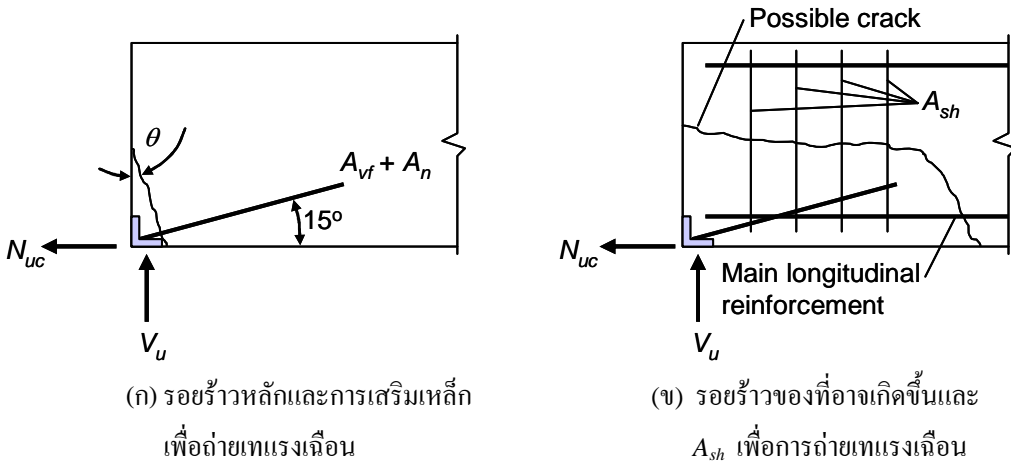


$$\text{ค่าที่ต้องการของ } A_v = \frac{V_u}{\phi f_y \mu} = \frac{48}{0.85(4.0)1.4} = 10.1 \text{ ซม.}^2$$



รูปที่ 6.38 แนวคิดแรงเฉือนเสียดทานใช้กับบริเวณรับแรงกดของคาน

3. พิจารณาเหล็กเสริมเพิ่มเติม A_n เพื่อเตรียมโครงถักแรงดัดผ่านรอยร้าว เพื่อความปลอดภัยจะไม่ใช้ผลรวมขององค์ประกอบของ V_u และ N_{uc} ที่ตั้งฉากกับรอยร้าวที่ไม่อยู่ในแนวตั้ง แต่จะใช้ N_{uc} สำหรับรอยร้าวในแนวตั้ง

$$\text{ค่าที่ต้องการของ } A_n = \frac{N_{uc}}{\phi f_y} = \frac{0.3(48)}{0.85(4.0)} = 4.24 \text{ ซม.}^2$$

จะเห็นว่า N_{uc} ถูกใช้มา 0.3 ของ V_u ซึ่งถูกสมมุติว่าเป็นผลจากการวิเคราะห์ผลจากการเปลี่ยนปริมาตร ซึ่งถ้าแรงดัด N_{uc} ทั้งหมดไม่ถูกขจัดออกโดยการออกแบบที่เหมาะสม ค่าของ N_{uc} ไม่ควรต่ำกว่า $0.2V_u$ ตัวคูณ ϕ เท่ากับ 0.85 สำหรับแรงเฉือนถูกพิจารณาว่าเหมาะสมสำหรับการคำนวณข้างบนแม้ว่า 0.90 สำหรับแรงดัดตามแกนจะถูกกำหนดโดย ACI สำหรับหูช้างในสถานะการฉีกสลายกันกับแรงดัด N_{uc} ACI กำหนดให้ใช้ $\phi = 0.85$

4. เหล็กเสริมทั้งหมดเพื่อรับรอยร้าวเบื้องต้น (รูปที่ 6.38ก) จะเท่ากับ

$$A_s = A_v + A_n = 10.1 + 4.24 = 14.3 \text{ ซม.}^2$$

ใช้ 5DB20 ($A_s = 15.7 \text{ ซม.}^2$) กระจายดังแสดงในรูปที่ 6.39 วางทำมุม 15° กับแนวนอน เชื่อมติดกับเหล็กฉากด้านหนึ่งและอีกปลายเสียบเข้าไปในคานเพื่อป้องกันการแตกร้าว

5. เสริมเหล็กทรงรับรอยร้าวแนวนอนตามรูปที่ 6.38ข ถ้ารอยร้าวตั้งเกิดขึ้นใกล้กับบริเวณมุมซึ่งเหล็กรับแรงเฉือนเสียดทานหลักสิ้นสุดจากนั้นไม่ว่าจะมีแรงดัด N_{uc} หรือไม่ ก็จะมีรอยร้าวในแนวนอนจากแรงดัดที่เกิดในเหล็กรับแรงเฉือนเสียดทานหลัก ค่ามากที่สุดของแรงเฉือนหลักจะสามารถกระทำตามระนาบวิบัติอาจเป็นแรงเฉือนจากกำลังรับแรงดัดในเหล็กเสริมหลัก ดังนั้นค่าที่ต้องการของเหล็กปลอกรับแรงเฉือนเสียดทานในแนวตั้ง A_{sh} (รูปที่ 6.38ข) คือ

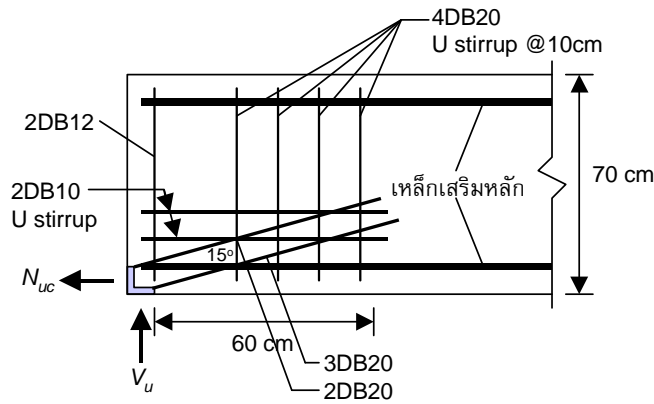
$$A_{sh} = \frac{A_s f_y}{\mu f_y} = \frac{14.3(4.0)}{1.4(4.0)} = 10.2 \text{ ซม.}^2$$

ใช้เหล็กปลอก 4DB20 ($A_{sh} = 4(3.14) = 12.56 \text{ ซม.}^2$)

6. การเสริมเหล็กเพิ่มเติมโดยเพื่อความปลอดภัยเพื่อป้องกันการแตกตัวในระนาบดัดควรจะต้องเสริมเหล็กเสริม 25% ของแรงปฏิกิริยาที่จุกรองรับ การเสริมเหล็กหุ้มเพิ่มเติมนี้จะถูกแบ่งเท่าๆ กันให้เป็น A_{ch} ในแนวนอน และ A_{cv} ในแนวตั้ง ดังนั้น

$$A_{cb} = A_{cv} = \frac{V_u}{8f_y} = \frac{48}{8(4.0)} = 1.5 \text{ ซม}^2$$

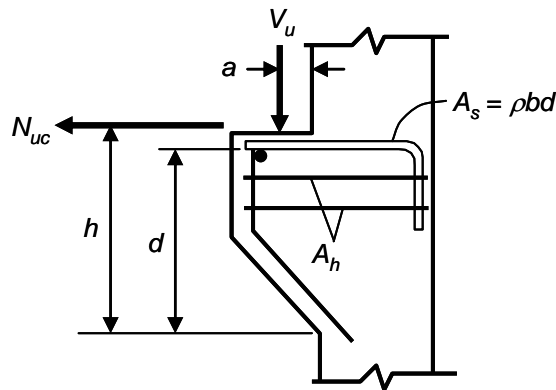
ใช้ 2DB12 และ 2DB10 เป็นเหล็กปลอกคั้งและนอนผลสุดท้ายของการออกแบบเป็นดังรูปที่ 6.39



รูปที่ 6.39 ผลการออกแบบตัวอย่างที่ 6.7

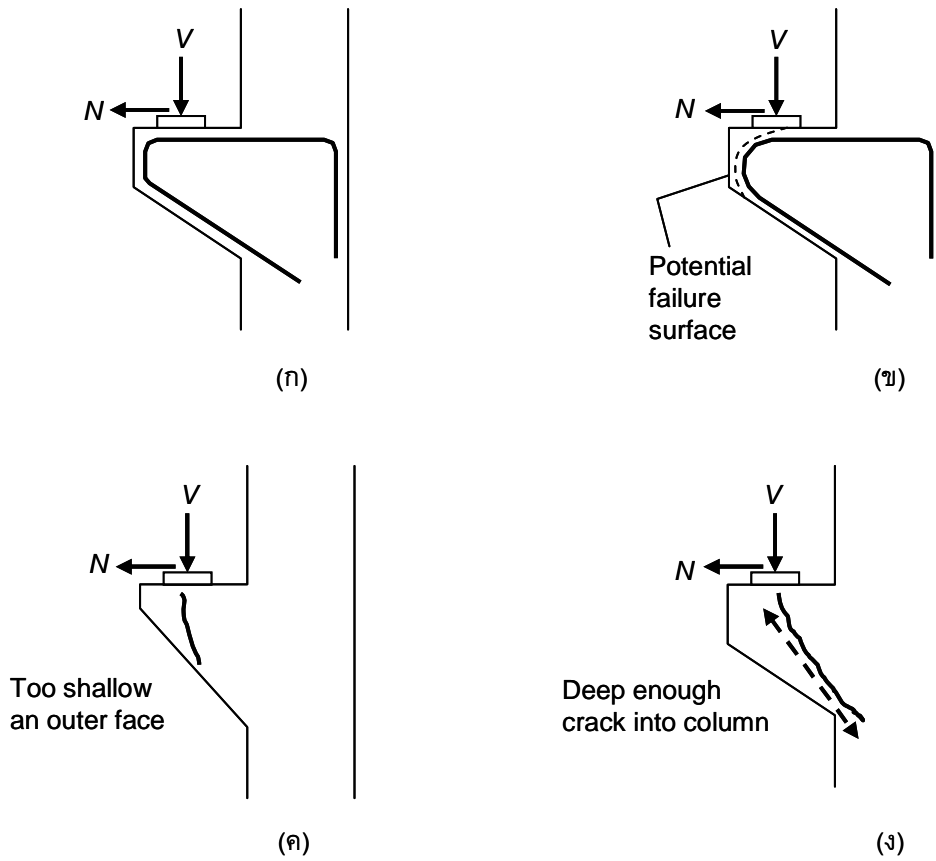
6.13 แป้นหูช้างหรือเชิงยื่น

หูช้างเป็นจตุรกรรับที่ยื่นออกมาจากผิวของเสานิยมใช้เพื่อรองรับคานหล่อสำเร็จดังรูปที่ 6.40 เป็นการไม่เหมาะสมที่จะออกแบบหูช้างเป็นคานยื่นโดยใช้ข้อกำหนดสำหรับคานทั่วไปเกี่ยวกับการเฉือน ดังได้กล่าวมาแล้วเมื่อ a/d น้อยกว่าหนึ่ง ควรจะใช้ทฤษฎีของคานลึกมากกว่าทฤษฎีการคัดแบบง่าย นอกจากนั้นหูช้างยังแตกต่างจากคานลึกทั่วไปตรงที่ต้อคำนวณแรงกระทำทางด้านข้างด้วย ทั้งนี้เนื่องจากคานที่จะนำมาติดตั้งจะเกิดการยึดหดตัวอันเนื่องมาจากความคืบ การหดตัวและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจึงทำให้แรงในแนวอนชัน (N_{uc} ในรูปที่ 6.40)



รูปที่ 6.40 หูช้างหรือเชิงยื่น

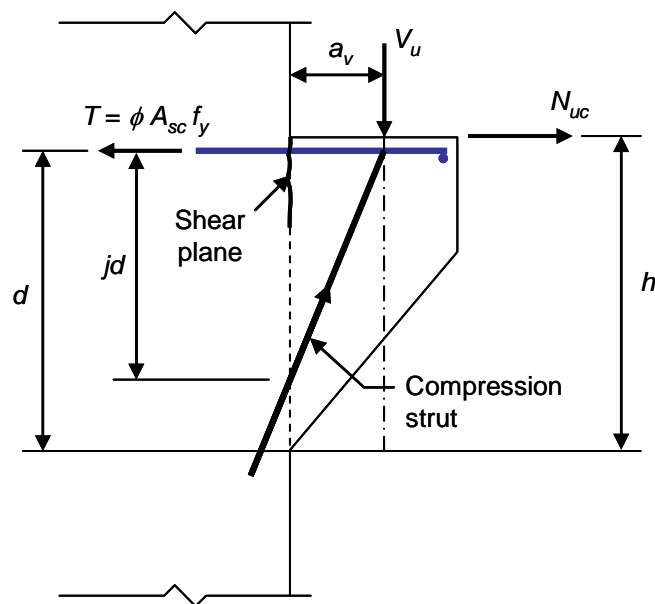
โดยปกติการเสริมเหล็กสำหรับหูช้างในอดีตจะประกอบด้วยเหล็กหลายๆ เส้นพาดผ่านความกว้างของหูช้างดังรูปที่ 6.41ก เมื่อพิจารณาวัสดุมีความโค้งน้อยสุดการจัดเรียงจริงจะเป็นดังรูปที่ 6.41ข ซึ่งในกรณีดังกล่าวผิวบีบอัดจะแสดงเป็นเส้นประเมื่อผิวนอกมีความลึกน้อยเกินไป รอยร้าวเอียงวิกฤตจะก่อตัวที่ตำแหน่งในรูปที่ 6.41ค เมื่อผิวนอกมีความลึกเพียงพอรอยร้าวจะขยายกลับเข้าไปหาเสา (รูปที่ 6.41ง) ซึ่งจะมีส่วนที่อยู่ระหว่างรอยร้าวและผิวเอียงทำหน้าที่รับแรงอัดถ้าท่อนรับแรงอัดสามารถเกิดขึ้นได้หูช้างจะมีความสามารถสำรองหลังการเกิดรอยร้าวถ้าไม่เกิดท่อนรับแรงอัดการวิบัติจะเกิดขึ้นทันทีหลังเมื่อเกิดรอยร้าว



รูปที่ 6.41 รูปแบบการวิบัติของหูช้าง

เมื่อเป็นหูช้างถูกหล่อเป็นเนื้อเดียวกับเสารองรับทั้งแรงเฉือน V_u ในแนวตั้งและแรงดัด N_{uc} ในแนวราบ กลไกในการรับแรง อาจใช้แนวคิดของท่อนรับแรงอัดดังในรูปที่ 6.42 ปริมาณเหล็ก A_n ที่ต้องการเพื่อดันทานแรงดัด N_{uc} คือ

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi f_y} \quad (6.43)$$



รูปที่ 6.42 กลไกการรับแรงผ่านท่อนแรงอัดในเป็นหูช้าง

ต้องการพื้นที่เหล็กอีกส่วนคือ A_f เพื่อต้านทานโมเมนต์ $M_u = V_u a_v + N_{uc}(h - d)$ เท่ากับ

$$A_f = \frac{V_u a_v + N_{uc}(h - d)}{\phi f_y j d} \quad (6.44)$$

ค่า N_{uc} ในการออกแบบไม่ควรมีค่าน้อยกว่า $0.20V_u$ และระยะแขนโมเมนต์ $j d$ อาจใช้ค่าโดยประมาณเท่ากับ $0.85d$

และอีกส่วนคือปริมาณเหล็กเพื่อต้านทานแรงเฉือนเสียดทานคือ

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\phi f_y \mu} \quad (6.40)$$

ปริมาณเหล็กเสริม A_{sc} ของเหล็กเสริมหลักรับแรงดัดคำนวณได้โดยเลือกค่าที่มากกว่าระหว่าง

$$A_{sc} \geq \frac{2}{3} A_{vf} + A_n \quad (6.45)$$

หรือ

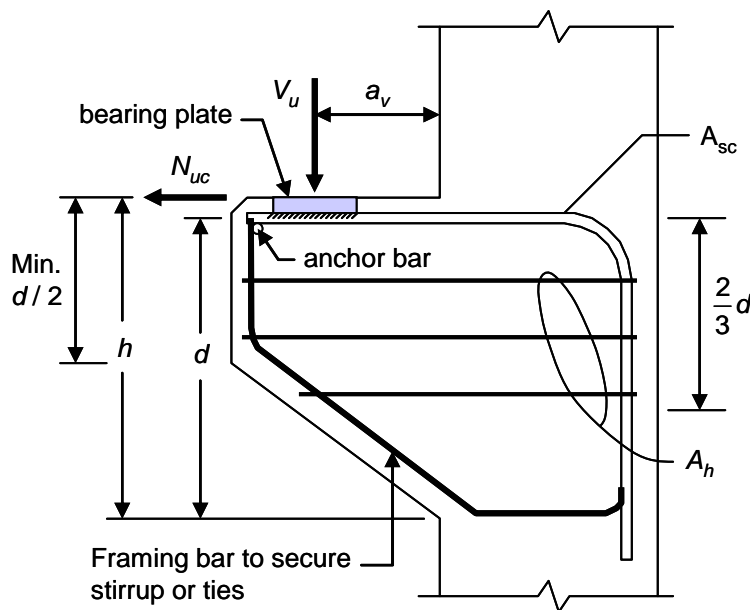
$$A_{sc} \geq A_f + A_n \quad (6.46)$$

เมื่อ

$$\rho = \frac{A_{sc}}{bd} \geq 0.04 \frac{f'_c}{f_y}$$

เหล็กปลอก A_n : นอกจากเหล็กเสริม A_{sc} ในรูปที่ 6.43 ยังจำเป็นต้องมีเหล็กปลอกในแนวอนพาดผ่านระนาบร้าวอีกเพื่อป้องกันการวิบัติจากแรงดัดทแยง เหล็กปลอกเหล่านี้ต้องมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า

$$A_n \geq 0.5(A_{sc} - A_n) \quad (6.47)$$



รูปที่ 6.43 ขนาดและการเสริมเหล็กในเป็นหูช้าง

ตัวอย่างที่ 6.8 จงออกแบบหูช้างซึ่งยื่นออกมาจากเสากว้าง 35 ซม. ต้องรับน้ำหนักคงที่ 14 ตัน และน้ำหนักจร 23 ตัน สมมุติให้มีการจัดเตรียมจตุรกรงรับของคานเสริมเหล็กอัดแรงอย่างเหมาะสมทำให้สามารถจัดแรงที่จะเกิดในแนวอน ช่องว่างระหว่างปลายคานและผิวของเสาเท่ากับ 2.5 ซม. ใช้ $f'_c = 350$ ก.ก./ซม.² $f_y = 4,000$ ก.ก./ซม.²

วิธีทำ

1. แรงเฉือนประลัย : $V_n = 1.4 V_D + 1.7V_L = 1.4(14) + 1.7(23) = 58.7$ คัน

2. ประมาณขนาดของหูช้าง ช่วงระยะการเฉือน a จะขึ้นกับความยาวของระยะแรงกดที่ต้องการในการรับแรงที่จุดรองรับ ACI กำหนดกำลังรับแรงกดเป็น $0.85f'_c A_1$ และใช้ $\phi = 0.70$

$$V_n = \phi(0.85 f'_c) A_1 = \phi(0.85 f'_c) b L$$

ความยาวแผ่นรับแรงกด $L = \frac{58.7 \times 1,000}{0.70 \times 0.85 \times 350 \times 35} = 8.05$ ซม.

ใช้ความกว้างแผ่นรับแรงกด 10 ซม. การขอมให้มีช่องว่างระหว่างปลายคานกับผิวของเสา 2.5 ซม เพื่อป้องกันไม่ให้คานยาวเกินมาชนเสาแต่คานก็อาจสั้นเกินไป 2.5 ซม. ดังนั้นช่วงระยะการเฉือนจะเท่ากับ

$$a = 5.0 + \frac{1}{2}(\text{ความกว้างแผ่นรับแรงกด}) = 5.0 + 5.0 = 10 \text{ ซม.}$$

3. พิจารณาความลึกของหูช้างจากกำลังมากที่สุด V_n จากสมการ (6.42)

$$\max V_n \leq 0.2f'_c b_w d \leq 56.3b_w d$$

เนื่องจาก $0.2f'_c = 70$ ก.ก./ซม.² $\max v_n = 56.3$ ก.ก./ซม.²

$$\min d = \frac{V_u}{\phi b(\max v_n)} = \frac{58.7 \times 1,000}{0.85 \times 35 \times 56.3} = 35 \text{ ซม.}$$

ถ้าความลึกทั้งหมด $h = 40$ ซม. $d \approx 36$ ซม. (ระยะหุ้ม 4 ซม.)

$$\frac{a}{d} = \frac{10}{36} = 0.28 < 1.0$$

4. พิจารณาเหล็กเสริมรับแรงเฉือนเสียดทาน A_{vf}

$$A_{vf} = \frac{V_n}{\phi f_y \mu} = \frac{58.7}{0.85(4.0)1.4} = 12.3 \text{ ซม.}^2$$

ใช้ $\mu = 1.4$ สำหรับคอนกรีตหล่อเป็นเนื้อเดียวกัน

5. พิจารณาเหล็กรับแรงดัดหลัก A_s เริ่มจากคำนวณ A_f ที่ต้องการสำหรับการตัด

$$M_u = V_u a + N_{uc}(h - d) = V_u a = 58.7(10)/100 = 5.87 \text{ คัน-เมตร}$$

ค่าที่ต้องการของ $R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{5.87(100,000)}{0.85(35)(36)^2} = 15.22$ ก.ก./ซม.²

$\phi = 0.85$ ตาม ACI จากบทที่ 3: ได้ค่าที่ต้องการของ $\rho = 0.0039$

$$\min \rho = 0.04 \frac{f'_c}{f_y} = 0.04 \left(\frac{0.35}{4.0} \right) = 0.0035$$

$$\text{ค่าที่ต้องการของ } A_f = 0.0039(35)(36) = 4.9 \text{ ซม.}^2$$

เหล็กหลัก A_s ที่ต้องการจะเป็นค่าที่มากที่สุดของสมการ (6.45) และ (6.46) ดังนี้

$$A_s = \frac{2}{3} A_{yf} + A_n \text{ (ศูนย์ในตัวอย่างนี้)} = \frac{2}{3}(12.3) = 8.2 \text{ ซม.}^2$$

หรือ $A_s = A_f + A_n = 4.9 \text{ ซม.}^2$ ใช้ 3DB20 ($A_s = 9.42 \text{ ซม.}^2$)

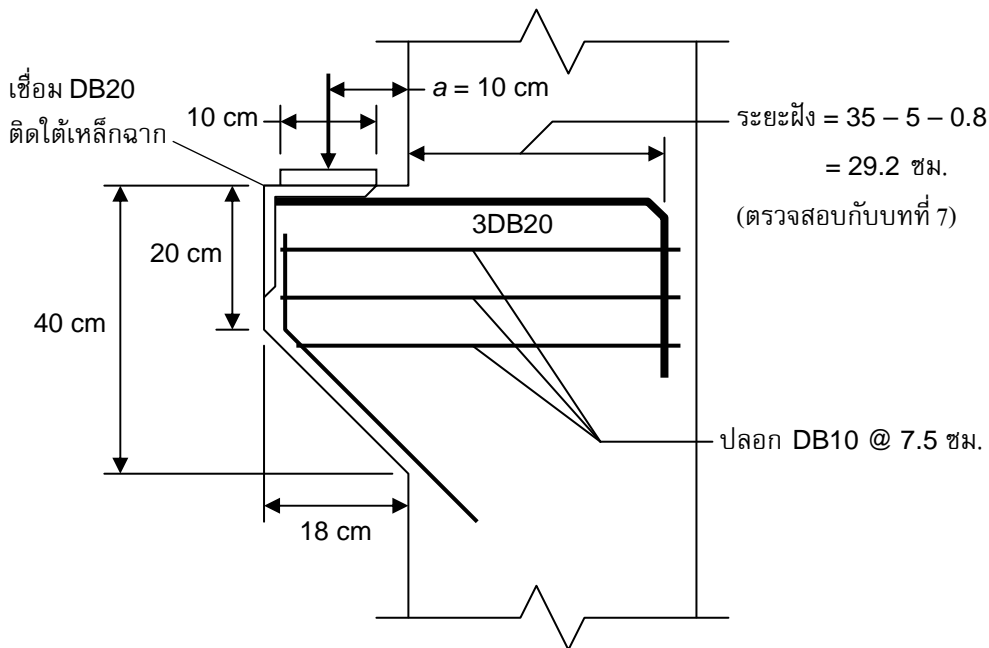
6. ออกแบบเหล็กปลอกปิด

$$\text{ค่าที่ต้องการของ } A_h = 0.5(A_s - A_n) = 0.5(9.42) = 4.71 \text{ ซม.}^2$$

ในการออกแบบนี้ค่าน้อยของ $a/d = 0.28$ ทำให้ A_f ไม่มีผลกับการออกแบบใช้ 3DB10 ปลอกปิด [$A_h = 2(3)(0.79) = 4.7 \text{ ซม.}^2$] ซึ่งทั้งสามห่วงต้องอยู่ในช่วงสองในสามของความลึกประสิทธิผล

7. ออกแบบขั้นสุดท้ายจากรูปที่ 6.44 ความลึกทั้งหมดที่ผิวของเสาคือ

$$h = 36 + 2.5 \text{ (ระยะหุ้ม)} + 0.8 \text{ (รัศมีเหล็กเส้น)} = 39.3 \text{ ซม.} \quad \text{ใช้ 40 ซม.}$$



รูปที่ 6.44 การออกแบบรูปร่างในตัวอย่างที่ 6.8

ตัวอย่างที่ 6.9 จงออกแบบรูปร่างรับน้ำหนักคงที่และจร 7 ตันและ 11 ตันตามลำดับแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งจะอยู่ห่างจากผิวเสาขนาด 35 ซม เท่ากับ 25 ซม. มีแรงในแนวราบ 4.5 ตันจากความคืบและการหดตัว ใช้ $f'_c = 350 \text{ ก.ก./ซม.}^2$ $f_y = 4,000 \text{ ก.ก./ซม.}^2$

วิธีทำ

1. น้ำหนักประลัย $V_u = 1.4(7) + 1.7(11) = 28.5 \text{ ตัน}$

$$N_{uc} = 1.7(4.5) = 7.65 \text{ ตัน}$$

ACI กำหนดไว้ว่า N_{uc} จะถูกคิดเป็นน้ำหนักจรรก็ต่อเมื่อเกิดจากความคืบ, การหดตัวหรืออุณหภูมิเปลี่ยน

$$\frac{N_{uc}}{V_u} = \frac{7.65}{28.5} = 0.268 > 0.20 \text{ min}$$

OK

2. ความลึกของหูช้างเพื่อแรงเฉือน

$$\max V_n = 0.2f'_c b_w d \leq 56.3 b_w d$$

เนื่องจาก $0.2f'_c = 70$ กก./ชม.² มากกว่า 56.3 กก./ชม.² → ใช้ **56.3** กก./ชม.²

$$\min d = \frac{V_u}{\phi b_w (56.3)} = \frac{28.5(1000)}{0.85(35)(56.3)} = 17 \text{ ซม.}$$

เนื่องจากมีค่าน้อยบางที่การตัดอาจต้องการ d ที่ใหญ่กว่า (เป็นไปได้มากเพราะน้ำหนักบนหูช้างห่างจากผิวเสา 25 ซม.)

3. ความลึกของหูช้างรับการดัด

$$\begin{aligned} M_u &= V_u a + N_{uc}(h - d) \\ &= 28.5(25) + 7.65(5) = 751 \text{ ตัน-ซม.} \end{aligned}$$

ประมาณ $(h - d)$ ไว้ที่ 5 ซม.

ใช้อัตราเหล็กเสริมน้อยสุด $\min \rho = 0.04 \frac{f'_c}{f_y} = 0.04 \left(\frac{0.35}{4.0} \right) = 0.0035$

ซึ่งจะได้ค่าน้อยสุด $R_n = 13.67$ กก./ชม.²

$$\text{ค่าที่ต้องการมากที่สุดของ } d = \sqrt{\frac{M_u}{\phi R_n b}} = \sqrt{\frac{751(1000)}{0.85(13.67)(35)}} = 43 \text{ ซม.}$$

สำหรับอัตราเสริมเหล็กมากที่สุดซึ่งเท่ากับ $0.75\rho_b$ ค่ามากที่สุด $R_n = 88.36$ กก./ชม.²,

$$\text{ค่าที่ต้องการน้อยที่สุด } d = \sqrt{\frac{751 (1000)}{0.85(88.36)(35)}} = 17 \text{ ซม.}$$

4. เลือกความลึกหูช้าง เนื่องจากกฎของ ACI สำหรับหูช้างจะใช้ได้เมื่อ a/d ไม่เกิน 1.0 เท่านั้น

$$\min d = a = 25 \text{ ซม.}$$

ลองใช้หูช้างที่ลึกกว่าเป็น 40 ซม. ทั้งหมดจะทำให้ $d \approx 36$ ซม.

5. พิจารณาเหล็กรับแรงเฉือนเสียดทาน A_{vf}

$$\text{ค่าที่ต้องการ } A_{vf} = \frac{V_u}{\phi f_y \mu} = \frac{28.5}{0.85(4.0)(1.4)} = 5.99 \text{ ซม.}^2$$

6. พิจารณาเหล็กเสริมรับแรงดัด A_f

$$\text{ค่าที่ต้องการ } R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{751 (1000)}{0.85(35)(36)^2} = 19.48 \text{ กก./ชม.}^2$$

$$\text{ต้องการ } \rho = 0.005 \text{ (จากบทที่ 3)}$$

$$\text{ต้องการ } A_f = 0.005(35)(36) = 6.35 \text{ ซม.}^2$$

7. พิจารณาเหล็กเสริม A_n เพิ่มเติมรับแรงดัดตามแกน

$$\text{ต้องการ } A_n = \frac{N_{uc}}{\phi f_y} = \frac{7.65}{0.85(4.0)} = 2.25 \text{ ซม.}^2$$

8. เหล็กรับแรงดัดหลัก A_s ต้องการมากกว่าค่าของ

$$\text{ค่าที่ต้องการ } A_s = A_f + A_n = 6.35 + 2.25 = 8.6 \text{ ซม.}^2$$

หรือ

$$\text{ค่าที่ต้องการ } A_s = \frac{2}{3}A_f + A_n = \frac{2}{3}(5.99) + 2.25 = 6.5 \text{ ซม.}^2$$

ดังนั้นค่าที่ต้องการคือ 8.6 ซม.² → ใช้เหล็กเสริมหลัก 3DB20 ($A_s = 9.42 \text{ ซม.}^2$)

9. ขนาดหูช้างทั้งหมด

สมมติให้แผ่นเหล็กรับแรงกดหนา 2.5 ซม. จะถูกเชื่อมเข้ากับเหล็กเสริมรับแรงดัดหลัก ความลึกทั้งหมดคือ

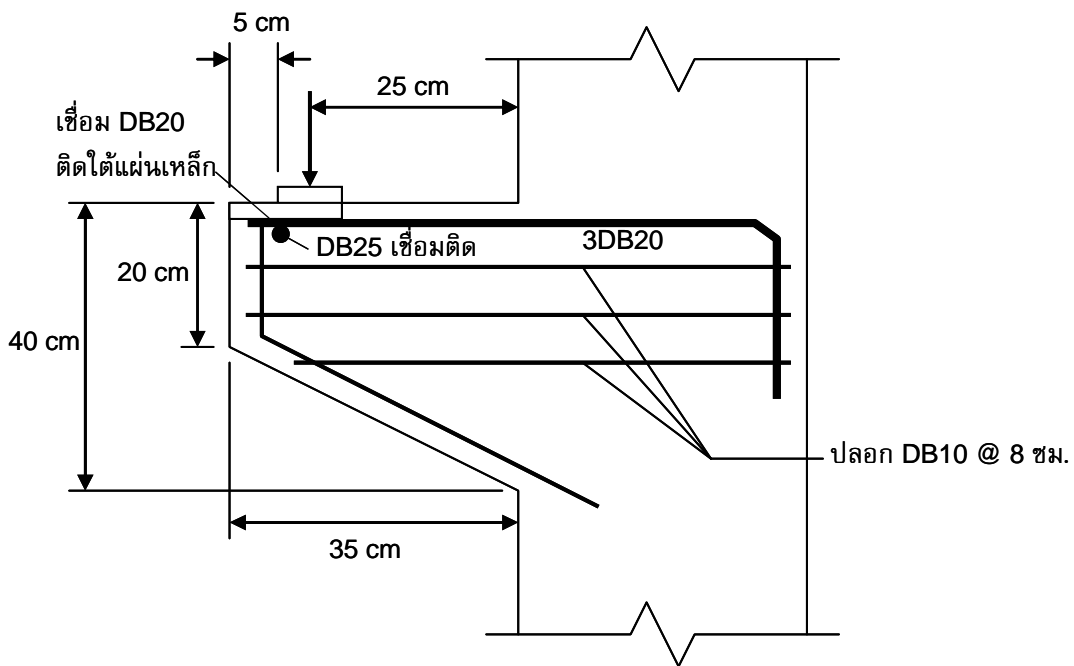
$$\begin{aligned} h &= \text{แผ่นเหล็กรับแรงกด} + \text{รัศมีเหล็กเส้น} + \text{ความลึกประสิทธิผล}(d) \\ &= 2.5 + 1.0 + 36 = 39.5 \text{ ซม.} \rightarrow \text{ใช้ความลึกที่ผิวเสา } 40 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

ความยาวของแผ่นรับแรงกด = $\frac{V_u}{\phi 0.85 f'_c (\text{ความกว้างเสา})}$

$$= \frac{28.5}{0.70(0.85)(0.35)(35)} = 3.91 \text{ ซม.} \rightarrow \text{ใช้ความยาวแผ่นรับแรงกด } 10 \text{ ซม.}$$

ความยาวของหูช้าง = $5 + \frac{1}{2}$ แผ่นรับแรงกด + ช่วงคานรับแรงเฉือน $a = 5 + 5 + 25 = 35 \text{ ซม.}$

ความลึกของฝิวนอกหูช้าง = $(1/2)$ ความลึกทั้งหมด = 20 ซม.



รูปที่ 6.45 การออกแบบแบบหูช้างในตัวอย่างที่ 6.9

10. พิจารณาปริมาณเหล็กปลอก

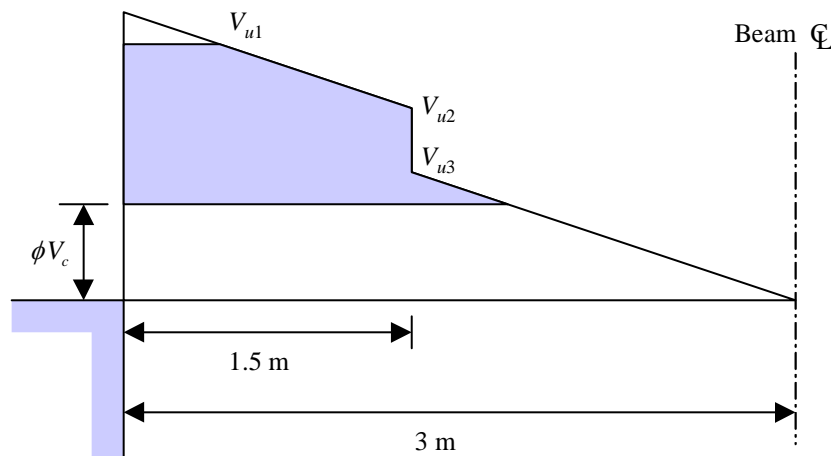
$$\text{ต้องการ } A_h = 0.5(A_s - A_n) = 0.5(8.6 - 2.25) = 3.2 \text{ ซม.}^2$$

ใช้ 3DB10 เหล็กปลอกปิด $A_h = 3(2)(0.78) = 4.68 \text{ ซม.}^2$

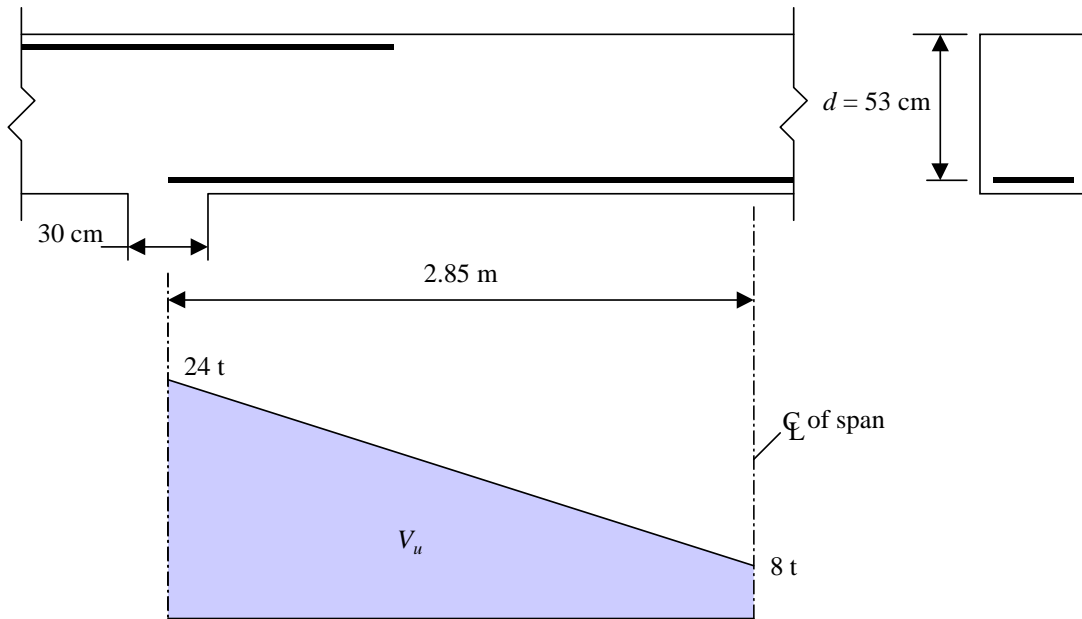
ระยะห่างควรวจะเป็น $(2/3)(36)/3 = 8$ ซม.

ปัญหาท้ายบทที่ 6

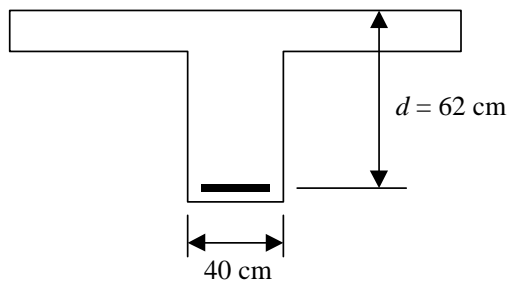
- 6.1** คานช่วงเดี่ยวนีมีระยะช่วงหักความกว้างเสา $l_n = 6.7$ ม. รองรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ที่ $w_D = 1.6$ ตัน/ม. และน้ำหนักจร $w_L = 1.2$ ตัน/ม. จงคำนวณแรงเฉือนประลัยที่หน้าตัดวิกฤต V_u และออกแบบขนาดและระยะห่างเหล็กปลอกโดยใช้เหล็ก SR24 ($f_y = 2,400$ ก.ก./ชม.²) หรือ SD40 ($f_y = 4,000$ ก.ก./ชม.²) กำหนด: $b_w = 30$ ซม. $d = 43$ ซม. และ $f'_c = 280$ ก.ก./ชม.²
- 6.2** คานยื่นรองรับน้ำหนักบรรทุกจรกระทำเป็นจุด 10 ตัน กระทำที่ระยะ 1 เมตรจากจุดรองรับ ถ้าหน้าตัดคานคือ 30 ซม. × 50 ซม. ความลึกประสิทธิภาพ $d = 43$ ซม. จงออกแบบเหล็กปลอกที่ต้องการ กำหนด $f'_c = 210$ ก.ก./ชม.² และ $f_y = 4,000$ ก.ก./ชม.²
- 6.3** ช่วงคานแรกของคานต่อเนื่องมีระยะช่วงหักความกว้างเสา $l_n = 5.7$ เมตร รองรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ $w_L = 2.6$ ตัน/ม. และน้ำหนักคงที่ที่ $w_D = 3.2$ ตัน/ม. ไม่รวมน้ำหนักคาน จงออกแบบหน้าตัดเพื่อรองรับการดัดและแรงเฉือน สมมุติคานกว้าง $b_w = 40$ ซม. กำหนด $f'_c = 240$ ก.ก./ชม.² และ $f_y = 4,000$ ก.ก./ชม.²
- 6.4** คานต่อเนื่องสองช่วงมีระยะช่วงเท่ากัน $l_n = 5.7$ ม. รองรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ $w_D = 4$ ตัน/ม. น้ำหนักบรรทุกจร $w_L = 1.2$ ตัน/ม. น้ำหนักคงที่ที่กระทำเป็นจุด $P_D = 7$ ตัน น้ำหนักจร $P_L = 10$ ตัน กระทำที่กลางช่วงคาน จงออกแบบขนาดหน้าตัดและเหล็กปลอก กำหนด $f'_c = 280$ ก.ก./ชม.² และ $f_y = 4,000$ ก.ก./ชม.²
- 6.5** จงออกแบบเหล็กปลอกสำหรับคานที่มีแผนภูมิแรงเฉือนดังรูปข้างล่าง กำหนด: $b_w = 30$ ซม. $d = 53$ ซม. $V_{u1} = 30$ ตัน $V_{u2} = 24$ ตัน $V_{u3} = 20$ ตัน $f'_c = 280$ ก.ก./ชม.² และ $f_y = 4,000$ ก.ก./ชม.²



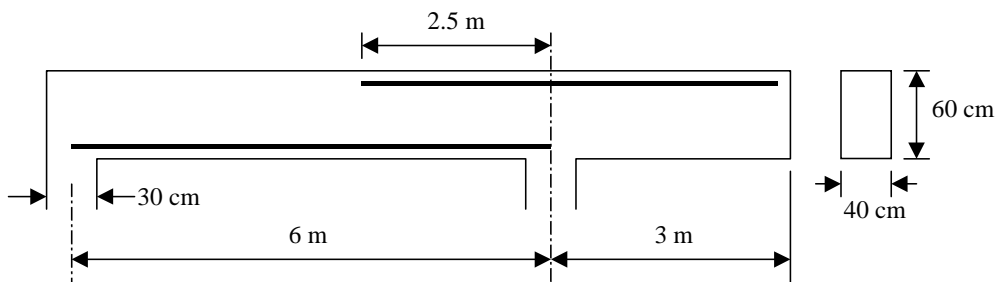
- 6.6** สำหรับส่วนหนึ่งของคานต่อเนื่องดังแสดงในรูปข้างล่าง โดยกำหนดแผนภูมิแรงเฉือนประลัย V_u มาให้ จงพิจารณา ระยะห่างของเหล็กปลอก DB10 กำหนด: $b_w = 30$ ซม. $d = 53$ ซม. ความกว้างจุดรองรับ 30 ซม. ครึ่งช่วงคาน = 2.7 ม. V_u ที่จุดรองรับ = 24 ตัน V_u ที่กลางช่วงคาน = 8 ตัน $f'_c = 240$ ก.ก./ชม.² และ $f_y = 4,000$ ก.ก./ชม.²



- 6.7 สำหรับคานช่วงเดียวดังในรูปข้างล่าง ระยะช่วงคานหักความกว้างจตุรรองรับ 9.7 เมตร น้ำหนักบรรทุกคงที่แบบแผ่ 3.2 ตัน/ม. (รวมน้ำหนักคาน) และน้ำหนักจร 5 ตัน/ม. จงออกแบบเหล็กปลอกเพื่อรองรับแรงเฉือนในคาน กำหนด: $f'_c = 240$ กก./ซม.² และ $f_y = 4,000$ กก./ซม.²



- 6.8 คานดังแสดงในรูปข้างล่าง รองรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ 5 ตัน/ม. (รวมน้ำหนักคาน) และน้ำหนักบรรทุกจร 7.2 ตัน/ม. จงออกแบบเหล็กปลอกเพื่อต้านทานการเฉือน กำหนด: $f'_c = 240$ กก./ซม.² และ $f_y = 4,000$ กก./ซม.²



- 6.9 คานลึกลับช่วงเดียวมีระยะช่วงคานหักความกว้างเสา $l_n = 2.7$ ม. ความลึกคาน $h = 2.5$ ม. รองรับน้ำหนักบรรทุกทุกประลัย $w_u = 160$ ตัน/ม. รวมน้ำหนักคาน จงออกแบบคานสำหรับการดัดและการเฉือน กำหนด: $f'_c = 280$ กก./ซม.² และ $f_y = 4,000$ กก./ซม.²
- 6.10 จงออกแบบเป็นหูช้างเพื่อรองรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด $V_u = 25$ ตัน กระทำที่ระยะ $a = 20$ ซม. จากผิวเสา แรงทางด้านข้าง $N_{uc} = 10$ ตัน กำหนด: $b = 30$ ซม. $f'_c = 280$ กก./ซม.² และ $f_y = 4,000$ กก./ซม.²