

11

เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

11.1 บทนำ

เสาคือองค์อาคารที่ทำหน้าที่รับแรงอัดเป็นหลัก โดยจะรับน้ำหนักที่ถ่ายเทจากระบบพื้นในแต่ละชั้น สะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เริ่มจากชั้นบนสุดลงสู่ชั้นต่ำลงมาจนถึงชั้นตอม่อเพื่อถ่ายน้ำหนักลงฐานรากต่อไป เสาจึงนับเป็น โครงสร้างที่มีความสำคัญมาก เพราะหากเสาต้นหนึ่งต้นใดเกิดการวิบัติ อาจทำให้เสถียรภาพโดยรวมของอาคารเสียไปและจะนำมาซึ่งความวิบัติของโครงสร้างทั้งหมดได้ เนื่องจากพื้น, คาน, และเสา ถูกหล่อเป็นเนื้อเดียวกันจึงทำให้เกิดโมเมนต์ในเสาขึ้นจากการยัดครั้งที่ปลายคาน นอกจากนั้นในอาคารหลายชั้นการวางตำแหน่งศูนย์กลางเสาให้ตรงกันในแนวนิ่งจะเกิดการเอียงศูนย์ (Eccentricity, e) ขึ้นเสมอ ซึ่งก็จะทำให้เกิด โมเมนต์ขึ้นในเสา ดังนั้นเสาที่รับแรงอัดตามแนวแกน โดยสมบูรณ์จึงไม่เกิดขึ้นในอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก อย่างไรก็ตามเราอาจสมมุติให้การเอียงศูนย์ที่เกิด e ซึ่งมีค่าน้อยประมาณ $0.1h$ เมื่อ h คือความลึกของหน้าตัดเสา สมการที่ใช้ยังเป็นสำหรับเสารับแรงตามแนวแกนแต่มีการลดกำลังลงบ้าง

แต่ในบางกรณีเสาที่รับทั้งแรงอัดตามแนวแกนและ โมเมนต์คดเนื่องจากลักษณะ โครงสร้างเองหรือจากแรงภายนอกที่มากระทำทางด้านข้างเช่นแรงลมหรือแผ่นดินไหว ในกรณีนี้จะต้องพิจารณาผลรวมกระทำของทั้งแรงอัดตามแนวแกนและ โมเมนต์คด

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์และออกแบบ เสาสั้น (Short column) ซึ่งมีกำลังขึ้นกับกำลังของวัสดุและขนาดของพื้นที่หน้าตัด แต่เมื่อเสายาวขึ้น โอกาสที่จะเกิดการโก่งเดาะ (Buckling) ก็มีมากขึ้นเรียกว่า เสาชะลูด (Slender column) การพิจารณาว่าเป็นเสาสั้นหรือไม่นั้นจะดูจากอัตราส่วนความชะลูด kl_u/r เมื่อ k คือแฟกเตอร์ของการยัดครั้งที่ปลายเสา, l_u คือความยาวปราศจากการยัดครั้งที่เสา และ r คือรัศมีจําเรซัน ตัวอย่างเช่นในกรณีอาคารที่ไม่มียัดครั้งด้านข้าง ถ้า kl_u/r มีค่าน้อยกว่า 22 จะถือว่าเป็นเสาสั้น

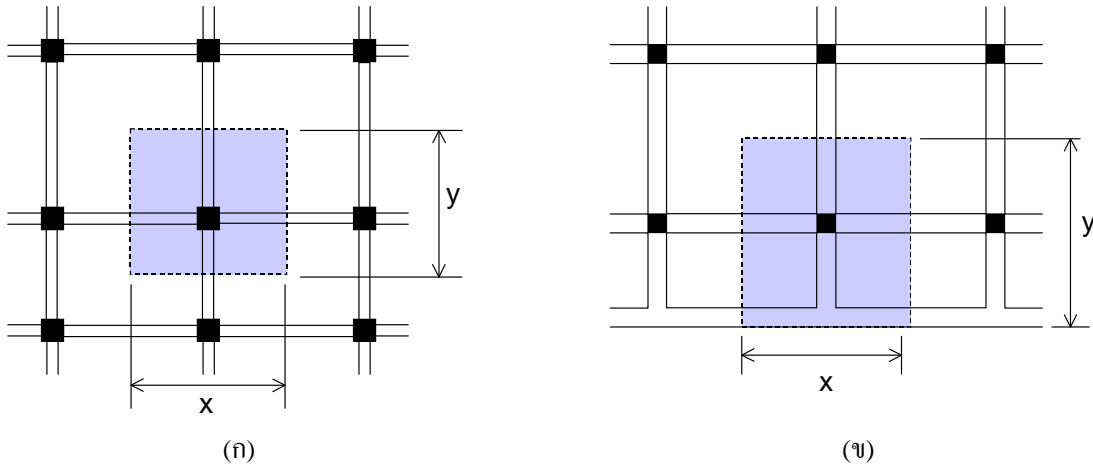
11.2 การถ่ายน้ำหนักจากคานและพื้นลงเสา

การถ่ายน้ำหนักลงเสาอาจนับได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการออกแบบเสาเพราะถ้าคำนวณน้ำหนักลงเสาผิดก็อาจทำให้เสารับน้ำหนักไม่ได้และเกิดการวิบัติได้ การคำนวณน้ำหนักลงเสามีทั้งแบบประมาณและแบบละเอียดแต่ผู้ออกแบบที่มีประสบการณ์จะมีความคิดอยู่แล้วว่าผลที่คำนวณได้ควรจะประมาณเท่าใด ถ้ามีความผิดพลาดในการคำนวณ ผลที่ได้ไม่เป็นไปตามคาดก็จะตรวจสอบพบและแก้ไขได้ โดยทั่วไปก่อนออกแบบเสาระจะออกแบบพื้นและคานมาก่อนทำให้รู้ขนาดและคำนวณน้ำหนักได้ วิธีในการคำนวณน้ำหนักลงเสาวิธีคือ วิธีพื้นที่รับน้ำหนัก (Tributary area method) และ วิธีแรงปฏิกิริยาปลายคาน (Beam reaction method)

11.2.1 วิธีพื้นที่รับน้ำหนัก (Tributary area method)

เป็นวิธีคำนวณแบบประมาณ โดยแบ่งพื้นที่ของระบบพื้นทั้งหมดออกเป็นส่วนๆ ให้เสาแต่ละต้นรับน้ำหนัก โดยใช้ระยะกึ่งกลางระหว่างเสาเป็นจุดแบ่งดังแสดงในรูปที่ 11.1 แล้วนำพื้นที่นี้ไปคำนวณน้ำหนักบรรทุกจรและน้ำหนักบรรทุกคงที่ลงเสาต่อไป ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ 20 ตรม. น้ำหนักจร 300 กก./ตรม. พื้นหนา 10 ซม.

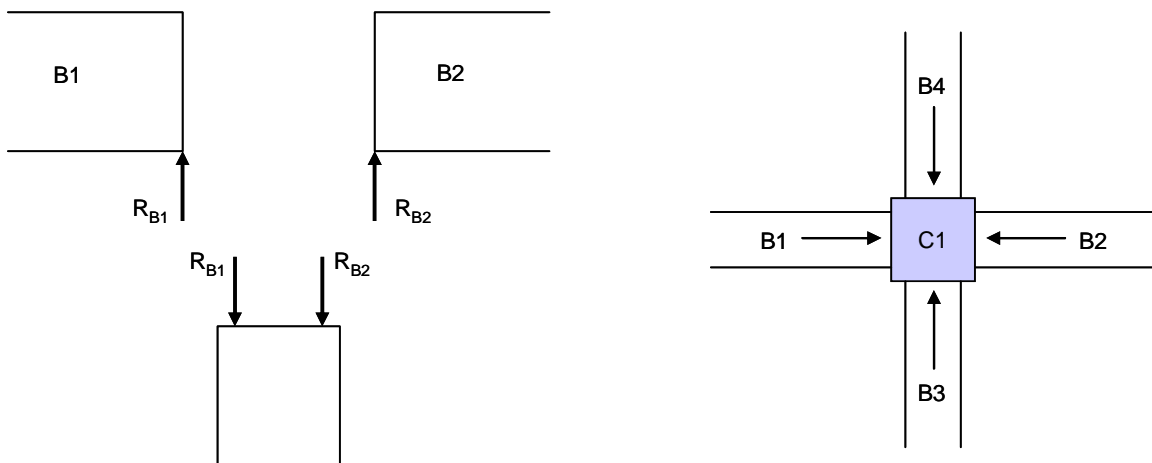
$$\text{น้ำหนักลงเสา} = 20 (300 + (0.10) (2,400)) = 10,800 \text{ กก.} = 10.8 \text{ ตัน}$$



รูปที่ 11.1 การแบ่งพื้นที่รับน้ำหนัก

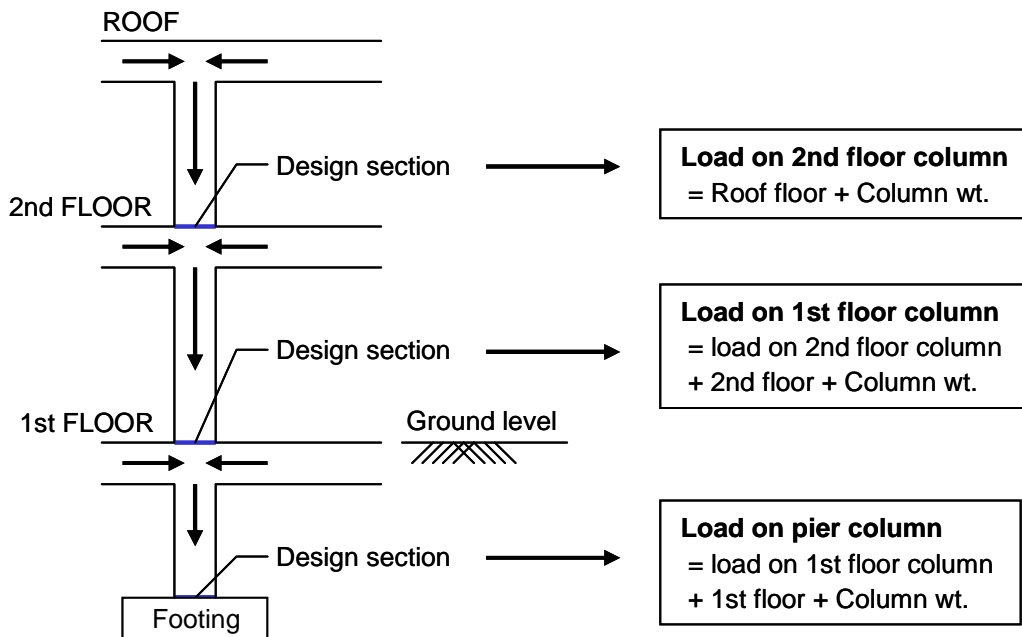
11.2.2 วิธีแรงปฏิกิริยาปลายคาน (Beam reaction method)

วิธีนี้ตรวจสอบจากรายการคำนวณออกแบบคาน โดยดูว่ามีคานอะไรบ้างที่มาถ่วงน้ำหนักลงหัวเสา จากนั้นกลับไปตรวจสอบค่าแรงปฏิกิริยาที่ปลายคานแล้วนำมารวมกัน วิธีการนี้อาจยุ่งยากเสียเวลาแต่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า และมีประโยชน์ในกรณีของอาคารสูงหลายชั้น เพราะข้อบัญญัติอนุญาตให้คานน้ำหนักบรรทุกจรเพื่อเป็นการประหยัดฐานรากดังในข้อ 19 ภาคผนวก ง



รูปที่ 11.2 แรงปฏิกิริยาปลายคานถ่วงน้ำหนักลงหัวเสา

ในอาคารหลายชั้นการคำนวณน้ำหนักบรรทุกจะเริ่มจากชั้นบนสุดเช่นในรูปที่ 11.3 เป็นอาคารสองชั้น ในการออกแบบเสาชั้นสอง จะคำนวณน้ำหนักจากพื้นที่ชั้นดาดฟ้ารวมกับน้ำหนักเสาชั้นสองเอง หน้าตัดที่ออกแบบจะอยู่ที่โคนเสา ต่อมาเมื่อออกแบบเสาชั้นหนึ่งก็จะคำนวณน้ำหนักจากพื้นที่ชั้นสองรวมกับน้ำหนักเสาชั้นหนึ่งแล้วรวมกับน้ำหนักที่สะสมมาจากชั้นสอง สุดท้ายก็เป็นเสาตอม่อที่อยู่ใต้ดินเป็นเสาต้นรับน้ำหนักจากชั้นหนึ่งลงสู่ฐานรากในที่สุด จะเห็นว่าน้ำหนักบรรทุกในเสาต้นหนึ่งจะเพิ่มขึ้นจากการสะสมน้ำหนักบรรทุกในแต่ละชั้นจากบนลงล่าง ดังนั้นหน้าตัดเสาในแต่ละชั้นจึงอาจไม่เหมือนกัน โดยอาจเปลี่ยนแปลงทุกชั้นหรือหลายชั้นเปลี่ยนก็ขึ้นกับขนาดน้ำหนักบรรทุก



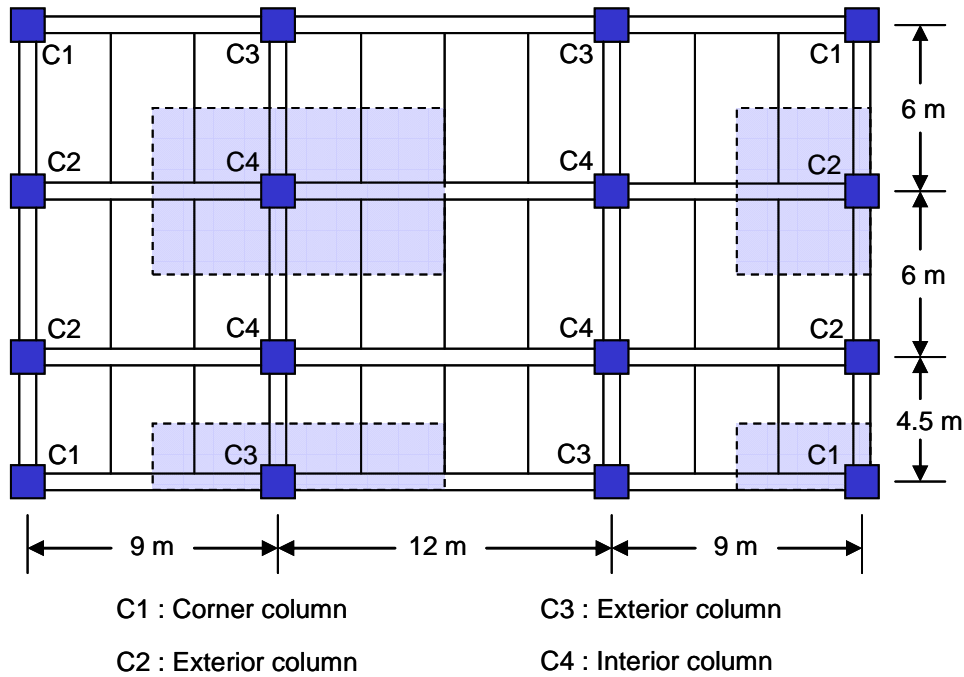
รูปที่ 11.3 การถ่ายน้ำหนักบรรทุกทุกสะสมจากเสาชั้นบนลงล่าง

การคำนวณน้ำหนักบรรทุกทุกลงเสานั้นต้องคำนวณทุกชั้น การอ้างอิงตำแหน่งเสาจะระบุโดยใช้จุดตัดของเส้นกริดในแนวราบและแนวตั้งเช่น A-2, B-5, C-3 เป็นต้น โดยทำเป็นตารางดังเช่นที่แสดงในรูป 11.4

		Column @ (A-6)
	ชั้นดาดฟ้า ↓ 3.50 m ชั้นสอง 0.3 x 0.3 m	RB2 = 5280 kg RB4 = 4800 kg RB19 = 4416 kg T1 = 960 kg Col.Wt. = 756 kg Floor load = <u>16212 kg</u>
	ชั้นสอง ↓ 3.50 m ชั้นหนึ่ง 0.3 x 0.3 m	2B5 = 10764 kg 2B4 = 14736 kg Col.Wt. = 756 kg Floor load = <u>26256 kg</u> Cum. load = <u>42468 kg</u>
	ชั้นหนึ่ง ↓ 1.50 m ฐานราก 0.4 x 0.4 m	2B5 = 10764 kg 2B4 = 14736 kg Col.Wt. = 576 kg Floor load = <u>26076 kg</u> Cum. load = <u>68544 kg</u>

รูปที่ 11.4 ตัวอย่างการถ่ายน้ำหนักบรรทุกทุกลงเสา

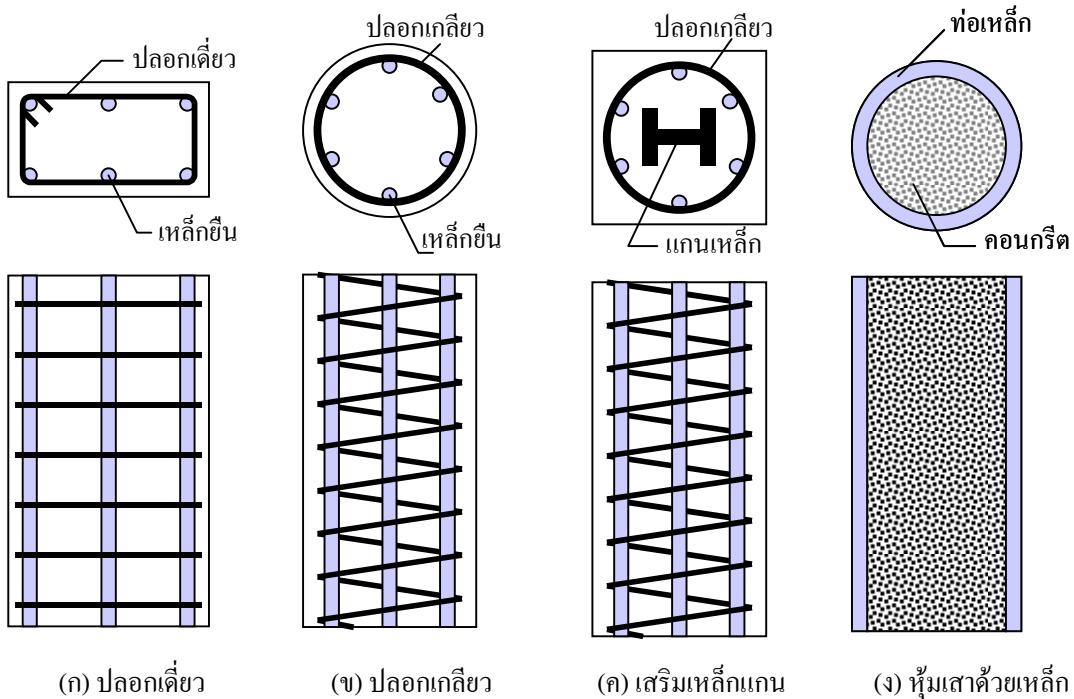
เมื่อคำนวณน้ำหนักลงทุกต้นแล้วจึงทำการจัดกลุ่มเสาที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันเป็นชื่อเดียวกันเช่น C1, C2, C3, ... ซึ่งอย่างน้อยที่สุดจะมีสามกลุ่มคือ เสาภายใน(Interior column), เสาภายนอก(Exterior column) และเสามุม(Corner column) ดังแสดงในรูปที่ 11.5



รูปที่ 11.5 การจัดกลุ่มเสารับน้ำหนักบรรทุก

11.3 ชนิดของเสา

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กอาจถูกจำแนกได้ตามรูปหน้าตัดและการเสริมเหล็ก, น้ำหนักบรรทุกที่รับ และความขรุขระ ชนิดต่างๆ ของเสาที่แบ่งตามรูปหน้าตัดและเหล็กเสริมจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 11.6 คือ :



รูปที่ 11.6 ชนิดของเสา

1. เสาน้ำตดสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า เหล็กเส้นเสริมเป็นเหล็กขึ้น เหล็กปลอกเป็นปลอกเดี่ยว (รูปที่ 11.6ก)
2. เสาน้ำตดกลม เหล็กเส้นเสริมเป็นเหล็กขึ้น ใช้เหล็กปลอกเกลียว (รูปที่ 11.6ข)
3. เสาคอมโพสิตโดยเสริมเหล็กรูปพรรณเป็นแกนกลาง (รูปที่ 11.6ค) หรือท่อเหล็กหุ้มคอนกรีต (รูปที่ 11.6ง)

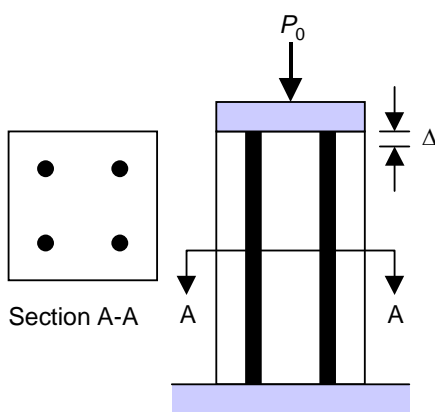
แม้ว่าเสาน้ำตดสี่เหลี่ยมปลอกเดี่ยวจะถูกใช้เป็นส่วนใหญ่เนื่องจากมีค่าก่อสร้างต่ำ แต่เสาปลอกเกลียวก็มีการใช้เพื่อเพิ่มความเหนียวในโซนแผ่นดินไหว เหล็กปลอกเกลียวจะเป็นเส้นเดียวกัน และพันเป็นเกลียวรัดเหล็กเสริมหลักเอาไว้ ซึ่งมักจะเป็นน้ำตดวงกลม ระยะห่างระหว่างเกลียว (Pitch) ประมาณ 5 – 7.5 ซม.

11.4 กำลังของเสาสั้นรับน้ำหนักตามแนวแกน

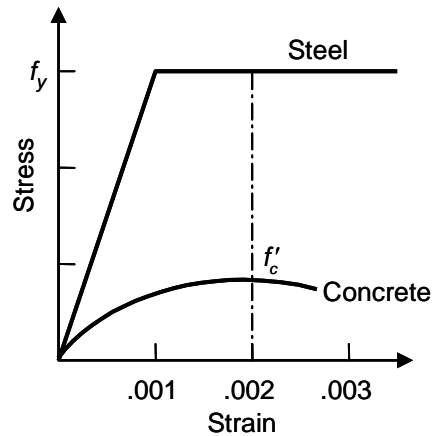
ในรูปที่ 11.7(ก) เมื่อหน้าตัดเสาคอนกรีตเสริมเหล็กน้ำหนักบรรทุก P_0 เสาจะหดสั้นลงเล็กน้อยเท่ากับ Δ อัตราการทรุดสั้นในเหล็กและคอนกรีตมีค่าเท่ากัน การวิบัติจะเกิดขึ้นเมื่อหน่วยการยืดหด (Strain) มีค่าประมาณ 0.002 ดังในรูปที่ 11.7 (ข) หน่วยแรงในเหล็กจะเท่ากับ f_y และในคอนกรีตจะเท่ากับ f'_c จากสมดุลในแนวตั้งของรูปที่ 11.7(ค) แรงกระทำ P_0 จะเท่ากับผลรวมของแรงต้านทานรวมของคอนกรีตและเหล็กเสริม

$$P_0 = f_y A_{st} + f'_c (A_g - A_{st}) \quad (11.1)$$

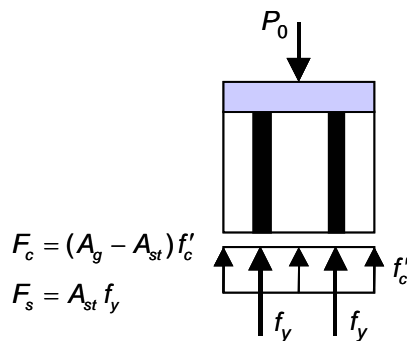
เมื่อ A_g คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และ A_{st} คือพื้นที่เหล็กเสริม



(ก) เสาสั้นรับน้ำหนักตามแนวแกน



(ข) ความสัมพันธ์หน่วยแรงและหน่วยการยืดหด



(ค) แรงในเหล็กและคอนกรีตขณะเกิดการวิบัติ

รูปที่ 11.7 กำลังของเสาสั้นรับแรงตามแนวแกน

11.5 พฤติกรรมของเสาสั้นรับแรงตามแนวแกน

เมื่อคอนกรีตและเหล็กได้รับแรงอัดพร้อมกันสัดส่วนของการรับน้ำหนักของคอนกรีตและเหล็กจะเปลี่ยนไปตามเวลาในช่วงต้นหน่วยแรงในเหล็กจะมีค่าเป็น E_s/E_c เท่าของหน่วยแรงในคอนกรีตซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีอิลาสติก ต่อมาเมื่อผลของความคืบ (Creep) และการหดตัว (Shrinkage) มีมากขึ้นเหล็กจะค่อยๆรับน้ำหนักบรรทุกมากขึ้น แต่จากการทดสอบพบว่ากำลังประลัยของเสามีค่าน้อยกว่าที่คำนวณได้จากสมการ (11.1) เพื่อให้กำลังที่ใกล้เคียงกับการทดสอบจึงลดค่า f'_c ลง 15%

$$P_0 = f_y A_{st} + 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) \quad (11.2)$$

กำลังที่ได้จากสมการ (11.2) ถูกใช้เป็นพื้นฐานในมาตรฐาน ACI ประกอบด้วยตัวคูณลดกำลัง ซึ่งในกรณีของเสาจะมีค่าต่ำกว่าของคานเนื่องจากเสาเป็นองค์อาคารมีความสำคัญมากกว่านั่นเอง การวิบัติของคานโดยทั่วไปจะมีผลเฉพาะที่ในขณะที่การวิบัติของเสาอาจทำให้เกิดการพังทลายของทั้งโครงสร้างได้ นอกจากนี้ตัวคูณลดกำลังสำหรับเสาปลอกเดี่ยวและเสาปลอกเกลียวก็แตกต่างกันอันเนื่องมาจากพฤติกรรมการรับน้ำหนักซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อ 11.6 ต่อไป นั่นคือน้ำหนักบรรทุกประลัยต้องมีค่าไม่เกิน $P_u \leq \phi P_n$ เมื่อ ϕ คือตัวคูณลดกำลังมีค่าเท่ากับ 0.75 สำหรับเสาปลอกเกลียว และเท่ากับ 0.70 สำหรับเสาปลอกเดี่ยว

เสาปลอกเกลียว
$$P_n = 0.85 [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (11.3)$$

เสาปลอกเดี่ยว
$$P_n = 0.80 [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (11.4)$$

เมื่อ $P_n =$ กำลังระบุ (Nominal strength) ในการแรงอัดตามแนวแกน

กำลังของเสาสั้นที่ได้จากสมการ (11.3) และ (11.4) นี้ คือกำลังที่ใช้ในการออกแบบเสาสั้นคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงตามแนวแกนโดยวิธีกำลังตามมาตรฐาน ACI

11.6 กำลังของเสาสั้นรับแรงตามแนวแกนโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

เสาปลอกเกลียว
$$P = A_g (0.25 f' + f_s \rho_g) \quad (11.5)$$

เสาปลอกเดี่ยว
$$P = 0.85 A_g (0.25 f' + f_s \rho_g) \quad (11.6)$$

เมื่อ $P =$ น้ำหนักบรรทุกใช้งานโดยปลอดภัยตามแนวแกน

$$\rho_g = A_{st} / A_g = \text{อัตราส่วนพื้นที่เหล็กยื่นต่อพื้นที่เสาทั้งหมด โดยจำกัดอยู่ที่ } 0.01 \leq \rho_g \leq 0.08$$

$f_s =$ หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเหล็กยื่น

$$= 0.4 f_y \text{ สำหรับเหล็กข้ออ้อย (Deformed bars) SD30 SD40 หรือ SD50 แต่ต้องไม่เกิน } 2,100 \text{ กก./ซม.}^2$$

$$= 1,200 \text{ กก./ซม.}^2 \text{ สำหรับเหล็กกลมผิวเรียบ (Round bars) SR24}$$

เสาปลอกเกลียวเสริมแกนเหล็ก คือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กปลอกเกลียวที่มีเหล็กรูปพรรณหรือเหล็กหล่อเสริมเป็นแกนกลางของเสา รับน้ำหนักปลอดภัยได้ไม่เกิน

$$P = 0.225 A_g f' + f_s A_{st} + f_r A_r \quad (11.7)$$

เมื่อ $A_r =$ พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมแกน $< 0.2 A_g$

$f_r =$ หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเหล็กเสริมแกน

$$= 1,200 \text{ กก./ซม.}^2 \text{ สำหรับเหล็กรูปพรรณ มอก. 116-2529 ชั้นคุณภาพ Fe24}$$

= 700 กก./ชม.² สำหรับเหล็กหล่อ

เสาเหล็กหุ้มคอนกรีต โดยมีระยะหุ้มไม่น้อยกว่า 6 ซม. คอนกรีตมีกำลัง $f'_c \geq 200$ กก./ชม.² ที่ระยะ 2.5 ซม. จากผิวคอนกรีตต้องเสริมด้วยลวดตาข่ายเบอร์ 10 AS&W Gage หรือเทียบเท่าพันรอบเสา โดยให้เหลื่อมกันไม่น้อยกว่า 40 เท่าของขนาดลวด ลวดในแนวแกนห่างกันไม่เกิน 20 ซม. ลวดในแนวขวางห่างกันไม่เกิน 10 ซม. รั้งน้ำหนักปลอดภัยได้ไม่เกิน

$$P = A_r f_r' \left(1 + \frac{A_g}{100 A_r} \right) \quad (11.8)$$

เมื่อ f_r' = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเสาเหล็ก ซึ่งยังไม่ได้หุ้มด้วยคอนกรีต

เสาคอนกรีตหุ้มด้วยท่อเหล็ก เป็นเสาที่ใช้รับน้ำหนักไม่มาก โดยเทคอนกรีตลงในท่อเหล็กจนเต็ม รั้งน้ำหนักปลอดภัยได้ไม่เกิน

$$P = 0.25 f'_c \left(1 - 0.000025 \frac{h^2}{K_c^2} \right) A_c + f_r' A_r \quad (11.9)$$

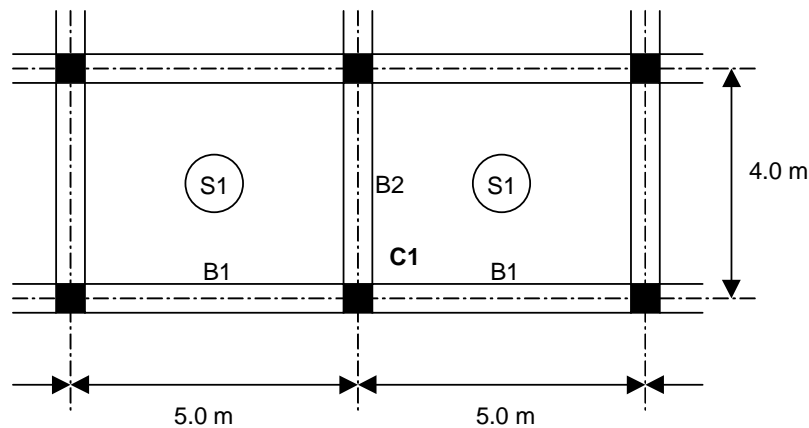
เมื่อ $f_r' = 1,195 - 0.0342 \frac{h^2}{K_s^2}$ สำหรับท่อเหล็กที่มีกำลังครากไม่น้อยกว่า 2,300 กก./ชม.² และ $\frac{h}{K_s} \leq 120$

h = ความยาวเสา

K_c = รัศมีไจเรชั่นของหน้าตัดเสาส่วนที่เป็นคอนกรีต

K_s = รัศมีไจเรชั่นของหน้าตัดท่อเหล็ก

ตัวอย่างที่ 11.1 จากแบบแปลนที่แสดง จงออกแบบเสา C1 เพื่อรองรับอาคารชั้นนี้ ซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกทุกประลัยสะสมจากชั้นบน 100 ตัน เสามีช่วงยาว 4.0 เมตร น้ำหนักจร 300 กก./ม.² พื้น S1 มีความหนา 12 ซม. คาน B1 และ B2 มีขนาด 30×50 ซม. กำหนด $f'_c = 240$ กก./ชม.² และใช้เหล็ก SD40



รูปที่ 11.8 แบบแปลนในตัวอย่างที่ 11.1

วิธีทำ	น้ำหนักบรรทุกคงที่ของพื้น S1 = 0.12×2,400	=	288 กก./ม. ²
	น้ำหนักบรรทุกทุกประลัยของพื้น S1 = 1.4(288)+1.7(300)	=	913.2 กก./ม. ²
	น้ำหนักประลัยคาน B1 และ B2 = 1.4×0.3×0.5×2,400	=	504 กก./ม.
	อัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวของพื้น S1 = 4.0/5.0	=	0.8

$$\text{น้ำหนักจากพื้นลงคาน B1} = \frac{913.2 \times 4}{3} \left(\frac{3 - 0.8^2}{2} \right) = 1,437 \text{ ก.ก./ม.}$$

$$\text{น้ำหนักจากพื้นลงคาน B2} = 2 \times \frac{913.2 \times 4}{3} = 2,435 \text{ ก.ก./ม.}$$

$$\text{แรงปฏิกิริยาปลายคาน B1} = (504 + 1,437)(5.0)/2 = 4,853 \text{ ก.ก.}$$

$$\text{แรงปฏิกิริยาปลายคาน B2} = (504 + 2,435)(4.0)/2 = 5,878 \text{ ก.ก.}$$

$$\text{สมมุติเสาขนาด } 30 \times 30 \text{ ซม. หน้า } 1.4 \times 0.3 \times 0.3 \times 4.0 \times 2,400 = 1,210 \text{ ก.ก.}$$

สรุปน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่ถ่ายลงเสา

$$2B1 = 2(4,853) = 9,706 \text{ ก.ก.}$$

$$B2 = 5,878 \text{ ก.ก.}$$

$$\text{น้ำหนักเสา} = 1,210 \text{ ก.ก.}$$

$$\text{รวมน้ำหนักในชั้น} = 16,794 \text{ ก.ก.}$$

$$\text{รวมน้ำหนักทั้งหมด} = \mathbf{116,794 \text{ ก.ก.}}$$

ออกแบบเป็นเสาสี่เหลี่ยมจัตุรัสปลอกเดี่ยว $\phi = 0.70$

กำลังรับน้ำหนักที่ต้องการ $P_n = 116,794/0.7 = 166,849 \text{ ก.ก.}$

$$\text{จากสมการ } P_n = 0.80 [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

$$166,849 = 0.8 [0.85 (240) (30 \times 30 - A_{st}) + 4,000 A_{st}]$$

$$A_{st} = 4.48 \text{ ซม.}^2 < [0.01 A_g = 0.01(30 \times 30) = 9.0 \text{ ซม.}^2]$$

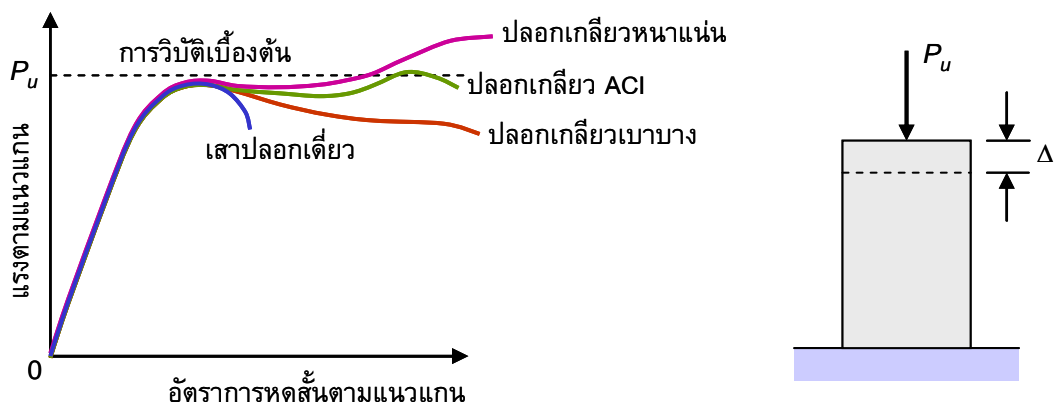
$$\text{USE } A_{st} = \mathbf{9.0 \text{ ซม.}^2}$$

USE 4DB20 ($A_{st} = 12.57 \text{ ซม.}^2$)



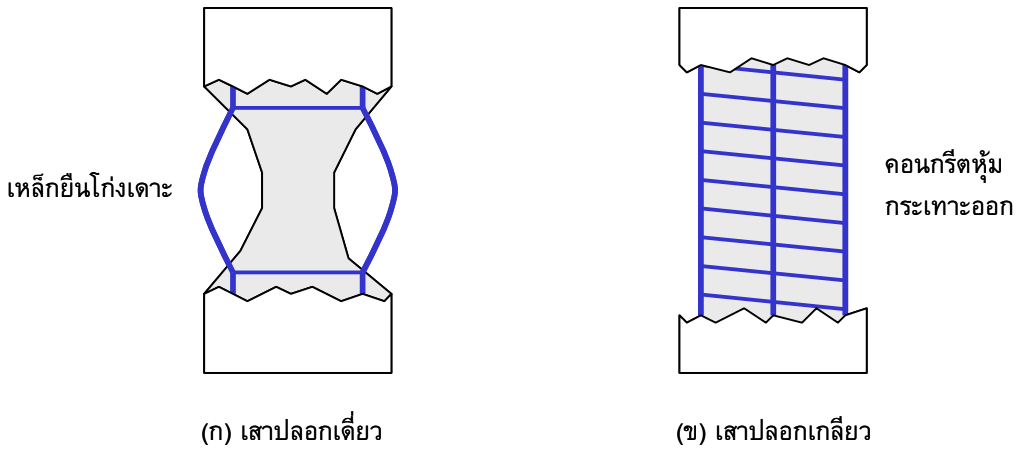
11.7 ปลอกเดี่ยวและปลอกเกลียว

การใช้เหล็กปลอกทั้งที่เป็นแบบปลอกเดี่ยวแยกกันหรือแบบปลอกเกลียวนั้นก็เพื่อยึดเหล็กขึ้นให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ และเพื่อป้องกันเหล็กขึ้นจากการโค้งเดาะ รูปที่ 11.9 แสดงให้เห็นพฤติกรรมการรับน้ำหนักของเสาปลอกเดี่ยวและปลอกเกลียวซึ่งจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน การวิบัติของเสาปลอกเดี่ยวจะเกิดขึ้นจากการโค้งเดาะของเหล็กขึ้นดังในรูปที่ 11.10(ก)



รูปที่ 11.9 พฤติกรรมการรับน้ำหนักของเสาปลอกเดี่ยวและเสาปลอกเกลียว

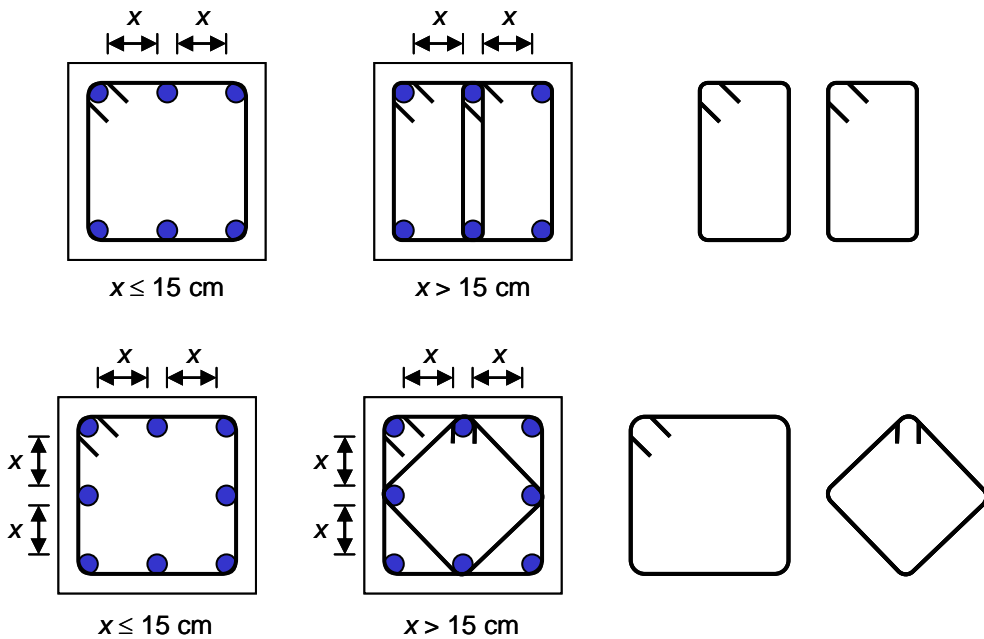
ส่วนในเสาปลอกเกลียวนั้นคอนกรีตหุ้มจะกระเทาะออกแล้วปลอกเกลียวจะเริ่มโอบอัดคอนกรีตภายในแกนกลางดังในรูปที่ 11.10(ข) ทำให้ได้กำลังเพิ่มขึ้นมาชดเชยที่เสียไปจากการกระเทาะของคอนกรีตหุ้ม ดังนั้นแม้เสาทั้งสองประเภทจะมีกำลังรับแรงอัดเท่ากัน แต่ในการออกแบบเสาปลอกเดี่ยวจะต้องเพื่อส่วนปลอกภัยมากกว่าเสาปลอกเกลียวเนื่องจากการพังทลายอย่างกะทันหัน และการขาดความเหนียว(ความสามารถในการซึมซับพลังงาน)



รูปที่ 11.10 สภาพของเสาหลังเกิดการวิบัติ

11.8 การออกแบบปลอกเดี่ยว

เหล็กปลอกถูกใช้เพื่อยึดเหล็กยื่นให้อยู่ในตำแหน่งทำให้เกิดการรองรับด้านข้างเพื่อว่าเหล็กยื่นแต่ละเส้นจะ โคงเตาะได้เฉพาะระหว่างปลอกเท่านั้น ผลของปลอกต่อพฤติกรรมของเสานั้นค่อนข้างจะซับซ้อน เมื่อเสาปลอกเดี่ยวรับน้ำหนักบรรทุกจนเกิดการวิบัติ เปลือกหุ้มด้านนอกจะกระเทาะออกเป็นอย่างแรกซึ่งทำให้มีการถ่ายน้ำหนักไปสู่แกนกลางของเสาและเหล็กยาว การสูญเสียสติฟเนสของเหล็กยื่นซึ่งเริ่มครากหรือ โคงเตาะออกมาทำให้แกนกลางคอนกรีตรับน้ำหนักมากขึ้น และเมื่อแกนกลางรับน้ำหนักจนถึงค่ากำลังแตกหัก (Crushing strength) เสาจะเกิดการวิบัติอย่างรวดเร็ว การจัดวางปลอกที่ใกล้กันอย่างยิ่งพอจะช่วยทำให้เกิดการบีบรัดและเพิ่มหน่วยการยึดหดที่จะเกิดการแตกหักให้สูงกว่าค่ามากที่สุด 0.003 ได้มาก



รูปที่ 11.11 รายละเอียดการใส่ปลอกเดี่ยว

ข้อกำหนดในการใช้เหล็กปลอกเดี่ยวโดย ACI :

1. เหล็กขึ้นทุกเส้นจะต้องถูกห่อหุ้มโดยปลอกเดี่ยว
2. ใช้เหล็กปลอก ≥ 9 ม.ม. สำหรับเหล็กขึ้นขนาด \leq DB32 และใช้เหล็กปลอก ≥ 12 ม.ม. สำหรับเหล็กขึ้นขนาด DB36 และ DB40
3. ระยะห่างระหว่างปลอกต้องไม่เกิน 16 เท่าเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กขึ้น 48 เท่าเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กปลอก หรือความกว้างหน้าเสาที่เล็กที่สุด
4. ทงมุมของปลอกและที่เหล็กขึ้นถูกรองรับต้องไม่เกิน 135° และไม่มีเหล็กขึ้นกลางด้านมีระยะห่างเกิน 15 ซม.

ตารางที่ 11.1 ระยะคอนกรีตหุ้มน้อยที่สุดของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

สภาพแวดล้อม	เหล็กเสริม	ระยะหุ้มน้อยที่สุด (ซม.)
คอนกรีตหล่อสัมผัสพื้นดิน	ทุกขนาด	7
ใช้แบบหล่อแต่อยู่ภายนอก	DB20-DB60	5
	DB16 และน้อยกว่า	4
เสาภายใน	เหล็กขึ้น ปลอกเดี่ยว และปลอกเกลียว	4

ตัวอย่างที่ 11.2 จงออกแบบเหล็กปลอกสำหรับเสาปลอกเดี่ยวในตัวอย่างที่ 11.1

ออกแบบปลอกโดยใช้เหล็ก RB9 คำนวณระยะห่างระหว่างปลอกจากค่าน้อยที่สุดของ

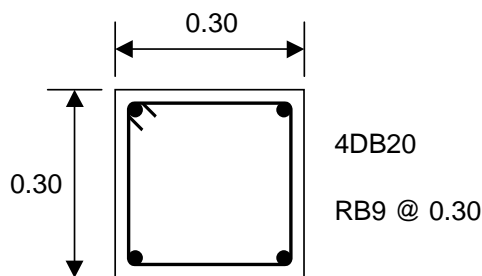
$$16 \text{ เท่าเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กขึ้น} = 16(2.0) = 32 \text{ ซม.}$$

$$48 \text{ เท่าเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กปลอก} = 48(0.9) = 43 \text{ ซม.}$$

$$\text{ความกว้างหน้าเสาที่เล็กที่สุด} = 30 \text{ ซม.}$$

ควบคุมการออกแบบ

USE Stirrup RB9 @ 0.30



รูปที่ 11.12 หน้าตัดเสาในตัวอย่างที่ 11.2