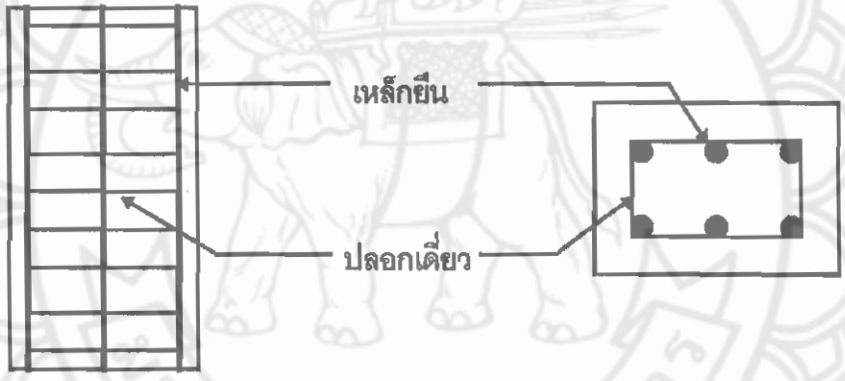
บทที่ 2
เนื้อหาโดยทั่วไปของเสา

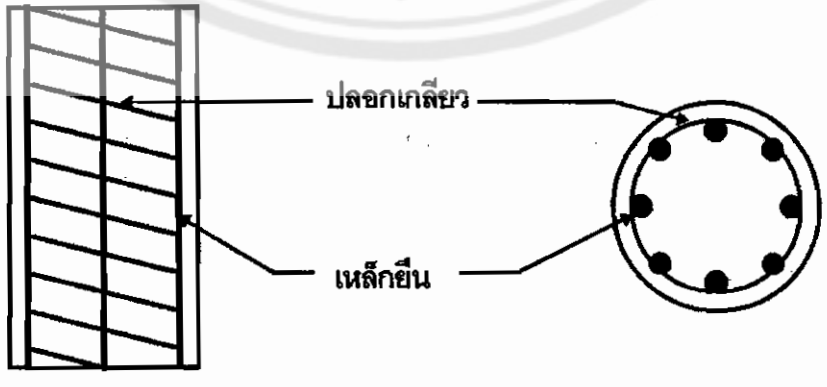
2.1 ประเภทของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.1.1 เสาปลอกเดี่ยว เป็นเสาคอนกรีตเสริมเหล็กยืนโดยมีปลอกรัดเป็นวงๆ เหล็กปลอกที่รัดอาจจะเป็นวงเดียวหรือหลายวงก็ได้ ลักษณะของเหล็กปลอกควรจะงอฉากให้เกี่ยวยึดเหล็กถี่พอสมควร เพื่อป้องกันเหล็กยืนไม่ให้โก่งงอ เสาประเภทนี้นิยมใช้กับอาคารทั่วๆไป ดังภาพที่1



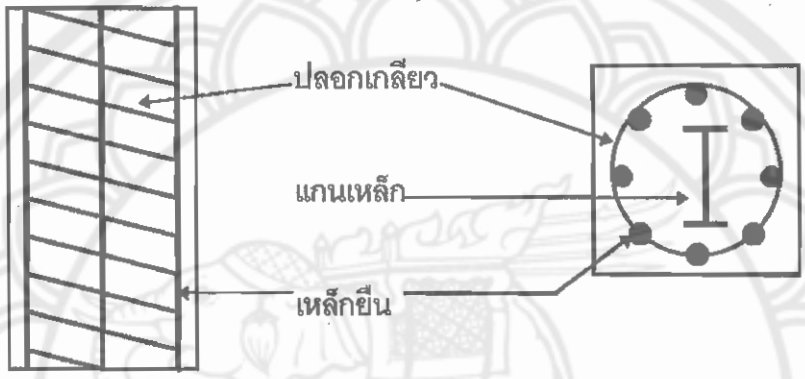
ภาพที่1 เสาปลอกเดี่ยว

2.1.2 เสาปลอกเกลียว เป็นเสาคอนกรีตเสริมเหล็กยืนโดยมีปลอกเป็นเกลียวรัดต่อเนื่อง เสาแบบนี้จะรับแรงได้ดีกว่าเสาปลอกเดี่ยวประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ นิยมใช้กับเสากลมหรือเสาหลายเหลี่ยม ดังภาพที่2



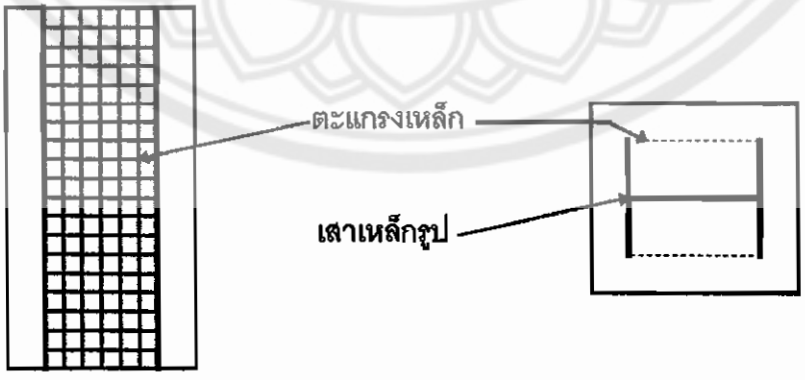
ภาพที่ 2 เสาปลอกเกลียว

2.1.3 เสาปลอกเกลียวเสริมแกนเหล็ก เหมือนเสาปลอกเกลียว แต่แกนกลางจะมีเหล็กเสริมแกนซึ่งอาจมีหน้าตัด I หรือ H ตามความเหมาะสม พื้นที่หน้าตัดแกนเหล็กเมื่อเทียบกับหน้าตัดเสาแล้วจะไม่ใหญ่มากนัก เสาชนิดนี้นิยมใช้ในกรณีมีแป้นหุ้ช้างหรือต้องการลดขนาดของเสาลง ให้พอเหมาะกับวัตถุประสงค์ทางด้านสถาปัตยกรรม ดังภาพที่ 3



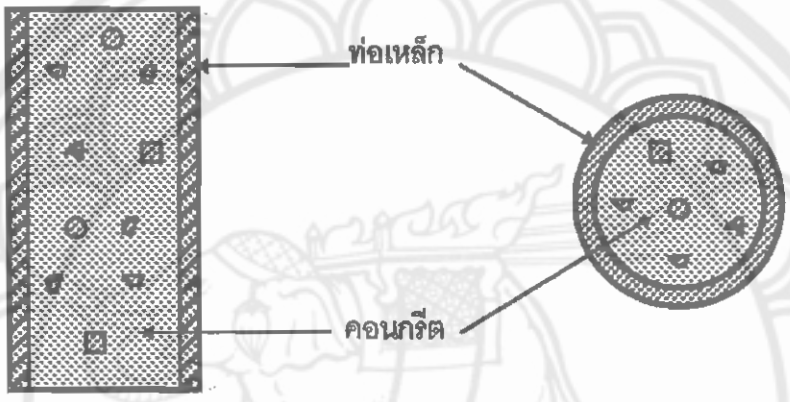
ภาพที่ 3 เสาปลอกเกลียวเสริมแกนเหล็ก

2.1.4 เสาเหล็กหุ้มด้วยคอนกรีต คล้ายกับเสาปลอกเกลียวเสริมแกนเหล็ก แต่เหล็กที่เป็นแกนนิยมใช้เหล็กแผ่นหนาๆ มาตัดเชื่อมหรือย้ำหมุดขึ้นรูปเป็นหน้าตัด H ขนาดใหญ่ หุ้มด้วยตะแกรงเหล็กเบอร์ 10 AS&W Gage และมีคอนกรีตกำลังสูงหุ้มไม่น้อยกว่า 6 เซนติเมตร เสาชนิดนี้นิยมใช้ในกรณีที่ต้องการขนาดเสาเล็กแต่รับน้ำหนักมาก ดังภาพที่4



ภาพที่ 4 เสาเหล็กหุ้มด้วยคอนกรีต

2.1.5 เสาคอนกรีตหุ้มด้วยท่อเหล็ก เป็นเสาที่รับน้ำหนักไม่มาก เช่น ค้ำยันชายคา ปลายล่างที่ฝังในคอนกรีตพื้นหรือฐานราก ต้องมีแผ่นเหล็กหนา 3/8 นิ้วหรือประมาณ 10 มิลลิเมตร เชื่อมติดสำหรับกระจายน้ำหนักพื้นที่แผ่นเหล็กให้คำนวณแผ่น้ำหนักให้พอเหมาะ ดังภาพที่5



ภาพที่ 5 เสาคอนกรีตหุ้มด้วยท่อเหล็ก

2.2 <u>ชนิดของเสา</u>

2.2.1 เสาสั้น

2.2.2 เสายาว

ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วนความชะลูด มีสมการคำนวณดังต่อไปนี้

ถ้าพิจารณาที่สภาวะสมดุลของเสาแบบ pin-ended และกำหนดให้มีแรงกระทำน้อยที่สุดที่ทำให้เกิดการ buckling หาได้จากสมการดังนี้

$$Pc = \frac{\pi^2 E I_{min}}{l^2}$$

เมื่อกำหนดให้ค่า E = Modulus of elasticity

Imin = minimum moment of inertia

l = length of column between pin supports

ถ้าแทนค่า Pc=fcA ในสมการข้างบนจะได้

$$fc = \frac{\pi^2 E I_{min}}{l^2 A}$$

ถ้าแทนค่า Imin = Ar^2, เมื่อ r = equals the minimum radius of gyration จากสมการของ Euler จะได้

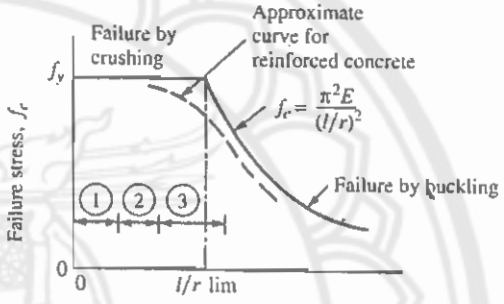
$$fc = \frac{\pi^2 E}{(l/r)^2} \qquad \text{แต่ } fc \leq fy$$

เพราะฉะนั้น $(l/r)min = \sqrt{\pi^2 E/fy}$ เมื่อ (l/r) คือ slenderness ratio

โดยที่ (1) = compression blocks

(2) = short columns

(3) = long columns



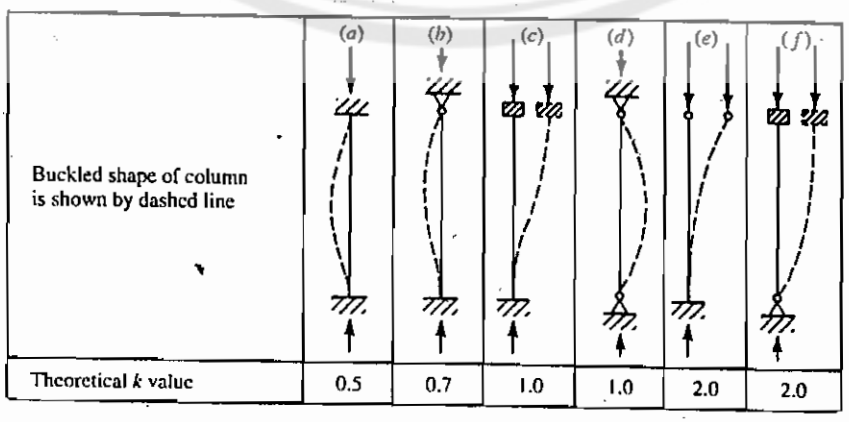
ภาพที่ 6 แสดงการแบ่งประเภทของเสาจากค่า slenderness ratio

แต่ในทางเป็นจริงแล้วเสานั้น จะคิดเป็นความสูงประสิทธิผล (effective length)เนื่องมาจากความสูงมีผลต่อค่ากำลัง ดังนั้นเขียนสมการใหม่ได้เป็น

$$Pc = \frac{\pi^2 EI}{(kl)^2}$$

$$fc = \frac{\pi^2 E}{(kl/r)^2}$$

ค่า k = effective - length factor หาได้จากภาพที่ 7



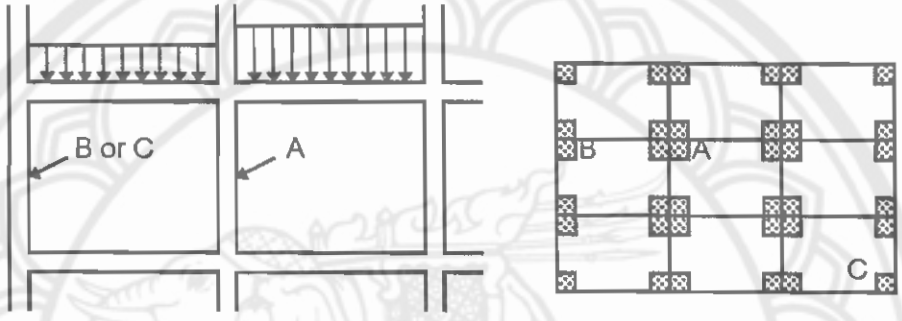
ภาพที่ 7 แสดงค่า effective - length factor ที่เงื่อนไขต่างๆ

2.3 ประเภทของแรงที่กระทำต่อเสา

2.3.1 Axial Load

2.3.2 Uniaxial Load

2.3.3 Bi-Axial Load



A or B = Uniaxial bending(กระทำภายในและภายนอก) C=Biaxial bending

ภาพที่ 8 ตำแหน่งของแรงที่กระทำต่อเสา

2.4 ชนิดของ Failure มีอยู่ 3 ชนิดคือ

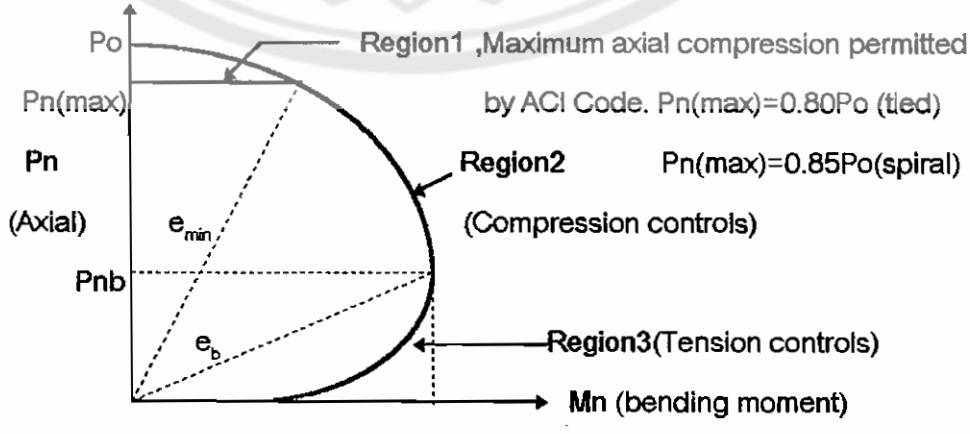
2.4.1 Tension failure ($P_n < P_{nb}$)

2.4.2 Balanced failure ($P_n = P_{nb}$)

2.4.3 Compression failure ($P_n > P_{nb}$)

เมื่อ P_n คือ axial load

P_{nb} คือ axial load ตามเงื่อนไขสมดุลย์



ภาพที่ 9 กราฟแสดงชนิดของ failure

หมายเหตุ 1.) Tension failure เหล็กเสริมจะเริ่มคลากทางด้านที่รับแรงดึงก่อน

2.) Compression failure คอนกรีตจะเริ่มแตกทางด้านที่รับแรงกดก่อน

2.4.4 การเกิด Failure ในเสาโดยทั่วไป

เกิดจากผลของ material failure(เนื่องจากวัสดุ) ใน initial yielding ของเหล็กที่หน้าตัดรับแรงดึง หรือ initial crushing ของคอนกรีตที่หน้าตัดรับแรงอัด หรือเป็นการสูญเสีย lateral structure stability(การสูญเสียความสมดุลด้านข้าง)

ถ้าเสาเกิด fail ที่ initial material จะจำแนกเป็นเสาสั้น ถ้าความยาวของเสาเพิ่มมากขึ้นจะมีโอกาสเกิด failure โดยการ bucking ถ้า klu/r(Slenderness ratio)$\leq$ 22 column นั้นจะถูกจำแนกเป็น short column ตามข้อกำหนดของ ACI

ในกรณีของ Beam strength of column หาได้จากกฎพื้นฐานดังต่อไปนี้

1.) การกระจายของ strain ตามความหนาของ column จะเป็นเส้นตรง

2.) ไม่มีการเลื่อนระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก หรือเหล็กกับคอนกรีตเกาะกันอย่างดี

3.) ค่าสูงสุดของ strain ในคอนกรีตที่ยอมให้มีได้มีค่าเท่ากับ 0.003 in./ in.

4.) จะไม่เกิด tensile resistance ในคอนกรีต

ACI code แนะนำว่าในการวิเคราะห์และออกแบบเสา

ให้ลดค่า P_o ลง 20 % สำหรับเสาเหลี่ยม

$$P_{n(Max)} = 0.8\ [(\ 0.85\ f'_c\ (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y\ )]$$

ให้ลดค่า P_o ลง 15 % สำหรับเสาปลอกเกลียว

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

ปกติในการออกแบบโดยทั่วไป สมมติให้ $(A_g - A_{st}) \approx A_g$

2.4.5 Balance failure ในเสาเหลี่ยม

เมื่อค่า Eccentricity ลดลง ทำให้ค่า primary tension failure เปลี่ยนไปเป็น primary compression failure ที่ภาวะ balance failure การ yield ของเหล็กรับแรงดึง (ϵ_y)จะเกิดขึ้นพร้อมกันกับคอนกรีตรับแรงกดที่ Strain ϵ_c= 0.003 in./in. เมื่อเริ่มเกิดการ crushing

2.5 ส่วนประกอบ

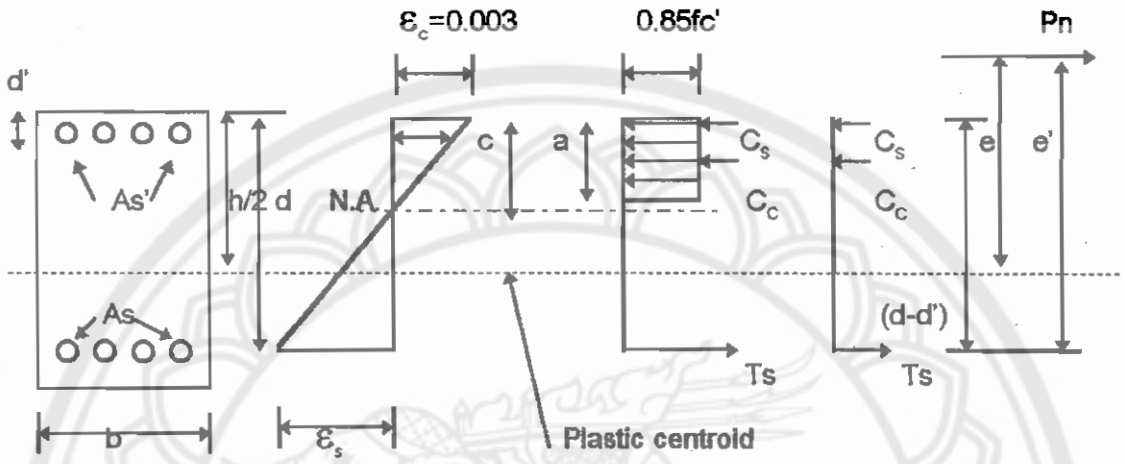
2.5.1 เหล็กยืน

2.5.2 เหล็กปลอก

2.5.3 คอนกรีต

รายละเอียดดูได้จากภาคผนวก

2.6 เนื้อหาโดยละเอียดของเสาแบบ Tied column



$\varepsilon_s = 0.003\frac{(d-c)}{c}$ $\quad f_s = E_s\varepsilon_s \le f_y$ $\quad C_c = 0.85f'_c b_a$

$C_s = A'_s f'_s$

$\varepsilon'_s = 0.003\frac{(c-d')}{c}$ $\quad f'_s = E_s\varepsilon'_s \le f_y$ $\quad T_s = A_s f_s$

c = distance to neutral axis

y = distance to geometric or plastic centroid

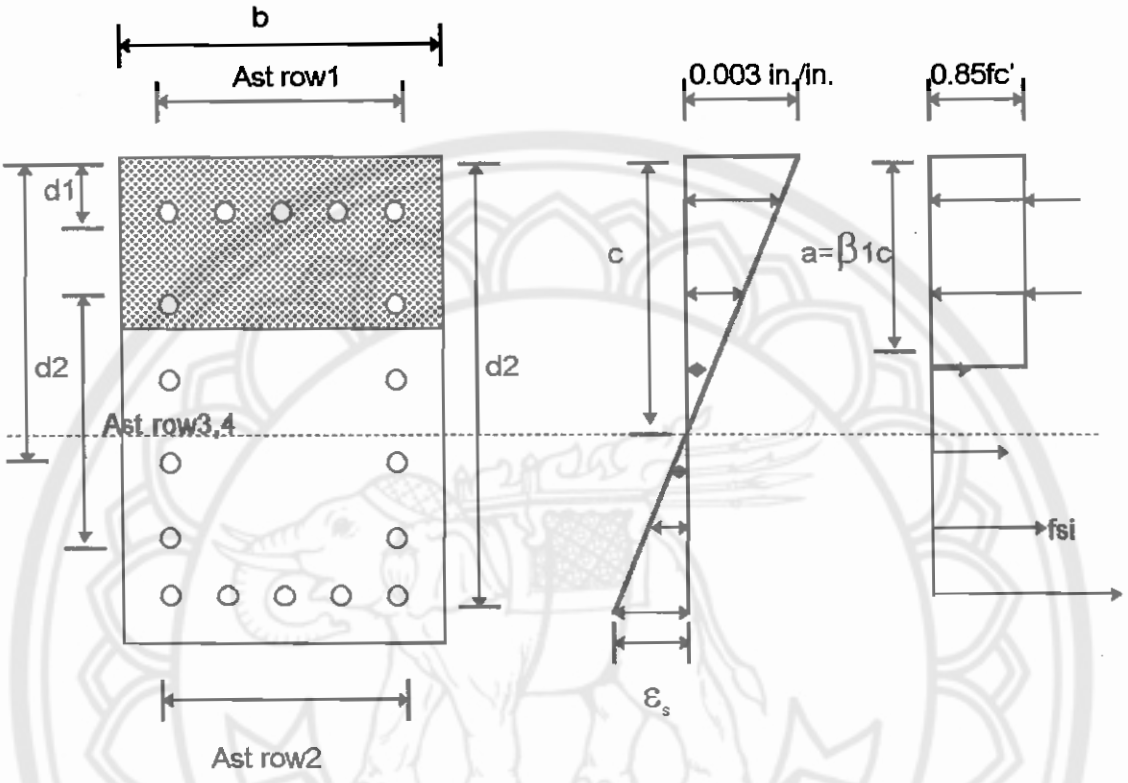
e = eccentricity of load from geometric or plastic centroid

e' = eccentricity of load to torsion steel

d' = effective cover of compression steel

* = or geometric centroid (for symmetrical reinforcement)

ภาพที่ 10 ความเครียดและแรงกระทำต่อเสา แบบใส่เหล็กสองหน้า



ภาพที่ 11 แสดงรายละเอียดของเสา แบบใส่เหล็กสี่หน้า

สมการการคำนวณ

$$C_b = \frac{87{,}000\ d\ max}{87{,}000 + f_y}$$

$$\varnothing P_{nb} = 0.7P_{nb} = 0.7\ (0.85\ f'_c a_b b + \sum f_{si} A_i)$$

$$\varnothing M_{nb} = 0.7M_{nb} = 0.7\ [0.85 f'_c a_b b(h - \frac{a_b}{2}) + \sum f_{si} A_i (h - \frac{d_i}{2})]$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}}$$

$$P_{uo} = 0.7P_{(max)} = (0.7)(0.8)\ [\ 0.85 f'_c\ ,(A_g - A_{st}) + A_s f_y]$$

If $\varnothing P_{nb} > 0.1 f'_c A_g$,

$$\varnothing = 0.90 - \frac{2.0P_u}{f'_c A_g} \geq 0.7$$

If $\varnothing P_{nb} < 0.1 f'_c A_g$,

$$\varnothing = 0.90 - \frac{0.2P_u}{P_{ub}} \geq 0.7$$

$$\varnothing P_u = (0.85f'_c a_b + \Sigma f_{si}A_i)$$

$$\varnothing M_u = \varnothing [0.85 f'_c ab(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}) + \Sigma f_{si}A_i(\frac{h}{2} - d_i)]$$

$$e_b = \frac{M_u}{P_u}$$

$$f_{si} = \begin{cases} \frac{87{,}000c - d_i}{c} \leq f_y & \text{(tension zone)} \\ (\frac{87{,}000c - d_i}{c} \leq f_y) - 0.85fc' & \text{(compression zone)} \end{cases}$$

$A_{st} \geq 0.01\ bh$ $\qquad$ $A_{st} \geq 0.08\ bh$

จากภาพที่ 11 สามารถหาความสัมพันธ์จากสามเหลี่ยมคล้าย

เมื่อ C_b คือ ความลึกของ neutral axis ที่จุด balance ที่ภาวะสมดุล สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{C_b}{d} = \frac{0.003}{0.003 + f_y / Es} \qquad (1)$$

เมื่อใช้ $Es = 29 \times 10^6$ Psi

$$C_b = \frac{d \times 87{,}000}{87{,}000 + f_y} \qquad (2)$$

$$a = \beta 1\, C_b = \frac{\beta 1\, d \times 87{,}000}{87{,}000 + f_y} \qquad (3)$$

เมื่อ P_{nb} คือ Axial load ในสภาวะสมดุล

e_b คือ Eccentricity ในสภาวะสมดุล

จะได้ว่า

$$P_{nb} = 0.85fc'ba_b + A'_s f'_s - A_s f_y \quad (4)$$

$$M_{nb} = P_{nb}e_b = 0.85fc'ba_b(\bar{y}-\frac{a}{2})+A'_s f'_s(\bar{y}-d')+A_s f_y(d-\bar{y}) \quad (5)$$

ถ้า $f_s = \frac{0.003 E_s (C_b - d')}{C_b} \leq f_y$ (6)

$$= \frac{87{,}000 (C_b - d')}{C_b} \leq f_y$$

และ y คือ ระยะจาก compression fiber ถึง plastic geometric centroid

หมายเหตุ

จากข้อมูลเบื้องต้นสามารถคำนวณหาค่า a_b และ f_s ได้ แล้วนำไปแทนค่าในสมการ P_{nb} , M_{nb} จะได้ค่า P_{nb} และ e_b

ถ้าต้องการคำนวณหาค่า P_n และ M_n ต้องสมมติค่า C ที่ตำแหน่งต่างๆโดยให้ $A'_s = A_s$ แล้ว $\bar{y} = 0.5h$

Tension failure ในเสาเหลี่ยม

ในกรณีที่ Eccentricity มีค่ามาก จะเกิดการ yielding ของเหล็กที่หน้าตัดด้านรับแรงดึง โดยจะเปลี่ยนจาก compression failure ไปเป็น tension failure เมื่อพิจารณาที่จุด $e = e_b$

ถ้า e มีค่ามากกว่า e_b หรือ $P_n < P_{nb}$ จะเข้าสู่ช่วงของ Tension control

ถ้าหน้าตัดเป็นแบบสมมาตร โดยให้ค่า $A'_s = A_s$ ในการทำงานโดยทั่วไปจะจัดเหล็กให้สมมาตรกัน เพื่อป้องกันความผิดพลาดอันอาจจะเกิดจากการใส่เหล็กผิดด้าน ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$P_n = 0.85 f'cba \quad (7)$$

$$M_n = P_n e = 0.85f'cba(\bar{y}-\frac{a}{2})+A'_s f'_s(\bar{y}-d')+A_s f_y(d-\bar{y}) \quad (8)$$

หรือ $M_n = P_n e = 0.85 f'cba(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}) + A_s f_y (d - d')$ เมื่อ $y = 0.5h$

ถ้าสมการ (7) + (8) จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$P_n e = P_n(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}) + A_s f_y (d - d') \quad \text{——— (9)}$$

จากสมการ (7) ; $a = P_n / 0.85 f'c\, b$ แทนค่าในสมการที่ (9)

จะได้ $$P_n e = P_n(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}) + A_s f_y (d - d') \quad \text{——— (10)}$$

จากสมการ (10) จัดให้อยู่ในรูป Quadratics equation ($Pn^2 + Pn + C = 0$)

ดังนั้น

$$\frac{Pn^2}{1.7 f'c\, b} - Pn(\frac{h}{2} - e) - A_s f_y (d - d') = 0 \quad \text{——— (11)}$$

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bd}$$

เมื่อ ρ คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ของเหล็กเสริมในคอนกรีต

ดังนั้น $$P_n = 0.85 f'cb[(\frac{h}{2} - e) + \sqrt{(\frac{h}{2} - e)^2 + \frac{2Asfy(d-d')}{0.85 f'cb}}] \quad \text{——— (12)}$$

เมื่อ $$m = \frac{fy}{0.85 f'c}$$

จากสมการ (12) นำค่า m ไปแทนค่าจะได้

$$P_n = 0.85 f'cbd[(\frac{h - 2e}{2d}) + \sqrt{(\frac{h - 2e}{2d})^2 + 2mp(\frac{1-d'}{d})}] \quad \text{——— (13)}$$

ถ้า e คือ ระยะระหว่างเหล็กรับแรงดึงกับน้ำหนักที่กระทำ

$$e' = [e + (d - h/2)]$$

$$(\frac{h - 2e}{2d}) = 1 - \frac{e'}{d}$$

ในกรณีที่วางเหล็กเสริมไม่สมมาตรกัน

ดังนั้น $\rho \neq \rho'$ และค่า Cc เปลี่ยนจาก $0.85 f'cba$ เป็น $0.85 f'c(ba - A's)$

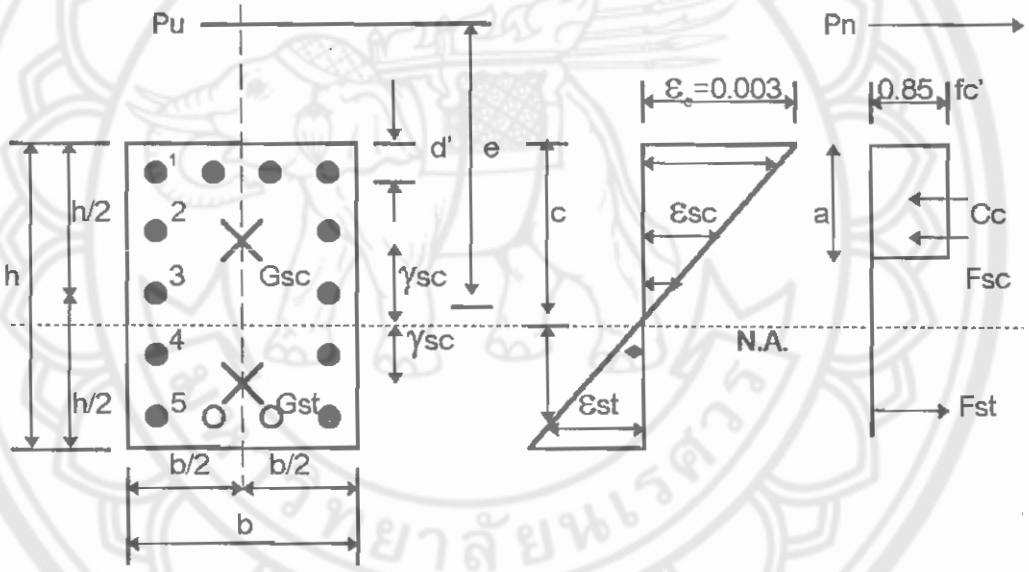
จะได้ว่า

$$P_n = 0.85f'cbd[\rho'(m-1)-\rho m+(1-\frac{e'}{d})]+\sqrt{(1-\frac{e'}{d})^2+2[\frac{e'}{d}(\rho m-\rho' m+\rho')+\rho'(m-1)(1-\frac{d'}{d})]} \quad (14)$$

เมื่อ $\rho = \frac{As}{bd}$

$\rho' = \frac{As'}{bd}$

ในกรณีที่เราใส่เหล็กเสริมทุกหน้าของเสา



ภาพที่ 12 ความเครียดและแรงกระทำต่อเสา

เมื่อ Gsc= จุดศูนย์ถ่วงของเหล็กรับแรงกด

Gst = จุดศูนย์ถ่วงของเหล็กรับแรงดึง

Fsc= แรงลัพธ์ของเหล็กรับแรงกด = $\sum A'sfsc$

Fst = แรงลัพธ์ของเหล็กรับแรงดึง = $\sum A'sfst$

ที่สภาวะสมดุลระหว่างแรงภายในและแรงภายนอก สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$Pn = 0.85f'cb\beta 1c + Fsc - Fst$$

$$Pne = 0.85f'cb\beta 1c(\frac{h}{2}-\frac{\beta 1c}{2}) + FscYsc - FstYst$$

ในการคำนวนขึ้นอยู่กับ การสมมติค่า c เพื่อที่ต้องการหา Pn และ Mn ที่สภาวะสมดุล

โดยให้ $f_{si} = E_s\varepsilon_{si} = E_s\varepsilon_{cSi} = 87000\left(\frac{C_b - S_i}{c}\right) \leq f_y$

Whitney' s ได้ให้สมมติฐานเบื้องต้นของเสาเหลี่ยมดังนี้

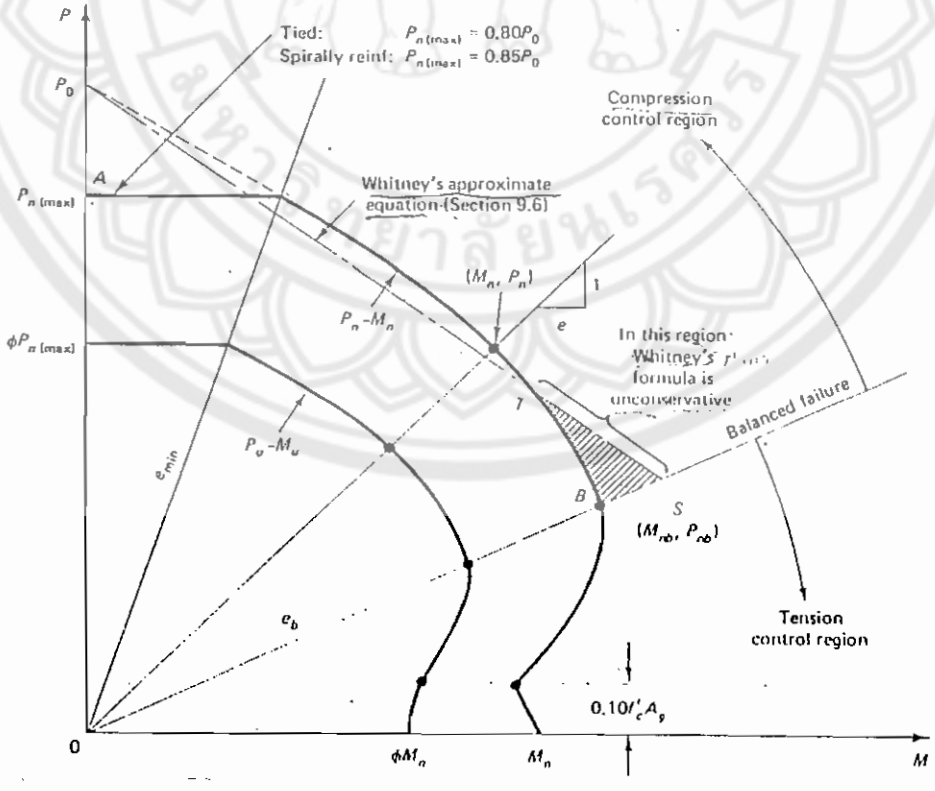
1.) การวางเหล็กต้องสมมาตรกันในแต่ละด้าน

2.) เหล็กต้อง yield ที่ compression

3.) คอนกรีตใน compression zone จะไม่นำพื้นที่เหล็กใน compression zone มาคิด

4.) ประมาณค่า a โดยเฉลี่ยที่สภาวะสมดุล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.54d

5.) ถ้าพิจารณาจาก interaction curve ใน zone ของ compression จะมีค่าเป็นเส้นตรงโดยดูจากภาพที่ 13



ภาพที่ 13 interaction diagram ระหว่าง load-moment(P-M)

สมมติฐานของ Whitney สามารถใช้ได้เกือบทุกกรณี แต่มีข้อบกพร่องบริเวณใกล้ๆ ที่สภาวะสมดุลซึ่งอยู่ในส่วนของ compression จึงแนะนำให้ใช้สมการดังนี้

$$P_n = \frac{A_s' f_y}{[e/(d-d')]} + \frac{bhf_c'}{(3he/d^2)+1.18} \qquad (17)$$

2.7 Column strength reduction factor ∅

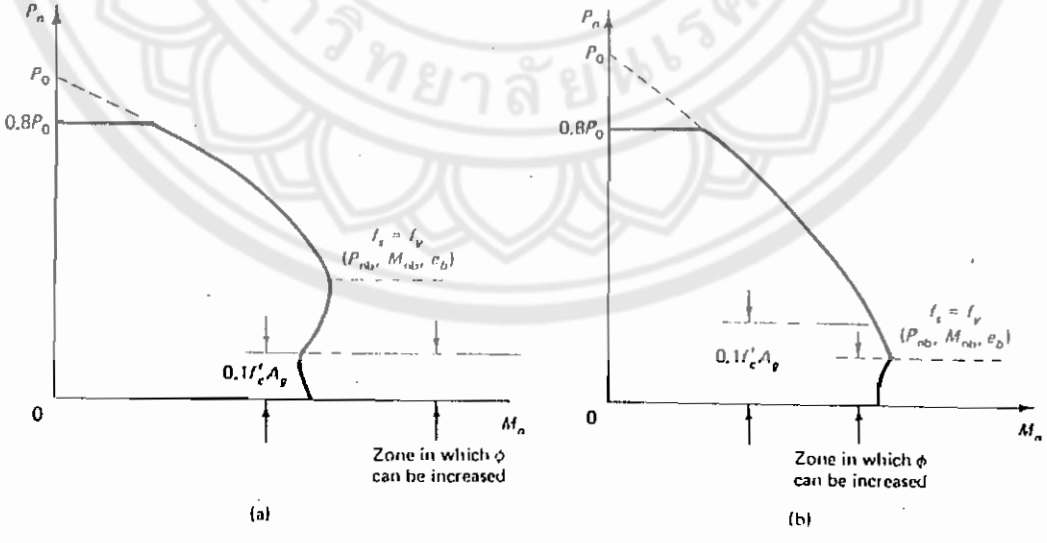
ถ้าชิ้นส่วนใดมีแรงกระทำตามแนวแกนน้อย failure จะเป็น initial yielding ของหน้าตัดรับแรงดึง และพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจะมีความเป็น ductile มากขึ้น ทำให้ต้องมีการลดค่าแรงที่กระทำและค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้น

เมื่อมีแรงกระทำตามแนวแกนมีค่าเป็นศูนย์ จะใช้ตัวลดกำลัง ∅ = 0.9

สำหรับเสาปลอกเดี่ยว(tie column) จะใช้ค่า ∅ = 0.7-0.9 และ

สำหรับเสาปลอกเกลียว(spiral column) จะใช้ค่า ∅ = 0.7-0.9

ในดังภาพที่14 ถ้าในกรณีที่ค่า 0.1fc'Ag > ∅Pnb ค่า∅ จะมีค่าเพิ่มขึ้นได้



ภาพที่ 14 Controlling zones for modification of reduction factor ∅ in column

(a) $0.1 f'_c A_g < \varnothing P_{nb}$; (b) $0.1 f'_c A_g > \varnothing P_{nb}$

ACI code ใช้ค่า 0.1fc'Ag เป็นเกณฑ์กำหนดว่าจะเพิ่มหรือลดค่า $\varnothing$ จากภาพที่ 14(a) นั้น ค่าที่ต่ำกว่า 0.1fc'Ag จะสามารถใช้ค่า $\varnothing$ เพิ่มจากข้อกำหนดเดิมได้ ค่าที่ใช้ในการออกแบบ ในเสาปลอกเดี่ยว $\varnothing$ = 0.7, ในเสาปลอกเกลียว $\varnothing$ = 0.75 โดยทั่วไปการออกแบบเสา ค่า$\varnothing$ อยู่ระหว่าง 0.7-0.9 แต่ค่า yield strength ของเหล็กเสริมต้องไม่เกิน 60000 psi. และเสาควรมีความลึกประสิทธิ์ผล(effective depth) ไม่น้อยกว่า 70% ของtotal depth ดังนั้นสามารถแยกได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.7.1 สำหรับเสาปลอกเดี่ยว(tie column)

$$\varnothing = 0.90 - \frac{0.2\varnothing Pn}{0.1fc'Ag} \geq 0.70 \qquad (20)$$

2.7.2 สำหรับเสาปลอกเกลียว(spiral column)

$$\varnothing = 0.90 - \frac{0.15\varnothing Pn}{0.1fc'Ag} \geq 0.75 \qquad (21)$$

โดยที่ $Pu = \varnothing Pn$

2.8 ข้อกำหนดมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์(ว.ส.ท.)

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการให้รายละเอียดเสา

2.8.1 พื้นที่หน้าตัดของเหล็กยืนสำหรับเสาจะต้องไม่น้อยกว่า 1% และไม่เกิน 8% ของพื้นที่หน้าตัดของเสา (Ag) ขนาดของเหล็กยืนจะต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร, จำนวนของเหล็กยืนจะต้องไม่น้อยกว่า 6 เส้น ในเสากลม และไม่น้อยกว่า 4 เส้น สำหรับเสาเหลี่ยม

2.8.2 ช่องว่างระหว่างเหล็กยืนของเสาต้องไม่น้อยกว่า 1.5 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็ก หรือ 1.5 เท่าของมวลหยาบใหญ่สุด หรือ 4 เซนติเมตร

2.8.3 ในเสาปลอกเดี่ยว เหล็กยืนทุกเส้นจะต้องมีเหล็กปลอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 6 มิลลิเมตร พันโดยรอบโดยมี ระยะเรียงของเหล็กปลอกไม่ห่างกว่า

ก. 16 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กยืน

หรือ ข. 48 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กปลอก

หรือ ค. มิติที่เล็กที่สุดของเสานั้น

และจะต้องจัดมุมของเหล็กปลอกยึดเหล็กยืนตามมุมทุกมุม

2.8.4 เหล็กปลอกเกลียว จะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 6 มิลลิเมตรพันต่อเนื่องสม่ำเสมอ ระยะเรียงศูนย์ถึงศูนย์ของเหล็กปลอกเกลียวจะต้องไม่เกิน

ก. 1 / 6 ของเส้นผ่าศูนย์กลางของแกนคอนกรีต

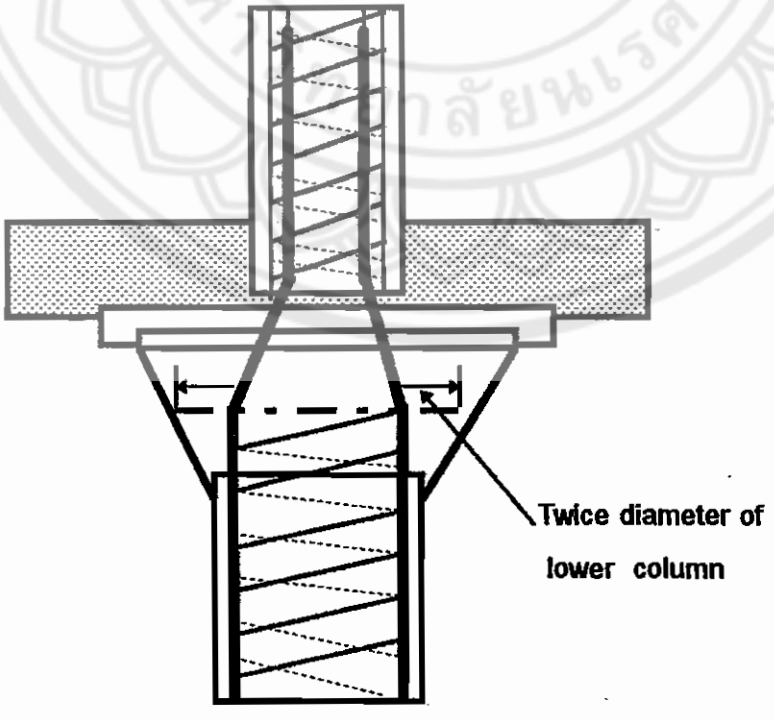
หรือ ข. ไม่ห่างกว่า 7 เซนติเมตร

หรือ ค. ไม่แคบกว่า 3 เซนติเมตร

หรือ ง. ไม่แคบกว่า 1.5 เท่าของขนาดมวลรวมหยาบที่ใช้

2.8.5 การใส่เหล็กปลอกเกลียว ต้องพันตลอดตั้งแต่ระดับพื้น หรือจากส่วนบนสุดของฐานรากขึ้นไปถึงระดับเหล็กเสริมเส้นล่างสุดของชั้นที่เหนือกว่า เช่นในแผ่นพื้นในแป้นหัวเสา หรือในคานในเสาที่มีหัวเสาจะต้องพันเหล็กปลอกเกลียวขึ้นไปจนถึงที่ระดับหัวเสาขยายเส้นผ่าศูนย์กลางหรือความกว้างโตเป็นสองเท่าของขนาดเสา

2.8.6 สำหรับเหล็กปลอกเกลียว หรือเหล็กปลอกเดี่ยวในเสา จะต้องมีความหนาของคอนกรีตห่อหุ้มซึ่งหล่อเป็นเนื้อเดียวกันไม่น้อยกว่า 3 เซนติเมตร หรือ 1.5 เท่าของขนาดมวลใหญ่สุด



ภาพที่ 15 รายละเอียดเหล็กปลอกที่แป้นหัวเสา

2.8.7 เมื่อต่อเหล็กโดยวิธีทาบ ความยาวที่ทาบอย่างน้อยที่สุดจะต้องมีค่าดังต่อไปนี้ สำหรับคอนกรีตที่มีกำลังอัด 200 กิโลกรัม / เซนติเมตร^2 และสูงกว่านี้ ระยะทาบของเหล็กข้ออ้อยต้องไม่สั้นกว่า 20 , 24 และ 30 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กที่มีกำลังคลากเท่ากับ 3,500 ลงไป 4,200 และ 5,200 กิโลกรัม / เซนติเมตร^2 ตามลำดับ และต้องไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร ถ้ากำลังอัดของคอนกรีตมีค่าต่ำกว่า 200 กิโลกรัม / เซนติเมตร^2 จะต้องเพิ่มระยะทาบอีกหนึ่งในสามของค่าข้างบนนี้

สำหรับเหล็กเส้นผิวเรียบ ระยะทาบอย่างน้อยจะต้องเป็นสองเท่าของค่าที่กำหนดไว้สำหรับเหล็กข้ออ้อย

2.8.8 อาจใช้การต่อโดยวิธีเชื่อมหรือการต่อยึดปลายแบบอื่นๆ แทนการต่อโดยวิธีทาบกันได้ และ ถ้าหากขนาดเหล็กเส้นโตกว่า 25 มิลลิเมตรแล้ว ควรจะต่อโดยวิธีเชื่อมหรือการต่อยึดปลายแบบอื่นๆ มากกว่า สำหรับเหล็ก เสริมที่รับแรงอัดเพียงอย่างเดียว อาจถ่ายแรงได้ด้วยการยันของหน้าตัดของปลายทั้งสองในลักษณะร่วมศูนย์ และยึดด้วยปลอกยึดแบบอื่นๆก็ได้ การต่อโดยวิธีเชื่อมที่ถูกต้อง จะต้องให้รอยเชื่อมสามารถรับแรงดึงได้อย่างน้อยร้อยละ 125 ของกำลังคลากของเหล็ก และไม่ควรต่อเหล็กที่ตำแหน่งเดียวกันเกินกว่า 25 %

2.8.9 เมื่อเหล็กเสริมติดเยื้องกันที่รอยต่อ ความลาดเอียงของเหล็กส่วนที่ตัดเยื้องเมื่อเทียบกับแกนต้องไม่เกิน 1 ต่อ 6

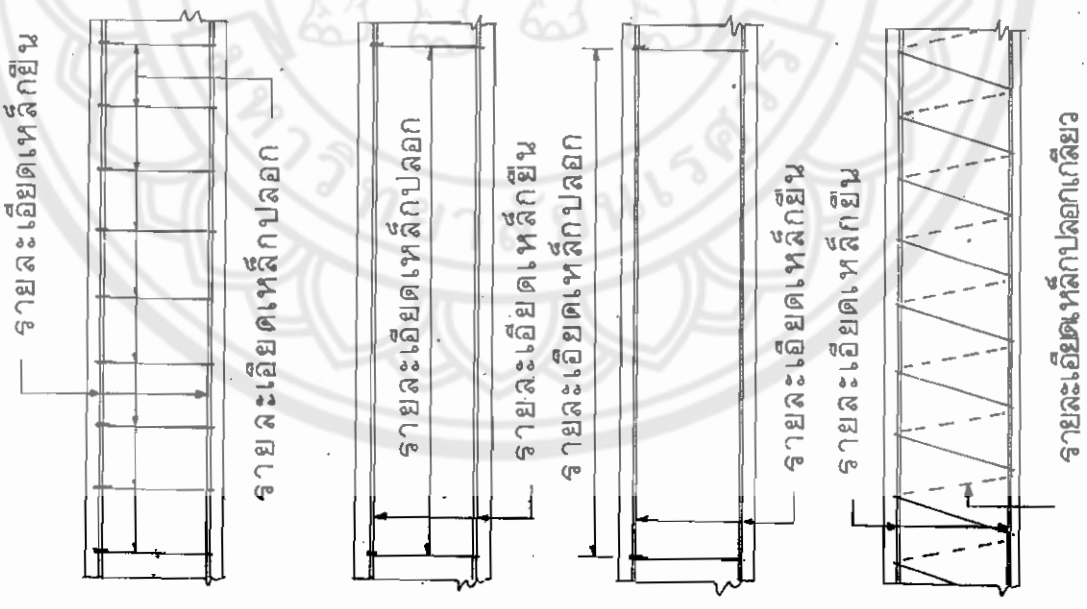
2.8.10 ในเสาปลอกเดี่ยว ปริมาณของเหล็กที่ต่อทาบกันจะต้องมีอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดของเหล็กต่อคอนกรีตไม่เกิน 0.4 ในความยาว 1 เมตรของเสาไม่ว่าจะเป็นช่วงใด

หมายเหตุ โดยปกติที่ตำแหน่งใดๆ เหล็กเสริมตามแนวแกนของเสาจะต้องไม่เกิน 8% ของพื้นที่หน้าตัดของเสา ดังนั้นที่จุดต่อทาบหากจำนวนเหล็กเสริมที่จะทาบกันมีจำนวนเท่ากัน และมีจำนวนเกิน 4%ของพื้นที่หน้าตัดของเสาแล้ว เมื่อทาบกันจะมีจำนวนเกิน 8% ซึ่งเกินที่มาตรฐาน ว.ส.ท. ยอมให้ ดังนั้น ว.ส.ท.จึงกำหนดมาตรฐานที่จุดต่อไว้ดังกล่าว

2.9 การให้รายละเอียดเหล็กเสริมของเสา

โดยปกติ การเขียนรูปตัดเสาอย่างเดียวโดยระบุจำนวนเหล็กยืน และเหล็กปลอกก็เพียงพอ แต่ควรเพิ่มรายละเอียดรูปด้านที่จุดที่เหล็กต้องทาบกันเพื่อแสดงวิธีทาบต่อและวิธีดุ้ง (offset) ที่ระดับชั้นของอาคารไว้ด้วย เพื่อให้ผู้ทำการก่อสร้างได้คิดปริมาณเหล็ก และทำงานได้ถูกต้อง และในกรณีที่ไม่อนุญาตให้ต่อทาบก็แสดงวิธีการต่อไว้ด้วย ในการก่อสร้าง

ทั่วๆไป ผู้ทำการก่อสร้างจะผูกเหล็กเสาสูงขั้นต่อชั้น แล้วเทคอนกรีตถึงระดับท้องคานที่ลึกที่สุด เมื่อหล่อคานและเทพื้นเสร็จแล้ว จึงจะผูกเหล็กชั้นต่อไปโดยการทาบ การผูกเหล็กสูงครั้งละมากกว่า 1 ชั้นของอาคารจะทำให้ติดตั้งลำบาก และหากยึดไว้ไม่แน่นพออาจมีผลเสียหายต่อคอนกรีตได้หากไม่แสดงวิธีการต่อ หรือจุดที่ยอมให้ต่อได้ไว้ในแบบด้วย อาจมีปัญหาในการก่อสร้าง และก่อให้เกิดความเสียหายได้ ตัวอย่างเช่น ในบางกรณีที่เสารับแรงดึง การต่อเหล็กที่จุดเดียวกันตลอดย่อมไม่เป็นการดี จึงควรเขียนรายละเอียดของการต่อไว้ให้ชัดเจน การต่อเหล็กโดยวิธีพิเศษ เช่นใช้ Bar Couplers หรือ Mechanical Device อื่นๆ อนุญาตให้ทำได้หรือไม่ ควรระบุไว้ในรายการก่อสร้างด้วย และในกรณีที่จะใช้การต่อโดยวิธีเชื่อมก็ควรระบุวิธีการและ รายละเอียดไว้ด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 16 การให้รายละเอียดรูปด้านเสาแบบต่างๆ