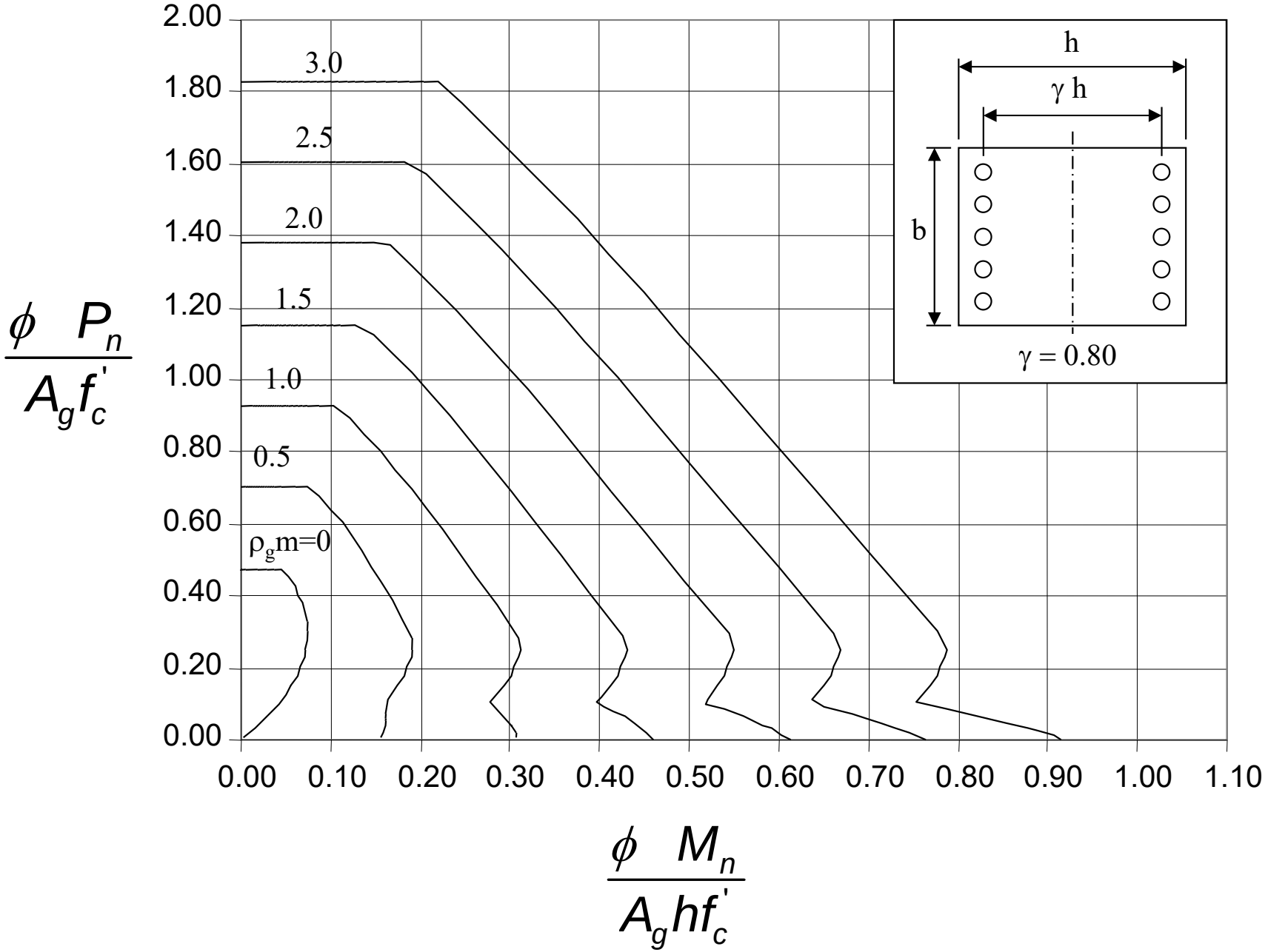
$\phi = 0.75$: เสาปลอกเกลียว

$\phi = 0.70$: เสาปลอกเดี่ยว

$0.70 \le \phi \le 0.90$

$\phi = 0.90$: การดัดในคาน

Normalized Interaction Diagram



ตัวอย่างการออกแบบเสา

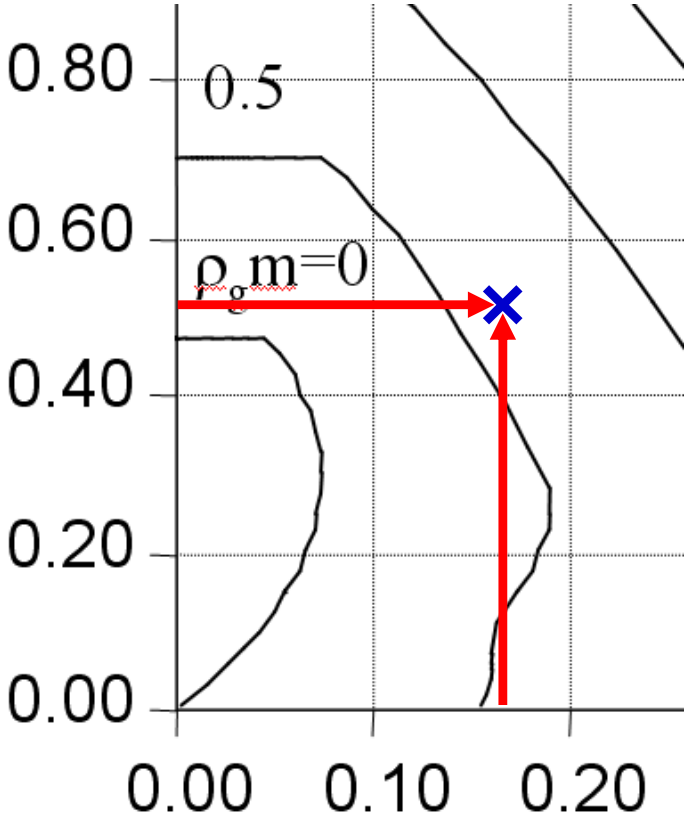
SDM

จงออกแบบเสาเสาเพื่อรับแรงตามแนวแกน **P_u = 200** ตัน และโมเมนต์ดัด **M_u = 30** ตัน-เมตร กำหนด f'_c = 240 กก./ซม.^{2} และ f_y = 4,000 กก./ซม.^{2}

วิธีทำ ลองหน้าตัด 30 x 50 ซม.

$$\frac{P_u}{A_g f'_c} = \frac{200}{30 \times 50 \times 0.24} = \mathbf{0.56}$$

$$\frac{M_u}{A_g h f'_c} = \frac{30 \times 100}{30 \times 50 \times 50 \times 0.24} = \mathbf{0.17}$$



จากแผนภูมิอ่านค่า **ρ_g m = 0.65**

ρ_g = 0.65 × 0.85 × 0.24 / 4.0 = **0.033**

A_{st} = 0.033 × 30 × 50 = **49.5** ซม.^{2}

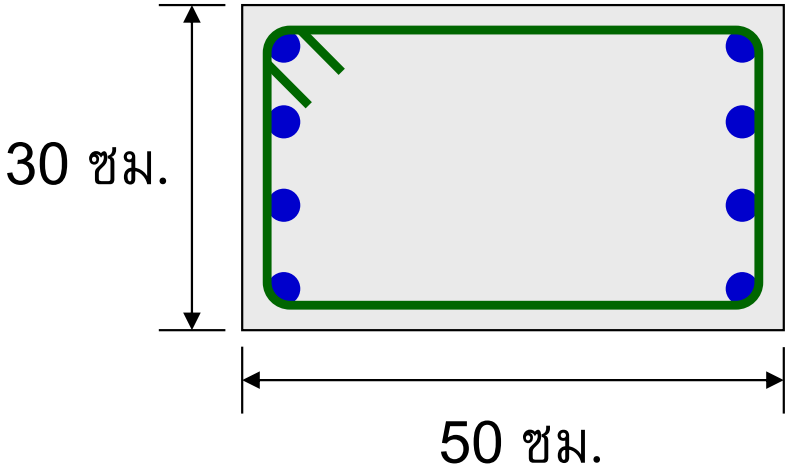
USE 8-DB28 (A_{st} = 49.28 ซม.^{2})

เลือกเหล็กปลอก DB10 :

ระยะห่างเหล็กปลอกต้องไม่น้อยกว่า : $16 \times 2.8 = 44.8$ ซม.

$48 \times 1.0 = 48$ ซม.

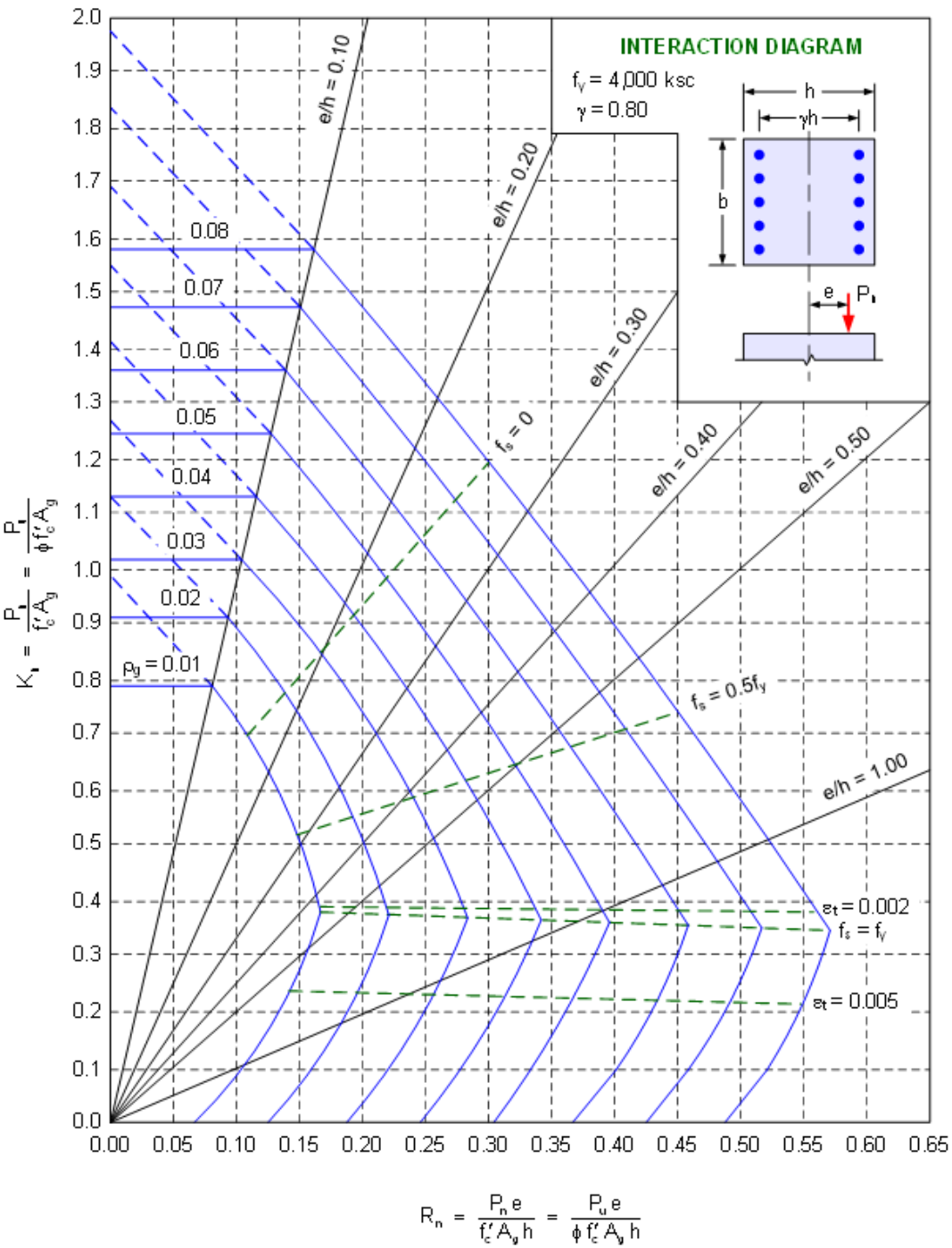
USE DB10 @ 0.30 ม. 30 ซม. **ควบคุม**



เหล็กยืน 8-DB28

เหล็กปลอก DB10 @ 0.30 ม.

แผนภูมิที่ ก.12 แผนภูมิปฏิสัมพันธ์ของหน้าตัดเสาสี่เหลี่ยมมีเหล็กเสริมบนแต่ละด้านและ γ = 0.80



ตัวอย่างที่ 12.5 จงออกแบบเสาสี่เหลี่ยมผืนผ้าปลอกเดี่ยวในอาคารเพื่อรองรับน้ำหนักบรรทุก $P_u = 120$ ตัน และโมเมนต์ $M_u = 12$ ตัน-เมตร กำหนด $f'_c = 240$ ก.ก./ซม.^{2} และ $f_y = 4{,}000$ ก.ก./ซม.^{2}

วิธีทำ ลองเลือกขนาดพื้นที่โดยประมาณหน่วยแรงเฉลี่ยที่ 140 ก.ก./ซม.^{2}:

$$\text{Trial } A_g = \frac{P_u}{140} = \frac{120(1{,}000)}{140} = 857 \text{ cm}^2$$

ลองเลือกหน้าตัด $A_g = 30 \times 40$ ซม. พื้นที่ 1,200 ซม.^{2}

$$P_n = P_u / \phi = 120 / 0.7 = 171.43 \text{ ton}$$

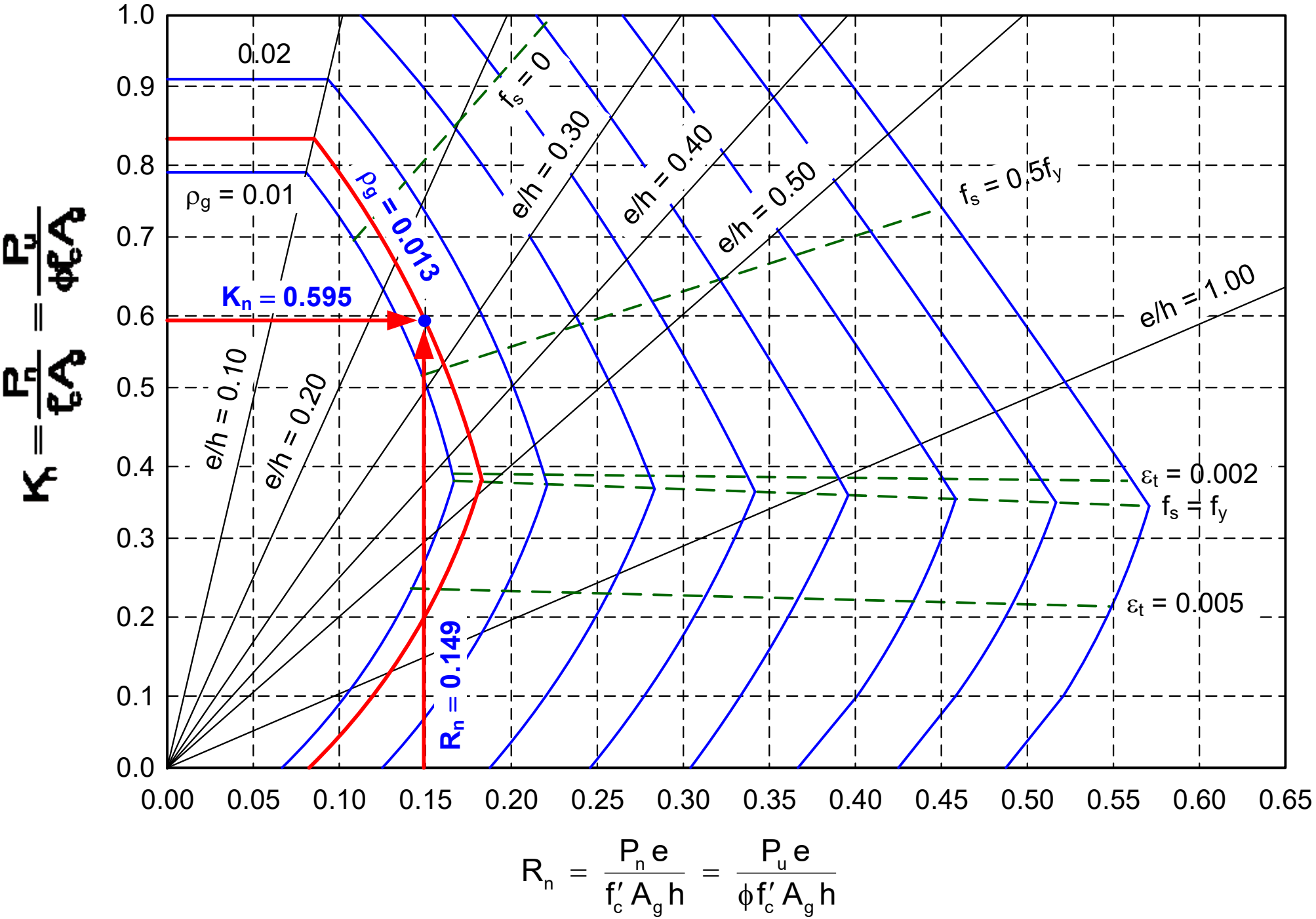
$$M_n = M_u / \phi = 12 / 0.7 = 17.14 \text{ t-m}$$

ประมาณค่า $\gamma = 0.80$ จากแผนภูมิที่ ก.12 คำนวณค่าคำนวณพารามิเตอร์ต่าง ๆดังนี้

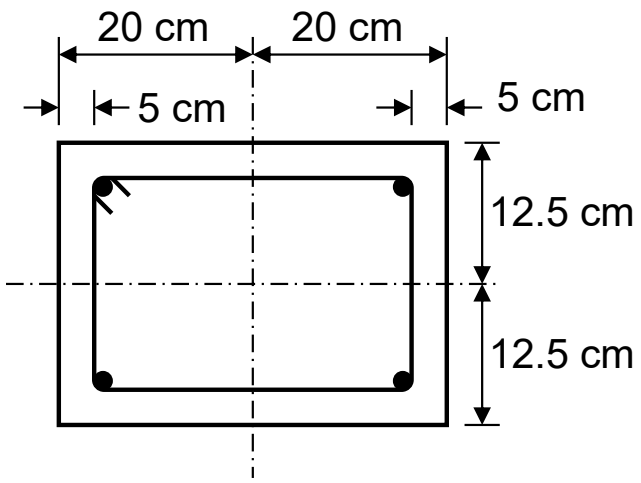
$$K_n = \frac{P_n}{f'_c A_g} = \frac{171.43}{0.24 \times 1{,}200} = 0.595$$

$$R_n = \frac{M_n}{f'_c A_g h} = \frac{17.14 \times 100}{0.24 \times 1{,}200 \times 40} = 0.149$$

ลากเส้นนอนและเส้นดิ่งในแผนภูมิปฏิสัมพันธ์จะได้ $\rho_g = 0.013$ ดังในรูป



Column strength interaction diagram. A 25 x 40 cm column is reinforced with 4DB28. Concrete strength f'_c = 280 ksc and the steel yield strength f_y = 4,000 ksc



RC18_InterDiagram.xls
Microsoft Excel Worksheet
83 KB

Material Properties

f'_c =	28.00 MPa	E_c =	25,045 MPa
f_y =	400.00 MPa	E_s =	200,000 MPa
ϕ_b =	1		
ϕ_c =	1		

Units: ○ English ◉ Metric

Compute Interact: Diagra

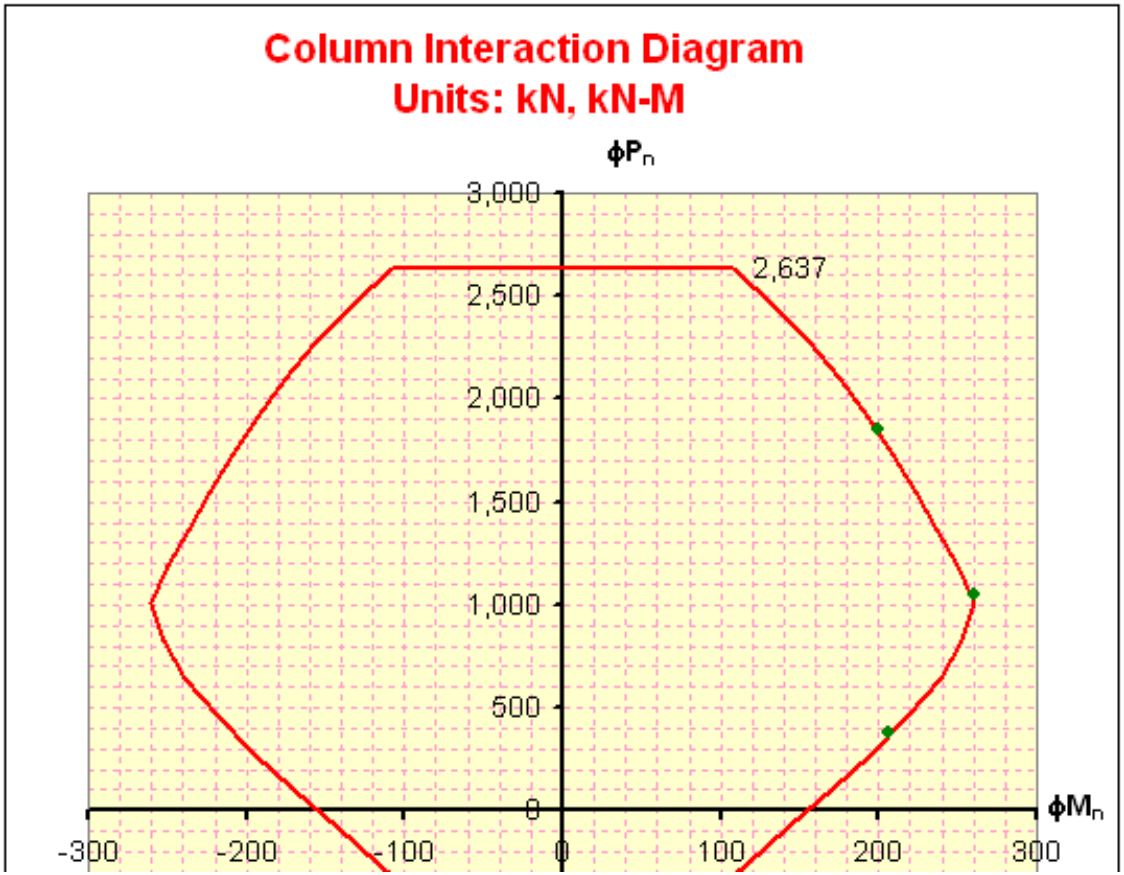
Rectangular Concrete Section

Height H =	400.00	mm
Width B =	250.00	mm
ρ_s =	2.46%	

$h = 40$ cm
$d' = 5$ cm
$d = 35$ cm

Steel Layer No.	Steel Area A_s mm^2	Dist. from bottom Y_s mm
1	1232.00	50.00
2	1232.00	350.00
3		

	Factored Loads	
	Pu	Mu
	kN	kN-M
1	1050	261
2	382	206
3	1852	199

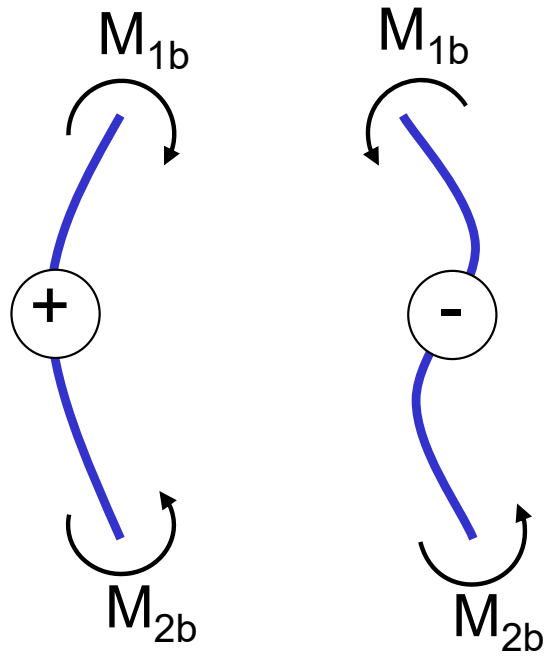


ผลของความชะลูด

SDM

- ความยาวส่วนที่ไม่มีการยึดรั้ง l_u ของเสาเท่ากับระยะช่องว่างระหว่างพื้น
- ในโครงสร้างที่ไม่มีการเซ ตัวคูณความยาวประสิทธิผล $k \leq 1.0$ สำหรับโครงที่มีการเซ $k > 1.0$
- รัศมีไจเรชั่น $r = 0.30b$ สำหรับเสาสี่เหลี่ยม และ $r = 0.25D$ สำหรับเสากลม
- สำหรับโครงที่ไม่มีการเซ ไม่ต้องคิดผลของความชะลูดเมื่อ

$$\frac{k\ell_u}{r} < 34 - 12\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$$



- สำหรับโครงที่มีการเซ ไม่ต้องคิดผลของความชะลูดเมื่อ

$$\frac{k\ell_u}{r} < 22$$

ข้อสอบภย

ข้อที่ : 239

เสาปลอกเดี่ยวขนาด 50 x 50 ซม. อยู่ในโครงเฟรมที่เซได้ ถ้าพบว่าค่า effective length factor เท่ากับ 1.5 ดังนั้น ช่วงความยาวเสาปราศจากการค้ำยันควรเป็นเท่าใดตามวิธี USD จึงจะเป็นเสาสั้น

r = 0.3 x 50 = 15 ซม.

เสาสั้น : $\frac{k\ell_u}{r} < 22 \rightarrow \frac{1.5\times\ell_u}{15} = 22$

ℓ_u = 220 cm = **2.20** m

ข้อสอบภย

ข้อที่ : 240

เสาปลอกเกลียวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 ซม. อยู่ในโครงเฟรมที่เซได้ ถ้าพบว่าค่า effective length factor เท่ากับ 1.5 ดังนั้น ช่วงความยาวเสาปราศจากการค้ำยันควรเป็นเท่าใดตามวิธี USD จึงจะเป็นเสาสั้น

r = 0.25 x 50 = 12.5 ซม.

เสาสั้น : $\frac{k\ell_u}{r} < 22 \rightarrow \frac{1.5\times\ell_u}{12.5} = 22$

ℓ_u = 183 cm = **1.83** m