

เฉลยข้อสอบ

สภาวิศวกร สำหรับภาคีวิศวกร
สาขาวิศวกรรมโยธา

วิชา

Reinforced Concrete Design

*Fundamental behavior in thrust, flexure, torsion, shear,
bond and interaction among these forces.*

ผู้เฉลย

ผศ.สมศักดิ์ คำปลิว

โดย



TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member

ข้อสอบสถาปนิก สำหรับภาควิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา

Reinforced Concrete Design

Fundamental behavior in thrust, flexure, torsion, shear, bond and interaction among these forces.

คำถามข้อที่ 1

คอนกรีตหล่อในที่ ตามข้อกำหนด วสท.3408 คอนกรีตที่หล่อติดกับดินและผิวคอนกรีตสัมผัสกับดินตลอดเวลา ให้มีระยะหุ้มค้ำสุดสำหรับเหล็กเสริมเท่ากับกี่เซนติเมตร

ตัวเลือก

- (1) 3.0 ซม
- (2) 3.5 ซม
- (3) 5.0 ซม
- (4) 7.5 ซม

แนวคิด

จากมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน หัวข้อ วสท.3408 หน้า 21-22

คอนกรีตหล่อติดดิน และผิวคอนกรีตสัมผัสกับดินตลอดเวลา ระยะหุ้มขั้นต่ำ 7.5 ซม

คอนกรีตที่สัมผัสกับดินหรือถูกแดดฝน เหล็กโตกว่า 16 มม ระยะหุ้ม 5.0 ซม

คอนกรีตที่สัมผัสกับดินหรือถูกแดดฝน เหล็ก 16 มม ลงมา ระยะหุ้ม 4.0 ซม

คอนกรีตที่ไม่สัมผัสกับดินหรือไม่ถูกแดดฝน
พื้น ผนัง ตง

เหล็ก 44 มม ขึ้นไป ระยะหุ้ม 4.0 ซม

เหล็ก 35 มม ลงมา ระยะหุ้ม 2.0 ซม

คาน

เหล็กเสริมหลักและเหล็กดัด ระยะหุ้ม 3.0 ซม

ฯลฯ

ตามข้อนี้ ระยะหุ้มคือ 7.5 ซม ตอบข้อ (4)

คำตอบ ข้อ (4) 7.5 ซม

คำถามข้อที่ 2

น้ำหนักบรรทุกจรของอาคารตามข้อบัญญัติ กทม.พ.ศ.2522 ข้อใดมีน้ำหนักมากที่สุด

ตัวเลือก

- (1) ห้องเก็บหนังสือและหอสมุดกลาง
- (2) กัฏาคารใหญ่
- (3) หอประชุมแห่งชาติ
- (4) ที่เก็บหรือจอดรถยนต์บรรทุกและรถอื่นๆ

แนวคิด

ข้อบัญญัติ กทม. กำหนดไว้ว่า

ห้องเก็บหนังสือและหอสมุดกลาง น้ำหนักบรรทุกจร 600 kg/m^2

กัฏาคารใหญ่ น้ำหนักบรรทุกจร 400 kg/m^2

หอประชุมแห่งชาติ น้ำหนักบรรทุกจร 500 kg/m^2

ที่เก็บหรือจอดรถยนต์บรรทุกและรถอื่นๆ น้ำหนักบรรทุกจร 800 kg/m^2

คำตอบ ข้อ (4) ที่เก็บหรือจอดรถยนต์บรรทุกและรถอื่นๆ

คำถามข้อที่ 3

Blow count คือการตรวจสอบอะไร

ตัวเลือก

- (1) จำนวนนับการตอกเสาเข็ม
- (2) จำนวนหน้าต่ง และประตูในแต่ละอาคารที่ลมผ่านได้
- (3) จำนวนชั้นของอาคาร
- (4) จำนวนกระเบื้อง ในแต่ละตารางเมตร

แนวคิด

Blow หมายถึงการตอก การเป่า count หมายถึงการนับ ดังนั้น Blow count จึงหมายถึงการนับจำนวนครั้งในการตอก

คำตอบ ข้อ (1) จำนวนนับการตอกเสาเข็ม

คำถามข้อที่ 4

เหล็กข้ออ้อย ที่ใช้ในประเทศไทย จะมีคุณสมบัติดีกว่าเหล็กกลมอย่างไร

ตัวเลือก

- (1) รับแรงดึงได้มากกว่า
- (2) มีแรงยึดเกาะดีกว่า
- (3) ทั้งรับแรงดึงและมีแรงยึดเกาะได้ดีกว่า
- (4) ราคาถูกกว่า

แนวคิด

เหล็กผิวเรียบกลมจะมี $f_y = 2400 \text{ ksc}$ ส่วนเหล็กข้ออ้อยมี $f_y = 3000 \text{ ksc}$ ถึง 5000 ksc ดังนั้นเหล็กข้ออ้อยจึงรับแรงดึงได้มากกว่า สำหรับแรงยึดเกาะจะมีผลจากการยึดเกาะทางเคมี ความฝืด และการยึดเกาะทางกล เหล็กกลมผิวเรียบจะมีผลสองข้อแรก ส่วนเหล็กข้ออ้อยมีผลทั้งสามข้อ ดังนั้นแรงยึดเกาะของเหล็กข้ออ้อยย่อมดีกว่า

คำตอบ ข้อ (3) ทั้งรับแรงดึงและมีแรงยึดเกาะได้ดีกว่า

คำถามข้อที่ 5

Hollow Core Slab ในงานก่อสร้างหมายถึงอะไร

ตัวเลือก

- (1) ช่องท่อในพื้นที่ห้องน้ำ
- (2) ช่องเปิดในผนัง
- (3) แผ่นพื้นสำเร็จรูป
- (4) ช่องเปิดในพื้นที่ต่าง ๆ

แนวคิด

Hollow หมายถึงช่องโล่ง Core หมายถึงแกน Slab หมายถึงแผ่นพื้น รวมแล้วหมายถึงแผ่นพื้นที่มีแกนเป็นช่องโล่งเป็นรูตามยาว หรือ แผ่นพื้นสำเร็จรูปชนิดหนึ่ง

คำตอบ ข้อ (3) แผ่นพื้นสำเร็จรูป

คำถามข้อที่ 6

คานยื่น cantilever beam เหล็กเสริมที่อยู่ในคาน เหล็กใดเป็นเหล็กเสริมที่สำคัญที่สุด

ตัวเลือก

- (1) เหล็กเสริมด้านล่างสุดของคาน
- (2) เหล็กเสริมด้านกลางของคาน
- (3) เหล็กเสริมด้านบนคาน
- (4) เหล็กคอกม้า

แนวคิด คานยื่นจะเกิดโมเมนต์ลบผิวบนเป็นแรงดึงซึ่งต้องให้เหล็กเสริมเป็นผู้รับ เหล็กบนจึงสำคัญที่สุด

คำตอบ ข้อ (3) เหล็กเสริมด้านบนคาน

คำถามข้อที่ 7

เหล็กปลอกในคาน นอกจากมีไว้ยึดรูปของเหล็กเส้นแล้ว ยังช่วยรับแรงชนิดใดที่เกิดขึ้น

ตัวเลือก

- (1) แรงลม
- (2) แรงอัด
- (3) แรงเหวี่ยง
- (4) แรงเฉือน

แนวคิด เหล็กปลอกในคานมีหน้าที่หลักในการรับแรงเฉือนที่รวมเป็นแรงดึงทแยง ส่วนการยึดเหล็กตามยาวในคานนั้นเป็นผลพลอยได้

คำตอบ ข้อ (4) แรงเฉือน

คำถามข้อที่ 8

พื้นที่ของห้องใดในโรงแรม ที่มีการรับน้ำหนักมากที่สุด

ตัวเลือก

- (1) ห้องนอน น้ำหนักบรรทุกจร 200 kg/m^2
- (2) ระเบียง น้ำหนักบรรทุกจร 200 kg/m^2
- (3) ห้องน้ำ น้ำหนักบรรทุกจร 200 kg/m^2
- (4) ห้องโถง และ Lobby น้ำหนักบรรทุกจร 300 kg/m^2

แนวคิด ดูกฎกระทรวงมหาดไทยฉบับที่ 6 หรือข้อบัญญัติ กทม. ดังแสดง

คำตอบ ข้อ (4) ห้องโถง และ Lobby น้ำหนักบรรทุกจร 300 kg/m^2

คำถามข้อที่ 9

เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ต้น มีสัดส่วนปริมาณเหล็กเสริมต่อคอนกรีตเท่ากัน มีความสูงเท่ากัน เสาต้นใดจะรับน้ำหนักได้มากที่สุด

ตัวเลือก

- (1) 20×40 cm
- (2) 30×30 cm
- (3) 25×30 cm
- (4) 30×40 cm

แนวคิด ในกรณีที่เป็นเสาสั้น $P = 0.85A_g(0.25f'_c + 0.4f_y\rho_g)$ เมื่อ f'_c, f_y, ρ_g เหมือนกัน แรง P จึงขึ้นกับเนื้อที่หน้าตัด A_g

(1) 20×40 cm มี $A_g = 20 \times 40 = 800 \text{ cm}^2$

(2) 30×30 cm มี $A_g = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$

(3) 25×30 cm มี $A_g = 25 \times 30 = 750 \text{ cm}^2$

(4) 30×40 cm มี $A_g = 30 \times 40 = 1200 \text{ cm}^2$

นอกจากนี้กำลังยังผูกพันกับความชะลูด $\frac{L}{0.3t}$ ค่า t คือส่วนเคลือบของหน้าตัด

คำตอบ ข้อ (4) เนื่องจาก $A_g = 1200 \text{ cm}^2$ มากที่สุด และความชะลูดน้อยที่สุด

คำถามข้อที่ 10

การถอดค้ำยันได้ต้องคำนึงถึงอะไรที่มีความยาวมาก ควรจะถอดอย่างไร

ตัวเลือก

- (1) ถอดไล่จากด้านเสาที่รองรับ
- (2) ถอดไล่จากด้านปลายคานยื่นเข้า
- (3) ถอดตรงกลางก่อนแล้วไล่ออกสองด้าน
- (4) ถอดอันเว้นอันจากด้านในออกไป

แนวคิด คานยื่นเป็นโมเมนต์ลบ เหล็กบนรับแรงดึง ระหว่างถอดค้ำยันต้องให้เป็นโมเมนต์ลบ

ตลอดเวลา ถอดจากปลายเข้าหาโคนเสา หากถอดจากโคนไปหาปลายหรือจากกลางไปหาปลายจะเป็นโมเมนต์บวก ร้าวด้านล่างคาน

คำตอบ ข้อ (2) ถอดไล่จากด้านปลายคานยื่นเข้าหาเสารองรับ

คำถามข้อที่ 11

slab on ground หมายถึงอะไร

ตัวเลือก

- (1) พื้นชั้นล่างที่ถ่ายน้ำหนักลงที่ดินโดยตรง
- (2) พื้นชั้นล่างที่ถ่ายน้ำหนักโดยตรงลงคานค่อ
- (3) พื้นที่ก่อสร้างไกลจากแหล่งน้ำ
- (4) การใช้ดินเป็นไม้แบบของคาน

แนวคิด Slab on ground หรือสมัยก่อนใช้ Slab on grade คือแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่เทลงบนดิน น้ำหนักถ่ายลงดินโดยตรงไม่ต้องผ่านทางคานที่รองรับ

คำตอบ ข้อ (1) พื้นชั้นล่างที่ถ่ายน้ำหนักลงที่ดินโดยตรง

คำถามข้อที่ 12

กำลังอัดคอนกรีต เท่ากับ 210 กก./ตร.ซม. ชนิดทรงกระบอก ที่อายุ 28 วัน จะเท่ากับกำลังอัดของคอนกรีตชนิดลูกบาศก์ ประมาณเท่าใด

ตัวเลือก

- (1) 180 กก/ตร.ซม
- (2) 210 กก/ตร.ซม
- (3) 240 กก/ตร.ซม
- (4) 280 กก/ตร.ซม

แนวคิด ถ้ากำหนดให้

$$f'_{c,cylinder} = \text{กำลังคอนกรีตทรงกระบอกที่ 28 วัน, กก/ตร.ซม}$$

$$f'_{c,cube} = \text{กำลังคอนกรีตลูกบาศก์ที่ 28 วัน, กก/ตร.ซม}$$

ได้ความสัมพันธ์ว่า

$$f'_{c,cylinder} \approx \frac{7}{8} f'_{c,cube}$$

ในข้อนี้ $f'_{c,cylinder} = 210$ ksc ดังนั้น

$$f'_{c,cube} \approx \frac{8}{7} f'_{c,cylinder} = \frac{8}{7} \times 210 = 240 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (3) 240 กก/ตร.ซม

คำถามข้อที่ 13

ถ้ากำหนดให้ใช้คอนกรีตกำลังอัดประลัยที่ 240 กก./ตร.ซม. สำหรับออกแบบในมาตรฐาน ว.ส.ท. จะหมายถึงแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปรางใด ที่อายุกี่วัน?

ตัวเลือก

- (1) ชนิดลูกบาศก์ ขนาด 15 x15x15 ซม. ที่อายุ 14 วัน
- (2) ชนิดลูกบาศก์ ขนาด 15 x15x15 ซม. ที่อายุ 28 วัน
- (3) ชนิดทรงกระบอกขนาด 6"x12" ที่อายุ 7 วัน
- (4) ชนิดทรงกระบอกขนาด 6"x12" ที่อายุ 28 วัน

แนวคิด ทั้งมาตรฐาน ว.ส.ท. และกฎหมาย กำลังประลัยของคอนกรีตหมายถึงกำลังของแท่งทรงกระบอกคอนกรีตเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม (6 นิ้ว) สูง 30 ซม (12 นิ้ว) ที่อายุ 28 วัน ส่วนรูปลูกบาศก์ 15x15x15 ซม ที่อายุ 28 วันนั้นตามมาตรฐานของอังกฤษ (BS)

คำตอบ ข้อ (4) ชนิดทรงกระบอกขนาด 6"x12" ที่อายุ 28 วัน

คำถามข้อที่ 14

รอยแตกร้าวในคานต่อเนื่องซึ่ง ถ้ามีแนวเอียงหรือเฉียงทแยง ซึ่งเรียกทั่วไปว่า เกิดจากแรงดึงทแยง (diagonal tension) มักจะพบในบริเวณใดของคาน

- (1) ด้านล่างของคาน บริเวณกึ่งกลางคาน
- (2) ด้านบนของคาน บริเวณกึ่งกลางคาน
- (3) ที่ขอบของหัวเสา
- (4) ใกล้บริเวณโคนเสา ห่างจากเสาประมาณเท่ากับความลึกของคาน

แนวคิด หน้าตัดวิกฤตของแรงเฉือนในคานที่รวมกับหน่วยแรงดัดกลายเป็นแรงดึงทแยงจะห่างจากขอบเสาไปเท่ากับความลึกประสิทธิภาพ รอยร้าวบริเวณนี้จะเริ่มจากขอบล่างแล้วเฉียงประมาณ 45 องศา ไม่ใช่ตรงขอบพอดี

คำตอบ ข้อ (4) ใกล้บริเวณโคนเสา ห่างจากเสาประมาณเท่ากับความลึกของคาน

คำถามข้อที่ 15

พื้น คสล. กว้าง 3.00 ม. ยาว 5.00 ม. รับน้ำหนักจร 350 กก./ตร.ม.หนา 0.15 ม. จะมีน้ำหนักลง
คานด้านยาวเท่าไร (วิธี WSD)

ตัวเลือก

- (1) 710 กก/ม
- (2) 937.2 กก/ม
- (3) 1420 กก/ม
- (4) 1775 dd/

แนวคิด การกระจายน้ำหนักลงคานด้านสั้น w_s และด้านยาว w_L หาได้จาก

$$w_s = \frac{wS}{3}$$

$$w_L = \frac{wS}{3} \frac{3-m^2}{2}$$

เมื่อ $w = DL + LL = 2400 \times 0.15 + 350 = 710 \text{ kg/m}^2 =$ น้ำหนักลงบนพื้น

$S = 3.00 \text{ m} =$ ความยาวขอบสั้นของพื้น

$L = 5.00 \text{ m} =$ ความยาวขอบยาวของพื้น

$$m = \frac{S}{L} = \frac{3.00}{5.00} = 0.6$$

ดังนั้น $w_s = \frac{wS}{3} = \frac{710 \times 3.00}{3} = 710 \text{ kg/m}$

$$w_L = \frac{wS}{3} \frac{3-m^2}{2} = \frac{710 \times 3.00}{3} \times \frac{3-0.6^2}{2} = 937.2 \text{ kg/m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 937.2 กก/ม

คำถามข้อที่ 16

พื้น คสล. กว้าง 3.00 ม. ยาว 5.00 ม. รับน้ำหนักจร 350 กก./ตร.ม.หนา 0.15 ม. จะมีน้ำหนักลง
คานด้านยาวเท่าไร และใช้เกณฑ์มาตรฐานของ ว.ศ.ท.ในการออกแบบ (วิธี SDM)

ตัวเลือก

- (1) 1099 กก/ม
- (2) 1237.2 กก/ม
- (3) 1450 กก/ม
- (4) 1775 กก/ม

แนวคิด การกระจายน้ำหนักลงคานด้านสั้น w_{us} และด้านยาว w_{uL} หาได้จาก

$$w_{us} = \frac{w_u S}{3}$$

$$w_{uL} = \frac{w_u S}{3} \frac{3 - m^2}{2}$$

เมื่อ $w_u = 1.4DL + 1.7LL = 1.4 \times 2400 \times 0.15 + 1.7 \times 350 = 1099 \text{ kg/m}^2 =$ น้ำหนักเพิ่ม

ค่าลงบนพื้น

$S = 3.00 \text{ m} =$ ความยาวขอบสั้นของพื้น

$L = 5.00 \text{ m} =$ ความยาวขอบยาวของพื้น

$$m = \frac{S}{L} = \frac{3.00}{5.00} = 0.6$$

ดังนั้น

$$w_{us} = \frac{w_u S}{3} = \frac{1099 \times 3.00}{3} = 1099 \text{ kg/m}$$

$$w_{uL} = \frac{w_u S}{3} \frac{3 - m^2}{2} = \frac{1099 \times 3.00}{3} \times \frac{3 - 0.6^2}{2} = 1450.68 \text{ kg/m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 1450 กก/ม

คำถามข้อที่ 17

ฐานรากแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1.75x1.75 ม. รับน้ำหนักตามแนวแกน 30 ตัน และรับโมเมนต์ 5 ตัน-เมตร ที่สภาวะใช้งานจงหาหน่วยแรงดันดินสุทธิใต้ฐานรากที่มากที่สุด (วิธี WSD)

ตัวเลือก

- (1) 4.198 ตัน/ตร.ม
- (2) 10.732 ตัน/ตร.ม
- (3) 12.56 ตัน/ตร.ม
- (4) 15.39 ตัน/ตร.ม

แนวคิด ใช้หลักการรวมผลคือ

$$p = \frac{F}{A} \pm \frac{M_x y}{I_x} \pm \frac{M_y x}{I_y}$$

ในที่นี้

p = หน่วยแรงดันดินที่จุดต่างๆ ตัน/ตร.ม ที่ต้องการหา

$F = 30$ tonne = แรงกดลงตามแนวแกน, ตัน

$A = 1.75 \times 1.75 = 3.0625$ m² = เนื้อที่ฐานราก

$M_x = 5$ tonne.m = โมเมนต์รอบแกน x

$M_y = 0$ = โมเมนต์รอบแกน y

$y = \frac{1.75}{2} = 0.875$ m = ระยะจากแกนสะเทินถึงขอบฐานราก

$x = \frac{1.75}{2} = 0.875$ m = ระยะจากแกนสะเทินถึงขอบฐานราก

$I_x = I_y = \frac{1.75 \times 1.75^3}{12} = 0.78157552$ m⁴ = โมเมนต์อินเนอร์เซียของพื้นที่ฐานรากรอบ

แกนสะเทิน

ดังนั้นหน่วยแรงดันดินสูงสุดคือ

$$p = \frac{F}{A} + \frac{M_x y}{I_x} + \frac{M_y x}{I_y} = \frac{30}{3.0625} + \frac{5 \times 0.875}{0.78157552} + \frac{0 \times 0.875}{0.78157552}$$

$$p = 15.39358601 \text{ Tonne/m}^2 = 15.39 \text{ T/m}^2$$

คำตอบ ข้อ (4) 15.39 ตัน/ตร.ม

คำถามข้อที่ 18

เสาเข็มสี่เหลี่ยมตันขนาด $0.15 \times 0.15 \times 4.50$ ม. จะมีกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเท่าไร เมื่อคำนวณโดยใช้ความฝืดของดินที่ยอมให้ตามข้อบัญญัติ กทม. ข้อ 67 กำหนดให้ f'_c ของคอนกรีต เสาเข็ม = 210 ksc; f'_c ของคอนกรีต ฐานราก = 180 ksc วิธี WSD

ตัวเลือก

- (1) 1620 กก
- (2) 1890 กก
- (3) 2160 กก
- (4) 17718 กก

แนวคิด

ตามข้อบัญญัติของ กทม. ข้อ 67 กำหนดความฝืด

67(1) สำหรับดินที่อยู่ระดับลึกไม่เกิน 7 เมตร ได้ระดับน้ำทะเลปานกลาง ให้ใช้ค่าหน่วยแรงฝืดของดินได้ไม่เกิน 600 กิโลกรัมต่อหนึ่งตารางเมตรของพื้นที่ผิวประสิทธิผลของเสาเข็ม

67(2) สำหรับดินที่มีความลึกเกิน 7 เมตร ได้ระดับน้ำทะเลปานกลาง ค่าหน่วยแรงฝืดของดินเฉพาะส่วนที่ลึกเกินกว่า 7 เมตรลงไป ให้คำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$\text{หน่วยแรงฝืดเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร} = 800 + 200y$$

เมื่อ y = ความยาวของเสาเข็มเป็นเมตรเฉพาะส่วนที่ลึกเกินกว่า 7 เมตรได้ระดับน้ำทะเลปานกลาง

ตามโจทย์ข้อนี้ เสาเข็มยาว 4.50 เมตร จึงลึกไม่เกิน 7 เมตร หน่วยแรงฝืดของดินใช้ 600 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

$$\text{พื้นที่ผิวประสิทธิผลของเสาเข็ม} = (0.15 + 0.15 + 0.15 + 0.15) \times 4.50 = 2.7 \text{ m}^2$$

$$\text{แรงต้านของเสาเข็มจากความฝืดของดิน} = 600 \times 2.7 = 1620 \text{ kg}$$

หัวเสาเข็มรับแรงแบกทานเต็มเนื้อที่ได้ (วสท)

$$= 0.25f'_c A_b = 0.25 \times 210 \times 15 \times 15 = 11812.5 \text{ kg}$$

ต้องฐานรากรับแรงแบกทานน้อยกว่าหนึ่งในสามของพื้นที่รับแรงได้ (วสท)

$$= 0.37f'_c A_b = 0.37 \times 180 \times 15 \times 15 = 14985 \text{ kg}$$

เสาเข็มจะวิบัติในกรณีที่ดินรับแรงฝืดไม่ได้

เสาเข็มรับแรงได้ 1620 กิโลกรัม

คำตอบ ข้อ (1) 1620 กก

คำถามข้อที่ 19

การรับแรงในแนวแกนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนที่เป็นเนื้อคอนกรีตถูกกำหนดให้รับความเค้นสูงสุดไม่เกินที่เปอร์เซ็นต์ของความเค้นสูงสุดที่คอนกรีตรับได้ สำหรับการออกแบบด้วยวิธีกำลังตัวเลือก

- (1) 60%
- (2) 75%
- (3) 80%
- (4) 85%

แนวคิด เมื่อเสารับแรงอัดตามแนวแกน เนื้อคอนกรีตจะรับแรงกดเพียง 85% กล่าวคือ

$$P = 0.85f_c'A_g$$

คำตอบ ข้อ (4) 85%

คำถามข้อที่ 20

เหล็กปลอกในเสาทำหน้าที่อะไร เมื่อเสารับแรงตามแนวแกน

ตัวเลือก

- (1) เพื่อยึดเหล็กยื่นไว้ให้อยู่ตามตำแหน่งที่ต้องการ
- (2) เพื่อให้ระยะหุ้ม (Covering) ถูกต้องตามต้องการ
- (3) เพื่อช่วยเสริมให้เสามีคุณสมบัติเหนียว (ductility)
- (4) เพื่อช่วยให้เสารับแรงดึงให้ดีขึ้น

แนวคิด

เหล็กปลอกในเสาจะยึดให้เหล็กยื่นมีช่วงยาวไม่มากเกินไปจนเกิดการโก่งเดาะ รัดแกนคอนกรีตภายในไม่ให้ระเบิดออก ทำให้เสามีความเหนียว

คำตอบ ข้อ (3) เพื่อช่วยเสริมให้เสามีคุณสมบัติเหนียว (ductility)

คำถามข้อที่ 21

คานาคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริม มีขนาดกว้าง 15 cm ลึก 30 cm จงหาค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่ยอมให้ที่คานานี้รับได้ ถ้าคอนกรีตมีหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ $f_c = 75 \text{ ksc}$ และหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ $f_t = 15 \text{ ksc}$ ตัวเลือก

- (1) 33750 kg.cm
- (2) 67500 kg.cm
- (3) 101250 kg.cm
- (4) 168750 kg.cm
- (5) 337500 kg.cm

แนวคิด จากวิชากำลังวัสดุ $\sigma = \frac{Mc}{I}$ หรือ $M = \frac{\sigma I}{c}$

เมื่อ $I = \frac{bh^3}{12} = \frac{15 \times 30^3}{12} = 33750 \text{ cm}^4 =$ โมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัดคาน

$c = \frac{h}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm} =$ ระยะจากแกนสะเทินถึงผิวบนสุดและล่างสุด

กรณี $\sigma = f_c = 75 \text{ ksc}$

$$M = \frac{75 \times 33750}{15} = 168750 \text{ kg.cm}$$

กรณี $\sigma = f_t = 15 \text{ ksc}$

$$M = \frac{15 \times 33750}{15} = 33750 \text{ kg.cm}$$

คำตอบ ข้อ (1) 33750 kg.cm

เฉลย ข้อ (2) 67500 kg.cm (ผิดแน่นอน)

คำถามข้อที่ 22

มาตรฐาน ว.ส.ท. โดยวิธีกำลัง (SDM แบบเก่าใช้ว่า USD) กำหนดให้ใช้หน่วยการยึดหดตัวประลัยของคอนกรีตมีค่าเท่ากับเท่าใด

ตัวเลือก

- (1) 0.001 มม/มม
- (2) 0.002 มม/มม
- (3) 0.003 มม/มม
- (4) 0.004 มม/มม

แนวคิด ทุกมาตรฐานกำหนดให้คอนกรีตวิบัติที่ $\epsilon = 0.003 \text{ mm/mm}$

คำตอบ ข้อ (3) 0.003 มม/มม

คำถามข้อที่ 23

ฐานรากเดี่ยว (Isolated Footing) มีความลึกประสิทธิผลเท่ากับ d จะเกิดการวิบัติเนื่องจากโมเมนต์คดที่บริเวณใด

ตัวเลือก

- (1) บริเวณขอบเสาตอม่อ
- (2) ที่ระยะ $d/4$ จากขอบเสาตอม่อ
- (3) ที่ระยะ $d/2$ จากขอบเสาตอม่อ
- (4) ที่ระยะ d จากขอบเสาตอม่อ

แนวคิด

หน้าตัดวิกฤตของโมเมนต์จะอยู่ที่ขอบเสาตอม่อ ของแรงเฉือนแบบเจาะทะลุห่าง $d/2$ รอบเสาตอม่อ และของแรงเฉือนแบบคานห่าง d จากขอบเสาตอม่อ

คำตอบ ข้อ (1) บริเวณขอบเสาตอม่อ

คำถามข้อที่ 24

ฐานรากเดี่ยว (Isolated Footing) มีความลึกประสิทธิผลเท่ากับ d จะเกิดการวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนทางเดียว (Beam Shear) ที่บริเวณใด

ตัวเลือก

- (1) บริเวณขอบเสาตอม่อ
- (2) ที่ระยะ $d/4$ จากขอบเสาตอม่อ
- (3) ที่ระยะ $d/2$ จากขอบเสาตอม่อ
- (4) ที่ระยะ d จากขอบเสาตอม่อ

แนวคิด

หน้าตัดวิกฤตของโมเมนต์จะอยู่ที่ขอบเสาตอม่อ ของแรงเฉือนแบบเจาะทะลุห่าง $d/2$ รอบเสาตอม่อ และของแรงเฉือนแบบคานห่าง d จากขอบเสาตอม่อ

คำตอบ ข้อ (4) ที่ระยะ d จากขอบเสาตอม่อ

คำถามข้อที่ 25

ฐานรากเดี่ยว (Isolated Footing) มีความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ d จะมีการวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนทะลุ (Punching Shear) ที่บริเวณใด

ตัวเลือก

- (1) บริเวณขอบเสาตอม่อ
- (2) ที่ระยะ $d/4$ จากขอบเสาตอม่อ
- (3) ที่ระยะ $d/2$ จากขอบเสาตอม่อ
- (4) ที่ระยะ d จากขอบเสาตอม่อ

แนวคิด

หน้าตัดวิกฤตของโมเมนต์จะอยู่ที่ขอบเสาตอม่อ ของแรงเฉือนแบบเจาะทะลุห่าง $d/2$ รอบเสาตอม่อ และของแรงเฉือนแบบคานห่าง d จากขอบเสาตอม่อ

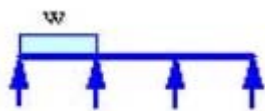
คำตอบ ข้อ (3) ที่ระยะ $d/2$ จากขอบเสาตอม่อ

คำถามข้อที่ 26

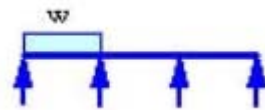
การจัดน้ำหนักบรรทุกทุกจรในคานต่อเนื่อง 3 ช่วงเท่าๆกัน และมีน้ำหนักบรรทุกคงที่ของคานเท่ากันตลอด ข้อใดให้แรงดัดลบมากที่สุด

ตัวเลือก

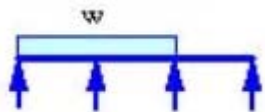
(1)



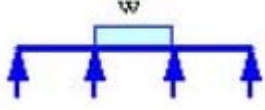
(2)



(3)

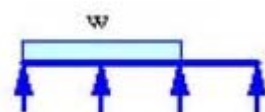


(4)



แนวคิด น้ำหนักจรวางบนช่วงชิดกัน จะทำให้โมเมนต์ลบในคานตรงจุดรองรับนั้นสูงที่สุด

คำตอบ ข้อ (3)

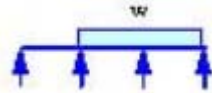


คำถามข้อที่ 27

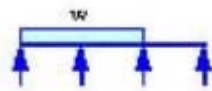
การจัดน้ำหนักบรรทุกทุกจรในคานต่อเนื่องที่มีความยาวช่วงเท่ากัน และมีน้ำหนักบรรทุกคงที่เท่ากันตลอดข้อใดให้ผลของแรงคัตบวมมากที่สุด

ตัวเลือก

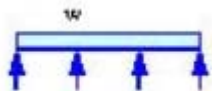
(1)



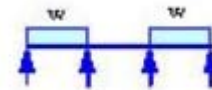
(2)



(3)

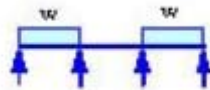


(4)



แนวคิด ใส่ น้ำหนักบรรทุกทุกจรช่วงเว้นช่วงสลับกันไปเรื่อย โมเมนต์บวกที่กลางช่วงที่น้ำหนักจรร
อยู่ทุกช่วงจะมีค่ามากที่สุดของแต่ละช่วง

คำตอบ ข้อ (4)



คำถามข้อที่ 28

คอนกรีตของคานขนาด 0.20×0.50 สามารถรับแรงเฉือนได้เท่าใดตามวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD)

ถ้า $f'_c = 240$ ksc, $d = 0.45$

ตัวเลือก

(1) 2043 kg

(2) 4043 kg

(3) 11084 kg

(4) 18404 kg

แนวคิด

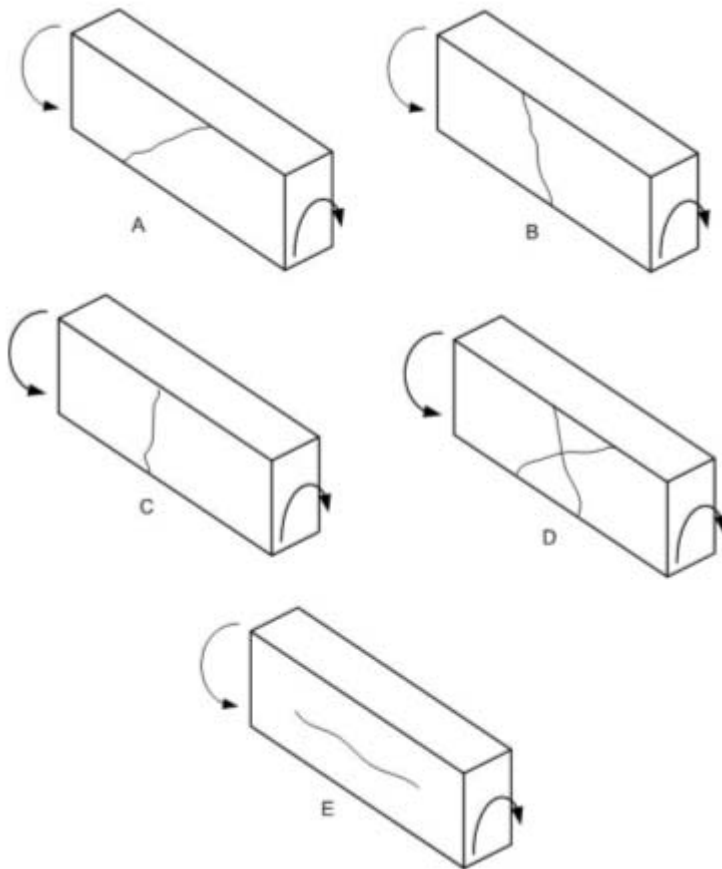
กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีตในคาน $V_c = 0.29\sqrt{f'_c}bd$

$$V_c = 0.29\sqrt{240} \times 20 \times 45 = 4043 \text{ kg}$$

คำตอบ ข้อ (2) 4043 kg

คำถามข้อที่ 29

การแตกร้าวของคานคอนกรีตไม่เสริมเหล็กรับโมเมนต์บิดรูปใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง



ตัวเลือก

- (1) A
- (2) B
- (3) D
- (4) E

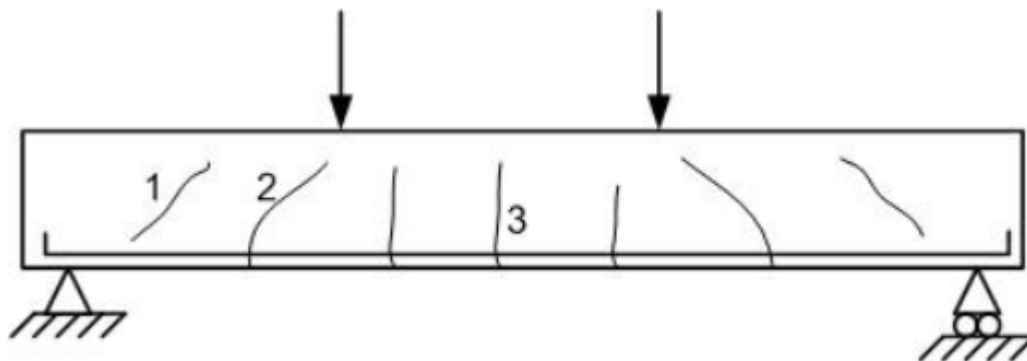
แนวคิด

การพิจารณาเรื่องนี้ต้องดูทิศทางการบิดประกอบด้วย การแตกร้าวเกิดจากแรงดึงทแยงจากผลของแรงบิดจึงเป็นแนวเฉียงๆ จะไม่ขนานตามยาวคานและไม่ตั้งฉากคาน และจะไม่เฉียงไขว้กัน จึงตัดรูป C,D,E ออกไป ทิศทางการบิดต้องพยายามทำให้รอยแตกร้าวอ้ามากขึ้น ไม่ใช่หุบแคบเข้า จึงตัดรูป A ออกไป เหลือเพียงรูป B ที่เป็นไปได้

คำตอบ ข้อ (2) B

คำถามข้อที่ 30

ในการทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับโมเมนต์ดัดแต่ไม่มีการเสริมเหล็กปลอกเกิดการแตกร้าว ดังรูป รอยร้าวมีการกำกับหมายเลขไว้ คำตอบข้อใดเป็นการแตก ร้าวเนื่องจากโมเมนต์ดัด แรงเฉือน และผลรวมระหว่างโมเมนต์ดัดและแรงเฉือน เรียงตามลำดับหมายเลข



ตัวเลือก

(1) 1,2,3

(2) 3,2,1

(3) 3,1,2

(4) 2,3,1

แนวคิด

รอยร้าวที่เกิดจากโมเมนต์ดัดหรือแรงดัดจะตั้งฉากกับแกนคาน คือ หมายเลข 3 มักจะเกิดบริเวณกลางคานซึ่งมีโมเมนต์มากแต่แรงเฉือนน้อย

รอยร้าวที่เกิดจากแรงเฉือนจะเฉียงๆ ประมาณ 45 องศา คือหมายเลข 1 ที่เกิดบริเวณจุดรองรับซึ่งแรงเฉือนมากแต่โมเมนต์ดัดน้อย

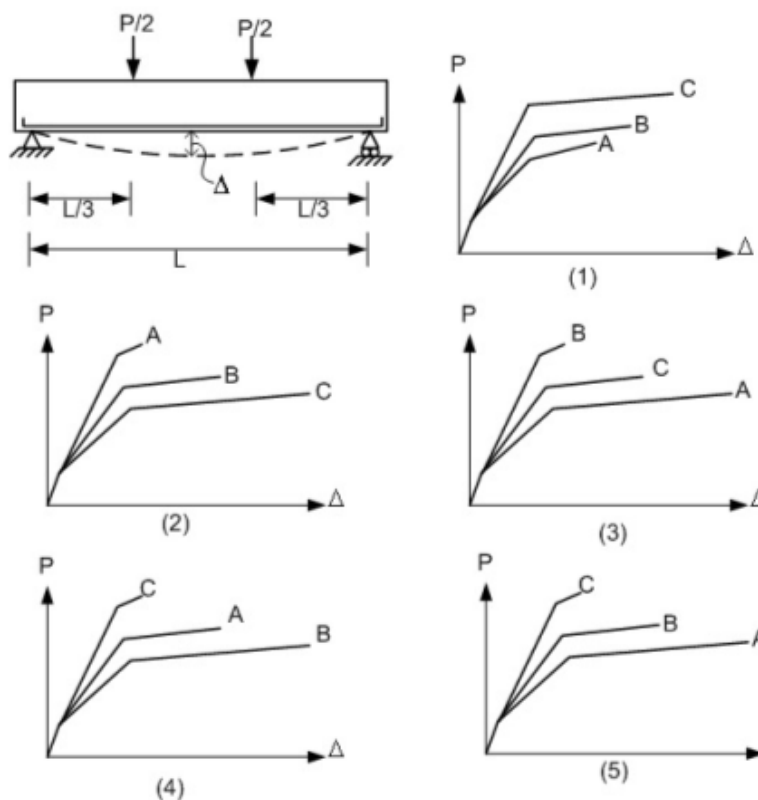
รอยร้าวที่เกิดจากโมเมนต์ร่วมกับแรงเฉือนจะมีลักษณะตั้งฉากแกนคานจากผลของโมเมนต์ดัด แล้วค่อยเอียงจากผลของแรงเฉือน คือหมายเลข 2 เกิดบริเวณห่างจากจุดรองรับออกไปหากลางคานที่มีทั้งแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

ดังนั้น ผลจากโมเมนต์ หมายเลข 3 ผลจากแรงเฉือน หมายเลข 1 ผลจากโมเมนต์และแรงเฉือน หมายเลข 2 เรียงลำดับ 3,1,2

คำตอบ ข้อ (3) 3,1,2

คำถามข้อที่ 31

ในการทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการเสริมเหล็กปลอกอย่างเพียงพอที่จะไม่เกิดการวิบัติโดยแรงเฉือน โดยมีขนาดหน้าตัดเท่ากันแต่เสริมเหล็กกับโมเมนต์ดัดแตกต่างกัน แล้วได้ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการแอ่นตัวที่กึ่งกลางคานดังแสดงดังรูปที่ (1) ถึง (5) ถ้าเส้นกราฟ A เป็นของหน้าตัดแบบ Underreinforce B เป็นของหน้าตัดแบบ Balance และ C เป็นของหน้าตัดแบบ Overreinforce รูปใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง



ตัวเลือก

- (1) รูปที่ (1)
- (2) รูปที่ (2)
- (3) รูปที่ (4)
- (4) รูปที่ (5)

แนวคิด

เมื่อ A เป็น Underreinforce เสริมเหล็กกับแรงดึงน้อยกว่าค่าสมดุล คานจะโก่งตัวได้มากก่อนที่จะหัก รูปที่เป็นไปได้คือ (3) และ (5) ที่ Δ หรือระยะโก่งของกราฟ A มากกว่าเส้นอื่น

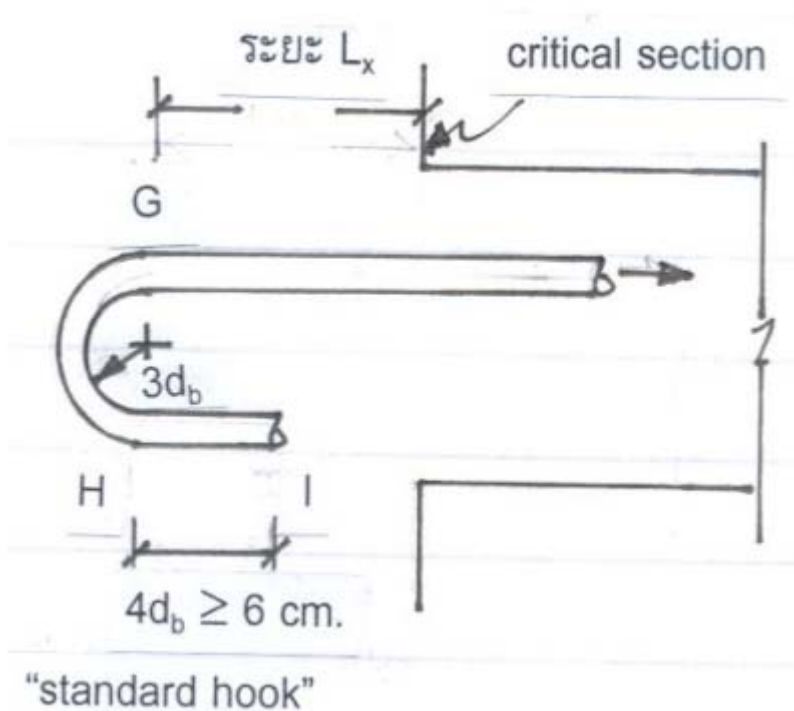
เมื่อ B เป็น Balance เสริมเหล็กกับแรงดึงในปริมาณสมดุล คานจะโก่งตัวได้ปานกลาง

เมื่อ C เป็น Overreinforce เสริมเหล็กกับแรงดึงมากกว่าค่าสมดุล คานจะเปราะ โก่งตัวได้น้อยแล้วหักเร็วกว่ากรณีอื่น ดังนั้นรูปที่เป็นไปได้จึงเหลือเพียงรูปที่ (5)

คำตอบ ข้อ (4) รูปที่ (5)

คำถามข้อที่ 32

มาตรฐาน ว.ศ.ท. กำหนดว่า $\diamond$ ของมาตรฐาน $\diamond$ สามารถต้านแรงดึงใช้งานได้เท่ากับ 700 กก./ตร.ซม. ดังนั้น ระยะ L_x อย่างน้อยที่ต้องฝังเหล็กกลมเรียบ (RB 15 มม.) จากหน้าตัดวิกฤต (critical section) มีค่าเท่าใด กำหนดให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ $u = 11$ กก./ตร.ซม. (สูตรคำนวณ $L = d_b f_s / 4u$)



ตัวเลือก

- (1) 40 ซม
- (2) 20 ซม
- (3) 17 ซม
- (4) 15 ซม

แนวคิด

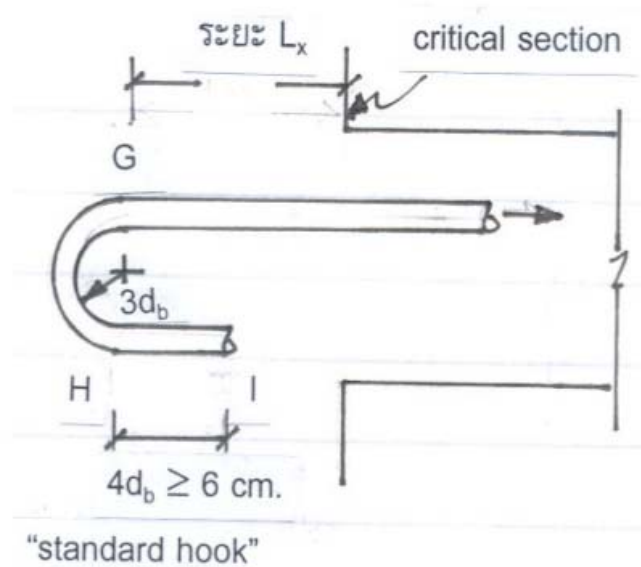
เหล็กผิวเรียบรับหน่วยแรงได้ 1200 กก/ตร.ซม ส่วนของของมาตรฐานรับหน่วยแรงไปแล้ว 700 กก/ตร.ซม เหลือให้ส่วนระยะฝัง (1200-700) กก/ตร.ซม ดังนั้นหารระยะฝังได้

จากสูตร
$$L_x = \frac{d_b f_s}{4u} = \frac{1.5 \times (1200 - 700)}{4 \times 11} = 17.04 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 17 ซม

คำถามข้อที่ 33

ถ้าไม่ทำ ๑ ของมาตรฐาน ๑ ระยะที่ต้องฝังเหล็กกลมเรียบ (RB 15 มม.) จากหน้าตัดวิกฤต (critical section) มีค่าประมาณเท่าใด กำหนดให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยว ที่ยอมให้ $u = 11$ กก./ตร.ซม



ตัวเลือก

- (1) 50 ซม
- (2) 40 ซม
- (3) 35 ซม
- (4) 30 ซม

แนวคิด

เหล็ก RB 15 mm มีหน่วยแรงดึงสูงสุด $f_s = 1200$ ksc เมื่อไม่ม่อของมาตรฐานที่ช่วงแบ่ง หน่วยแรงไป 700 ksc ดังนั้นระยะฝังจึงต้องรับเต็มทั้ง 1200 ksc

สูตร
$$L_x = \frac{d_b f_s}{4u} = \frac{1.5 \times 1200}{4 \times 11} = 40.9 \text{ cm}$$

ค่าที่ใกล้เคียงคือ 40 ซม

คำตอบ ข้อ (2) 40 ซม



คำถามข้อที่ 34

ข้อความใดต่อไปนี้มีใช้มาตรฐานกำหนดของ ว.ส.ท.(หมายเหตุ d = ความลึกประสิทธิผล, d_b = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริม)

- (1) ต้องยื่นเหล็กเสริมที่รับโมเมนต์คดให้เลยจากจุดที่ไม่ต้องการทางทฤษฎีออกไปอีก อย่างน้อยเท่ากับ d หรือ $12 d_b$ โดยใช้ค่าที่มากกว่า
- (2) ต้องยื่นเหล็กเสริมอย่างน้อย 1 ใน 3 ของเหล็กเสริมที่รับโมเมนต์บวกทั้งหมดในคานช่วงเดียว เลยเข้าไปในฐานรองรับเป็นระยะไม่น้อยกว่า 15 ซม
- (3) ต้องยื่นเหล็กเสริมอย่างน้อย 1 ใน 4 ของเหล็กเสริมที่รับโมเมนต์บวกทั้งหมดในคานต่อเนื่อง เลยเข้าไปในฐานรองรับเป็นระยะไม่น้อยกว่า 15 ซม
- (4) ต้องยื่นเหล็กเสริมอย่างน้อย 1 ใน 3 ของเหล็กเสริมที่รับโมเมนต์ลบทั้งหมดเลยจากตำแหน่งของจุดคั่นกลับเป็นระยะไม่น้อยกว่า d หรือ $12 d_b$ หรือ $1/18$ ของระยะช่วงว่างของคาน โดยใช้ค่าที่มากกว่า

แนวคิด

ข้อ (1) มาตรฐาน วสท. 4901(ข) แต่ควรมีข้อความ “ยกเว้นเหล็กเสริม ณ ที่รองรับ” ต่อท้ายด้วย

ข้อ (2) และข้อ (3) มาตรฐาน วสท. 4901(ฉ)

ข้อ (4) เกือบเหมือนมาตรฐาน วสท.ข้อ 4901(จ) ที่แตกต่างคือ $1/16$ ของระยะช่วงว่าง ไม่ใช่ $1/18$

คำตอบ ข้อ (4) ผิดที่ $1/18$ ที่ถูกต้องคือ $1/16$

คำถามข้อที่ 35

นอกเหนือจากกำลังของวัสดุและขนาดของเหล็กเสริมที่ใช้ กำลังยึดเหนี่ยวยังขึ้นอยู่กับ

ตัวเลือก

- (1) ระยะคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม
- (2) ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม
- (3) การเสริมเหล็กทางขวาง
- (4) ถูกทุกข้อ

แนวคิด

หากดูบทที่ 5 การยึดเหนี่ยวและระยะฝังยึดเหล็กเสริม หนังสือการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิฑูรย์กำลัง ศาสตราจารย์ ดร. วินิต ช่อวิเชียร ก็จะทราบว่าทั้ง (1),(2) และ (3) ถูกหมด

คำตอบ ข้อ (4) ถูกทุกข้อ

คำถามข้อที่ 36

ข้อใดไม่ถูกต้องตรงตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ของวิธีหน่วยแรงใช้งาน

- (1) หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต $\leq 0.29\sqrt{f'_c}$ กก/ชม²
- (2) หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก $\leq 1.35\sqrt{f'_c}$ กก/ชม²
- (3) ถ้าหน่วยแรงเฉือนในคานคอนกรีตเสริมเหล็กน้อยกว่า $0.795\sqrt{f'_c}$ กก/ชม² ให้ใช้ระยะห่างของเหล็กปลอกได้ไม่เกินกว่า $d/2$
- (4) ถ้าหน่วยแรงเฉือนในคานคอนกรีตเสริมเหล็กมากกว่า $0.795\sqrt{f'_c}$ กก/ชม² ให้ใช้ระยะห่างของเหล็กปลอกได้ไม่เกินกว่า $d/4$

แนวคิด

มาตรฐาน วสท.ข้อ 6301 (ก) ค่า $v_c = 0.29\sqrt{f'_c}$ เป็นส่วนที่คอนกรีตรับเอาไว้ที่เหลือให้เหล็กปลอกรับไว้ ที่เข้าข่ายข้อนี้คือข้อ (1)

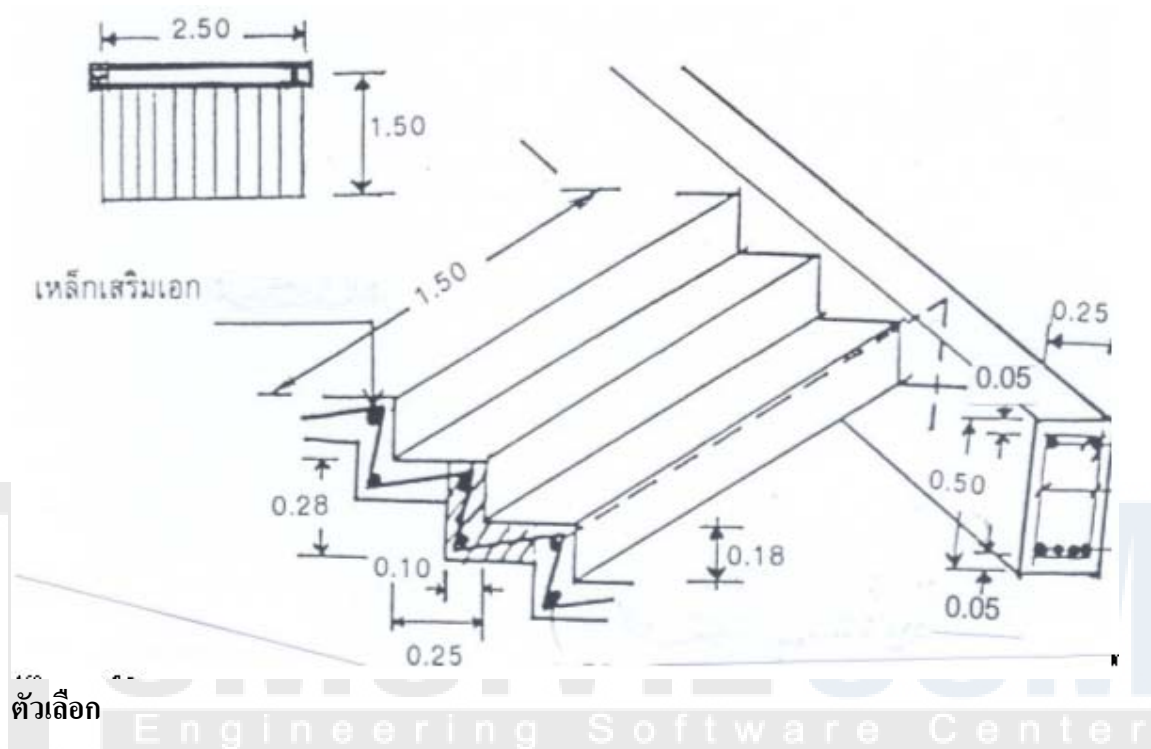
มาตรฐาน วสท.ข้อ 6306(ก) ในกรณีที่ $0 \leq \left(v = \frac{V}{bd}\right) \leq 0.795\sqrt{f'_c}$ ระยะเรียงเหล็กเสริมทางขวางไม่เกิน $d/2$ กรณีนี้คือข้อ (3) แต่ถ้า $v > 0.795\sqrt{f'_c}$ ระยะเรียงเหล็กเสริมทางขวางไม่เกิน $d/4$ กรณีนี้คือข้อ (4)

มาตรฐาน วสท ข้อ 6305(ข) หน่วยแรงเฉือน $v \leq 1.32\sqrt{f'_c}$ สำหรับหน้าตัดที่เสริมเหล็กรับแรงเฉือน ข้อที่คล้ายคือ (2) แต่ผิดที่เป็น $v \leq 1.35\sqrt{f'_c}$ ดังนั้น

คำตอบ ข้อ (2)หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก $\leq 1.35\sqrt{f'_c}$ กก/ชม²

คำถามข้อที่ 37

จงหาค่าโมเมนต์บิดที่กระทำตรงหน้าตัดวิกฤตของคานรองรับบันไดแบบยื่น ดังแสดง กำหนดให้ ความกว้างของบันได = 1.50 เมตร ระยะช่วงว่างระหว่างเสาด (ตาม แนวราบ) = 2.50 เมตร น้ำหนัก บรรทุกจรใช้งาน = 500 กก./ตร.ม. ขนาดคานรองรับเท่ากับ 25 x 50 ซม. $d = 45$ ซม



ตัวเลือก

- (1) 371 กก.เมตร
- (2) 450 กก.เมตร
- (3) 821 กก.เมตร
- (4) 1282.5 กก.เมตร

แนวคิด

น้ำหนักขั้นบันไดหนึ่งขั้น = $2400[0.10 \times 0.28 + 0.10 \times (0.25 - 0.10)] = 103.2 \text{ kg}/0.25\text{m}$

ลูกนอนบันได 0.25 เมตร ดังนั้นน้ำหนักขั้นบันไดต่อความยาว 1 เมตรทางราบคือ

$$= \frac{103.2}{0.25} = 412.8 \text{ kg/m}$$

น้ำหนักบรรทุกจร 500 kg/m^2 เมื่อคิดต่อความยาว 1 เมตร ได้ 500 kg/m

น้ำหนักบรรทุกรวม $w = 412.8 + 500 = 912.8 \text{ kg/m}$

โมเมนต์ดัดจากขั้นบันไดยาว 1 เมตร ที่ศูนย์กลางคานเปลี่ยนไปเป็นโมเมนต์บิดกระทำต่อคาน คือ

$$M_t = 912.8 \times 1.50 \times \frac{1.50}{2} = 1026.9 \text{ kg.m/m}$$

หน้าตัดวิกฤตที่ระยะ $d = 0.45 \text{ m}$ จากปลายคานทั้งสองข้าง ปลายคานแต่ละข้างรับโมเมนต์บิด เท่ากันแบ่งปลายละครึ่ง นั่นคือ

$$M_t = \frac{1}{2} \times 1026.9 \times (2.50 - 0.45 - 0.45)$$

$$M_t = 821.52 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 821 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 38

บันไดลาดทางช่วงกว้างกับแม่บันไดทั้งสองข้าง ถ้าให้ช่วงกว้างระหว่างแม่บันได = 1.50 เมตร
 ขั้นบันไดกว้าง = 25 ซม. ส่วนยก = 15 ซม. ความหนาของพื้นบันได = 7.5 ซม. น้ำหนักบรรทุก
 จรใช้งาน = 400 กก./ม² จงประมาณค่าน้ำหนักบรรทุกใช้งานทั้งหมดในทางราบ

ตัวเลือก

- (1) 500 กก/ม²
- (2) 600 กก/ม²
- (3) 800 กก/ม²
- (4) 1000 กก/ม²

แนวคิด

ความเอียงของบันได $\tan \theta = \frac{15}{25} = \frac{3}{5}$ ได้ $\sin \theta = \frac{3}{\sqrt{3^2 + 5^2}} = \frac{3}{\sqrt{34}}$ และ $\cos \theta = \frac{5}{\sqrt{34}}$

เนื้อที่ตัวขั้นบันได $A_1 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 0.15 = 0.01875 \text{ m}^2$

เนื้อที่พื้นบันได $A_2 = 0.075 \times \frac{0.25}{\cos \theta} = 0.01875 \times \frac{\sqrt{34}}{5} = 0.00375\sqrt{34} \text{ m}^2$

รวมพื้นที่บันไดหนึ่งขั้น (ซึ่งกว้าง 0.25 เมตร) คือ $A = 0.01875 + 0.00375\sqrt{34} \text{ m}^2$

น้ำหนักบันไดหนึ่งขั้นคือ

$$w_D = 2400 \times (0.01875 + 0.00375\sqrt{34}) = 97.47856705 \text{ kg} / 0.25 \text{ m}^2$$

$$w_D = \frac{97.47856705}{0.25} = 389.9142682 \approx 390 \Rightarrow 400 \text{ kg} / \text{m}^2$$

แต่น้ำหนักบรรทุกจร 400 กก/ม²

น้ำหนักบรรทุกรวม $w = 390 + 400 = 790 \text{ kg} / \text{m}^2 \approx 800 \text{ kg} / \text{m}^2$

คำตอบ ข้อ (3) 800 กก/ม²

คำถามข้อที่ 39

บันไดลาดทางช่วงกว้างกับแม่บันไดทั้งสองข้าง ถ้าให้ช่วงกว้างระหว่างแม่บันได = 2.50 เมตร
ขั้นบันไดกว้าง = 25 ซม. ส่วนยก = 15 ซม. ความหนาของพื้นบันได = 7.5 ซม. น้ำหนักบรรทุก
จรใช้งาน = 500 กก./ม² จงประมาณค่าน้ำหนักบรรทุกใช้งานทั้งหมดในทางราบ

ตัวเลือก

- (1) 700 กก/ม²
- (2) 800 กก/ม²
- (3) 900 กก/ม²
- (4) 1000 กก/ม²

แนวคิด

ความเอียงของบันได $\tan \theta = \frac{15}{25} = \frac{3}{5}$ ได้ $\sin \theta = \frac{3}{\sqrt{3^2 + 5^2}} = \frac{3}{\sqrt{34}}$ และ $\cos \theta = \frac{5}{\sqrt{34}}$

เนื้อที่ตัวขั้นบันได $A_1 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 0.15 = 0.01875 \text{ m}^2$

เนื้อที่พื้นบันได $A_2 = 0.075 \times \frac{0.25}{\cos \theta} = 0.01875 \times \frac{\sqrt{34}}{5} = 0.00375\sqrt{34} \text{ m}^2$

รวมพื้นที่บันไดหนึ่งขั้น (ซึ่งกว้าง 0.25 เมตร) คือ $A = 0.01875 + 0.00375\sqrt{34} \text{ m}^2$

น้ำหนักบันไดหนึ่งขั้นคือ

$$w_D = 2400 \times (0.01875 + 0.00375\sqrt{34}) = 97.47856705 \text{ kg} / 0.25 \text{ m}^2$$

$$w_D = \frac{97.47856705}{0.25} = 389.9142682 \approx 390 \Rightarrow 400 \text{ kg} / \text{m}^2$$

แต่น้ำหนักบรรทุกจร 500 กก/ม²

น้ำหนักบรรทุกรวม $w = 390 + 500 = 890 \text{ kg} / \text{m}^2 \approx 900 \text{ kg} / \text{m}^2$

คำตอบ ข้อ (3) 900 กก/ม²

คำถามข้อที่ 40

บันไดลาดทางช่วงกว้างกับแม่บันไดทั้งสองข้าง ถ้าให้ช่วงกว้างระหว่างแม่บันได = 2.50 เมตร
ชั้นบันไดกว้าง = 30 ซม. ส่วนยก = 15 ซม. ความหนาของพื้นบันได = 7.5 ซม. น้ำหนักบรรทุก
จรใช้งาน = 400 กก./ม² จงประมาณค่าน้ำหนักบรรทุกใช้งานทั้งหมดในทางราบ

ตัวเลือก

- (1) 600 กก/ม²
- (2) 700 กก/ม²
- (3) 800 กก/ม²
- (4) 900 กก/ม²

แนวคิด

$$\text{ความเอียงของบันได } \tan \theta = \frac{15}{30} = \frac{1}{2} \text{ ได้ } \sin \theta = \frac{1}{\sqrt{1^2 + 2^2}} = \frac{1}{\sqrt{5}} \text{ และ } \cos \theta = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$\text{เนื้อที่ตัวชั้นบันได } A_1 = \frac{1}{2} \times 0.30 \times 0.15 = 0.0225 \text{ m}^2$$

$$\text{เนื้อที่พื้นบันได } A_2 = 0.075 \times \frac{0.30}{\cos \theta} = 0.0225 \times \frac{\sqrt{5}}{2} = 0.01125\sqrt{5} \text{ m}^2$$

$$\text{รวมพื้นที่บันไดหนึ่งขั้น (ซึ่งกว้าง 0.30 เมตร) คือ } A = 0.0225 + 0.01125\sqrt{5} \text{ m}^2$$

น้ำหนักบันไดหนึ่งขั้นคือ

$$w_D = 2400 \times (0.0225 + 0.01125\sqrt{5}) = 114.3738354 \text{ kg}/0.30 \text{ m}^2$$

$$w_D = \frac{114.3738354}{0.30} = 381.246118 \approx 381 \Rightarrow 400 \text{ kg/m}^2$$

แต่น้ำหนักบรรทุกจร 400 กก/ม²

$$\text{น้ำหนักบรรทุกรวม } w = 381 + 400 = 781 \text{ kg/m}^2 \approx 800 \text{ kg/m}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 800 กก/ม²

คำถามข้อที่ 41

บันไดลาดทางช่วงกว้างกับแม่บันไดทั้งสองข้าง ถ้าให้ช่วงกว้างระหว่างแม่บันได = 1.50 เมตร
ขั้นบันไดกว้าง = 25 ซม. ส่วนยก = 15 ซม. ความหนาของพื้นบันได = 7.5 ซม. น้ำหนักบรรทุก
จรใช้งาน = 400 กก./ม² จงประมาณค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยทั้งหมดในทางราบ

ตัวเลือก

- (1) 1000 กก/ม²
- (2) 1150 กก/ม²
- (3) 1250 กก/ม²
- (4) 1500 กก/ม²

แนวคิด

$$\text{ความเอียงของบันได } \tan \theta = \frac{15}{25} = \frac{3}{5} \text{ ได้ } \sin \theta = \frac{3}{\sqrt{3^2 + 5^2}} = \frac{3}{\sqrt{34}} \text{ และ } \cos \theta = \frac{5}{\sqrt{34}}$$

$$\text{เนื้อที่ตัวขั้นบันได } A_1 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 0.15 = 0.01875 \text{ m}^2$$

$$\text{เนื้อที่พื้นบันได } A_2 = 0.075 \times \frac{0.25}{\cos \theta} = 0.01875 \times \frac{\sqrt{34}}{5} = 0.00375\sqrt{34} \text{ m}^2$$

$$\text{รวมพื้นที่บันไดหนึ่งขั้น (ซึ่งกว้าง 0.25 เมตร) คือ } A = 0.01875 + 0.00375\sqrt{34} \text{ m}^2$$

น้ำหนักบันไดหนึ่งขั้นคือ

$$w_D = 2400 \times (0.01875 + 0.00375\sqrt{34}) = 97.47856705 \text{ kg} / 0.25 \text{ m}^2$$

$$w_D = \frac{97.47856705}{0.25} = 389.9142682 \approx 390 \Rightarrow 400 \text{ kg} / \text{m}^2$$

แต่น้ำหนักบรรทุกจร 400 กก/ม²

$$\text{น้ำหนักบรรทุกประลัยรวม } w = 1.4 \times 390 + 1.7 \times 400 = 1,226 \text{ kg} / \text{m}^2 \approx 1250 \text{ kg} / \text{m}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 1250 กก/ม²

คำถามข้อที่ 42

บันไดลาดทางช่วงกว้างกับแม่บันไดทั้งสองข้าง ถ้าให้ช่วงกว้างระหว่างแม่บันได = 2.50 เมตร
ชั้นบันไดกว้าง = 25 ซม. ส่วนยก = 15 ซม. ความหนาของพื้นบันได = 7.5 ซม. น้ำหนักบรรทุก
จรใช้งาน = 500 กก./ม² จงประมาณค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยทั้งหมดในทางราบ

ตัวเลือก

- (1) 1150 กก/ม²
- (2) 1250 กก/ม²
- (3) 1300 กก/ม²
- (4) 1400 กก/ม²

แนวคิด

$$\text{ความเอียงของบันได } \tan \theta = \frac{15}{25} = \frac{3}{5} \text{ ได้ } \sin \theta = \frac{3}{\sqrt{3^2 + 5^2}} = \frac{3}{\sqrt{34}} \text{ และ } \cos \theta = \frac{5}{\sqrt{34}}$$

$$\text{เนื้อที่ตัวชั้นบันได } A_1 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 0.15 = 0.01875 \text{ m}^2$$

$$\text{เนื้อที่พื้นบันได } A_2 = 0.075 \times \frac{0.25}{\cos \theta} = 0.01875 \times \frac{\sqrt{34}}{5} = 0.00375\sqrt{34} \text{ m}^2$$

$$\text{รวมพื้นที่บันไดหนึ่งขั้น (ซึ่งกว้าง 0.25 เมตร) คือ } A = 0.01875 + 0.00375\sqrt{34} \text{ m}^2$$

น้ำหนักบันไดหนึ่งขั้นคือ

$$w_D = 2400 \times (0.01875 + 0.00375\sqrt{34}) = 97.47856705 \text{ kg}/0.25 \text{ m}^2$$

$$w_D = \frac{97.47856705}{0.25} = 389.9142682 \approx 390 \Rightarrow 400 \text{ kg/m}^2$$

แต่น้ำหนักบรรทุกจร 500 กก/ม²

$$\text{น้ำหนักบรรทุกประลัยรวม } w = 1.4 \times 390 + 1.7 \times 500 = 1396 \text{ kg/m}^2 \approx 1400 \text{ kg/m}^2$$

คำตอบ ข้อ (4) 1400 กก/ม²

คำถามข้อที่ 43

บันไดลาดทางช่วงกว้างกับแม่บันไดทั้งสองข้าง ถ้าให้ช่วงกว้างระหว่างแม่บันได = 1.50 เมตร
ชั้นบันไดกว้าง = 25 ซม. ส่วนยก = 15 ซม. ความหนาของพื้นบันได = 7.5 ซม. น้ำหนักบรรทุก
จรใช้งาน = 400 กก./ม² จงประมาณค่าโมเมนต์คดใช้งานสูงสุดที่พื้นบันไดต้องรับ

ตัวเลือก

- (1) 150 กก.ม/ม
- (2) 175 กก.ม/ม
- (3) 225 กก.ม/ม
- (4) 275 กก.ม/ม

แนวคิด

ตัดบันไดกว้าง 1 เมตร

$$\text{น้ำหนักบันไดหนึ่งขั้น} = 2400 \times \left[\frac{1}{2} \times 0.25 \times 0.15 + 0.075 \times \sqrt{0.25^2 + 0.15^2} \right] = 97.5 \text{ kg}$$

$$\text{น้ำหนักแผ่ของบันได} \quad DL = \frac{97.5}{0.25} = 389.9 \approx 390 \Rightarrow 400 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{น้ำหนักบรรทุกรวม} \quad w = DL + LL = 390 + 400 = 790 \text{ kg/m}^2$$

โมเมนต์คดกลางช่วงบันได

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{790 \times 1.50^2}{8} = 222.1875 \approx 225 \text{ kg.m/m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 225 กก.ม/ม

คำถามข้อที่ 44

บันไดลาดทางช่วงกว้างกับแม่บันไดทั้งสองข้าง ถ้าให้ช่วงกว้างระหว่างแม่บันได = 1.50 เมตร
ชั้นบันไดกว้าง = 25 ซม. ส่วนยก = 15 ซม. ความหนาของพื้นบันได = 7.5 ซม. น้ำหนักบรรทุก
จรใช้งาน = 400 กก./ม² จงประมาณค่าโมเมนต์คัตประลัยสูงสุดที่พื้นบันไดต้องรับ

ตัวเลือก

- (1) 280 กก.ม/ม
- (2) 300 กก.ม/ม
- (3) 350 กก.ม/ม
- (4) 400 กก.ม/ม

แนวคิด

ตัดบันไดกว้าง 1 เมตร

$$\text{น้ำหนักบันไดหนึ่งขั้น} = 2400 \times \left[\frac{1}{2} \times 0.25 \times 0.15 + 0.075 \times \sqrt{0.25^2 + 0.15^2} \right] = 97.5 \text{ kg}$$

$$\text{น้ำหนักแผ่ของบันได} \quad DL = \frac{97.5}{0.25} = 389.9 \approx 390 \Rightarrow 400 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{น้ำหนักบรรทุกรวมเพิ่มค่า} \quad w_u = 1.4DL + 1.7LL = 1.4 \times 390 + 1.7 \times 400 = 1226 \text{ kg/m}^2$$

โมเมนต์คัตกลางช่วงบันได

$$M_u = \frac{w_u L^2}{8} = \frac{1226 \times 1.50^2}{8} = 344.8125 \approx 350 \text{ kg.m/m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 350 กก.ม/ม

คำถามข้อที่ 45

บันไดลาดทางช่วงกว้างกับแม่บันไดทั้งสองข้าง ถ้าให้ช่วงกว้างระหว่างแม่บันได = 2.50 เมตร
ชั้นบันไดกว้าง = 25 ซม. ส่วนยก = 15 ซม. ความหนาของพื้นบันได = 7.5 ซม. น้ำหนักบรรทุก
จรใช้งาน = 400 กก./ม² จงประมาณค่าโมเมนต์ดัดใช้งานสูงสุดที่พื้นบันไดต้องรับ

ตัวเลือก

- (1) 470 กก.ม/ม
- (2) 625 กก.ม/ม
- (3) 780 กก.ม/ม
- (4) 850 กก.ม/ม

แนวคิด

ตัดบันไดกว้าง 1 เมตร

$$\text{น้ำหนักบันไดหนึ่งขั้น} = 2400 \times \left[\frac{1}{2} \times 0.25 \times 0.15 + 0.075 \times \sqrt{0.25^2 + 0.15^2} \right] = 97.5 \text{ kg}$$

$$\text{น้ำหนักแผ่นของบันได } DL = \frac{97.5}{0.25} = 389.9 \approx 390 \Rightarrow 400 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{น้ำหนักบรรทุกรวม } w = DL + LL = 390 + 400 = 790 \text{ kg/m}^2$$

โมเมนต์ดัดกลางช่วงบันได

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{790 \times 2.50^2}{8} = 617.1875 \approx 625 \text{ kg.m/m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 625 กก.ม/ม

คำถามข้อที่ 46

บันไดพาดทางช่วงกว้างกับแม่บันไดทั้งสองข้าง ถ้าให้ช่วงกว้างระหว่างแม่บันได = 2.50 เมตร
ชั้นบันไดกว้าง = 25 ซม. ส่วนยก = 15 ซม. ความหนาของพื้นบันได = 7.5 ซม. น้ำหนักบรรทุก
จรใช้งาน = 400 กก./ม² จงประมาณค่าโมเมนต์คดปลายสูงสุดที่พื้นบันไดต้องรับ (ว.ส.ท.)

ตัวเลือก

- (1) 900 กก.ม/ม
- (2) 1000 กก.ม/ม
- (3) 1100 กก.ม/ม
- (4) 1200 กก.ม/ม

แนวคิด

ตัดบันไดกว้าง 1 เมตร

$$\text{น้ำหนักบันไดหนึ่งขั้น} = 2400 \times \left[\frac{1}{2} \times 0.25 \times 0.15 + 0.075 \times \sqrt{0.25^2 + 0.15^2} \right] = 97.5 \text{ kg}$$

$$\text{น้ำหนักแผ่นของบันได} \quad DL = \frac{97.5}{0.25} = 389.9 \approx 390 \Rightarrow 400 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{น้ำหนักบรรทุกรวมเพิ่มค่า} \quad w_u = 1.4DL + 1.7LL = 1.4 \times 390 + 1.7 \times 400 = 1226 \text{ kg/m}^2$$

โมเมนต์คดกลางช่วงบันได

$$M_u = \frac{w_u L^2}{8} = \frac{1226 \times 2.50^2}{8} = 957.8125 \approx 960 \text{ kg.m/m}$$

คำตอบ ข้อ (3) ที่จริงไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง ควรแก้ไขดังนี้

- (1) 900 กก.ม/ม
- (2) 920 กก.ม/ม
- (3) 960 กก.ม/ม
- (4) 980 กก.ม/ม

คำถามข้อที่ 47

คานรูปตัดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20x0.50 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยุที่ระยะ $d = 0.45$ ม. โดยใช้ $A_s = 7.07$ ซม² $f'_c = 100$ กก./ซม² และ $f_y = 2400$ กก./ซม² จงประมาณค่าโมเมนต์ดัดที่ทำให้คานร้าว (cracking moment) สมมติไม่คิดผลของเหล็กเสริมที่ใช้

- (1) 1650 กก.เมตร
- (2) 1880 กก.เมตร
- (3) 2000 กก.เมตร
- (4) 2080 กก.เมตร

แนวคิด

เมื่อไม่คิดผลของเหล็กเสริม แกนสะเทินอยู่ตรงกลาง

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{20 \times 50^3}{12} = \frac{2500000}{12} \text{ cm}^4$$

$$y = \frac{h}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_t}{y} = \frac{2.0 \sqrt{f'_c} I_t}{y} = \frac{2.0 \sqrt{100} \times 2500000}{12 \times 25}$$

$$M_{cr} = 166,667 \text{ kg.cm} = 1667 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (1) 1650 กก.เมตร ใกล้เคียงที่สุด

คำถามข้อที่ 48

คานารูปตัดสี่เหลี่ยมพื้นผิวขนาด 0.15×0.45 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวที่ระยะ $d = 0.40$ ม. โดยใช้ $A_s = 5.30$ ซม.² $f'_c = 200$ กก./ซม.² และ $f_y = 2400$ กก./ซม.² จงประมาณค่าโมเมนต์ดัดที่ทำให้คานาร้าว (cracking moment) สมมติไม่คิดผลของเหล็กเสริมที่ใช้

ตัวเลือก

- (1) 1450 กก.เมตร
- (2) 1550 กก.เมตร
- (3) 1600 กก.เมตร
- (4) 1700 กก.เมตร

แนวคิด

เมื่อไม่คิดผลของเหล็กเสริม แกนสะเทินอยู่ตรงกลาง

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{15 \times 45^3}{12} = 113906.25 \text{ cm}^4$$

$$y = \frac{h}{2} = \frac{45}{2} = 22.5 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_t}{y} = \frac{2.0 \sqrt{f'_c} I_t}{y} = \frac{2.0 \sqrt{200} \times 113906.25}{22.5}$$

$$M_{cr} = 143189 \text{ kg.cm} = 1432 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (1) 1450 กก.เมตร ใกล้เคียงที่สุด

คำถามข้อที่ 49

คานารูปคัสดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20x0.50 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยุที่ระยะ $d = 0.45$ ม. โดย
ใช้ $A_s = 5.30$ ซม.² $f'_c = 100$ กก./ซม.² และ $f_y = 2400$ กก./ซม.² จงใช้วิธี WSD ประมาณกำลังรับ
โมเมนต์คัสดใช้งาน สมมติให้ตำแหน่งแนวแกนสะเทิน $kd = 15$ ซม

ตัวเลือก

- (1) 2400 กก.เมตร
- (2) 2500 กก.เมตร
- (3) 2650 กก.เมตร
- (4) 2400 กก.เมตร ควรแก้เป็น 2700 กก.เมตร

แนวคิด

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 100 = 45 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$C = \frac{1}{2} f_c kdb = \frac{1}{2} \times 45 \times 15 \times 20 = 6750 \text{ kg}$$

$$T = f_s A_s = 1200 \times 5.30 = 6360 \text{ kg}$$

ดังนั้น $M = T \left(d - \frac{kd}{3} \right) = 6360 \times \left(0.45 - \frac{0.15}{3} \right) = 2544 \text{ kg.m}$

คำตอบ ข้อ (2) 2500 กก.เมตร ใกล้เคียงที่สุด

คำถามข้อที่ 50

คานารูปคั้ดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.20x0.50 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวกั้ระยะ $d = 0.45$ ม. โดย
ใช้ $A_s = 7.07$ ซม² $f'_c = 100$ กก./ซม² และ $f_y = 2400$ กก./ซม² จงใช้วิธี WSD ประมาณค่าลั้รับ
โมเมนต์คั้ดใช้งาน สมมติให้ค่าแห่งแนวแกนสะเทิน $kd = 15$ ซม

ตั้วลั้อก

- (1) 2650 กก.เมตร
- (2) 2950 กก.เมตร
- (3) 3400 กก.เมตร
- (4) 3550 กก.เมตร

แนวคั้ด

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 100 = 45 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$C = \frac{1}{2} f_c kdb = \frac{1}{2} \times 45 \times 15 \times 20 = 6750 \text{ kg}$$

$$T = f_s A_s = 1200 \times 7.07 = 8484 \text{ kg}$$

คั้งนั้น $M = C \left(d - \frac{kd}{3} \right) = 6750 \times \left(0.45 - \frac{0.15}{3} \right) = 2700 \text{ kg.m}$

คั้ตอบ ข้อ (2) 2650 กก.เมตร โกลั้คั้ยงที่ลั้สุด

คำถามข้อที่ 51

คานารูปตั้ดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.15x0.45 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดีวที่ระยะ $d = 0.39$ ม. โดย
ใช้ $A_s = 9.36$ ซม.² $f'_c = 200$ กก./ซม.² และ $f_y = 3000$ กก./ซม.² จงใช้วิธี USD หรือ SDM ประมาณ
กำลังรับโมเมนต์ดัดประลัย (M_u) สมมติค่า $j d = 33.5$ ซม

ตัวเลือก

- (1) 8000 กก.เมตร
- (2) 8450 กก.เมตร
- (3) 9400 กก.เมตร
- (4) 9900 กก.เมตร

แนวคิด

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$M_u = \phi R_u b d^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d} = \frac{9.36}{15 \times 39} = 0.016$$

$$R_u = 0.016 \times 3000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.016 \times \frac{3000}{200} \right) = 41.2032$$

$$M_u = 0.9 \times 41.2032 \times 15 \times 39^2 = 846,046 \text{ kg.cm}$$

$$M_u = 8460 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 8450 กก.เมตร ใกล้เคียงที่สุด

คำถามข้อที่ 52

คานารูปตัดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.25x0.60 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยาวที่ระยะ $d = 0.50$ ม. โดยใช้ $A_s = 12.5$ ซม.² $f'_c = 250$ กก./ซม.² และ $f_y = 4000$ กก./ซม.² จงใช้วิธี USD หรือ SDM ประมาณกำลังรับโมเมนต์ดัดประลัย (M_u) สมมติค่า $j d = 45$ ซม

ตัวเลือก

- (1) 19120 กก.เมตร
- (2) 20250 กก.เมตร
- (3) 22500 กก.เมตร
- (4) 24250 กก.เมตร

แนวคิด

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$M_u = \phi R_u b d^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d} = \frac{12.5}{25 \times 50} = 0.01$$

$$R_u = 0.01 \times 4000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.01 \times \frac{4000}{250} \right) = 36.224$$

$$M_u = 0.9 \times 36.224 \times 25 \times 50^2 = 2037600 \text{ kg.cm}$$

$$M_u = 20376 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 20250 กก.เมตร ใกล้เคียงที่สุด

คำถามข้อที่ 53

คานรูปตัดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20x0.50 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวที่ระยะ $d = 0.45$ ม. โดยใช้ $A_s = 36$ ซม.² $f'_c = 200$ กก./ซม.² และ $f_y = 2400$ กก./ซม.² ตามวิธี USD พบว่า คานนี้เป็นแบบ

ตัวเลือก

- (1) over-reinforced
- (2) balanced-reinforcement
- (3) under-reinforced
- (4) lightly-reinforcement

แนวคิด

วิธีกำลังประลัย USD (Ultimate Strength Design) ปัจจุบันเรียก วิธีกำลัง SDM (Strength Design Method) กรณีโครงสร้างรับโมเมนต์ดัดและเสริมเฉพาะเหล็กรับแรงดึงนั้น

$$\text{ให้ } \rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{36}{20 \times 45} = 0.04$$

$$f'_c = 200 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \text{ ดังนั้น } \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 200}{2400} \times \frac{6120}{6120 + 2400} = 0.043248239$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.032436179$$

กรณีที่ $\rho > \rho_b$ เรียกว่า over-reinforced

กรณีที่ $\rho < \rho_b$ เรียกว่า under-reinforced

กรณีที่ $\rho = \rho_b$ เรียกว่า balanced-reinforcement

แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนในการก่อสร้างมีโอกาสเกิดได้ง่าย มาตรฐาน วสท. กำหนดให้ใช้

$\rho_{\max}$ เป็นตัวกำหนดแทน ρ_b เพื่อบอกว่าเป็นแบบ over หรือ under กรณีคำถามนี้จึงเป็น over ข้อ

(1)

คำตอบ ข้อ (1) over-renforced

คำถามข้อที่ 54

คานารูปตั้ดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.15x0.35 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวกัที่ระยะ $d = 0.30$ ม. โดย ใ้ $A_s = 6.75 \text{ ซม}^2$ $f'_c = 150 \text{ กก./ซม}^2$ และ $f_y = 2400 \text{ กก./ซม}^2$ ตามวิธี WSD พบว่า คานานี้เป็นแบบ ัวเลือก

- (1) over-reinforced
- (2) balanced-reinforcement
- (3) under-reinforced
- (4) lightly-reinforcement

แนวคิด

ปริมาณเหล็กเสริม $A_s > A_{sR}$ เป็น over-reinforced ถ้า $A_s = A_{sR}$ เป็น balanced-reinforcement และ ถ้า $A_s < A_{sR}$ เป็น under-reinforced นั้นคือต้องหา A_{sR} ใ้ได้

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 150 = 67.5 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2,040,000}{15,100\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{150}} = 11.03 \Rightarrow 11$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1200}{11 \times 67.5}} = 0.382$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.382}{3} = 0.873$$

$$R = \frac{1}{2}f_c k j = \frac{1}{2} \times 67.5 \times 0.382 \times 0.873 = 11.26 \text{ ksc}$$

$$M_R = Rbd^2 = 11.26 \times 15 \times 30^2 = 152,010 \text{ kg.cm}$$

$$A_{sR} = \frac{M_R}{f_s j d} = \frac{152,010}{1200 \times 0.873 \times 30} = 4.837 \text{ ซม}^2 < A_s = 6.75 \text{ ซม}^2$$

คำตอบ ัว (1) over-reinforced

คำถามข้อที่ 55

คานรองรับแผ่นพื้นช่วงภายในทั่วไปซึ่งหล่อเป็นเนื้อเดียวกันกับแผ่นพื้นนั้น ถ้าพื้นหนา = 10 ซม. ตัวคานกว้าง = 15 ซม. ระยะห่างจากศูนย์ถึงศูนย์ของคานข้าง เคียงแต่ละข้าง = 4 เมตร และช่วงคานยาว = 5 เมตร จงหาความกว้างประสิทธิภาพของปีกคานรูปตัดตัวที่

ตัวเลือก

- (1) 1.25 เมตร
- (2) 1.50 เมตร
- (3) 1.75 เมตร
- (4) 2.00 เมตร

แนวคิด

มาตรฐาน วสท. กำหนดความกว้างประสิทธิภาพของคานตัว T ไว้สำหรับคานภายในดังนี้

กรณีที่ 1 มีปีกคานสองด้าน และปีกคานเป็นส่วนหนึ่งของพื้น ให้เลือกค่าน้อยจากสามค่าต่อไปนี้

(ก) $\frac{1}{4}$ ของความยาวช่วงคาน

(ข) $16h_f + b_w$

(ค) $b_w + \frac{1}{2}$ ของช่องว่างระหว่างคานข้างเคียง

กรณี (ก) $b = \frac{1}{4} \times 5 = 1.25 \text{ m}$

กรณี (ข) $b = 16 \times 0.10 + 0.15 = 1.75 \text{ m}$

กรณี (ค) $b = 0.15 + \frac{1}{2} \times (4 - 0.15) = 2.075 \text{ m}$

ค่าน้อยคือ $b = 1.25$ เมตร เป็นความกว้างประสิทธิภาพของปีกคานตัวที่

คำตอบ ข้อ (1) 1.25 เมตร

คำถามข้อที่ 56

คานารูปตัดตัวทีใดๆ มีปีกคานกว้าง = 75 ซม. หน้า = 10 ซม. ตัวคานกว้าง = 25 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวน $A_s = 11.30 \text{ ซม}^2$ ที่ความลึกประสิทธิภาพ $d = 40 \text{ ซม}$. ถ้าใช้ $f_c = 45 \text{ กก./ซม}^2$ และ $f_s = 1200 \text{ กก./ซม}^2$ จงประมาณค่าโมเมนต์ต้านทานปลอดภัยของคานนี้ สมมติตำแหน่งแนวแกนสะเทิน = 10 ซม.

ตัวเลือก

- (1) 4500 กก.เมตร
- (2) 5000 กก.เมตร
- (3) 6000 กก.เมตร
- (4) 6500 กก.เมตร

แนวคิด

กรณีที่ 3 คานที่ปีกเป็นส่วนหนึ่งของคานโดยตรง ไม่เป็นส่วนของพื้นกำหนดว่า

$$(ก) \quad h_f \geq \frac{1}{2} b_w$$

$$(ข) \quad b \leq 4b_w$$

กรณี (ก) $h_f \geq \frac{1}{2} h_f = \frac{1}{2} \times 25 = 12.5 \text{ ซม} > 10 \text{ ซม}$

กรณี (ข) $b \leq 4 \times 25 = 100 \text{ ซม}$

คานนี้ตามมาตรฐาน วสท. ไม่ถือว่าเป็นคานตัว T ตามกรณี (ก)

แต่คาดว่าผู้ออกข้อสอบให้ถือว่าเป็นคานตัว T ดังนั้นคำนวณตามที่ข้อสอบกำหนด โจทย์ให้ f_c และ f_s มา บ่งชี้ว่าเป็น วิธีหน่วยแรงใช้งาน WSD กำหนดด้วยว่า $kd = 10 \text{ ซม}$ หาโมเมนต์ที่คานรับได้จากกรณีหน่วยแรงคอนกรีตถึงค่า f_c และกรณีหน่วยแรงในเหล็กถึงค่า f_s แล้วเลือกค่าน้อย

$$M_c = \frac{1}{2} f_c b k d \left(d - \frac{k d}{3} \right) = \frac{1}{2} \times 45 \times 75 \times 10 \times \left(40 - \frac{10}{3} \right) = 618750 \text{ กก.ซม}$$

$$M_c = 6187.5 \text{ กก.ม}$$

$$M_s = f_s A_s \left(d - \frac{k d}{3} \right) = 1200 \times 11.30 \times \left(40 - \frac{10}{3} \right) = 497,200 \text{ กก.ซม}$$

$$M_s = 4972 \text{ กก.ม} \approx 5000 \text{ กก.ม}$$

คำตอบ (2) 5000 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 57

คานารูปตัดตัวทีใดๆ มีปีกคานกว้าง = 80 ซม. หน้า = 8 ซม. ตัวคานกว้าง = 25 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวก $A_s = 7.0 \text{ ซม}^2$ ที่ความลึกประสิทธิภาพ $d = 40 \text{ ซม}$. ถ้าใช้ $f_c = 45 \text{ กก./ซม}^2$ และ $f_s = 1200 \text{ กก./ซม}^2$ จะพบว่าตำแหน่งแนวแกนสะเทินอยู่ใต้ปีกคาน ดังนั้น หากสมมติให้ตำแหน่งของแรงอัดที่ได้จากคอนกรีตอยู่ที่กึ่งกลางความหนาของปีกคาน จงประมาณค่าโมเมนต์ต้านทานของคานนี้

ตัวเลือก

- (1) 2800 กก.เมตร
- (2) 3000 กก.เมตร
- (3) 3200 กก.เมตร
- (4) 3350 กก.เมตร

แนวคิด ตรวจสอบลักษณะปีกคาน

กรณีที่ 3 คานที่ปีกเป็นส่วนหนึ่งของคานโดยตรง ไม่เป็นส่วนของพื้นกำหนดว่า

$$(ก) \quad h_f \geq \frac{1}{2} b_w$$

$$(ข) \quad b \leq 4b_w$$

$$\text{กรณี (ก)} \quad h_f \geq \frac{1}{2} h_f = \frac{1}{2} \times 25 = 12.5 \text{ cm} > 8 \text{ cm}$$

$$\text{กรณี (ข)} \quad b \leq 4 \times 25 = 100 \text{ cm}$$

คานนี้ตามมาตรฐาน วสท. ไม่ถือว่าเป็นคานตัว T ตามกรณี (ก)

แต่คาดว่าผู้ออกข้อสอบให้ถือว่าเป็นคานตัว T ดังนั้นคำนวณตามที่ข้อสอบกำหนด

โจทย์ให้ f_c และ f_s มา บ่งชี้ว่าเป็น วิธีหน่วยแรงใช้งาน WSD กำหนดด้วยว่า kd ล้างมาในคานโดยให้แรงอัดลัพธ์ที่กึ่งกลางความหนา หาโมเมนต์ที่คานรับได้จากกรณีหน่วยแรงคอนกรีตถึงค่า f_c และกรณีหน่วยแรงในเหล็กถึงค่า f_s แล้วเลือกค่าน้อย

$$M_c = \frac{1}{2} f_c b h_f \left(d - \frac{h_f}{2} \right) = \frac{1}{2} \times 45 \times 80 \times 8 \times \left(40 - \frac{8}{2} \right) = 518,400 \text{ กก.ซม}$$

$$M_c = 5184 \text{ กก.ม}$$

$$M_s = f_s A_s \left(d - \frac{h_f}{2} \right) = 1200 \times 7.0 \times \left(40 - \frac{8}{2} \right) = 302,400 \text{ กก.ซม}$$

$$M_s = 3024 \text{ กก.ม} \approx 3000 \text{ กก.ม}$$

คำตอบ ข้อ (2) 3000 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 58

คานารูปตัดตัวทีใดๆ มีปีกคานกว้าง = 80 ซม. หน้า = 8 ซม. ตัวคานกว้าง = 25 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวน A_s ที่ความลึกประสิทธิภาพ $d = 40$ ซม. ถ้าใช้ $f_c = 45$ กก./ซม² และ $f_s = 1200$ กก./ซม² จงประมาณค่า $\min A_s$ ที่ต้องใช้ตามมาตรฐานกำหนด

ตัวเลือก

(1) $A_s = 12.0$ ซม²

(2) $A_s = 10.0$ ซม²

(3) $A_s = 8.0$ ซม²

(4) $A_s = 6.0$ ซม²

แนวคิด ตรวจสอบสภาพของปีกตัวที

กรณีที่ 3 คานที่ปีกเป็นส่วนหนึ่งของคานโดยตรง ไม่เป็นส่วนของพื้นกำหนดว่า

(ก) $h_f \geq \frac{1}{2}b_w$

(ข) $b \leq 4b_w$

กรณี (ก) $h_f \geq \frac{1}{2}h = \frac{1}{2} \times 25 = 12.5 \text{ cm} > 8 \text{ cm}$

กรณี (ข) $b \leq 4 \times 25 = 100 \text{ cm}$

คานนี้ตามมาตรฐาน วสท. ไม่ถือว่าเป็นคานตัว T ตามกรณี (ก)

อัตราส่วนขั้นต่ำตามมาตรฐานกำหนด $\rho_{\min} = \frac{\min A_s}{bd} = \frac{14}{f_y}$

$$\rho_{\min} = \frac{\min A_s}{25 \times 40} = \frac{14}{2 \times 1200}$$

$$\min A_s = \frac{25 \times 40 \times 14}{2 \times 1200} = 5.833 \text{ ซม}^2 \approx 6.0 \text{ ซม}^2$$

คำตอบ ข้อ (4) $A_s = 6.0$ ซม²

คำถามข้อที่ 59

คานารูปคั้วตัวทีใดๆ มีปีกคานกว้าง = 75 ซม. หน้า = 10 ซม. ตัวคานกว้าง = 25 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวก A_s ที่ความลึกประสิทธิภาพ $d = 45$ ซม. ถ้าใช้ $f'_c = 200$ กก./ซม.² และ $f_y = 4000$ กก./ซม.² จงประมาณค่า $\min A_s$ ที่ต้องใช้ตามมาตรฐานกำหนด

ตัวเลือก

(1) $A_s = 3.0$ ซม.²

(2) $A_s = 4.0$ ซม.²

(3) $A_s = 5.0$ ซม.²

(4) $A_s = 6.0$ ซม.²

แนวคิด ตรวจสอบสภาพของปีกคั้วที

กรณีที่ 3 คานทีปีกเป็นส่วนหนึ่งของคานโดยตรง ไม่เป็นส่วนของพื้นกำหนดว่า

(ก) $h_f \geq \frac{1}{2}b_w$

(ข) $b \leq 4b_w$

กรณี (ก) $h_f \geq \frac{1}{2}h_f = \frac{1}{2} \times 25 = 12.5 \text{ cm} > 10 \text{ cm}$

กรณี (ข) $b \leq 4 \times 25 = 100 \text{ cm}$

คานนี้ตามมาตรฐาน วสท. ไม่ถือว่าเป็นคานตัว T ตามกรณี (ก)

อัตราส่วนขั้นต่ำตามมาตรฐานกำหนด $\rho_{\min} = \frac{\min A_s}{bd} = \frac{14}{f_y}$

$$\rho_{\min} = \frac{\min A_s}{25 \times 45} = \frac{14}{4000}$$

$$\min A_s = \frac{25 \times 45 \times 14}{4000} = 3.9375 \text{ cm}^2 \approx 4.0 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (2) $A_s = 4.0$ ซม.²

คำถามข้อที่ 60

แผ่นพื้นช่วงเดี่ยวนานา 8 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยที่ระยะ $d=6$ ซม. โดยใช้เหล็ก 6 มม.

@12 ซม. ($A_s = 2.32$ ซม.²/เมตร) $f_c = 65$ กก./ซม.² และ $f_y = 2400$ กก./ซม.² จงประมาณค่าโมเมนต์
ดัดต้านทานปลอดภัย สมมติให้ตำแหน่งแนวแกนสะเทิน $kd = 2.24$ ซม.

ตัวเลือก

- (1) 120 กก.เมตร/เมตร
- (2) 140 กก.เมตร/เมตร
- (3) 160 กก.เมตร/เมตร
- (4) 180 กก.เมตร/เมตร

แนวคิด ตัดพื้นกว้าง 1 เมตร เป็นคานแบน แล้วหาโมเมนต์จากคอนกรีตและโมเมนต์จากเหล็ก
เลือกค่าน้อยเป็นคำตอบ

$$M_c = \frac{1}{2} f_c b k d \left(d - \frac{k d}{3} \right) = \frac{1}{2} \times 65 \times 100 \times 2.24 \times \left(6 - \frac{2.24}{3} \right)$$

$$M_c = 38244 \text{ kg.cm} = 382.44 \text{ kg.m}$$

$$M_s = A_s f_y \left(d - \frac{k d}{3} \right) = 2.32 \times \frac{2400}{2} \times \left(6 - \frac{2.24}{3} \right)$$

$$M_s = 14625 \text{ kg.cm} = 146.25 \text{ kg.m}$$

เลือกค่าน้อยคือ $M_s = 146.25 \text{ kg.m} \approx 140 \text{ kg.m}$

คำตอบ ข้อ (2) 140 กก.เมตร/เมตร

คำถามข้อที่ 61

แผ่นพื้นยื่นหนา 8 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยาวที่ระยะ $d=6$ ซม. โดยใช้เหล็ก 6 มม. @12 ซม. ($A_s = 2.32$ ซม.²/เมตร) $f'_c = 200$ กก./ซม.² และ $f_y = 2400$ กก./ซม.² จงประมาณกำลังรับโมเมนต์ดัดประลัย (ϕM_n) ของแผ่นพื้นที่หน้าตัดวิกฤต สมมติให้ค่า $j_u = 0.96$

ตัวเลือก

- (1) 289 กก.เมตร/เมตร
- (2) 389 กก.เมตร/เมตร
- (3) 489 กก.เมตร/เมตร
- (4) 589 กก.เมตร/เมตร

แนวคิด

คิดจากสถานะของเหล็กเสริม

$$M_{ns} = A_s f_y j_u d = 2.32 \times 2400 \times 0.96 \times 6 = 32071.68 \text{ kg.cm/m}$$

$$M_{ns} = 320.7168 \text{ kg.m/m}$$

$$\phi M_n = \phi M_{ns} = 0.9 \times 320.7168 = 288.64512 \approx 289 \text{ kg.m/m}$$

คำตอบ ข้อ (1) 289 กก.เมตร/เมตร

คำถามข้อที่ 62

แผ่นพื้นช่วงเดี่ยวนานา 18 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดี่ยวที่ระยะ $d = 15$ ซม. โดยใช้เหล็ก 9 มม.

@12 ซม. ($A_s = 5.30$ ซม.²/เมตร) $f'_c = 150$ กก./ซม.² และ $f_y = 2400$ กก./ซม.² จงประมาณค่า

โมเมนต์ดัดด้านทานปลอดภัย สมมติให้ตำแหน่งแนวแกนสะเทิน $kd = 5$ ซม

ตัวเลือก

- (1) 748 กก.เมตร/เมตร
- (2) 848 กก.เมตร/เมตร
- (3) 948 กก.เมตร/เมตร
- (4) 1048 กก.เมตร/เมตร

แนวคิด

หาโมเมนต์ด้านทานของคอนกรีตกับของเหล็ก เลือกล้าน้อย

$$M_c = \frac{1}{2} (0.45 f'_c) b k d \left(d - \frac{k d}{3} \right) = \frac{1}{2} \times (0.45 \times 150) \times 100 \times 5 \times \left(15 - \frac{5}{3} \right)$$

$$M_c = 225,000 \text{ kg.cm/m} = 2250 \text{ kg.m/m}$$

$$M_s = A_s (0.5 f_y) \left(d - \frac{k d}{3} \right) = 5.30 \times (0.5 \times 2400) \times \left(15 - \frac{5}{3} \right)$$

$$M_s = 84800 \text{ kg.cm/m} = 848 \text{ kg.m/m}$$

เลือกค่าน้อยคือ $M = M_s = 848 \text{ kg.m/m}$

คำตอบ ข้อ (2) 848 กก.เมตร/เมตร

คำถามข้อที่ 63

คานช่วงเดียวมีความยาวช่วงคาน 5.00 ม. รูปตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.20x0.50 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยุติระยะ $d = 0.45$ ม. โดยใช้ $A_s = 5.30$ ซม.² ที่กลางช่วงคาน ถ้ากำหนดให้ $f'_c = 150$ กก./ซม.² และ $f_y = 2400$ กก./ซม.² จงใช้วิธี WSD ประมาณค่าน้ำหนักบรรทุกแบบแผ่สม่ำเสมอใช้งานสูงสุด ที่คานจะรับได้ สมมติให้ตำแหน่งแนวแกนสะเทิน $kd = 17.5$ ซม

ตัวเลือก

- (1) 450 กก./เมตร
- (2) 500 กก./เมตร
- (3) 550 กก./เมตร
- (4) 600 กก./เมตร

แนวคิด

หาโมเมนต์จากคอนกรีตกับจากเหล็กเสริม เลือกค่าน้อยเป็นโมเมนต์ที่รับได้ หาน้ำหนักคาน รวมกับน้ำหนักจร หาโมเมนต์ที่กลางคานแล้วจับเท่ากับโมเมนต์ที่รับได้ก็จะทราบน้ำหนักบรรทุกที่ความต้องการ

โมเมนต์ที่คอนกรีตรับได้

$$M_c = \frac{1}{2} f'_c b k d \left(d - \frac{k d}{3} \right) = \frac{1}{2} \times (0.45 \times 150) \times 20 \times 17.5 \times \left(45 - \frac{17.5}{3} \right)$$

$$M_c = 462656.25 \text{ kg.cm} = 4626.5625 \text{ kg.m}$$

โมเมนต์ที่เหล็กรับได้

$$M_s = f_y A_s \left(d - \frac{k d}{3} \right) = \left(\frac{1}{2} \times 2400 \right) \times 5.30 \times \left(45 - \frac{17.5}{3} \right)$$

$$M_s = 249,100 \text{ kg.cm} = 2491 \text{ kg.m}$$

เลือกค่าน้อยคือ $M = M_s = 2491 \text{ kg.m}$

น้ำหนักคาน $w_G = 2400 b h = 2400 \times 0.20 \times 0.50 = 240 \text{ kg/m}$

น้ำหนักบรรทุกรวม $w = w_G + w_L = 240 + w_L \text{ kg/m}$

โมเมนต์จากน้ำหนักบรรทุกคือ $M = \frac{w L^2}{8} = \frac{(240 + w_L) \times 5.00^2}{8} = 3.125(240 + w_L) \text{ kg.m}$

ต้องไม่เกินโมเมนต์ที่หน้าตัดรับได้

$$3.125(240 + w_L) = 2491$$

$$w_L = 557.12 \text{ kg/m} \approx 550 \text{ kg/m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 550 กก./เมตร

คำถามข้อที่ 64

คานช่วงเดี่ยวยาว 5.00 ม. มีรูปตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.20x0.50 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวที่ระยะ $d = 0.45$ ม. โดยใช้ $A_s = 5.30$ ซม.² ที่กลางช่วง คาน ถ้าให้ $f'_c = 150$ กก./ซม.² และ $f_y = 2400$ กก./ซม.² จงใช้วิธี WSD ประมาณค่าสูงสุดของน้ำหนักบรรทุกจรใช้งานแบบจุดที่กระทำกลางช่วงคาน สมมติให้ตำแหน่งแนวแกนสะเทิน $kd = 17.5$ ซม.

ตัวเลือก

- (1) 1290 กก.
- (2) 1390 กก.
- (3) 1490 กก.
- (4) 1590 กก.

แนวคิด

หาโมเมนต์จากคอนกรีตกับจากเหล็กเสริม เลือกค่าน้อยเป็นโมเมนต์ที่รับได้ หาน้ำหนักคาน รวมกับน้ำหนักจร หาโมเมนต์ที่กลางคานแล้วจับเท่ากับโมเมนต์ที่รับได้ก็จะทราบน้ำหนักบรรทุกจรที่ต้องการ

โมเมนต์ที่คอนกรีตรับได้

$$M_c = \frac{1}{2} f'_c b k d \left(d - \frac{k d}{3} \right) = \frac{1}{2} \times (0.45 \times 150) \times 20 \times 17.5 \times \left(45 - \frac{17.5}{3} \right)$$

$$M_c = 462656.25 \text{ kg.cm} = 4626.5625 \text{ kg.m}$$

โมเมนต์ที่เหล็กรับได้

$$M_s = f_y A_s \left(d - \frac{k d}{3} \right) = \left(\frac{1}{2} \times 2400 \right) \times 5.30 \times \left(45 - \frac{17.5}{3} \right)$$

$$M_s = 249,100 \text{ kg.cm} = 2491 \text{ kg.m}$$

เลือกค่าน้อยคือ $M = M_s = 2491 \text{ kg.m}$

น้ำหนักคาน $w_G = 2400 b h = 2400 \times 0.20 \times 0.50 = 240 \text{ kg/m}$

โมเมนต์จากน้ำหนักบรรทุก

$$M = \frac{w_G L^2}{8} + \frac{P L}{4} = \frac{240 \times 5.00^2}{8} + \frac{P \times 5.00}{4} = 750 + 1.25P \text{ kg.m}$$

ต้องไม่เกินโมเมนต์ที่หน้าตัดรับได้

$$750 + 1.25P = 2491$$

$$P = 1392.8 \approx 1390 \text{ kg}$$

คำตอบ ข้อ (2) 1390 กก.

คำถามข้อที่ 65

คานารูปตัดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20x0.50 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวที่ระยะ $d = 0.45$ ม. โดยใช้ $A_s = 8.04$ ซม.² $f'_c = 150$ กก./ซม.² และ $f_y = 3000$ กก./ซม.² จงใช้วิธี USD ประมาณค่ากำลังรับโมเมนต์ดัดประลัย (ϕM_n)

ตัวเลือก

- (1) 8250 กก.เมตร
- (2) 8700 กก.เมตร
- (3) 9800 กก.เมตร
- (4) 10250 กก.เมตร

แนวคิด

วิธี USD (Ultimate Strength Design) ปัจจุบันเรียกว่า SDM (Strength Design Method)

ลำดับขั้นตอนการคำนวณมีดังนี้

เมื่อ $f'_c = 150$ ksc < 280 ksc ได้ $\beta_1 = 0.85$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 150}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000}$$

$$\rho_b = 0.024241776$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.018181332$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.004666666$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{8.04}{20 \times 45} = 0.008933333 < \rho_{\max} \text{ O.K.}$$

แสดงว่าเหล็กคราก่อนคอนกรีตถูกอัดแตก ดี

สมมูลของแรงบนหน้าตัดหาระยะ a

$$0.85f'_c ba = A_s f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85f'_c b} = \frac{8.04 \times 3000}{0.85 \times 150 \times 20} = 9.458823529 \text{ cm}$$

$$M_n = 0.85f'_c ba \left(d - \frac{a}{2} \right) = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 8.04 \times 3000 \times \left(45 - \frac{9.458823529}{2} \right)$$

$$M_n = 971,326.5882 \text{ kg.cm} = 9713.265882 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 9713.265882 = 8741.939294 \text{ kg.m} \Rightarrow 8700 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 8700 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 66

คานารูปคัสดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20x0.50 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยุที่ระยะ $d = 0.45$ ม. โดย
ใช้ $A_s = 36$ ซม.² $f'_c = 200$ กก./ซม.² และ $f_y = 2400$ กก./ซม.² จงใช้วิธี USD ประมาณค่ากำลังรับ
โมเมนต์คัสดประลัย (ϕM_n)

ตัวเลือก

- (1) 20250 กก.เมตร
- (2) 22500 กก.เมตร
- (3) 25000 กก.เมตร
- (4) 27850 กก.เมตร

แนวคิด

วิธี USD (Ultimate Strength Design) ปัจจุบันเรียกว่า SDM (Strength Design Method)

ลำดับขั้นตอนการคำนวณมีดังนี้

เมื่อ $f'_c = 200$ ksc < 280 ksc ได้ $\beta_1 = 0.85$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 200}{2400} \times \frac{6120}{6120 + 2400}$$

$$\rho_b = 0.043248239$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.032436179$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{2400} = 0.005833333$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{36}{20 \times 45} = 0.04 > \rho_{\max} \text{ No good}$$

$$\rho = 0.04 < \rho_b$$

แสดงว่าเหล็กครากก่อนคอนกรีตถูกอัดแตก ดี

สมมูลของแรงบนหน้าคัสดหาระยะ a

$$0.85f'_c ba = A_s f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85f'_c b} = \frac{36 \times 2400}{0.85 \times 200 \times 20} = 25.41176471 \text{ cm}$$

$$M_n = 0.85f'_c ba \left(d - \frac{a}{2} \right) = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 36 \times 2400 \times \left(45 - \frac{25.41176471}{2} \right)$$

$$M_n = 2,790,211.765 \text{ kg.cm} = 27,902.11765 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 27,902.11765 = 25,111.90588 \text{ kg.m} \Rightarrow 25,000 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 25000 กก.เมตร ในขณะที่เฉลยตอบข้อ (1) 20250 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 67

คานารูปตั๊ดตัวที่มีความกว้างประสิทธิภาพของปีกคาน = 125 ซม. หน้า = 8 ซม. ตัวคานกว้าง = 25 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวย $A_s = 48.24 \text{ ซม.}^2$ ที่ความ ลึกประสิทธิภาพ $d = 40 \text{ ซม.}$ ถ้าใช้ $f'_c = 200 \text{ กก./ซม.}^2$ และ $f_y = 3000 \text{ กก./ซม.}^2$ จงใช้วิธี USD ประมาณกำลังรับโมเมนต์ดัดประลัย (ϕM_n)

ตัวเลือก

- (1) 45 ตัน.เมตร
- (2) 48 ตัน.เมตร
- (3) 50 ตัน.เมตร
- (4) 53 ตัน.เมตร

แนวคิด

วิธี USD (Ultimate Strength Design) ปัจจุบันเรียกว่า SDM (Strength Design Method)

ลำดับขั้นตอนการคำนวณมีดังนี้

เมื่อ $f'_c = 200 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc}$ ได้ $\beta_1 = 0.85$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 200}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000}$$

$$\rho_b = 0.032322368$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.024241776$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.004666666$$

สมมติว่าระยะ a อยู่ในความหนาปีกคาน

$$0.85f'_c b a = A_s f_y$$

$$0.85 \times 200 \times 125 a = 48.24 \times 3000$$

$$a = 6.810352941 \text{ cm} < h_f = 8 \text{ cm}$$

แสดงว่าระยะ a อยู่ในปีกคานจริง

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 48.24 \times 3000 \times \left(40 - \frac{6.810352941}{2} \right)$$

$$M_n = 5,296,002.861 \text{ kg.cm} = 52,960.02861 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 52,960.02861 = 47,664.02575 \text{ kg.m} = 47.664 \text{ T.m}$$

$$\phi M_n \approx 48 \text{ T.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 48 ตัน.เมตร

คำถามข้อที่ 68

คานารูปคั้วตัวที่มีความกว้างประสิทธิภาพของปีกคาน = 120 ซม. หน้า = 8 ซม. ตัวคานกว้าง = 30 ซม. มีความลึกประสิทธิภาพ $d = 40$ ซม. เพื่อรับโมเมนต์ดัดประลัย (M_u) ชนิดบวก = 50 ตัน.เมตร ถ้าใช้ $f'_c = 200$ กก./ซม.² และ $f_y = 3000$ กก./ซม.² จงใช้วิธี USD ประมาณค่า A_s ที่ต้องใช้

ตัวเลือก

- (1) $A_s = 32$ ซม.²
- (2) $A_s = 35$ ซม.²
- (3) $A_s = 37$ ซม.²
- (4) $A_s = 40$ ซม.²

แนวคิด

วิธี USD (Ultimate Strength Design) ปัจจุบันเรียกว่า SDM (Strength Design Method)

ลำดับขั้นตอนการคำนวณมีดังนี้

เมื่อ $f'_c = 200$ ksc < 280 ksc ได้ $\beta_1 = 0.85$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 200}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000}$$

$$\rho_b = 0.032322368$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.024241776$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.004666666$$

สมมติว่าระยะ a อยู่ในความหนาปีกคาน

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{50 \times 1000 \times 100}{0.9 \times 120 \times 50^2} = 18.51851852$$

$$\rho = \frac{0.85f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_u}{0.85f'_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 200}{3000} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.51851852}{0.85 \times 200}} \right]$$

$$\rho = 0.006551572 > \rho_{\min} \text{ and } < \rho_{\max}$$

$$A_s = \rho b d = 0.006551572 \times 120 \times 50 = 39.31 \text{ cm}^2 \Rightarrow 40 \text{ cm}^2$$

ตรวจสอบว่าระยะ a อยู่ในความหนาปีกจริงหรือไม่

$$0.85f'_c b a = A_s f_y$$

$$0.85 \times 200 \times 120 a = 39.31 \times 3000$$

$$a = 5.781 \text{ cm} < h_f = 8 \text{ cm}$$

แสดงว่าระยะ a อยู่ในปีกคานจริง

คำตอบ ข้อ (4) 40 ซม.²

คำถามข้อที่ 69

ในการออกแบบชิ้นส่วนรับโมเมนต์คด ถ้าให้ระยะ b , d มีค่าคงที่ และให้กำลังจุดครากมีค่าคงที่ ครั้นเมื่อให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีค่าเพิ่มขึ้น จะพบว่า

ตัวเลือก

- (1) โมเมนต์ต้านทานมีค่าลดลง
- (2) โมเมนต์ต้านทานมีค่าเท่าเดิม
- (3) โมเมนต์ต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้น
- (4) แรงเฉือนต้านทานมีค่าลดลง

แนวคิด

พิจารณาตามวิธี SDM หรือ USD

โมเมนต์ต้านทาน $M_n = R_u b d^2$

โดยที่ $R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$

ดังนั้น $M_n = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right) b d^2$

หาก ρ คงที่ด้วยแล้ว เมื่อ f'_c เพิ่มขึ้น ค่า $0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}$ จะน้อยลง ค่า $\left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$ จะมากขึ้น

ดังนั้น M_n จึงมีค่าเพิ่มขึ้น

แรงเฉือนต้านทานโดยประมาณ $V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b d$ หาก f'_c เพิ่มขึ้น ค่า V_c จะเพิ่มขึ้น

คำตอบ ข้อ (3) โมเมนต์ต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้น

คำถามข้อที่ 70

ในการออกแบบชิ้นส่วนรับโมเมนต์คด ถ้าให้ระยะ b , d มีค่าคงที่ และให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีค่าคงที่ ครั้นเมื่อให้กำลังจุดครากมีค่าเพิ่มขึ้น จะพบว่า

ตัวเลือก

- (1) โมเมนต์ต้านทานมีค่าลดลง
- (2) โมเมนต์ต้านทานมีค่าเท่าเดิม
- (3) โมเมนต์ต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้น
- (4) แรงเฉือนต้านทานมีค่าลดลง

แนวคิด

พิจารณาตามวิธี SDM หรือ USD

$$\text{โมเมนต์ต้านทาน} \quad M_n = R_u b d^2$$

$$\text{โดยที่} \quad R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad M_n = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right) b d^2$$

หาก ρ คงที่ด้วยแล้ว เมื่อ f_y เพิ่มขึ้น ค่า $0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}$ จะเพิ่มขึ้น ค่า $\left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$ จะน้อยลง แต่

ค่า ดังนั้น $R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$ อาจจะมากขึ้นหรือน้อยลงก็ได้ ดังนั้นต้องทดสอบ เช่นสมมติ

$$\rho = 0.04, f'_c = 200 \text{ ksc}$$

$$\text{ถ้า } f_y = 3000 \text{ ksc} \quad R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.04 \times 3000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.04 \times \frac{3000}{200} \right)$$

$$R_u = 77.52 \text{ ksc}$$

$$\text{ถ้า } f_y = 4000 \text{ ksc} \quad R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.04 \times 4000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.04 \times \frac{4000}{200} \right)$$

$$R_u = 84.48 \text{ ksc}$$

พบว่า R_u เพิ่มขึ้น นั่นคือ โมเมนต์ต้านทานเพิ่มขึ้น

แรงเฉือนต้านทานโดยประมาณ $V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b d$ ไม่เกี่ยวกับกำลังจุดคราก

คำตอบ ข้อ (3) โมเมนต์ต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้น

เฉลยตอบข้อ (1) โมเมนต์ด้านทานมีค่าลดลง ซึ่งไม่แน่นอนเสมอไป แต่จากการทดลองแทนค่า f'_c, f_y หลายๆ ค่าพบว่าต้องตอบข้อ (3) โมเมนต์ด้านทานมีค่าเพิ่มขึ้น

คำถามข้อที่ 71

ในการออกแบบชิ้นส่วนรับโมเมนต์ดัดที่เสริมเหล็กรับแรงดึง ถ้าให้ระยะ b, d มีค่าคงที่และให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีค่าคงที่ ครั้นเมื่อกำลังจุดครากมีค่าเพิ่ม ขึ้นจะพบว่าตำแหน่งแกนสะเทินที่ห่างจากด้านรับแรงอัด มีค่า

ตัวเลือก

- (1) มากขึ้นตามกำลังจุดครากที่เพิ่มขึ้น
- (2) เท่าเดิมตามกำลังจุดครากที่เพิ่มขึ้น
- (3) ลดลงตามกำลังจุดครากที่เพิ่มขึ้น

แนวคิด

หากพิจารณาตามวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) ตำแหน่งแกนสะเทินจากผิวรับแรงอัดคือ kd หาก k เพิ่ม kd ก็จะเพิ่มตาม

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}}$$

สมมติ $f_c = 65 \text{ ksc}, n = 10$

เมื่อ $f_y = 2400 \text{ ksc}, f_s = 1200 \text{ ksc}$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{1200}{10 \times 65}} = 0.351$$

เมื่อ $f_y = 3000 \text{ ksc}, f_s = 1500 \text{ ksc}$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{1500}{10 \times 65}} = 0.302 < 0.351$$

แสดงว่าเมื่อ f_y เพิ่มขึ้นนั้น k ลดลง kd จึงลดลงตามไปด้วย

คำตอบ ข้อ (3) ลดลงตามกำลังจุดครากที่เพิ่มขึ้น

คำถามข้อที่ 72

ปริมาณอย่างน้อยของเหล็กเสริมทางขวาง ($\min A_v$) ในคาน คสล. ตามวิธี WSD คือ

ตัวเลือก

- (1) $0.0010b_w s$ ตร.ชม
- (2) $0.0015b_w s$ ตร.ชม
- (3) $0.0020b_w s$ ตร.ชม
- (4) $0.0025b_w s$ ตร.ชม

แนวคิด

จากมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ของ วสท.ข้อ 6306 เกณฑ์
บังคับสำหรับเหล็กรับแรงเฉือน ข้อย่อย (ข) $\min A_s = 0.0015b_w s$

คำตอบ ข้อ (2) $0.0015b_w s$ ตร.ชม



คำถามข้อที่ 73

คาน คสล. รูปตัดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.15×0.35 ม. ระยะ $d = 0.30$ ม. ตามวิธี WSD เมื่อแรงเฉือน $V = V_c$ จะต้องเสริมเหล็กทางขวางออกไปอีกเป็นระยะเท่า กับ d ดังนั้น ถ้าใช้เหล็ก RB 6 มม.(สองขา) จงหาระยะเรียงห่างมากที่สุด ตามมาตรฐานกำหนด

ตัวเลือก

- (1) 25 ซม
- (2) 20 ซม
- (3) 15 ซม
- (4) 5 ซม

แนวคิด

ตามมาตรฐาน วสท. $\min A_v = 0.0015b_w s$ เหล็ก RB 6 mm คิดสองขา

$$2 \times 0.283 = 0.0015 \times 15s$$

$$s = \frac{2 \times 0.283}{0.0015 \times 15} = 25.15 \text{ cm}$$

$$s \leq \frac{d}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

เลือกค่าน้อยคือ 15 ซม

คำตอบ ข้อ (3) 15 ซม.

คำถามข้อที่ 74

คานต่อเนื่องช่วงในๆ มีรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.20×0.50 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงที่ระยะ $d = 0.43$ ม. ถ้าแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุก ใช้งานมีค่า $= 6200$ กก. จงหา ระยะเรียงห่างมากที่สุดของเหล็กดัด 9 มม.(สองขา) ซึ่งมีค่า $f_y = 2400$ กก./ซม.² สมมติว่า คอนกรีตมีค่า $f'_c = 200$ กก./ซม.²

ตัวเลือก

- (1) 20 ซม
- (2) 25 ซม
- (3) 35 ซม
- (4) 40 ซม

แนวคิด

แรงเฉือนที่คอนกรีตรับได้

$$V_c = 0.29\sqrt{f'_c}bd = 0.29\sqrt{200} \times 20 \times 43 = 3527 \text{ kg} < V = 6200 \text{ kg}$$

$$V - V_c = 6200 - 3527 = 2673 \text{ kg}$$

$$s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c} = \frac{(2 \times 0.636) \times \frac{2400}{2} \times 43}{2673} = 24.55 \text{ cm}$$

$$s \leq \frac{d}{2} = \frac{43}{2} = 21.5 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (1) 20 ซม

คำถามข้อที่ 75

คานช่วงเดียว มีรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.40×0.65 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงที่ระยะ $d = 0.55$ ม. ถ้าแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกทุกประลัย มีค่า $= 23000$ กก. จงหาระยะเรียงห่างมากที่สุดของเหล็กดัดตั้ง 9 มม.(สองขา) ซึ่งมีค่า $f_y = 2400$ กก./ ซม^2 สมมติว่าคอนกรีตมีค่า $f'_c = 200$ กก./ ซม^2

ตัวเลือก

- (1) 15 ซม
- (2) 17.5 ซม
- (3) 20 ซม
- (4) 25 ซม

แนวคิด

โจทย์กำหนด $b_w = 40$ cm, $d = 55$ cm, $V_u = 23000$ kg, $f_y = 2400$ ksc, $f'_c = 200$ ksc และ

$$A_v = 2 \times 0.636 = 1.272 \text{ cm}^2$$

กำลังเฉือนที่คอนกรีตรับได้

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d = 0.85 \times 0.53 \sqrt{200} \times 40 \times 55 = 14016 \text{ kg}$$

$$V_u - \phi V_c = 23000 - 14016 = 8984 \text{ kg}$$

ตามมาตรฐาน วสท. กำหนดว่า

ถ้า $V_u - \phi V_c \leq 1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดตั้งจากค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

$$s = \frac{d}{2}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

ถ้า $1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d < V_u - \phi V_c \leq 2.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดตั้งจากค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

$$s = \frac{d}{4}$$

$$s = 30 \text{ cm}$$

ถ้า $V_u - \phi V_c > 2.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ หน้าตัดคานนั้นเล็กเกินไปมีสภาพเปราะ ต้องขยายหน้าตัดให้โตขึ้น ซึ่งการขยายทางกว้างกับทางลึกมีผลเท่ากัน เพราะทั้ง b_w และ d ต่างยกกำลัง 1 ถ้าเป็นเรื่องโมเมนต์ การขยายทางลึกจะดีกว่าทางกว้างเพราะ b_w ยกกำลัง 1 แต่ d ยกกำลัง 2

กรณีนี้ต้องหาของ $1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ และ $2.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$

$$1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 1.1 \times 0.85\sqrt{200} \times 40 \times 55 = 29090 \text{ kg}$$

$$2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 2.1 \times 0.85\sqrt{200} \times 40 \times 55 = 55536 \text{ kg}$$

พบว่า $V_u - \phi V_c \leq 1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ ทหาระยะเรียง

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} = \frac{0.85 \times 1.272 \times 2400 \times 55}{8984} = 15.88 \text{ cm}$$

$$s = \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

ค่าน้อยคือ 15.88 ซม แต่เพื่อความสะดวกในการทำงานใช้ 15 ซม

คำตอบ ข้อ (1) 15 ซม



คำถามข้อที่ 76

คานช่วงเดียว มีรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.40x0.65 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงที่ระยะ $d = 0.55$ ม. ถ้าแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกทุกประลัย มีค่า $= 22500$ กก. จงหาระยะเรียงห่างมากที่สุดของเหล็กดัด 9 มม. (สองขา) ซึ่งมีค่า $f_y = 3000$ กก./ชม.² สมมติว่าคอนกรีตมีค่า $f'_c = 200$ กก./ชม.²

ตัวเลือก

- (1) 15 ซม
- (2) 17.5 ซม
- (3) 20 ซม
- (4) 25 ซม

แนวคิด

คำถามข้อนี้มีข้อบกพร่องอยู่หนึ่งเรื่องคือเหล็กข้ออ้อยขนาดเล็กที่สุด 10 มม สำหรับเหล็ก 9 มม เป็นเหล็กผิวเรียบมี $f_y = 2400$ ksc แต่คำนวณตามโจทย์ให้ได้ดังนี้

โจทย์กำหนด $b_w = 40$ cm, $d = 55$ cm, $V_u = 22500$ kg, $f_y = 3000$ ksc, $f'_c = 200$ ksc และ

$$A_v = 2 \times 0.636 = 1.272 \text{ cm}^2$$

กำลังเฉือนที่คอนกรีตรับได้

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d = 0.85 \times 0.53 \sqrt{200} \times 40 \times 55 = 14016 \text{ kg}$$

$$V_u - \phi V_c = 22500 - 14016 = 8484 \text{ kg}$$

ตามมาตรฐาน วสท. กำหนดว่า

ถ้า $V_u - \phi V_c \leq 1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดจกค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

$$s = \frac{d}{2}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

ถ้า $1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d < V_u - \phi V_c \leq 2.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดจกค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

$$s = \frac{d}{4}$$

$$s = 30 \text{ cm}$$

ถ้า $V_u - \phi V_c > 2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ หน้าตัดคานนั้นเล็กเกินไปมีสภาพเปราะ ต้องขยายหน้าตัดให้โตขึ้น ซึ่งการขยายทางกว้างกับทางลึกมีผลเท่ากัน เพราะทั้ง b_w และ d ต่างยกกำลัง 1 ถ้าเป็นเรื่อง โมเมนต์ การขยายทางลึกจะดีกว่าทางกว้างเพราะ b_w ยกกำลัง 1 แต่ d ยกกำลัง 2

กรณีนี้ต้องหาค่าของ $1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ และ $2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$

$$1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 1.1 \times 0.85\sqrt{200} \times 40 \times 55 = 29090 \text{ kg}$$

$$2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 2.1 \times 0.85\sqrt{200} \times 40 \times 55 = 55536 \text{ kg}$$

พบว่า $V_u - \phi V_c \leq 1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ หาระยะเรียง

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} = \frac{0.85 \times 1.272 \times 3000 \times 55}{8484} = 21.03 \text{ cm}$$

$$s = \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

ค่าน้อยคือ 21.03 ซม แต่เพื่อความสะดวกในการทำงานใช้ 20 ซม

คำตอบ ข้อ (3) 20 ซม

คำถามข้อที่ 77

คาน กสส. รูปตัดตัวที โคดๆ ขนาดความกว้างของตัวคาน = 30 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงที่ระยะ $d = 50$ ซม. ถ้าแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกใช้งานมีค่า = 12000 กก. จงหาขนาดและระยะเรียงห่างมากที่สุดของเหล็กดัด (สองขา) ซึ่งมีค่า $f_y = 2400$ กก./ซม² สมมติว่าคอนกรีตมีค่า $f'_c = 200$ กก./ซม²

ตัวเลือก

- (1) 6 มม @ 7.50 ซม
- (2) 6 มม @ 10.0 ซม
- (3) 9 มม @ 12.5 ซม
- (4) 9 มม @ 25.0 ซม

แนวคิด

โจทย์กำหนด $b_w = 30$ cm, $d = 50$ cm, $V = 12000$ kg, $f_y = 2400$ ksc, $f'_c = 200$ ksc และ

เหล็ก RB 6 มม $A_v = 2 \times 0.283 = 0.566$ cm²

เหล็ก RB 9 มม $A_v = 2 \times 0.636 = 1.272$ cm²

กำลังเฉือนที่คอนกรีตรับได้

$$V_c = 0.29\sqrt{f'_c}b_wd = 0.29\sqrt{200} \times 30 \times 50 = 6151.8 \text{ kg}$$

$$V - V_c = 12000 - 6151.8 = 5848.2 \text{ kg}$$

ตามมาตรฐาน วสท. กำหนดว่า

ถ้า $V - V_c \leq 0.795\sqrt{f'_c}b_wd$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดจกค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c}$$

$$s = \frac{d}{2}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

ถ้า $0.795\sqrt{f'_c}b_wd < V - V_c \leq 1.32\sqrt{f'_c}b_wd$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดจกค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c}$$

$$s = \frac{d}{4}$$

$$s = 30 \text{ cm}$$

ถ้า $V - V_c > 1.32\sqrt{f'_c}b_wd$ หน้าตัดคานนั้นเล็กเกินไปมีสภาพเปราะ ต้องขยายหน้าตัดให้โตขึ้น ซึ่งการขยายทางกว้างกับทางลึกมีผลเท่ากัน เพราะทั้ง b_w และ d ต่างยกกำลัง 1 ถ้าเป็นเรื่องโมเมนต์การขยายทางลึกจะดีกว่าทางกว้างเพราะ b_w ยกกำลัง 1 แต่ d ยกกำลัง 2

กรณีนี้ต้องหาค่าของ $0.795\sqrt{f'_c}b_wd$ และ $1.32\sqrt{f'_c}b_wd$

$$0.795\sqrt{f'_c}b_wd = 0.795\sqrt{200} \times 30 \times 50 = 16864 \text{ kg}$$

$$1.32\sqrt{f'_c}b_wd = 1.32\sqrt{200} \times 30 \times 50 = 28001 \text{ kg}$$

พบว่า $V - V_c \leq 0.795\sqrt{f'_c}b_wd$ หาระยะเรียง

$$\text{RB 6 mm} \quad s = \frac{A_v f_v d}{V - V_c} = \frac{0.566 \times 1200 \times 50}{5848.2} = 5.81 \text{ cm}$$

$$\text{RB 9 mm} \quad s = \frac{A_v f_v d}{V - V_c} = \frac{1.272 \times 1200 \times 50}{5848.2} = 13.05 \text{ cm}$$

$$s = \frac{d}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

อาจจะเลือก RB 6 mm @ 5.5 cm หรือ RB 9 mm @ 12.5 cm

คำตอบ ข้อ (3) RB 9 mm @ 12.5 cm



คำถามข้อที่ 78

คานช่วงเดียว มีรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.40x0.60 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงที่ระยะ $d = 0.50$ ม. ถ้าแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกประลัย มีค่า = 25000 กก. จงหาขนาดและระยะเรียงห่างมากที่สุดของเหล็กดัด (สองขา) ซึ่งมีค่า $f_y = 3000$ กก./ ซม^2 สมมติว่าคอนกรีตมีค่า $f'_c = 200$ กก./ ซม^2

ตัวเลือก

- (1) 6 มม @ 7.0 ซม
- (2) 6 มม @ 10.0 ซม
- (3) 12 มม @ 20.0 ซม
- (4) 12 มม @ 27.5 ซม

แนวคิด

คำถามข้อนี้มีข้อบกพร่องอยู่หนึ่งเรื่องคือเหล็กข้ออ้อยขนาดเล็กที่สุด 10 มม สำหรับเหล็ก 6 มม ในตัวเลือก (1) และ (2) เป็นเหล็กผิวเรียบมี $f_y = 2400$ ksc แต่คำนวณตามโจทย์ให้ได้ดังนี้

โจทย์กำหนด $b_w = 40$ cm, $d = 50$ cm, $V_u = 25000$ kg, $f_y = 3000$ ksc, $f'_c = 200$ ksc และ

$$\text{RB 6 มม} \quad A_v = 2 \times 0.283 = 0.566 \text{ cm}^2$$

$$\text{DB 12 มม} \quad A_v = 2 \times 1.131 = 2.262 \text{ cm}^2$$

กำลังเฉือนที่คอนกรีตรับได้

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d = 0.85 \times 0.53 \sqrt{200} \times 40 \times 50 = 12742 \text{ kg}$$

$$V_u - \phi V_c = 25000 - 12742 = 12258 \text{ kg}$$

ตามมาตรฐาน วสท. กำหนดว่า

ถ้า $V_u - \phi V_c \leq 1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดจากค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

$$s = \frac{d}{2}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

ถ้า $1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d < V_u - \phi V_c \leq 2.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดจากค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

$$s = \frac{d}{4}$$

$$s = 30 \text{ cm}$$

ถ้า $V_u - \phi V_c > 2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ หน้าตัดคานนั้นเล็กเกินไปมีสภาพเปราะ ต้องขยายหน้าตัดให้โตขึ้น ซึ่งการขยายทางกว้างกับทางลึกมีผลเท่ากัน เพราะทั้ง b_w และ d ต่างยกกำลัง 1 ถ้าเป็นเรื่องโมเมนต์ การขยายทางลึกจะดีกว่าทางกว้างเพราะ b_w ยกกำลัง 1 แต่ d ยกกำลัง 2

กรณีนี้ต้องหาค่าของ $1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ และ $2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$

$$1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 1.1 \times 0.85\sqrt{200} \times 40 \times 50 = 26446 \text{ kg}$$

$$2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 2.1 \times 0.85\sqrt{200} \times 40 \times 50 = 50487 \text{ kg}$$

พบว่า $V_u - \phi V_c \leq 1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ หาระยะเรียง

$$\text{RB 6 mm} \quad s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} = \frac{0.85 \times 0.566 \times 3000 \times 50}{12258} = 5.9 \text{ cm}$$

$$\text{DB 12 mm} \quad s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} = \frac{0.85 \times 2.262 \times 3000 \times 50}{12258} = 23.53 \text{ cm}$$

$$s = \frac{d}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

อาจจะเลือก RB 6 mm @ 5.5 cm หรือ DB 12 mm @ 20.0 cm

คำตอบ ข้อ (3) 12 มม @ 20.0 ซม

คำถามข้อที่ 79

คานยื่น มีรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.15x0.35 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงที่ระยะ $d = 0.30$ ม. ถ้าแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกประลัยมีค่า $= 4500$ กก. จงหาระยะเรียงห่างมากที่สุดของเหล็กดัด 6 มม.(สองขา) ซึ่งมีค่า $f_y = 2400$ กก./ชม² สมมติว่าคอนกรีตมีค่า $f'_c = 150$ กก./ชม²

ตัวเลือก

- (1) 12.5 ซม
- (2) 15 ซม
- (3) 17.5 ซม
- (4) 20 ซม

แนวคิด

โจทย์กำหนด $b_w = 15$ cm, $d = 30$ cm, $V_u = 4500$ kg, $f_y = 2400$ ksc, $f'_c = 150$ ksc และ

RB 6 mm $A_v = 2 \times 0.283 = 0.566$ cm²

กำลังเฉือนที่คอนกรีตรับได้

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d = 0.85 \times 0.53 \sqrt{150} \times 15 \times 30 = 2482.9 \text{ kg}$$

$$V_u - \phi V_c = 4500 - 2482.9 = 2017.1 \text{ kg}$$

ตามมาตรฐาน วสท. กำหนดว่า

ถ้า $V_u - \phi V_c \leq 1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดจกค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

$$s = \frac{d}{2}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

ถ้า $1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d < V_u - \phi V_c \leq 2.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดจกค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

$$s = \frac{d}{4}$$

$$s = 30 \text{ cm}$$

ถ้า $V_u - \phi V_c > 2.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ หน้าตัดคานนั้นเล็กเกินไปมีสภาพเปราะ ต้องขยายหน้าตัดให้โตขึ้น ซึ่งการขยายทางกว้างกับทางลึกมีผลเท่ากัน เพราะทั้ง b_w และ d ต่างยกกำลัง 1 ถ้าเป็นเรื่องโมเมนต์ การขยายทางลึกจะดีกว่าทางกว้างเพราะ b_w ยกกำลัง 1 แต่ d ยกกำลัง 2

กรณีนี้ต้องหาของ $1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ และ $2.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$

$$1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 1.1 \times 0.85\sqrt{150} \times 15 \times 30 = 2975.2 \text{ kg}$$

$$2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 2.1 \times 0.85\sqrt{150} \times 15 \times 30 = 5679.8 \text{ kg}$$

พบว่า $V_u - \phi V_c \leq 1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ หาระยะเรียง

$$\text{RB 6 mm} \quad s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} = \frac{0.85 \times 0.566 \times 2400 \times 30}{2017.1} = 17.17 \text{ cm}$$

$$s = \frac{d}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

เลือก RB 6 mm @ 15 cm

คำตอบ ข้อ (2) 15 ซม



คำถามข้อที่ 80

คานช่วงเดียวยาว 6.00 เมตร มีรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.40x0.65 ม. เสริมเหล็กรับแรงดึงที่ระยะ $d = 0.55$ ม. ถ้ามีน้ำหนักบรรทุกทุกประลัยแบบแผ่สม่ำเสมอ $w_u = 11.5$ ตัน/เมตร จงหาระยะเรียงห่างมากที่สุดของเหล็กดัด 12 มม. (สองขา) ซึ่งมีค่า $f_y = 2400$ กก./ซม² สมมติว่าคอนกรีตมีค่า $f'_c = 200$ กก./ซม²

ตัวเลือก

- (1) 15 ซม
- (2) 17.5 ซม
- (3) 20 ซม
- (4) 25 ซม

แนวคิด

โจทย์กำหนด ความยาว $L = 6.00$ m, ความกว้าง $b_w = 40$ cm ความลึกประสิทธิภาพ $d = 55$ cm, น้ำหนักบรรทุกทุกประลัยแบบแผ่สม่ำเสมอ $w_u = 11.5$ t/m, กำลังครากของเหล็กเสริม $f_y = 2400$ ksc กำลังประลัยของคอนกรีต $f'_c = 200$ ksc ไม่บอกขนาดของที่รองรับ ดังนั้นการหาหน้าตัดวิกฤตสำหรับแรงเฉือนที่ปกติจะอยู่ที่ระยะ d จากขอบในของที่รองรับ จึงจะใช้ระยะจากจุดศูนย์กลางของที่รองรับแทน โจทย์ไม่บอกน้ำหนักบรรทุกดังกล่าวข้างต้นรวมน้ำหนักของตัวคานเองแล้ว จึงต้องหาน้ำหนักคานซึ่งเป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่รวมเข้าไปด้วย

$$w_G = 2400b_w h = 2400 \times 0.40 \times 0.65 = 624 \text{ kg/m}$$

$$w_u = 11,500 + 1.4w_G = 11,500 + 1.4 \times 624 = 12,373.6 \text{ kg/m}$$

$$V_u = \frac{w_u L}{2} - w_u d = w_u \left(\frac{L}{2} - d \right) = 12,373.6 \times \left(\frac{6.00}{2} - 0.55 \right)$$

$$V_u = 30,315.32 \text{ kg}$$

$$\text{RB 12 mm } A_v = 2 \times 1.131 = 2.262 \text{ cm}^2$$

กำลังเฉือนที่คอนกรีตรับได้

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d = 0.85 \times 0.53 \sqrt{200} \times 40 \times 55 = 14016.3 \text{ kg}$$

$$V_u - \phi V_c = 30,315.32 - 14,016.3 = 16,299.02 \text{ kg}$$

ตามมาตรฐาน วสท. กำหนดว่า

ถ้า $V_u - \phi V_c \leq 1.1 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$ ให้เลือกระยะเรียงเหล็กดัดจากค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

$$s = \frac{d}{2}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

ถ้า $1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd < V_u - \phi V_c \leq 2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ ให้เลือกกระยะเรียงเหล็กถูกตั้งจากค่าน้อยในสามค่าต่อไปนี้

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

$$s = \frac{d}{4}$$

$$s = 30 \text{ cm}$$

ถ้า $V_u - \phi V_c > 2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ หน้าตัดคานนั้นเล็กเกินไปมีสภาพเปราะ ต้องขยายหน้าตัดให้โตขึ้น ซึ่งการขยายทางกว้างกับทางลึกมีผลเท่ากัน เพราะทั้ง b_w และ d ต่างยกกำลัง 1 ถ้าเป็นเรื่องโมเมนต์ การขยายทางลึกจะดีกว่าทางกว้างเพราะ b_w ยกกำลัง 1 แต่ d ยกกำลัง 2

กรณีนี้ต้องหาค่าของ $1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ และ $2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$

$$1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 1.1 \times 0.85 \sqrt{200} \times 40 \times 55 = 29,090.4 \text{ kg}$$

$$2.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 2.1 \times 0.85 \sqrt{200} \times 40 \times 55 = 55,536.2 \text{ kg}$$

พบว่า $V_u - \phi V_c \leq 1.1\phi\sqrt{f'_c}b_wd$ หาระยะเรียง

$$\text{RB 12 mm } s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} = \frac{0.85 \times 2.262 \times 2400 \times 55}{16299.02} = 15.57 \text{ cm}$$

$$s = \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

เลือก RB 12 mm @ 15 cm

คำตอบ ข้อ (1) 15 ซม

สำหรับคำถามข้อที่ 80 นี้ ระวางตรงต้องคาน้ำหนักคานเองด้วย

คำถามข้อที่ 81

กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม นอกจากจะขึ้นกับกำลังของวัสดุและขนาดของเหล็กเสริมที่ใช้ ยังขึ้นกับ

ตัวเลือก

- (1) ระยะคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม
- (2) ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม
- (3) การเสริมเหล็กทางขวาง
- (4) ถูกทุกข้อ

แนวคิด

ให้ดูหนังสือ การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร บทที่ 5 หน้า 180 จะเห็นว่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวจะขึ้นกับ ระยะคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม และการเสริมเหล็กทางขวาง ดังนั้นจึงถูกทุกข้อ

คำตอบ ข้อ (4) ถูกทุกข้อ



คำถามข้อที่ 82

ข้อความต่อไปนี้ที่มีใช้มาตรฐานกำหนดของ ว.ส.ท.(หมายเหตุ d = ความลึกประสิทธิภาพ, d_b = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริม)

ตัวเลือก

- (1) ต้องยื่นเหล็กเสริมอย่างน้อย 1 ใน 3 ของเหล็กเสริมที่รับโมเมนต์ลบทั้งหมดเลยจาก ตำแหน่งของจุดค้ำยันเป็นระยะไม่น้อยกว่า d หรือ $12 d_b$ หรือ $1/18$ ของระยะช่วงว่างของคาน โดยใช้ค่าที่มากกว่า
- (2) ต้องยื่นเหล็กเสริมที่รับโมเมนต์ค้ำยันให้เลยจากจุดที่ไม่ต้องการทางทฤษฎีออกไปอีกอย่างน้อยเท่ากับ d หรือ $12 d_b$ โดยใช้ค่าที่มากกว่า
- (3) ต้องยื่นเหล็กเสริมอย่างน้อย 1 ใน 3 ของเหล็กเสริมที่รับโมเมนต์บวกทั้งหมดในคานช่วง เดี่ยว เลยเข้าไปในฐานรองรับเป็นระยะไม่น้อยกว่า 15 ซม.
- (4) ต้องยื่นเหล็กเสริมอย่างน้อย 1 ใน 4 ของเหล็กเสริมที่รับโมเมนต์บวกทั้งหมดในคานต่อเนื่อง เลยเข้าไปในฐานรองรับเป็นระยะไม่น้อยกว่า 15 ซม.

แนวคิด

จากมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

ข้อ (1) จะคล้ายกับข้อ 4901 (จ) เพียงแต่มาตรฐานไม่ได้ให้ $12db$ และค่า $1/18$ ต้องเป็น $1/16$

ข้อ (2) จะเหมือนกับข้อ 4901(ข)

ข้อ (3) จะเหมือนส่วนหนึ่งของข้อ 4901(จ)

ข้อ (4) จะเหมือนส่วนหนึ่งของข้อ 4901(จ)

คำตอบ ข้อ (1) มีบางส่วนที่ไม่ใช่มาตรฐาน

คำถามข้อที่ 83

ระยะต่อทาบเหล็กข้ออ้อย (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กกว่า 36 มม.) ซึ่งรับแรงดึงและที่รับแรงอัด ต้องไม่น้อยกว่า

ตัวเลือก

- (1) 25 ซม
- (2) 30 ซม
- (3) 36 ซม
- (4) 40 ซม

แนวคิด

จากมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

ข้อ 3405 (ข) ห้ามต่อทาบเหล็กที่มีขนาดใหญ่กว่า 25 มม. เหล็ก SD-30 ระยะทาบ $24d_b$ เหล็ก SD-40 ระยะทาบ $30d_b$ เหล็ก SD-50 ระยะทาบ $36d_b$ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 30 ซม ส่วนเหล็กผิวเรียบใช้ 2 เท่าของเหล็กข้ออ้อย

และจากมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ข้อ 4502 ขนาดเหล็กไม่เกิน 36 มม และคำนวณแล้วต้องไม่น้อยกว่า 30 ซม

คำตอบ ข้อ (2) 30 ซม

คำถามข้อที่ 84

ถ้าระยะฝังยึดของเหล็กเสริมรับแรงดึง (ที่มีใช้เหล็กบน) ถูกจำกัดไม่ให้เกินกว่า 120 ซม. จงใช้วิธี WSD หาขนาดโตสุดของเหล็กกลมเรียบที่สามารถนำมาใช้ กำหนดให้ $f'_c = 150$ กก./ซม.²

ตัวเลือก

- (1) 12 มม
- (2) 15 มม
- (3) 19 มม
- (4) 25 มม

แนวคิด

การหาระยะฝังยึด ℓ_d พิจารณาจากสมดุลของแรงดึงในเหล็กกับแรงยึดหน่วงรอบผิว

$$u(\pi d_b) \ell_d = f_s \left(\frac{\pi}{4} d_b^2 \right)$$

$$\ell_d = \frac{f_s d_b}{4u}$$

จากมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ข้อ 6501(ค) 1. และ 4 กำหนดว่า เหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน ASTM A305 กำหนดหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ว่า เหล็กบน (มีคอนกรีตอยู่ใต้เหล็กไม่น้อยกว่า 30 ซม)

$$u = 2.29 \frac{\sqrt{f'_c}}{D} \leq 25 \text{ ksc}$$

เหล็กอื่น

$$u = 3.23 \frac{\sqrt{f'_c}}{D} \leq 35 \text{ ksc}$$

เหล็กผิวเรียบให้ใช้ค่าเพียงครึ่งเดียวของเหล็กข้ออ้อย แต่ต้องไม่เกิน 11 ksc

เมื่อ $D = d_b$ = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริม ซม

โจทย์ข้อนี้ไม่ใช่เหล็กบน ค่าระยะฝังต่ำสุดหาได้ดังนี้

เหล็ก RB 12 mm

$$u = \frac{3.23}{2} \frac{\sqrt{150}}{1.2} = 16.48 \Rightarrow 11 \text{ ksc}$$

$$\ell_d = \frac{1200 \times 1.2}{4 \times 11} = 32.7 \text{ cm}$$

เหล็ก RB 15 mm

$$u = \frac{3.23}{2} \frac{\sqrt{150}}{1.5} = 13.19 \Rightarrow 11 \text{ ksc}$$

$$\ell_d = \frac{1200 \times 1.5}{4 \times 11} = 40.91 \text{ cm}$$

เหล็ก RB 19 mm

$$u = \frac{3.23}{2} \frac{\sqrt{150}}{1.9} = 10.41 \text{ ksc}$$

$$\ell_d = \frac{1200 \times 1.9}{4 \times 10.41} = 54.76 \text{ cm}$$

เหล็ก RB 25 mm

$$u = \frac{3.23}{2} \frac{\sqrt{150}}{2.5} = 7.912 \text{ ksc}$$

$$\ell_d = \frac{1200 \times 2.5}{4 \times 7.912} = 94.79 \text{ cm}$$

เหล็ก RB 25 mm ต้องการระยะฝัง 95 ซม. ซึ่งน้อยกว่าขีดจำกัดที่กำหนด 120 ซม

คำตอบ ข้อ (4) 25 มม

คำถามข้อที่ 85

ถ้าระยะฝังยึดของเหล็กเสริมรับแรงดึง (ที่มีใช้เหล็กบน) ถูกจำกัดไม่ให้เกินกว่า 120 ซม. จงใช้วิธี WSD หาขนาดโตสุดของเหล็กกลมข้ออ้อยที่สามารถนำมาใช้ กำหนดให้ $f'_c = 150$ กก./ซม.²

ตัวเลือก

- (1) 12 มม
- (2) 16 มม
- (3) 20 มม
- (4) 28 มม

แนวคิด

การหาระยะฝังยึด ℓ_d พิจารณาจากสมดุลของแรงดึงในเหล็กกับแรงยึดหน้าวงรอบผิว

$$u(\pi d_b) \ell_d = f_s \left(\frac{\pi}{4} d_b^2 \right)$$

$$\ell_d = \frac{f_s d_b}{4u}$$

จากมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ข้อ 6501(ค) 1. และ 4 กำหนดว่า เหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน ASTM A305 กำหนดหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ว่า เหล็กบน (มีคอนกรีตอยู่ใต้เหล็กไม่น้อยกว่า 30 ซม)

$$u = 2.29 \frac{\sqrt{f'_c}}{D} \leq 25 \text{ ksc}$$

เหล็กอื่น

$$u = 3.23 \frac{\sqrt{f'_c}}{D} \leq 35 \text{ ksc}$$

เหล็กผิวเรียบให้ใช้ค่าเพียงครึ่งเดียวของเหล็กข้ออ้อย แต่ต้องไม่เกิน 11 ksc

เมื่อ $D = d_b$ = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริม ซม

โจทย์ข้อนี้ไม่ใช่เหล็กบน ค่าระยะฝังต่ำสุดหาได้ดังนี้

เหล็ก DB 12 mm

$$u = 3.23 \frac{\sqrt{150}}{1.2} = 32.966 \text{ ksc}$$

$$\ell_d = \frac{1500 \times 1.2}{4 \times 32.966} = 13.65 \Rightarrow 30 \text{ cm}$$

เหล็ก DB 16 mm

$$u = 3.23 \frac{\sqrt{150}}{1.6} = 24.724 \Rightarrow 11 \text{ ksc}$$

$$\ell_d = \frac{1500 \times 1.6}{4 \times 24.724} = 24.27 \Rightarrow 30 \text{ cm}$$

เหล็ก DB 20 mm

$$u = 3.23 \frac{\sqrt{150}}{2.0} = 19.78 \text{ ksc}$$

$$\ell_d = \frac{1500 \times 2.0}{4 \times 19.78} = 37.92 \text{ cm}$$

เหล็ก DB 28 mm

$$u = 3.23 \frac{\sqrt{150}}{2.8} = 14.128 \text{ ksc}$$

$$\ell_d = \frac{1500 \times 2.8}{4 \times 14.128} = 74.32 \text{ cm}$$

เหล็ก DB 28 mm ต้องการระยะฝัง 74.32 ซม. ซึ่งน้อยกว่าขีดจำกัดที่กำหนด 120 ซม

คำตอบ ข้อ (4) 28 มม



คำถามข้อที่ 86

คานยื่นตัวหนึ่งต้องเสริมเหล็ก RB 25 มม. ($A_s = 4.91 \text{ ซม}^2$) จำนวนหนึ่งเพื่อรับโมเมนต์ดัด จงประมาณค่าระยะฝังที่ต้องฝังยึดท่อนเหล็กตรงจากหน้าตัดวิกฤต เข้าไปในส่วนโครงสร้างที่รองรับนี้ ตามวิธี WSD กำหนดให้ $f'_c = 150 \text{ กก./ซม}^2$ $f_y = 2400 \text{ กก./ซม}^2$ และหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ของเหล็กเสริม RB 25 มม. $= 7.91 \text{ กก./ตร.ซม.}$

ตัวเลือก

- (1) 70 ซม
- (2) 80 ซม
- (3) 90 ซม
- (4) 100 ซม

แนวคิด

การหาระยะฝังยึด ℓ_d พิจารณาจากสมดุลของแรงดึงในเหล็กกับแรงยึดหน่วงรอบผิว

$$u(\pi d_b) \ell_d = f_s \left(\frac{\pi}{4} d_b^2 \right)$$

$$\ell_d = \frac{f_s d_b}{4u}$$

ดังนั้น

$$\ell_d = \frac{1200 \times 2.5}{4 \times 7.91} = 94.82 \text{ cm} \Rightarrow 100 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (4) 100 ซม

คำถามข้อที่ 87

จงประมาณระยะฝังยึดจากหน้าตัดวิกฤตถึงตำแหน่งที่จะเริ่มติดตั้งเหล็กเสริมเพื่อทำเป็น Φ ของมาตรฐาน Φ สำหรับเหล็กเสริม RB 25 มม. ($A_s = 4.91 \text{ ซม}^2$) ที่รับแรงดึง ซึ่งวิธี WSD กำหนดว่า Φ ของมาตรฐาน Φ มีกำลังรับแรงดึงได้เท่ากับ 700 กก./ซม² กำหนดให้ $f'_c = 150 \text{ กก./ซม}^2$ $f_y = 2400 \text{ กก./ซม}^2$ และ หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ของเหล็กเสริม RB 25 มม. = 7.91 กก./ตร.ซม.

ตัวเลือก

- (1) 30 ซม
- (2) 40 ซม
- (3) 50 ซม
- (4) 60 ซม

แนวคิด

แรงดึงสูงสุดในเหล็ก RB 25 มม คือ $A_s f_s$ แต่เนื่องจากของมาตรฐานจะรับไปแล้ว 700 ksc ดังนั้นแรงดึงที่ให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวรับเอาไว้จึงเหลือเพียง $A_s (f_s - 700)$ เหล็ก RB 25 มม มีเส้นรอบรูปยาว $\pi d_b = 2.5\pi$ ซม เนื้อที่รับแรงยึดเหนี่ยว $2.5\pi \ell_d$ ตร.ซม หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ $u = 7.91 \text{ ksc}$ จากสมมูลของแรง

$$2.5\pi \ell_d u = A_s (f_s - 700)$$

$$2.5\pi \ell_d \times 7.91 = 4.91 \times \left(\frac{2400}{2} - 700 \right)$$

$$\ell_d = 39.51 \text{ cm} \Rightarrow 40 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 40 ซม

คำถามข้อที่ 88

จงใช้วิธี USD ประมาณระยะฝังยึดจากหน้าตัดวิกฤตถึงตำแหน่งที่จะเริ่มดัดงอเหล็กเสริมเพื่อทำเป็น

❖ ของมาตรฐาน ❖ สำหรับเหล็ก RB 25 มม. ($A_s = 4.91 \text{ ซม}^2$) ที่รับแรงดัด กำหนดให้ $f'_c = 150$ กก./ซม² $f_y = 2400$ กก./ซม² และให้ modification factor = 1.0

ตัวเลือก

- (1) 30 ซม
- (2) 40 ซม
- (3) 50 ซม
- (4) 60 ซม

แนวคิด

วิธี USD (Ultimate Strength Design) ปัจจุบันเรียก SDM (Strength Design Method)

ดูหนังสือ การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร บทที่ 5

สมการ (5.3.3) ระยะฝังพื้นฐานเมื่อปลายทำของมาตรฐาน 90 หรือ 180 องศา คือ

$$\ell_{hb} = 0.08d_b \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} = 0.08 \times 2.5 \times \frac{2400}{\sqrt{150}} = 39.19 \text{ cm}$$

โจทย์ให้ modification factor = 1.0 ดังนั้น

$$\ell_d = 1.0 \ell_{hd} = 1.0 \times 39.19 = 39.19 \Rightarrow 40 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 40 ซม

คำถามข้อที่ 89

คาน วัสดุ ช่วงเดี่ยวยาว 3.50 เมตร ต้องเสริมเหล็ก 3-RB 12 มม. ที่กึ่งกลางคาน เพื่อรับโมเมนต์ดัดชนิดบวกอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่สม่ำเสมอ ให้หาตำแหน่ง (ทางทฤษฎี) ซึ่งห่างมาจากจุดรองรับ ที่จะหยุด ดัด หรือตัดเหล็กเสริมออกไป 1 เส้น โดยเหลือเหล็กเสริม 2 เส้นที่ปล่อยเลยเข้าไปในจุดรองรับนั้น

ตัวเลือก

- (1) 45 ซม
- (2) 55 ซม
- (3) 65 ซม
- (4) 75 ซม

แนวคิด

ดูหนังสือ การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร รูปที่ 5.15(

ก) จุดที่จะลดเหล็กเสริม (ทางทฤษฎี) $1/3$ แรก จะอยู่ที่ตำแหน่งซึ่งโมเมนต์เป็น $2/3$ ของค่าสูงสุด และลดอีก $1/3$ ต่อไปที่ตำแหน่งซึ่งมีโมเมนต์เป็น $1/3$ ของค่าสูงสุด ส่วนที่เหลืออย่างน้อย 2 เส้น ขึ้นเข้าไปในที่รองรับไม่น้อยกว่า 15 ซม. สำหรับกรณีคานช่วงเดี่ยวนี้ ให้ L เป็นความยาวช่วงคานและ w เป็นน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ

โมเมนต์สูงสุดที่กึ่งกลางคาน

$$M_{\max} = \frac{wL^2}{8}$$

แรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ

$$R = \frac{wL}{2}$$

โมเมนต์ดัดที่ระยะ x ใดๆ

$$M = \frac{wLx}{2} - \frac{wx^2}{2}$$

ให้ x_1 เป็นระยะที่ $M = \frac{2}{3} M_{\max}$

$$\frac{wLx}{2} - \frac{wx^2}{2} = \frac{2}{3} \frac{wL^2}{8}$$

$$6Lx - 6x^2 = L^2$$

$$6x^2 - 6Lx + L^2 = 0$$

$$x = \frac{6L \pm \sqrt{(-6L)^2 - 4(6)L^2}}{2 \times 6}$$

$$x = \frac{6L \pm L\sqrt{12}}{12} = \frac{(6 \pm 2\sqrt{3})L}{12}$$

$$x = \frac{3 \pm \sqrt{3}}{6} L$$

นั่นคือ $x_1 = \frac{3 + \sqrt{3}}{6} L = 0.7887L > 0.5L$ เป็นไปไม่ได้

และ $x_1 = \frac{3-\sqrt{3}}{6}L = 0.2113L = 0.2113 \times 3.50 = 0.7396 \text{ m}$

จะเห็นว่าคำตอบที่ใกล้เคียงคือข้อ (4) 75 ซม

สำหรับอีก 1/3 ที่จะลดเมื่อ $M = \frac{1}{3}M_{\max}$ ที่ระยะ x_2 จากที่รองรับ

$$\frac{wLx}{2} - \frac{wx^2}{2} = \frac{1}{3} \frac{wL^2}{8}$$

$$12Lx - 12x^2 = L^2$$

$$12x^2 - 12Lx + L^2 = 0$$

$$x = \frac{12L \pm \sqrt{(-12L)^2 - 4(12)L^2}}{2 \times 12}$$

$$x = \frac{12L \pm L\sqrt{96}}{24} = \frac{(12 \pm 4\sqrt{6})L}{24}$$

$$x = \frac{3 \pm \sqrt{6}}{6}L$$

นั่นคือ $x_2 = \frac{3+\sqrt{6}}{6}L = 0.9082L > 0.5L$ เป็นไปไม่ได้

$$x_2 = \frac{3-\sqrt{6}}{6}L = 0.2041L = 0.2041 \times 3.50 = 0.7144 \text{ m} = 71.44 \text{ cm}$$

จากตำแหน่งลดเหล็กทางทฤษฎีนี้ต้องยื่นให้เลยไปทางจตุรองรับเป็นระยะ d หรือ $12d_b$ แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า

คำตอบ ข้อ (4) 75 ซม

คำถามข้อที่ 90

ในการออกแบบคานต่อเนื่อง คสล. โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ดัดซึ่งมีค่าทั้งโมเมนต์บวกและลบที่มากที่สุดอันเนื่องมาจากการจัดวางน้ำหนักบรรทุกจร ถ้าคานต่อเนื่องมีระยะช่วงว่างเท่ากับ L เมตร รับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่นสม่ำเสมอเท่ากับ w กก/เมตร และออกแบบให้คานรับโมเมนต์ดัดชนิดบวก ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บวก $= 1/16$ ดังนั้นตำแหน่งทางทฤษฎี (โดยประมาณ) ซึ่งห่างจากจุดรองรับ ที่จะหยุด ตัด หรือตัดเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัดบวก คือ

ตัวเลือก

- (1) $0.15L$
- (2) $0.25L$
- (3) $0.30L$
- (4) $0.35L$

แนวคิด

ดูหนังสือ การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร รูปที่ 5.16(

ก) ถ้าคานเป็นแบบช่วงเดียว โมเมนต์ที่กลางช่วงคือ $\frac{wL^2}{8}$ แต่เมื่อเป็นคานต่อเนื่อง ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ดัดบวกคือ $\frac{1}{16}$ ดังนั้นโมเมนต์ดัดบวกคือ $\frac{wL^2}{16}$ โมเมนต์ดัดลบทั้งสองปลายจะลากให้โมเมนต์ของคานช่วงเดียวลง ระยะระหว่างจุดดัดกลับซึ่งโมเมนต์เป็น 0 ความยาวของช่วงที่เป็นโมเมนต์ดัดบวกเสมือนเป็นคานช่วงเดียวยาว L_0 ดังนั้น

$$\frac{wL_0^2}{8} = \frac{wL^2}{16}$$

$$L_0 = \frac{L}{\sqrt{2}} = 0.707L$$

ระยะจากจุดรองรับถึงจุดดัดกลับที่จะมีการหยุด ตัด หรือตัดเหล็กเสริมรับโมเมนต์บวกคือ

$$x = \frac{L - L_0}{2} = \frac{L - 0.707L}{2} = 0.1465L \approx 0.15L$$

คำตอบ ข้อ (1) $0.15L$

คำถามข้อที่ 91

ในการออกแบบคานต่อเนื่อง คสล. โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์คัตซึ่งมีค่าทั้งโมเมนต์บวกและลบที่มากที่สุดอันเนื่องมาจากการจัดวางน้ำหนักบรรทุกจร ถ้าคานต่อเนื่องมีระยะช่วงว่างเท่ากับ L เมตร รับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่นสม่ำเสมอเท่ากับ w กก/เมตร และออกแบบให้คานรับโมเมนต์คัตชนิดลบ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ลบ $= 1/11$ ดังนั้นตำแหน่งทางทฤษฎี (โดยประมาณ) ซึ่งห่างจากจุดรองรับ ที่จะหยุด ตัด หรือคัตเหล็กเสริมรับโมเมนต์คัตบวก คือ

ตัวเลือก

- (1) $0.15L$
- (2) $0.25L$
- (3) $0.30L$
- (4) $0.35L$

แนวคิด

ดูหนังสือ การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร รูปที่ 5.16(

ก) ถ้าคานเป็นแบบช่วงเดียว โมเมนต์ที่กลางช่วงคือ $\frac{wL^2}{8}$ แต่เมื่อเป็นคานต่อเนื่อง ค่าสัมประสิทธิ์

โมเมนต์คัตลบคือ $\frac{1}{11}$

ดังนั้นโมเมนต์คัตบวกคือ

$$M^+ = \frac{wL^2}{8} - \frac{wL^2}{11} = \frac{3wL^2}{88} = 0.03409wL^2$$

โมเมนต์คัตลบทั้งสองปลายจะลากให้โมเมนต์ของคานช่วงเดียวลง ระยะระหว่างจุดคัตกลับซึ่ง

โมเมนต์เป็น 0 ความยาวของช่วงที่เป็นโมเมนต์คัตบวกเสมือนเป็นคานช่วงเดียวยาว L_0 ดังนั้น

$$\frac{wL_0^2}{8} = \frac{3wL^2}{88}$$

$$L_0 = L\sqrt{\frac{3}{11}} = 0.5222L$$

ระยะจากจุดรองรับถึงจุดคัตกลับที่จะมีการหยุด ตัด หรือคัตเหล็กเสริมรับโมเมนต์บวกคือ

$$x = \frac{L - L_0}{2} = \frac{L - 0.5222L}{2} = 0.2389L \approx 0.25L$$

คำตอบ ข้อ (2) $0.25L$

คำถามข้อที่ 92 คาน คสล.ช่วงเดี่ยวยาว 3.50 เมตร ต้องเสริมเหล็ก 3-RB 12 มม ที่กึ่งกลางคาน เพื่อรับโมเมนต์ดัดชนิดบวกอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่สม่ำเสมอ สมมติว่าตำแหน่ง (ทางทฤษฎี) ที่จะตัดเหล็กเสริมออกไป 2 เส้น อยู่ที่ระยะ 75 ซม ห่างมาจากจตุรรองรับ ดังนั้นเหล็กเสริมอีก 1 เส้นที่เหลือซึ่งจะปล่อยเลยเข้าไปในจตุรรองรับ ต้องมีระยะฝังยึด (ทางทฤษฎี) อย่างน้อย ประมาณ (กำหนดให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ของเหล็ก RB 12 mm = 11 กก/ตร.ซม)

ตัวเลือก

- (1) 45 ซม
- (2) 55 ซม
- (3) 65 ซม
- (4) 75 ซม

แนวคิด

การที่กำหนด $u = 11$ ksc แสดงว่าเป็นการคิดวิธีหน่วยแรงใช้งาน ระยะฝังยึด

$$\ell_d = \frac{d_b f_s}{4u} = \frac{1.2 \times 1200}{4 \times 11} = 32.73 \text{ cm}$$

จากสมการ (4.4.5) หนังสือการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร เมื่อหน่วยแรงยึดเหนี่ยวน้อยกว่า 0.80 ของค่าที่ยอมให้ ให้เพิ่มค่าอีกโดย

$$\ell_d = \frac{d_b f_s}{0.8 \times 4u} = \frac{1.25 d_b f_s}{4u} = 1.25 \times 32.73 = 40.9 \text{ cm} \Rightarrow 45 \text{ cm}$$

เหล็ก RB 12 mm เป็นเหล็กผิวเรียบ มี $f_y = 2400$ ksc, $f_s = 1200$ ksc

คำตอบ ข้อ (1) 45 ซม

คำถามข้อที่ 93

ตามมาตรฐานการออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน หน่วยแรงเฉือนบิดที่ยอมให้ของคอนกรีตตาม
ลําดังหรือของคาน คสล. ที่ไม่มีเหล็กเสริมทางขวาง คือ

ตัวเลือก

- (1) $0.29\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ชม
- (2) $0.53\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ชม
- (3) $1.32\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ชม
- (4) $1.65\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ชม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. ให้ข้อกำหนดเกี่ยวกับแรงเฉือนบิด (วิธีหน่วยแรงใช้งาน) ดังนี้

1. หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (v_c) ของคอนกรีตตามลําดังหรือของคาน คสล. ที่มีเหล็กเสริม
ทางขวางคือ $v_c = 0.29\sqrt{f'_c}$ ksc

2. หน่วยแรงเฉือนบิด (v_t) ในคาน คสล. ที่รับแต่แรงบิดอย่างเดียว ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$v_t = \frac{3.5T}{x^2y} \text{ หรือ } v_t = \frac{3.5T}{\sum x^2y}$$

ต้องมีค่าไม่เกินกว่า $1.32\sqrt{f'_c}$ มิฉะนั้นต้องเพิ่มขนาดรูปตัดให้ใหญ่ขึ้น

3. ผลรวมของหน่วยแรงเฉือนจากการดัด $v_b = \frac{V}{bd}$ กับหน่วยแรงเฉือนจากการบิด

$v_t = \frac{3.5T}{\sum x^2y}$ ในคาน คสล. ที่รับโมเมนต์ดัดร่วมกับแรงบิด ต้องมีค่าไม่เกินกว่า $1.65\sqrt{f'_c}$ มิฉะนั้น

ต้องเพิ่มขนาดรูปตัดให้ใหญ่ขึ้น

คำตอบ ข้อ (1) $0.29\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ชม

คำถามข้อที่ 94

ตามมาตรฐานการออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน หน่วยแรงเฉือนบิดสูงสุดที่ยอมให้ของคาน คสล. ที่เสริมเหล็กทางขวาง ซึ่งรับแรงแบบคานคดอย่างเดียวย ต้องไม่เกินกว่าค่าต่อไปนี้ มิฉะนั้นต้องเปลี่ยนขนาดของรูปตัด

ตัวเลือก

- (1) $0.29\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม
- (2) $0.53\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม
- (3) $1.32\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม
- (4) $1.65\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. ให้ข้อกำหนดเกี่ยวกับแรงเฉือนบิด (วิธีหน่วยแรงใช้งาน) ดังนี้

1. หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (v_c) ของคอนกรีตตามลำพังหรือของคาน คสล. ที่มีเหล็กเสริมทางขวางคือ $v_c = 0.29\sqrt{f'_c}$ ksc

2. หน่วยแรงเฉือนบิด (v_t) ในคาน คสล. ที่รับแรงแบบคดอย่างเดียวย ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$v_t = \frac{3.5T}{x^2y} \text{ หรือ } v_t = \frac{3.5T}{\sum x^2y}$$

ต้องมีค่าไม่เกินกว่า $1.32\sqrt{f'_c}$ มิฉะนั้นต้องเพิ่มขนาดรูปตัดให้ใหญ่ขึ้น

3. ผลรวมของหน่วยแรงเฉือนจากการคด $v_b = \frac{V}{bd}$ กับหน่วยแรงเฉือนจากการบิด

$v_t = \frac{3.5T}{\sum x^2y}$ ในคาน คสล. ที่รับโมเมนต์คดร่วมกับแรงบิด ต้องมีค่าไม่เกินกว่า $1.65\sqrt{f'_c}$ มิฉะนั้น

ต้องเพิ่มขนาดรูปตัดให้ใหญ่ขึ้น

คำตอบ ข้อ (3) $1.32\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม

คำถามข้อที่ 95

ตามมาตรฐานการออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ผลรวมของหน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากโมเมนต์คัตและโมเมนต์บิด ที่เสริมเหล็กทางขวาง ต้องไม่เกินกว่าค่าต่อไปนี้ มิฉะนั้นต้องเปลี่ยนขนาดของรูปตัดคาน

ตัวเลือก

- (1) $0.29\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม
- (2) $0.53\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม
- (3) $1.32\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม
- (4) $1.65\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. ให้ข้อกำหนดเกี่ยวกับแรงเฉือนบิด (วิธีหน่วยแรงใช้งาน) ดังนี้

1. หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (v_c) ของคอนกรีตตามลำพังหรือของคาน คสล. ที่มีเหล็กเสริมทางขวางคือ $v_c = 0.29\sqrt{f'_c}$ ksc

2. หน่วยแรงเฉือนบิด (v_t) ในคาน คสล. ที่รับแต่แรงบิดอย่างเดียว ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$v_t = \frac{3.5T}{x^2y} \text{ หรือ } v_t = \frac{3.5T}{\sum x^2y}$$

ต้องมีค่าไม่เกินกว่า $1.32\sqrt{f'_c}$ มิฉะนั้นต้องเพิ่มขนาดรูปตัดให้ใหญ่ขึ้น

3. ผลรวมของหน่วยแรงเฉือนจากการคัต $v_b = \frac{V}{bd}$ กับหน่วยแรงเฉือนจากการบิด

$v_t = \frac{3.5T}{\sum x^2y}$ ในคาน คสล. ที่รับโมเมนต์คัตร่วมกับแรงบิด ต้องมีค่าไม่เกินกว่า $1.65\sqrt{f'_c}$ มิฉะนั้น

ต้องเพิ่มขนาดรูปตัดให้ใหญ่ขึ้น

คำตอบ ข้อ (4) $1.65\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม

คำถามข้อที่ 96

ตามมาตรฐานการออกแบบโดยวิธีกำลัง กำลังต้านทาน โมเมนต์บิดประลัย (T_o) ของคอนกรีตอย่าง เดี่ยว คือ

ตัวเลือก

- (1) $0.13\sqrt{f'_c}(x^2y)$ กก.ชม
- (2) $0.21\sqrt{f'_c}(x^2y)$ กก.ชม
- (3) $0.29\sqrt{f'_c}(x^2y)$ กก.ชม
- (4) $0.53\sqrt{f'_c}(x^2y)$ กก.ชม

แนวคิด

T_o = กำลังต้านทานแรงบิดของคอนกรีตส่วนที่ยังไม่ร้าว ซึ่งมีค่าครึ่งหนึ่งของกำลังต้านทานแรงบิด

ของคานคอนกรีตล้วน $T_{cr} = 1.60\sqrt{f'_c} \frac{x^2y}{3}$ แต่เพื่อความปลอดภัยจะพิจารณาใช้ค่าเพียง 80%

ดังนั้น

$$T_o = 0.80 \frac{T_{cr}}{2} = 0.4T_{cr} = 0.4 \times 1.60\sqrt{f'_c} \frac{x^2y}{3} = 0.21\sqrt{f'_c}(x^2y)$$

คำตอบ ข้อ (2) $0.21\sqrt{f'_c}(x^2y)$ กก.ชม

คำถามข้อที่ 97

ตามมาตรฐานการออกแบบโดยวิธีกำลัง สูตรคำนวณหาค่าลึงด้านทานโมเมนต์บิดประลัย (T_s) ของเหล็กเสริมทางขวางแบบวงปิด (ขาเดียว) คือ

$$(1) \quad T_s = \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{2s} \quad \text{กก.ชม โดยที่ค่า } \alpha_t = 0.33 + 0.66 \frac{y_1}{x_1}$$

$$(2) \quad T_s = \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{2s} \quad \text{กก.ชม โดยที่ค่า } \alpha_t = 0.66 + 0.33 \frac{y_1}{x_1}$$

$$(3) \quad T_s = \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{s} \quad \text{กก.ชม โดยที่ค่า } \alpha_t = 0.33 + 0.66 \frac{y_1}{x_1}$$

$$(4) \quad T_s = \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{s} \quad \text{กก.ชม โดยที่ค่า } \alpha_t = 0.66 + 0.33 \frac{y_1}{x_1}$$

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร บทที่ 7 หน้า 260

$$T_c = \frac{0.21 \sqrt{f'_c} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right)^2}} = \text{ค่าลึงด้านทานแรงบิดสูงสุดของคอนกรีต, กก.ชม}$$

$$T_s = \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{s} = \text{ค่าลึงด้านทานแรงบิดสูงสุดของเหล็กปลอกเสริมทางขวาง แต่ต้องไม่เกินกว่า } 4T_c$$

$$\alpha_t = 0.66 + 0.33 \frac{y_1}{x_1} \leq 1.50 \quad \text{เป็นตัวประกอบของรูปตัด}$$

$$s \leq \frac{x_1 + y_1}{4} \quad \text{และ } s \leq 30 \text{ cm} \quad \text{เป็นระยะเรียงเหล็กปลอกวงรอบปิด}$$

ถ้า $T_u \leq 0.13 \phi \sqrt{f'_c} \sum x^2 y$ ไม่ต้องคิดผลของแรงบิด

$$\text{ถ้า } T_u = \frac{1.05 \phi \sqrt{f'_c} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right)^2}} \quad \text{ต้องเพิ่มขนาดหน้าตัดให้โตขึ้น}$$

$$\text{เหล็กทางขวาง } A_v + 2A_t \geq \frac{3.5 b_w s}{f_y} \quad \text{เป็นปริมาณขั้นต่ำของเหล็กทางขวาง}$$

เหล็กตามยาวรับแรงบิด A_ℓ มีข้อกำหนดดังนี้

$$A_\ell = \frac{2A_t(x_1 + y_1)}{s}$$

แต่ต้องไม่น้อยกว่า

$$A_\ell \geq \left[\frac{28 x s}{f_y} \frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 C_t}} - 2A_t \right] \frac{x_1 + y_1}{s}$$

หรือไม่เกินกว่า

$$A_\ell \leq \left[\frac{28xs}{f_y} \frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3C_t}} - \frac{3.5b_w s}{f_y} \right] \frac{x_1 + y_1}{s}$$

คำตอบ ข้อ (4) $T_s = \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{s}$ กก.ชม โดยที่ค่า $\alpha_t = 0.66 + 0.33 \frac{y_1}{x_1}$



คำถามข้อที่ 98

คานากลวงมีขนาดกว้าง 30 ซม. ลึก 40 ซม. พ้นด้านข้างหนา 10 ซม. พ้นด้านบนและด้านล่างหนา 12.5 ซม. ถ้าคานานี้รับโมเมนต์บิดเพียงอย่างเดียว (pure torsion) จงใช้วิธี WSD ประมาณค่าโมเมนต์บิดใช้งานสูงสุดที่ได้จากคอนกรีตเพียงอย่างเดียว กำหนดให้ $f'_c = 150$ กก./ตร.ซม

ตัวเลือก

- (1) 150 กก.เมตร
- (2) 300 กก.เมตร
- (3) 360 กก.เมตร
- (4) 600 กก.เมตร

แนวคิด

ในวิธี WSD เกี่ยวข้องเรื่องโมเมนต์บิดหรือแรงบิดนี้

หน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่กึ่งกลางผิวขอบยาวของหน้าตัด

$$v_t = \frac{3.5T}{\sum x^2 y}$$

ถ้าหน้าตัดกลวงมี h เป็นความหนาของผนัง และระยะ x เป็นความยาวของขอบสั้น y เป็นความยาวของขอบยาว

เมื่อ $h \leq \frac{x}{4}$ ให้ถือเป็นสี่เหลี่ยมตัน

เมื่อ $\frac{x}{10} \leq x < \frac{x}{4}$ ให้ถือเป็นสี่เหลี่ยมตันแต่ใช้สมการ

$$v_t = \frac{3.5T}{\frac{4h}{x} \sum x^2 y}$$

ข้อกำหนด

- (1) คานคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริมทางขวางจะมีหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ ทั้งจากแรงเฉือนและจากแรงบิด

$$v_c = 0.29\sqrt{f'_c}$$

- (2) คาน คสล. ที่มีเหล็กเสริมทางขวางด้วย หน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากแรงบิดอย่างเดียว คือ

$$v_t = \frac{3.5T}{\sum x^2 y} \text{ หรือ } v_t = \frac{3.5T}{\frac{4h}{x} \sum x^2 y} \text{ ต้องไม่เกินกว่า}$$

$$v_t = 1.32\sqrt{f'_c}$$

(3) ผลรวมของหน่วยแรงเฉือนจากแรงเฉือน $v_b = \frac{V}{bd}$ กับหน่วยแรงเฉือนจากแรงบิด

$$v_t = \frac{3.5T}{\sum x^2 y} \text{ หรือ } v_t = \frac{3.5T}{\frac{4h}{x} \sum x^2 y} \text{ ต้องไม่เกินกว่า}$$

$$v_t = 1.65\sqrt{f'_c}$$

พื้นที่หน้าตัด (ขาดียว) ของเหล็กดัดแบบวงรอบปิดที่ใช้ด้านทานแรงบิดอย่างเดียว หาได้จาก

$$A_t = \frac{T_s}{2A_c f_v}$$

พื้นที่หน้าตัดแต่ละรอบของเหล็กปลอกเกลียวที่ใช้ด้านทานแรงบิดอย่างเดียว หาได้จาก

$$A_t = \frac{T_s}{2\sqrt{2}A_c f_v}$$

เหล็กเสริมตามแนวยาวของคานที่กระจายไปตามผิวของคานนั้นต้องมีเพื่อให้เหล็กทางขวางทำหน้าที่ได้

$$A_s = \frac{T_z}{2A_c f_s}$$

เมื่อ x_1 = ระยะด้านสั้นของศูนย์กลางเหล็กปลอก

y_1 = ระยะด้านยาวของศูนย์กลางเหล็กปลอก

$A_c \approx x_1 y_1$ = เนื้อที่แกนคอนกรีตในเหล็กปลอก

$z \approx \frac{x_1 + y_1}{2}$ = ค่าเฉลี่ยของระยะห่างของเหล็กเสริมตามยาวในการรับโมเมนต์ดัด

สำหรับคำถามข้อนี้ต้องตรวจสอบว่าจะคิดเป็นกล่องตันได้หรือไม่

$$x = 30 \text{ cm}, y = 40 \text{ cm}, h_1 = 10 \text{ cm}, h_2 = 12.5 \text{ cm}$$

$$\frac{x}{4} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ cm}, \frac{x}{10} = \frac{30}{10} = 3 \text{ cm}$$

$$h_1 > \frac{x}{4}, h_2 > \frac{x}{4}$$

ถือว่าเป็นผนังตัน และจากหน่วยแรงเฉือนจากแรงบิดที่รับโดยคอนกรีตอย่างเดียว คือ

$$v_t = \frac{3.5T}{\sum x^2 y} \leq 1.3\sqrt{f'_c}$$

ดังนั้นแรงบิดสูงสุดจากผลของคอนกรีตเพียงอย่างเดียวคือ

$$T = \frac{0.29}{3.5} \sqrt{f'_c} \sum x^2 y = \frac{0.29}{3.5} \sqrt{150} \times (30^2 \times 40) = 36532 \text{ kg.cm}$$

$$T = 365 \text{ kg.m} \Rightarrow 360 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 360 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 100

คานากลวงมีขนาดกว้าง 30 ซม. ลึก 40 ซม. พนักด้านข้างหนา 10 ซม. พนักด้านบนและด้านล่างหนา 12.5 ซม. ถ้าคานานี้รับโมเมนต์บิดเพียงอย่างเดียว (pure torsion) จงใช้วิธี USD ประมาณค่าโมเมนต์บิดประลัยที่ได้จากคอนกรีตเพียงอย่างเดียว กำหนดให้ $f'_c = 150$ กก./ตร.ซม

ตัวเลือก

- (1) 660 กก.เมตร
- (2) 780 กก.เมตร
- (3) 930 กก.เมตร
- (4) 1080 กก.เมตร

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร บทที่ 7 หน้า 256 ถึง 260

T_o = กำลังต้านทานแรงบิดของคอนกรีตส่วนที่ยังไม่ร้าว ซึ่งมีค่าครึ่งหนึ่งของกำลังต้านทานแรงบิดของคานคอนกรีตล้วน $T_{cr} = 1.60\sqrt{f'_c} \frac{x^2y}{3}$ แต่เพื่อความปลอดภัยจะพิจารณาใช้ค่าเพียง 80% ดังนั้น

$$T_o = 0.80 \frac{T_{cr}}{2} = 0.4T_{cr} = 0.4 \times 1.60\sqrt{f'_c} \frac{x^2y}{3} = 0.21\sqrt{f'_c} (x^2y)$$

$$T_c = \frac{0.21\sqrt{f'_c} \sum x^2y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4V_u}{C_t T_u}\right)^2}} = \text{กำลังต้านทานแรงบิดสูงสุดของคอนกรีต, กก.ซม}$$

$$T_s = \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{s} = \text{กำลังต้านทานแรงบิดสูงสุดของเหล็กปลอกเสริมทางขวาง แต่ต้องไม่}$$

เกินกว่า $4T_c$

$$\alpha_t = 0.66 + 0.33 \frac{y_1}{x_1} \leq 1.50 \text{ เป็นตัวประกอบของรูปตัด}$$

$$s \leq \frac{x_1 + y_1}{4} \text{ และ } s \leq 30 \text{ cm เป็นระยะเรียงเหล็กปลอกวงรอบปิด}$$

ถ้า $T_u \leq 0.13\phi\sqrt{f'_c} \sum x^2y$ ไม่ต้องคิดผลของแรงบิด

$$\text{ถ้า } T_u = \frac{1.05\phi\sqrt{f'_c} \sum x^2y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4V_u}{C_t T_u}\right)^2}} \text{ ต้องเพิ่มขนาดหน้าตัดให้โตขึ้น}$$

$$\text{เหล็กทางขวาง } A_v + 2A_t \geq \frac{3.5b_w s}{f_y} \text{ เป็นปริมาณขั้นต่ำของเหล็กทางขวาง}$$

เหล็กตามยาวรับแรงบิด A_ℓ มีข้อกำหนดดังนี้

$$A_\ell = \frac{2A_t(x_1 + y_1)}{s}$$

แต่ต้องไม่น้อยกว่า

$$A_\ell \geq \left[\frac{28xs}{f_y} \frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3C_t}} - 2A_t \right] \frac{x_1 + y_1}{s}$$

หรือไม่เกินกว่า

$$A_\ell \leq \left[\frac{28xs}{f_y} \frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3C_t}} - \frac{3.5b_ws}{f_y} \right] \frac{x_1 + y_1}{s}$$

สำหรับคำถามข้อนี้ต้องตรวจสอบว่าจะคิดเป็นกล่องตันได้หรือไม่

$$x = 30 \text{ cm}, y = 40 \text{ cm}, h_1 = 10 \text{ cm}, h_2 = 12.5 \text{ cm}$$

$$\frac{x}{4} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ cm}, \frac{x}{10} = \frac{30}{10} = 3 \text{ cm}$$

$$h_1 > \frac{x}{4}, h_2 > \frac{x}{4}$$

ถือว่าเป็นผนังตัน และจากหน่วยแรงเฉือนจากแรงบิดที่รับโดยคอนกรีตอย่างเดียว คือ

$$T_o = 0.21\sqrt{f'_c} \sum x^2y = 0.21\sqrt{150} \times (30^2 \times 40)$$

$$T_o = 92591 \text{ kg.cm} = 926 \text{ kg.m} \Rightarrow 930 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 930 กก.เมตร

ตามเฉลย ข้อ (2) 780 กก.เมตร ยังไม่ทราบที่มาว่าคิดอย่างไร

คำถามข้อที่ 101

คานช่วงเดียวรูปตัวยี่สิบเหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม ต้องรับ M_u ที่กลางช่วงคานและ V_u กับ T_u ที่หน้าตัดวิกฤต โดยใช้ $f'_c = 200$ กก/ตร.ซม จงประมาณกำลังรับโมเมนต์บิดประลัยที่ได้จากคอนกรีตอย่างเดียว สมมติค่า $C_v = 1/30$ ซม⁻¹ $T_u/V_u = 3/5$ เมตร

$$\text{(สูตร } T_c = \frac{0.21\sqrt{f'_c} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4V_u}{C_v T_u}\right)^2}} \text{ กก.ซม)}$$

ตัวเลือก

- (1) 600 กก.เมตร
- (2) 900 กก.เมตร
- (3) 1050 กก.เมตร
- (4) 1200 กก.เมตร

แนวคิด

แทนค่าในสูตร

$$T_c = \frac{0.21\sqrt{f'_c} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4V_u}{C_v T_u}\right)^2}} = \frac{0.21\sqrt{200} \times 25^2 \times 60}{\sqrt{1 + \left(0.4 \times 30 \times \frac{5}{3 \times 100}\right)^2}}$$

$$T_c = 109206.6 \text{ kg.cm} = 1092 \text{ kg.m}$$

$$\phi T_c = 0.85 \times 1092 = 928.2 \text{ kg.m} \Rightarrow 900 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 900 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 102

คานช่วงเดียวรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม ต้องรับ M_u ที่กลางช่วงคานและ V_u กับ T_u ที่หน้าตัดวิกฤต โดยใช้ $f'_c = 300$ กก/ตร.ซม จงประมาณกำลังรับโมเมนต์บิดประลัยที่ได้จากคอนกรีตอย่างเดียว สมมติค่า $C_v = 1/30$ ซม⁻¹ $T_u/V_u = 3/5$ เมตร

$$\text{(สูตร } T_c = \frac{0.21\sqrt{f'_c} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4V_u}{C_v T_u}\right)^2}} \text{ กก.ซม)}$$

ตัวเลือก

- (1) 910 กก.เมตร
- (2) 1110 กก.เมตร
- (3) 1210 กก.เมตร
- (4) 1310 กก.เมตร

แนวคิด

แทนค่าในสูตร

$$T_c = \frac{0.21\sqrt{f'_c} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4V_u}{C_v T_u}\right)^2}} = \frac{0.21\sqrt{300} \times 25^2 \times 60}{\sqrt{1 + \left(0.4 \times 30 \times \frac{5}{3 \times 100}\right)^2}}$$

$$T_c = 133750 \text{ kg.cm} = 1338 \text{ kg.m}$$

$$\phi T_c = 0.85 \times 1338 = 1137 \text{ kg.m} \Rightarrow 1110 \text{ kg.m}$$

คำตอบ

ข้อ (2) 1110 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 103

คานช่วงเดียวรูปตัวยี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม ต้องรับ M_u ที่กลางช่วงคานและ V_u กับ T_u ที่หน้าตัดวิกฤต เมื่อเสริมเหล็กปลอกเกลียวแบบวงปิดและเหล็กเสริมตามยาว จงประมาณกำลังรับโมเมนต์บิดประลัยสูงสุดตามมาตรฐาน ว.ส.ท. (วิธีกำลัง) กำหนดให้ $f'_c = 200$ กก/ตร.ซม และสมมติค่า $C_v = 1/30$ ซม⁻¹ $T_u/V_u = 3/5$ เมตร

$$\text{(สูตร } T_c = \frac{0.21\sqrt{f'_c} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4V_u}{C_v T_u}\right)^2}} \text{ กก.ซม)}$$

ตัวเลือก

- (1) 3600 กก.เมตร
- (2) 4500 กก.เมตร
- (3) 5250 กก.เมตร
- (4) 6000 กก.เมตร

แนวคิด

สูตรที่ให้มาผิด ที่ถูกต้องคือ

$$T_u = \frac{1.05\phi\sqrt{f'_c} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4V_u}{C_v T_u}\right)^2}} = \frac{1.05 \times 0.85 \sqrt{200} \times 25^2 \times 60}{\sqrt{1 + \left(0.4 \times 30 \times \frac{5}{3 \times 100}\right)^2}}$$

$$T_u = 464128 \text{ kg.cm} = 4941 \text{ kg.m} \Rightarrow 4500 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 4500 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 104

คานช่วงเดียวรูปตัวยี่สิบเหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม ต้องรับ M_u ที่กลางช่วงคานและ V_u กับ T_u ที่หน้าตัดวิกฤต เมื่อเสริมเหล็กปลอกเกลียวแบบวงปิดและเหล็กเสริมตามยาว จงประมาณกำลังรับโมเมนต์บิดประลัยสูงสุดตามมาตรฐาน ว.ส.ท. (วิธีกำลัง) กำหนดให้ $f'_c = 300$ กก/ตร.ซม และสมมติค่า $C_v = 1/30$ ซม⁻¹ $T_u/V_u = 3/5$ เมตร

$$\text{(สูตร } T_c = \frac{0.21\sqrt{f'_c} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4V_u}{C_t T_u}\right)^2}} \text{ กก.ซม)}$$

ตัวเลือก

- (1) 4550 กก.เมตร
- (2) 5550 กก.เมตร
- (3) 6050 กก.เมตร
- (4) 6550 กก.เมตร

แนวคิด

สูตรที่ให้มาผิด ที่ถูกต้องคือ

$$T_u = \frac{1.05\phi\sqrt{f'_c} \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4V_u}{C_t T_u}\right)^2}} = \frac{1.05 \times 0.85 \sqrt{300} \times 25^2 \times 60}{\sqrt{1 + \left(0.4 \times 30 \times \frac{5}{3 \times 100}\right)^2}}$$

$$T_u = 568438 \text{ kg.cm} = 5684 \text{ kg.m} \Rightarrow 5550 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 5550 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 105

คานช่วงเดียวรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม ต้องรับ M_u ที่กลางช่วงคาน และ V_u กับ T_u ที่หน้าตัดวิกฤต โดยใช้ $f'_c = 200$ กก/ตร.ซม จงประมาณกำลังรับแรงเฉือนประลัย ที่ได้จากคอนกรีต สมมติค่า $C_v = 1/30$ ซม⁻¹ $T_u/V_u = 3/5$ เมตร

$$\text{(สูตร } V_c = \frac{0.53\sqrt{f'_c}bd}{\sqrt{1 + \left(\frac{2.5C_v T_u}{V_u}\right)^2}} \text{ กก)}$$

ตัวเลือก

- (1) 1400 กก
- (2) 1570 กก
- (3) 1850 กก
- (4) 2000 กก

แนวคิด

แทนค่าต่างๆ ในสูตร ระวังเรื่องหน่วยให้มาก

$$V_c = \frac{0.53\sqrt{f'_c}bd}{\sqrt{1 + \left(\frac{2.5C_v T_u}{V_u}\right)^2}} = \frac{0.53\sqrt{200} \times 25 \times 50}{\sqrt{1 + \left(2.5 \times \frac{1}{30} \times \frac{3 \times 100}{5}\right)^2}}$$

$$V_c = 1837 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0.85 \times 1837 = 1562 \text{ kg} \Rightarrow 1570 \text{ kg}$$

คำตอบ

ข้อ (2) 1570 กก

คำถามข้อที่ 106

คานช่วงเดียวรูปตัวยี่สิบเหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม ต้องรับ M_u ที่กลางช่วงคาน และ V_u กับ T_u ที่หน้าตัดวิกฤต โดยใช้ $f'_c = 300$ กก/ตร.ซม จงประมาณกำลังรับแรงเฉือนประลัย ที่ได้จากคอนกรีต สมมติค่า $C_v = 1/30$ ซม⁻¹ $T_u/V_u = 3/5$ เมตร

$$\text{(สูตร } V_c = \frac{0.53\sqrt{f'_c}bd}{\sqrt{1 + \left(\frac{2.5C_v T_u}{V_u}\right)^2}} \text{ กก)}$$

ตัวเลือก

- (1) 1930 กก
- (2) 2100 กก
- (3) 2270 กก
- (4) 2330 กก

แนวคิด

แทนค่าต่างๆ ในสูตร ระวังเรื่องหน่วยให้มาก

$$V_c = \frac{0.53\sqrt{f'_c}bd}{\sqrt{1 + \left(\frac{2.5C_v T_u}{V_u}\right)^2}} = \frac{0.53\sqrt{300} \times 25 \times 50}{\sqrt{1 + \left(2.5 \times \frac{1}{30} \times \frac{3 \times 100}{5}\right)^2}}$$

$$V_c = 2250 \text{ กก}$$

$$\phi V_c = 0.85 \times 2250 = 1913 \text{ กก} \Rightarrow 1930 \text{ กก}$$

คำตอบ ข้อ (1) 1930 กก

คำถามข้อที่ 107

คานากลวงมีขนาดกว้าง 30 ซม ลึก 40 ซม พนักด้านข้างหนา 10 ซม พนักด้านบนและด้านล่างหนา 12.5 ซม เสริมเหล็กปลอกแบบวงปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มม ทุกๆ ระยะ 15 ซม ตลอดความยาวคาน สมมติให้ $x_1 = 24$ ซม, $y_1 = 30$ ซม กำลังจุดครากของเหล็กปลอกเท่ากับ 2400 กก/ตร. ซม $f'_c = 150$ กก/ตร.ซม ถ้าคานานี้รับโมเมนต์บิดเพียงอย่างเดียว (pure torsion) จงใช้วิธี WSD ประมาณค่าโมเมนต์บิดใช้งานสูงสุดที่ได้จากเหล็กปลอกแบบวงปิด(ขาเดียว)

ตัวเลือก

- (1) 730 กก.เมตร
- (2) 850 กก.เมตร
- (3) 1220 กก.เมตร
- (4) 1660 กก.เมตร

แนวคิด

ตรวจสอบความกลวงว่าจะบิดแบบตันได้หรือไม่

$$x = 30 \text{ cm}, y = 40 \text{ cm}, h_1 = 10 \text{ cm}, h_2 = 12.5 \text{ cm}$$

$$\frac{x}{4} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ cm}, \frac{x}{10} = \frac{30}{10} = 3 \text{ cm}$$

$$h_1, h_2 < \frac{x}{4}$$

คิดเป็นคานตัน

จากสมการ $A_t = \frac{T_s}{2A_c f_v}$

โดยที่ $A_t = \frac{\pi}{4} \times 0.9^2 = 0.636 \text{ cm}^2$

$$s = 15 \text{ cm}$$

$$A_c = x_1 y_1 = 24 \times 30 = 720 \text{ cm}^2$$

$$f_v = 0.5 f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

แทนค่า $0.636 = \frac{15T}{2 \times 720 \times 1200}$

$$T = \frac{0.636 \times 2 \times 720 \times 1200}{15} = 73267.2 \text{ kg.cm} = 733 \text{ kg.m} \Rightarrow 730 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (1) 730 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 108

คานากลวงมีขนาดกว้าง 30 ซม ลึก 40 ซม พนังด้านข้างหนา 10 ซม พนังด้านบนและด้านล่างหนา 12.5 ซม เสริมเหล็กปลอกแบบวงปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มม ทุกๆ ระยะ 15 ซม ตลอดความยาวคาน สมมติให้ $x_1 = 24$ ซม, $y_1 = 30$ ซม กำลังจุดครากของเหล็กปลอกเท่ากับ 2400 กก/ตร. ซม $f'_c = 150$ กก/ตร.ซม ถ้าคานนี้รับโมเมนต์บิดเพียงอย่างเดียว (pure torsion) จงใช้วิธี USD ประมาณค่าโมเมนต์บิดประลัยที่ได้จากเหล็กปลอกแบบวงปิด(ขาเดียว)

$$(\text{สูตร } T_s = \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{s} \text{ กก.ซม โดยที่ } \alpha_t = 0.66 + 0.33 \frac{y_1}{x_1} \leq 1.50)$$

ตัวเลือก

- (1) 660 กก.เมตร
- (2) 790 กก.เมตร
- (3) 1460 กก.เมตร
- (4) 1700 กก.เมตร

แนวคิด

$$A_t = \frac{\pi}{4} \times 0.9^2 = 0.636 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_t = 0.66 + 0.33 \times \frac{30}{24} = 1.0725 < 1.50$$

$$T_s = \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{s} = \frac{1.0725 \times 24 \times 30 \times 0.636 \times 2400}{15}$$

$$T_s = 78579 \text{ kg.cm} = 786 \text{ kg.m}$$

$$\phi T_s = 0.85 \times 786 = 668 \text{ kg.m} \Rightarrow 660 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (1) 660 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 109

คานากลวงมีขนาดกว้าง 30 ซม ลึก 40 ซม พนักด้านข้างหนา 10 ซม พนักด้านบนและด้านล่างหนา 12.5 ซม เสริมเหล็กปดอบแบบวงปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มม ทุกๆ ระยะ 15 ซม ตลอดความยาวคานา สมมติให้ $x_1 = 24$ ซม, $y_1 = 30$ ซม กำลังจุคกรากของเหล็กปดอบเท่ากับ 2400 กก/ตร. ซม $f'_c = 150$ กก/ตร.ซม ถ้าคานานี้รับโมเมนต์บิดเพียงอย่างเดียว (pure torsion) จงใช้วิธี USD ประมาณขนาดเหล็กเสริมทางยาวที่แต่ละมุมสำหรับโมเมนต์บิดประลัยอย่างเดียว

$$(\text{สูตร } A_t = \frac{2A_t(x_1 + y_1)}{s})$$

ตัวเลือก

- (1) 12 มม
- (2) 16 มม
- (3) 20 มม
- (4) 25 มม

แนวคิด

$$A_t = \frac{\pi}{4} \times 0.9^2 = 0.636 \text{ cm}^2$$

$$A_t = \frac{2A_t(x_1 + y_1)}{s} = \frac{2 \times 0.636 \times (24 + 30)}{15} = 4.5792 \text{ cm}^2$$

ถ้าใส่เฉพาะ 4 มุม ๆ ละ $\frac{4.5792}{4} = 1.1448 \text{ cm}^2$

DB 12 mm มี $A_s = 1.131 \text{ cm}^2$

DB 16 mm มี $A_s = 2.01 \text{ cm}^2$

DB 20 mm มี $A_s = 3.14 \text{ cm}^2$

DB 25 mm มี $A_s = 4.909 \text{ cm}^2$

ดังนั้น ต้องใช้เหล็ก DB 16 mm

คำตอบ ข้อ (2) 16 มม

คำถามข้อที่ 110

คานช่วงเดี่ยวรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม ต้องรับ $M_u = 5000$ กก.เมตร ที่กลางช่วงคาน และ $V_u = 3750$ กก กับ $T_u = 2250$ กก.เมตร ที่หน้าตัดวิกฤต สมมติใช้ $f'_c = 200$ กก/ตร.ซม $f_y = 3000$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กตามยาว) $f_y = 2400$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กปลอกทางขวาง) ถ้า $\phi T_c = 900$ กก.เมตร $\alpha_t = 1.32$ และให้ $x_1 = 20$ ซม $y_1 = 40$ ซม ต้องการปริมาณเหล็กปลอก (ขาเดียว) สำหรับโมเมนต์บิด A_t/s เท่ากับ

$$(\text{สูตร } T_s = \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{s} \text{ กก.ซม})$$

ตัวเลือก

- (1) 0.057 ตร.ซม ต่อ ซม
- (2) 0.060 ตร.ซม ต่อ ซม
- (3) 0.063 ตร.ซม ต่อ ซม
- (4) 0.066 ตร.ซม ต่อ ซม

แนวคิด

โมเมนต์บิดที่เกิดขึ้น $T_u = 2250 \text{ kg.m} = 225000 \text{ kg.cm}$

โมเมนต์บิดที่คอนกรีตรับไป $\phi T_c = 900 \text{ kg.m} = 90000 \text{ kg.cm}$

โมเมนต์บิดที่เหล็กทางขวางรับไว้ $\phi T_s = T_u - \phi T_c = 225000 - 90000 = 135000 \text{ kg.cm}$

ดังนั้น

$$\phi T_s = \phi \frac{\alpha_t x_1 y_1 A_t f_y}{s} = 0.85 \times \frac{1.32 \times 20 \times 40 A_t \times 2400}{s}$$

$$135000 = 2154240 \frac{A_t}{s}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{135000}{2154240} = 0.062667112 \Rightarrow 0.063$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.063 ตร.ซม ต่อ ซม

คำถามข้อที่ 111

คานช่วงเดี่ยวรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ต้องรับ $M_u = 5000$ กก.เมตร ที่กลางช่วงคาน และ $V_u = 3750$ กก กับ $T_u = 2250$ กก.เมตร ที่หน้าตัดวิกฤต สมมติใช้ $f'_c = 200$ กก/ตร. ซม $f_y = 3000$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กตามยาว) $f_y = 2400$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กปลอกทางขวาง) ถ้า $\phi V_c = 1550$ กก.และให้ $x_1 = 20$ ซม $y_1 = 40$ ซม ต้องการปริมาณเหล็กปลอก (สองขา) สำหรับแรงเฉือน A_v/s เท่ากับ

ตัวเลือก

- (1) 0.018 ตร.ซม ต่อ ซม
- (2) 0.022 ตร.ซม ต่อ ซม
- (3) 0.026 ตร.ซม ต่อ ซม
- (4) 0.030 ตร.ซม ต่อ ซม

แนวคิด

ประมาณความลึกประสิทธิภาพ $d = 50$ cm

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi f_y d} = \frac{3750 - 1550}{0.85 \times 2400 \times 50} = 0.021568627 = 0.022$$

คำตอบ ข้อ (2) 0.022 ตร.ซม ต่อ ซม

คำถามข้อที่ 112

จากการกระทำของ M_u , V_u และ T_u บนคานช่วงเดียวรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ซึ่งให้ $x_1 = 20$ ซม $y_1 = 40$ ซม สมมติหาได้ว่าปริมาณเหล็กปลอก (สองขา) สำหรับแรงเฉือน A_v/s เท่ากับ 0.022 ตร.ซม ต่อ ซม และปริมาณเหล็กปลอก (ขาเดียว) สำหรับโมเมนต์บิด A_t/s เท่ากับ 0.063 ตร.ซม ต่อ ซม ฉะนั้น จะเลือกใช้เหล็กปลอกแบบวงปิดดังนี้

ตัวเลือก

- (1) $\phi 9$ มม @ 10 ซม
- (2) $\phi 9$ มม @ 15 ซม
- (3) $\phi 12$ มม @ 10 ซม
- (4) $\phi 12$ มม @ 15 ซม

แนวคิด

การคำนวณต้องอยู่บนฐานเดียวกัน เช่นคิดเหล็กปลอกขาเดียวทั้งสองกรณี เหล็กปลอกจากแรงเฉือนซึ่งคิด 2 ขา จึงต้องหาร 2 แล้วจึงไปรวมกับเหล็กปลอกจากโมเมนต์บิด

$$\frac{A_v}{2s} + \frac{A_t}{s} = \frac{0.022}{2} + 0.063 = 0.074 = \frac{A_s}{s}$$

โดยระยะเรียงไม่เกิน $s \leq \frac{x_1 + y_1}{4} = \frac{20 + 40}{4} = 15$ ซม

ถ้า RB 9 มม เนื้อที่ขาเดียว $A_s = 0.636 \text{ cm}^2$

ระยะเรียงของ RB 9 มม คือ $s = \frac{0.636}{0.074} = 8.6 \text{ cm} < 10 \text{ cm}$ จึงไม่มีตัวเลือกที่ตรง

ถ้า RB 12 มม เนื้อที่ขาเดียว $A_s = 1.131 \text{ cm}^2$

ระยะเรียงของ RB 12 มม คือ $s = \frac{1.131}{0.074} = 15.29 \text{ cm} > 15 \text{ cm}$ ใช้ $s = 15 \text{ cm}$

คำตอบ ข้อ (4) $\phi 12$ มม @ 15 ซม

คำถามข้อที่ 113

คานช่วงเดี่ยวรูปตัดตันสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม. ใช้ $f'_c = 200$ กก./ตร.ซม. เพื่อดำเนินงาน M ที่กลางช่วงคาน และ $V = 1875$ กก. กับ T ที่หน้าตัดวิกฤต อันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน จะพบว่าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นเนื่องจากโมเมนต์ดัดมีค่า

ตัวเลือก

- (1) น้อยกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต
- (2) เท่ากับหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต
- (3) มากกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต แต่ไม่เกินกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้
- (4) มากกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต และเกินกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้

แนวคิด

หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น

$$v = \frac{V}{bd} = \frac{1875}{25 \times 50} = 1.5 \text{ ksc}$$

หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต

$$v_c = 0.29\sqrt{f'_c} = 0.29\sqrt{200} = 4.101 \text{ ksc}$$

หน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่ยอมให้ เมื่อมีโมเมนต์บิดด้วยคือ

$$v_t = 1.65\sqrt{f'_c} = 1.65\sqrt{200} = 23.33 \text{ ksc}$$

จะเห็นว่าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต

คำตอบ ข้อ (1) น้อยกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต

คำถามข้อที่ 114

คานช่วงเดี่ยวรูปตัดตันสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25 x 0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม. ใช้ $f'_c = 200$ กก./ตร.ซม. เพื่อด้านทาน M ที่กลางช่วงคาน และ V กับ $T = 1125$ กก.-เมตร ที่หน้าตัดวิกฤต อันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน จะพบว่าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นเนื่องจากโมเมนต์บิดมีค่า

ตัวเลือก

- (1) น้อยกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต
- (2) เท่ากับหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต
- (3) มากกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต แต่ไม่เกินกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้
- (4) มากกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต และเกินกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้

แนวคิด

หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น

$$v_t = \frac{3.5T}{x^2y} = \frac{3.5 \times (1125 \times 100)}{25^2 \times 60} = 10.5 \text{ ksc}$$

หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีตล้วน

$$v_c = 0.29\sqrt{f'_c} = 0.29\sqrt{200} = 4.101 \text{ ksc}$$

หน่วยแรงเฉือนสูงสุดจากโมเมนต์บิด

$$v_t = 1.32\sqrt{f'_c} = 1.32\sqrt{200} = 18.67 \text{ ksc}$$

หน่วยแรงเฉือนสูงสุดจากผลของแรงเฉือนร่วมกับโมเมนต์บิด

$$v_{\max} = 1.65\sqrt{f'_c} = 1.65\sqrt{200} = 23.33 \text{ ksc}$$

จะเห็นว่าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นมากกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีตแต่ไม่เกินกว่า

ค่าสูงสุดที่ยอมให้ (18.67) เพราะค่าที่เกิดขึ้นมาจากผลของโมเมนต์บิด

คำตอบ ข้อ (3) มากกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต แต่ไม่เกินกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้

คำถามข้อที่ 115

คานช่วงเดียวรูปตัวยี่สิบเหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.30×0.50 เมตร ระยะ $d = 45$ ซม ใช้ $f'_c = 155$ กก/ตร. ซม $f_y = 3000$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กตามยาว) $f_y = 2400$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กปลอกทางขวาง) เพื่อด้านทาน M ที่กลางช่วงคาน และ $V = 4940$ กก กับ $T = 1450$ กก.เมตร ที่หน้าตัดวิกฤต อันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน ถ้าให้ระยะ $x_1 = 24$ ซม $y_1 = 42$ ซม ต้องการปริมาณเหล็กปลอก (ขาเดือย) สำหรับโมเมนต์บิด A_t/s เท่ากับ

ตัวเลือก

- (1) 0.000 ตร.ซม ต่อ ซม
- (2) 0.040 ตร.ซม ต่อ ซม
- (3) 0.060 ตร.ซม ต่อ ซม
- (4) 0.065 ตร.ซม ต่อ ซม

แนวคิด

กรณีเหล็กปลอกขาเดือยรับโมเมนต์บิด

$$A_t = \frac{T_s}{2A_c f_v}$$
$$\frac{A_t}{s} = \frac{T}{2A_c f_v} = \frac{1450 \times 100}{2 \times (24 \times 42) \times (0.5 \times 2400)} = 0.059937169 \Rightarrow 0.060$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.060 ตร.ซม ต่อ ซม

คำถามข้อที่ 116

คานช่วงเดียวรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม ใช้ $f'_c = 200$ กก/ตร. ซม เพื่อต้านทาน $M = 2500$ กก.เมตร ที่กลางช่วงคาน และ $V = 1875$ กก กับ $T = 1125$ กก.เมตร ที่หน้าตัดวิกฤต อันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน จะพบว่าหน่วยแรงเฉือนรวมที่เกิดจากโมเมนต์คัตและโมเมนต์บิดมีค่า

ตัวเลือก

- (1) น้อยกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต
- (2) เท่ากับหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต
- (3) มากกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต
- (4) มากกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีตค่อนข้างมาก ซึ่งต้องเปลี่ยนขนาดรูปตัดคาน

แนวคิด

หน่วยแรงเฉือนจากแรงเฉือนซึ่งก็คือจากโมเมนต์คัต

$$v_b = \frac{V}{bd} = \frac{1875}{25 \times 50} = 1.5 \text{ ksc}$$

หน่วยแรงเฉือนจากโมเมนต์บิด

$$v_t = \frac{3.5T}{x^2y} = \frac{3.5 \times (1125 \times 100)}{25^2 \times 60} = 10.5 \text{ ksc}$$

หน่วยแรงเฉือนรวม

$$v = v_b + v_t = 1.5 + 10.5 = 12 \text{ ksc}$$

หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต

$$v_c = 0.29\sqrt{f'_c} = 0.29\sqrt{200} = 4.101 \text{ ksc}$$

หน่วยแรงเฉือนสูงสุดจากโมเมนต์บิด

$$v_t = 1.32\sqrt{f'_c} = 1.32\sqrt{200} = 18.67 \text{ ksc}$$

หน่วยแรงเฉือนสูงสุดจากผลของแรงเฉือนร่วมกับโมเมนต์บิด

$$v_{\max} = 1.65\sqrt{f'_c} = 1.65\sqrt{200} = 23.33 \text{ ksc}$$

จะเห็นว่า $(v = 12) < (v_{\max} = 23.33)$

คำตอบ ข้อ (1) น้อยกว่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต

คำถามข้อที่ 117

คานช่วงเดีวรูปตั๊ดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.30×0.50 เมตร ระยะ $d = 45$ ซม ใช้ $f'_c = 155$ กก/ตร. ซม $f_y = 3000$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กตามยาว) $f_y = 2400$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กปลอกทางขวาง) เพื่อด้านทาน M ที่กลางช่วงคาน และ V กับ T ที่หน้าตัดวิกฤต อันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน ถ้าสมมติให้ค่า $V - V_c = 375$ กก ดังนั้น ต้องการปริมาณเหล็กปลอก (ขาเดียว) สำหรับผลเนื่องจากโมเมนต์ตัด A_v/s เท่ากับ

ตัวเลือก

- (1) 0.000 ตร.ซม ต่อ ซม
- (2) 0.007 ตร.ซม ต่อ ซม
- (3) 0.010 ตร.ซม ต่อ ซม
- (4) 0.014 ตร.ซม ต่อ ซม

แนวคิด

ปริมาณเหล็กปลอก (สองขา) ในการรับแรงเฉือนส่วนเกินหาได้จาก

$$s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c}$$
$$\frac{A_v}{s} = \frac{V - V_c}{f_y d} = \frac{375}{1200 \times 45} = 0.00694 \Rightarrow 0.007$$

เมื่อคิดเหล็กปลอกขาเดียว

$$\frac{A_v}{2s} = \frac{V - V_c}{2f_y d} = \frac{375}{2 \times 1200 \times 45} = 0.003472222$$

คำตอบ ข้อ (2) 0.007 ตร.ซม ต่อ ซม

ข้อบกพร่องของคำถาม คือ (ขาเดียว) ที่ถูกต้องคือ (สองขา)

คำถามข้อที่ 118

ถ้าเลือกใช้คานช่วงเดียวรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.25×0.50 เมตร ระยะ $d = 45$ ซม ใช้ $f'_c = 200$ กก/ตร.ซม $f_y = 3000$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กตามยาว) $f_y = 2400$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กปลอกทางขวาง) เพื่อด้านทาน M ที่กลางช่วงคาน และ V กับ T ที่หน้าตัดวิกฤต อันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน ถ้าหาได้ว่า เหล็กปลอก (ขาเดียว) ที่ต้องการสำหรับด้านแรงบิดและแรงเฉือน $= 0.059$ ตร.ซม ต่อ ซม ต้องใช้ขนาดเหล็กปลอก

ตัวเลือก

- (1) $\phi 9$ มม @ 12.5 ซม
- (2) $\phi 9$ มม @ 15.0 ซม
- (3) $\phi 12$ มม @ 15.0 ซม
- (4) $\phi 12$ มม @ 17.5 ซม

แนวคิด

จากคำถามที่บอกว่า $\frac{A_{v1}}{s} = 0.059$

เหล็ก $\phi 9$ มี $A_{v1} = \frac{\pi}{4} \times 0.9^2 = 0.636 \text{ cm}^2$

$$s = \frac{A_{v1}}{0.059} = \frac{0.636}{0.059} = 10.78 \text{ cm} < 12.5 \text{ cm}$$

ดังนั้นคำตอบไม่ใช่ $\phi 9$ แน่แน่นอน

เหล็ก $\phi 12$ มี $A_{v1} = \frac{\pi}{4} \times 1.2^2 = 1.131 \text{ cm}^2$

$$s = \frac{A_{v1}}{0.059} = \frac{1.131}{0.059} = 19.17 \text{ cm}$$

แต่คานที่มีทั้งแรงเฉือนและแรงบิดนั้นระยะเรียงของเหล็กปลอกต้องไม่เกินค่า

$$s \leq \frac{x_1 + y_1}{4} = \frac{(30 - 3.5 - 3.5 - 1.2) + (50 - 4 - 4 - 1.2)}{4}$$

$$s \leq \frac{21.8 + 40.8}{4} = 15.65 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) $\phi 12$ มม @ 15.0 ซม

คำถามข้อที่ 119

คานช่วงเดียวรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม ใช้ $f'_c = 200$ กก/ตร. ซม $f_y = 3000$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กตามยาว) $f_y = 2400$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กปลอกทางขวาง) เพื่อดำเนินงาน $M = 2500$ กก.เมตร ที่กลางช่วงคาน และ $V = 1875$ กก กับ $T = 1125$ กก.เมตร ที่หน้าตัดวิกฤต อันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกทุกใช้งาน ถ้าให้ระยะ $x_1 = 20$ ซม $y_1 = 40$ ซม ดังนั้น ต้องการปริมาณเหล็กปลอก (ขาเดียว) สำหรับผลอันเนื่องมาจากโมเมนต์คัตและโมเมนต์บิด $A_v/s + A_t/s$ เท่ากับ

ตัวเลือก

- (1) 0.000 ตร.ซม ต่อ ซม
- (2) 0.040 ตร.ซม ต่อ ซม
- (3) 0.060 ตร.ซม ต่อ ซม
- (4) 0.065 ตร.ซม ต่อ ซม

แนวคิด

ข้อบกพร่องของคำถามคือเทอม A_v/s หมายถึงปริมาณเหล็กปลอก (สองขา) ที่เกิดจากแรงเฉือนหรือโมเมนต์คัต หากจะให้ป็นขาเดียวต้องใช้ $A_v/2s$

$$\text{จากสมการ } s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c} \Rightarrow \frac{A_v}{2s} = \frac{V - V_c}{2 f_y d} \text{ จากผลของแรงเฉือนหรือโมเมนต์คัต}$$

$$\text{และจากสมการ } A_t = \frac{T s}{2 A_c f_y} \Rightarrow \frac{A_t}{s} = \frac{T}{2 A_c f_y} \text{ จากผลของโมเมนต์บิด}$$

จากข้อมูลที่มีจะได้ว่า

$$f_y = 0.5 f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$V_c = 0.29 \sqrt{f'_c} b d = 0.29 \sqrt{200} \times 25 \times 50 = 5126.5 \text{ kg} > V = 1875 \text{ kg}$$

ตามทฤษฎีไม่ต้องการเหล็กรับแรงเฉือนเนื่องจากแรงเฉือนหรือโมเมนต์คัต $\frac{A_v}{2s} = 0$

$$A_c = x_1 y_1 = 20 \times 40 = 800 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T}{2 A_c f_y} = \frac{1125 \times 100}{2 \times 800 \times 1200} = 0.05859375 \Rightarrow 0.060$$

$$\text{ดังนั้น } \frac{A_v}{2s} + \frac{A_t}{s} = 0 + 0.060 = 0.060$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.060 ตร.ซม ต่อ ซม

คำถามข้อที่ 120

คานช่วงเดี่ยวยูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.25×0.60 เมตร ระยะ $d = 50$ ซม ใช้ $f'_c = 200$ กก/ตร. ซม $f_y = 3000$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กตามยาว) $f_y = 2400$ กก/ตร.ซม (สำหรับเหล็กปลอกทางขวาง) เพื่อด้านทาน $M = 2500$ กก.เมตร ที่กลางช่วงคาน และ $V = 1875$ กก กับ $T = 1125$ กก.เมตร ที่หน้าตัดวิกฤต อันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกใช้งาน ถ้าให้ระยะ $x_1 = 20$ ซม $y_1 = 40$ ซม ดังนั้น ขนาดเหล็กปลอกที่ต้องการสำหรับด้านทานแรงบิดและแรงเฉือน ตามวิธี WSD คือ

ตัวเลือก

- (1) $\phi 9$ มม @ 15 ซม
- (2) $\phi 9$ มม @ 20 ซม
- (3) $\phi 12$ มม @ 15 ซม
- (4) $\phi 12$ มม @ 20 ซม

แนวคิด

จากข้อมูลที่มีจะได้ว่า

$$f_v = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$V_c = 0.29\sqrt{f'_c}bd = 0.29\sqrt{200} \times 25 \times 50 = 5126.5 \text{ kg} > V = 1875 \text{ kg}$$

ตามทฤษฎีไม่ต้องการเหล็กรับแรงเฉือนเนื่องจากแรงเฉือนหรือโมเมนต์ตัด $\frac{A_v}{2s} = 0$

$$A_c = x_1y_1 = 20 \times 40 = 800 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T}{2A_c f_v} = \frac{1125 \times 100}{2 \times 800 \times 1200} = 0.05859375 \Rightarrow 0.0586$$

$$\text{ดังนั้น } \frac{A_{s1}}{s} = \frac{A_v}{2s} + \frac{A_t}{s} = 0 + 0.0586 = 0.0586$$

เหล็ก $\phi 9$ มี $A_{s1} = \frac{\pi}{4} \times 0.9^2 = 0.636 \text{ cm}^2$ ระยะเรียงไม่เกิน

$$s = \frac{A_{s1}}{0.0586} = \frac{0.636}{0.0586} = 10.85 \text{ cm}$$

ดังนั้นคำตอบไม่ใช่ $\phi 9$ แน่แน่นอน

เหล็ก $\phi 12$ มี $A_{s1} = \frac{\pi}{4} \times 1.2^2 = 1.131 \text{ cm}^2$ ระยะเรียงไม่เกิน

$$s = \frac{A_{s1}}{0.0586} = \frac{1.131}{0.0586} = 19.3 \text{ cm}$$

และต้องไม่เกิน $s = \frac{x_1 + y_1}{4} = \frac{20 + 40}{4} = 15 \text{ cm}$

คำตอบ ข้อ (3) $\phi 12$ มม @ 15 ซม

คำถามข้อที่ 121

คาน คสล. รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 30 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึง 3-DB 28 มม. ชั้นเดียว และใช้เหล็กดัด RB 9 มม. จงหาจำนวนเหล็กเสริมที่เทียบเท่า (equivalent no. of bars) n

ตัวเลือก

- (1) 5
- (2) 4
- (3) 3
- (4) ไม่มีข้อใดถูก

แนวคิด จำนวนเหล็กเสริมที่เทียบเท่า (equivalent number of bars : n) หมายถึงกรณีที่เหล็กเสริมรับแรงดึงมีหลายขนาด หาเนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึงทั้งหมดแล้วแปลงเป็นเหล็กเสริมขนาดใดที่สะดวกในชุนั้นว่าเทียบเท่ากี่เส้น กรณีนี้มีเหล็กเสริมรับแรงดึงขนาดเดียว จำนวน 3 เส้น

ดูบทที่ 6 สถานะการใช้งานของส่วนโครงสร้าง หนังสือ การออกแบบโครงสร้าง

คอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

คำตอบ ข้อ (3) 3

TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member

คำถามข้อที่ 122

คาน วัสดุ. รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 30 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงสองชั้น ชั้นล่างสุดใช้ 2-DB 25 มม. ชั้นบนถัดขึ้นมาใช้ 2-DB 25 มม โดยมีช่องว่างระหว่างชั้น = 5 ซม ถ้าใช้เหล็กดัด RB 9 มม. และระยะคอนกรีตหุ้มจากผิวล่างของคานถึงผิวของเหล็กดัด = 4.0 ซม ดังนั้น ตำแหน่ง c.g. ของเหล็กรับแรงดึงจะอยู่ห่างจากผิวล่างของคานประมาณ

ตัวเลือก

- (1) 9.0 ซม
- (2) 9.5 ซม
- (3) 10.0 ซม
- (4) ไม่มีข้อใดถูก

แนวคิด

$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A}$$

ชั้นล่างมี $A_1 = 2 \times 4.909 = 9.818 \text{ cm}^2$ ห่างจากขอบล่าง $y_1 = 4 + 0.9 + \frac{2.5}{2} = 6.15 \text{ ซม}$

ชั้นบนมี $A_2 = 2 \times 4.909 = 9.818 \text{ cm}^2$ ห่างจากขอบล่างระยะ

$$y_2 = 4 + 0.9 + 2.5 + 5.0 + \frac{2.5}{2} = 13.65 \text{ ซม}$$

การหาค่า y_1 ระยะหุ้ม 4 เหล็กดัด 0.9 และครึ่งหนึ่งของขนาดเหล็ก $\frac{2.5}{2}$

การหาค่า y_2 ระยะหุ้ม 4 เหล็กดัด 0.9 เหล็กชั้นล่าง 2.5 ระยะช่องว่างระหว่างชั้นเหล็ก 5 และครึ่งหนึ่งของขนาดเหล็กชั้นบน $\frac{2.5}{2}$

$$\bar{y} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2} = \frac{9.818 \times 6.15 + 9.818 \times 13.65}{9.818 + 9.818} = 9.9 \text{ ซม}$$

คำตอบที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 10.0 ซม

ในการพิจารณากรณีพิเศษ ที่เหล็กมี 2 ชั้น แต่ละชั้นเหล็กเหมือนกัน c.g. จะอยู่ที่กึ่งกลางของช่องว่างระหว่างชั้น นั่นคือ

$$\bar{y} = 4 + 0.9 + 2.5 + \frac{5.0}{2} = 9.9 \text{ ซม}$$

คำตอบ ข้อ (3) 10.0 ซม

คำถามข้อที่ 123

คาน กสส. รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 30 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงสองชั้น ชั้นล่างสุดใช้ 2-DB 25 มม. ชั้นบนถัดขึ้นมาใช้ 2-DB 25 มม โดยมีช่องว่างระหว่างชั้น = 5 ซม ถ้าใช้เหล็กดัด RB 9 มม. และระยะคอนกรีตหุ้มจากผิวล่างของคานถึงผิวของเหล็กดัด = 4.0 ซม ดังนั้น พื้นที่คอนกรีตต่อเหล็กเสริมหนึ่งเส้น (effective area per bar: A) มีค่าประมาณ

ตัวเลือก

- (1) 100 ซม²
- (2) 93 ซม²
- (3) 90 ซม²
- (4) 80 ซม²

แนวคิด

ดูบทที่ 6 สถานะการใช้งานของส่วนโครงสร้าง การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร หัวข้อ 6.2

$$A = \frac{b_w(2y)}{N} \text{ cm}^2$$

b_w = ความกว้างของคาน, cm

y = ระยะจากผิวคานรับแรงดึงถึงเซนทรอยด์ของกลุ่มเหล็กรับแรงดึง, cm

N = จำนวนเส้นของเหล็กรับแรงดึง, เส้น

A = พื้นที่คอนกรีตต่อเหล็กเสริมหนึ่งเส้น (effective area per bar), cm²

สำหรับข้อนี้

$b_w = 30 \text{ cm}$, $N = 4$ และ

$$y = 4.0 + \frac{9}{10} + \frac{25}{10} + \frac{5}{2} = 9.9 \text{ cm}$$

ดังนั้น

$$A = \frac{30(2 \times 9.9)}{4} = 148.5 \text{ cm}^2$$

จะเห็นว่าไม่มีคำตอบที่ถูกต้องเลย

หากดูที่เฉลย ข้อ (2) 93 ซม² ลองพิจารณาระยะ y จากเหล็กชั้นล่างอย่างเดียว

$b_w = 30 \text{ cm}$, $N =$

$$y = 4.0 + \frac{9}{10} + \frac{2.5}{2} = 6.15 \text{ cm}$$

$$A = \frac{30(2 \times 6.15)}{4} = 92.25 \text{ cm}^2$$

ค่าที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 93 ซม²

คำตอบ ข้อ (2) 93 ซม²

*** ผู้เฉลยไม่เห็นด้วยกับคำถามคำตอบข้อนี้ ***

คำถามข้อที่ 124

คาน คสล. รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 30 ซม.เสริมเหล็กรับแรงดึง 3-DB 28 mm ชั้นเดียว และใช้เหล็กดัด RB 9 mm โดยมีระยะคอนกรีตหุ้มจากผิวล่างของคานถึงผิวของเหล็กดัด = 4.0 ซม จงหาดัชนีความกว้างของรอยร้าว (index of crack width) Z ถ้าใช้ $f_y = 5000$ กก/ซม² และสมมติใช้ $f_s = 0.6f_y$ (สูตร $Z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$)

ตัวเลือก

- (1) 25500 กก/ซม
- (2) 26500 กก/ซม
- (3) 27700 กก/ซม
- (4) 30000 กก/ซม

แนวคิด

ดูบทที่ 6 สถานะการใช้งานของส่วนโครงสร้าง การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร หัวข้อ 6.2

$$A = \frac{b_w(2y)}{N} \quad \text{cm}^2$$

b_w = ความกว้างของคาน, cm

y = ระยะจากผิวคานรับแรงดึงถึงเซนทรอยด์ของกลุ่มเหล็กรับแรงดึง, cm

N = จำนวนเส้นของเหล็กรับแรงดึง, เส้น

A = พื้นที่คอนกรีตต่อเหล็กเสริมหนึ่งเส้น (effective area per bar), cm²

สำหรับข้อนี้ $b_w = 30$ cm, $N = 3$

$$y = 4.0 + 0.9 + \frac{2.8}{2} = 6.3 \text{ cm}$$

$$A = \frac{30(2 \times 6.3)}{3} = 126 \text{ cm}^2$$

จากหัวข้อ 6.3 พิกัดควบคุมรอยร้าว

สำหรับคาน คสล. $Z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad \text{kg/cm}$

$$f_s = 0.6f_y = 0.6 \times 5000 = 3000 \text{ ksc}$$

$$d_c = 4.0 + 0.9 + \frac{2.8}{2} = 6.3 \text{ cm} = \text{ระยะจากผิวรับแรงดึงของคานถึงศูนย์กลางของแถวเหล็ก}$$

เสริมรับแรงดึงที่พิจารณารอยร้าว (กรณีนี้มี 1 แถว)

แทนค่า

$$Z = 3000 \sqrt[3]{6.3 \times 126} = 27777 \text{ kg/cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 27700 กก/ซม

คำถามข้อที่ 125

แผ่นพื้นยื่น หน้า 10 ซม ใช้เหล็กเสริมที่มีกำลังจุดคราก 2400 กก/ชม² ให้ระยะ covering (clear) เท่ากับ 2.5 ซม ถ้าใช้เหล็กเสริมขนาด 9 มม จำนวน 9 เส้นทุกระยะ 1 เมตร และสมมติให้ $f_s = 0.6f_y$ ดังนั้น ดัชนีความกว้างของรอยร้าว (index of crack width : Z) มีค่าประมาณ (สูตร $Z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$)

ตัวเลือก

- (1) 8300 กก/ชม
- (2) 9300 กก/ชม
- (3) 11200 กก/ชม
- (4) 12500 กก/ชม

แนวคิด

ดูบทที่ 6 สถานะการใช้งานของส่วนโครงสร้าง การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร หัวข้อ 6.2

$$A = \frac{b_w (2y)}{N} \text{ cm}^2$$

b_w = ความกว้างของพื้น, cm

y = ระยะจากผิวพื้นรับแรงดึงถึงเซนทรอยด์ของกลุ่มเหล็กรับแรงดึง, cm

N = จำนวนเส้นของเหล็กรับแรงดึง, เส้น

A = พื้นที่คอนกรีตต่อเหล็กเสริมหนึ่งเส้น (effective area per bar), cm²

สำหรับข้อนี้มี $b_w = 100$ cm, $N = 9$

$$y = 2.5 + \frac{0.9}{2} = 2.95 \text{ cm}$$

$$A = \frac{100 (2 \times 2.95)}{9} = 73.75 \text{ cm}^2$$

จากหัวข้อ 6.3 พิกัดควบคุมรอยร้าว

สำหรับคานและพื้น คสล. $Z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \text{ kg/cm}$

$$f_s = 0.6f_y = 0.6 \times 2400 = 1440 \text{ ksc}$$

$$d_c = 2.5 + \frac{0.9}{2} = 2.95 \text{ cm} = \text{ระยะจากผิวรับแรงดึงของพื้นถึงศูนย์กลางของแกนเหล็กเสริม}$$

รับแรงดึงที่พิจารณารอยร้าว (กรณีนี้มี 1 แกว)

แทนค่า

$$Z = 1440 \sqrt[3]{2.95 \times 73.75} = 8327 \text{ kg/cm}$$

คำตอบ ข้อ (1) 8300 กก/ชม

หมายเหตุ ข้อนี้เฉลยคำตอบข้อ (2) 9300 กก/ชม

คำถามข้อที่ 126

คาน วัสดุรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 25 ซม เสริมเหล็กรับแรงดิ่งสองชั้น ชั้นล่างสุดใช้ 3-DB 32 mm ชั้นบนถัดขึ้นมาใช้ 2-DB 28 mm โดยมีช่องว่างระหว่างชั้น = 4 ซม ถ้าใช้เหล็กดัด RB 9 mm และระยะคอนกรีตหุ้มจากผิวล่างของคานถึงผิวของเหล็กดัด = 5.0 ซม จงหาเหล็กเสริมที่เทียบเท่า (equivalent number of bars) n

ตัวเลือก

- (1) 5
- (2) 4.5
- (3) 4
- (4) 3.5

แนวคิด

ดูบทที่ 6 สถานะการใช้งานของส่วนโครงสร้าง หนังสือ การออกแบบโครงสร้าง
คอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

จำนวนเหล็กเสริมที่เทียบเท่า (equivalent number of bars : n) หมายถึงกรณีที่เหล็กเสริมรับแรงดิ่งมีหลายขนาด หาเนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดิ่งทั้งหมดแล้วแปลงเป็นเหล็กเสริมขนาดโตที่สุดในชุดนั้นว่าเทียบเท่ากี่เส้น

$$\text{เหล็ก 3-DB 32 mm แต่ละเส้นมีเนื้อที่หน้าตัด } A_{s1} = \frac{\pi}{4} \times 3.2^2 = 8.042 \text{ cm}^2$$

$$\text{เหล็ก 2-DB 28 mm แต่ละเส้นมีเนื้อที่หน้าตัด } A_{s2} = \frac{\pi}{4} \times 2.8^2 = 6.158 \text{ cm}^2$$

เนื้อที่หน้าตัดรวมของเหล็กรับแรงดิ่ง

$$A_s = 3A_{s1} + 2A_{s2} = 3 \times 8.042 + 2 \times 6.158 = 36.442 \text{ cm}^2$$

แปลงเป็นเหล็กที่โตที่สุดในชุดนี้คือ DB 32 mm จะได้จำนวน

$$n = \frac{A_s}{A_{s1}} = \frac{36.442}{8.042} = 4.531 \text{ เส้น}$$

คำตอบ ข้อ (2) 4.5

คำถามข้อที่ 127

คาน วัสดุรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 25 ซม เสริมเหล็กรับแรงดึงสองชั้น ชั้นล่างสุดใช้ 3-DB 32 mm ชั้นบนถัดขึ้นมาใช้ 2-DB 28 mm โดยมีช่องว่างระหว่างชั้น = 4 ซม ถ้าใช้เหล็กดัด RB 9 mm และระยะคอนกรีตหุ้มจากผิวล่างของคานถึงผิวของเหล็กดัด = 5.0 ซม จงหาตำแหน่ง c.g. ของเหล็กเสริมที่อยู่ห่างจากผิวล่างของคาน

ตัวเลือก

- (1) 11.0 ซม
- (2) 10.0 ซม
- (3) 9.50 ซม
- (4) 8.50 ซม

แนวคิด

หาเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมแต่ละชั้น ระยะห่างจากขอบล่างของคาน แล้วใช้สมการ

$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A}$$

เหล็ก 3-DB 32 mm

$$A_{s1} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 3.2^2 = 24.127 \text{ cm}^2$$

$$y_1 = 5.0 + 0.9 + \frac{3.2}{2} = 7.5 \text{ cm}$$

เหล็ก 2-DB 28 mm

$$A_{s2} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 2.8^2 = 12.315 \text{ cm}^2$$

$$y_2 = 5.0 + 0.9 + 3.2 + 4 + \frac{2.8}{2} = 14.5 \text{ cm}$$

ดังนั้นระยะเซนทรอยด์ของเหล็กรับแรงดึงห่างจากขอบล่างรับแรงดึงเป็นระยะ

$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{24.127 \times 7.5 + 12.315 \times 14.5}{24.127 + 12.315} = 9.8655 \text{ cm} \Rightarrow 10 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 10.0 ซม

คำถามข้อที่ 128

คาน วัสดุรูปตัวยี่สิบเหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 25 ซม เสริมเหล็กรับแรงดึงสองชั้น ชั้นล่างสุดใช้ 3-DB 32 mm ชั้นบนถัดขึ้นมาใช้ 2-DB 28 mm โดยมีช่องว่างระหว่างชั้น = 4 ซม ถ้าใช้เหล็กดัดตั้ง RB 9 mm และระยะคอนกรีตหุ้มจากผิวล่างของคานถึงผิวของเหล็กดัดตั้ง = 5.0 ซม พื้นที่คอนกรีตต่อเหล็กเสริมหนึ่งเส้น (effective area per bar: A) มีค่าประมาณ

ตัวเลือก

- (1) 110 ซม²
- (2) 105 ซม²
- (3) 95 ซม²
- (4) 90 ซม²

แนวคิด

หาเนื้อที่เหล็กเสริมทั้งหมดแล้วแปลงเป็นเหล็กขนาดโตที่สุดในชุดนี้คือ DB 32 mm ได้จำนวนเส้น (อาจเป็นทศนิยมได้) หาเซนทรอยด์กลุ่มเหล็กรับแรงดึง แล้วจึงหาค่า A

เหล็ก DB 32 mm แต่ละเส้นมีเนื้อที่หน้าตัด $A_{s32} = \frac{\pi}{4} \times 3.2^2 = 8.042 \text{ cm}^2$

3-DB 32 mm มี $A_{s1} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 3.2^2 = 24.127 \text{ cm}^2$

$$y_1 = 5.0 + 0.9 + \frac{3.2}{2} = 7.5 \text{ cm}$$

2-DB 28 mm มี $A_{s2} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 2.8^2 = 12.315 \text{ cm}^2$

$$y_2 = 5.0 + 0.9 + 3.2 + 4 + \frac{2.8}{2} = 14.5 \text{ cm}$$

จำนวนเส้นเทียบเท่า $n = \frac{A_{s1} + A_{s2}}{A_{s32}} = \frac{24.127 + 12.315}{8.042} = 4.5314 \text{ เส้น}$

$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{A_{s1}y_1 + A_{s2}y_2}{A_{s1} + A_{s2}} = \frac{24.127 \times 7.5 + 12.315 \times 14.5}{24.127 + 12.315}$$

$$\bar{y} = 9.8655 \text{ cm}$$

$$A = \frac{b_w (2\bar{y})}{n} = \frac{25(2 \times 9.8655)}{4.5314} = 108.86 \Rightarrow 109 \approx 110 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (1) 110 ซม²

หมายเหตุ ซม² หมายถึง ซม² หรือ ตร.ซม หรือ ตารางเซนติเมตร

คำถามข้อที่ 129

คาน วัสดุรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 25 ซม เสริมเหล็กรับแรงดึงสองชั้น ชั้นล่างสุดใช้ 3-DB 32 mm ชั้นบนถัดขึ้นมาใช้ 2-DB 28 mm โดยมีช่องว่างระหว่างชั้น = 4 ซม ถ้าใช้เหล็กดัด RB 9 mm และระยะคอนกรีตหุ้มจากผิวล่างของคานถึงผิวของเหล็กดัด = 5.0 ซม ถ้าเหล็กรับแรงดึงมีกำลังจุดคราก $f_y = 5000$ กก/ซม² จงหาดัชนีความกว้างของรอยร้าว (index of crack width) Z โดยสมมติว่า $f_s = 0.6f_y$ (สูตร $Z = f_s^3 \sqrt{d_c A}$ กก/ซม)

ตัวเลือก

- (1) 28000 กก/ซม
- (2) 27000 กก/ซม
- (3) 26500 กก/ซม
- (4) 26000 กก/ซม

แนวคิด

ดูบทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร
หาจำนวนเส้นเทียบเท่า หาเซนทรอยด์ หา A ระยะ d_c วัดจากขอบล่างถึงศูนย์เหล็กชั้นล่าง

หาเนื้อที่เหล็กเสริมทั้งหมดแล้วแปลงเป็นเหล็กขนาดใดที่สุดในชุดนี้คือ DB 32 mm ได้
จำนวนเส้น (อาจเป็นทศนิยมได้) หาเซนทรอยด์กลุ่มเหล็กรับแรงดึง แล้วจึงหาค่า A

เหล็ก DB 32 mm แต่ละเส้นมีเนื้อที่หน้าตัด $A_{s32} = \frac{\pi}{4} \times 3.2^2 = 8.042 \text{ cm}^2$

3-DB 32 mm มี $A_{s1} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 3.2^2 = 24.127 \text{ cm}^2$

$$y_1 = 5.0 + 0.9 + \frac{3.2}{2} = 7.5 \text{ cm}$$

2-DB 28 mm มี $A_{s2} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 2.8^2 = 12.315 \text{ cm}^2$

$$y_2 = 5.0 + 0.9 + 3.2 + 4 + \frac{2.8}{2} = 14.5 \text{ cm}$$

จำนวนเส้นเทียบเท่า $n = \frac{A_{s1} + A_{s2}}{A_{s32}} = \frac{24.127 + 12.315}{8.042} = 4.5314$ เส้น

$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{A_{s1}y_1 + A_{s2}y_2}{A_{s1} + A_{s2}} = \frac{24.127 \times 7.5 + 12.315 \times 14.5}{24.127 + 12.315}$$

$$\bar{y} = 9.8655 \text{ cm}$$

$$A = \frac{b_w (2\bar{y})}{n} = \frac{25(2 \times 9.8655)}{4.5314} = 108.86 \text{ cm}^2$$

ระยะ $d_c = y_1 = 7.5 \text{ cm}$ และ $f_s = 0.6f_y = 0.6 \times 5000 = 3000 \text{ ksc}$

$$Z = f_s^3 \sqrt{d_c A} = 3000^3 \sqrt{7.5 \times 108.86} = 28039 \text{ กก/ซม}$$

คำตอบ ข้อ (1) 28000 กก/ซม

คำถามข้อที่ 130

แผ่นพื้นทางเดียวช่วงเดียว หน้า 12 ซม ใช้เหล็กเสริมกำลังจุดคราก 4000 กก/ชม² ให้ระยะ covering (clear) เท่ากับ 3 ซม ถ้าใช้เหล็กเสริมขนาด 16 มม และให้ดัชนีความกว้างของรอยร้าว (index of crack width), Z ไม่เกินกว่า 23100 กก/ชม จงหาระยะห่างมากที่สุดของเหล็กเสริม

ตัวเลือก

- (1) 45 ซม
- (2) 40 ซม
- (3) 35 ซม
- (4) 30 ซม

แนวคิด ดูบทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

จากสูตร $A = \frac{b_w(2y)}{n}$ และ $Z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$

ถ้า $b_w = 100$ cm แล้ว $\frac{b_w}{n} = s =$ ระยะเรียงของเหล็กในแผ่นพื้น

ในที่นี้ $y = d_c = 3 + \frac{1.6}{2} = 3.8$ cm

$$f_s = 0.6f_y = 0.6 \times 4000 = 2400 \text{ ksc}$$

แทนค่า $23100 = 2400 \sqrt[3]{3.8A}$

$$\sqrt[3]{3.8A} = \frac{23100}{2400} = 9.625$$

$$3.8A = 9.625^3 = 891.6660156$$

$$A = \frac{891.6660156}{3.8} = 234.6489515 = \frac{b_w(2y)}{n}$$

$$\frac{b_w}{n} = \frac{234.6489515}{2y} = \frac{234.6489515}{2 \times 3.8} = 30.87 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (4) 30 ซม

คำถามข้อที่ 131

คาน คสล. รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 25 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงสองชั้น ชั้นล่างสุดใช้ 3-DB 32 mm ชั้นบนถัดขึ้นมาใช้ 2-DB 28 mm โดยมีระยะช่องว่างระหว่างชั้น = 4 ซม. ถ้าใช้เหล็กดัด RB 9 mm และให้เหล็กรับแรงดึงมีกำลังจุดคราก $f_y = 5000$ กก/ชม² จงหาระยะคอนกรีตหุ้มจากผิวล่างของคานถึงผิวของเหล็กดัดที่มากที่สุด ถ้าต้องการให้ดัชนีความกว้างของรอยร้าว (index of crack width) Z ไม่เกินกว่า 26000 กก/ชม สมมติว่า $f_s = 0.6f_y$

ตัวเลือก

- (1) 4.25 ซม
- (2) 4.00 ซม
- (3) 3.25 ซม
- (4) 3.00 ซม

แนวคิด ดูบทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

จากสูตร $A = \frac{b_w(2y)}{n}$ และ $Z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$

ให้ c = ระยะหุ้มที่ต้องการทราบ, cm

$$f_s = 0.6f_y = 0.6 \times 5000 = 3000 \text{ ksc}$$

$$Z = 26000 \text{ kg/cm}$$

$$b_w = 25 \text{ cm}$$

$$A_{s32} = \frac{\pi}{4} \times 3.2^2 = 8.042 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 3.2^2 = 3 \times 8.042 = 24.127 \text{ cm}^2$$

$$y_1 = c + 0.9 + \frac{3.2}{2} = c + 2.5 = d_c \text{ cm}$$

$$A_{s2} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 2.8^2 = 12.315 \text{ cm}^2$$

$$y_2 = c + 0.9 + 3.2 + 4 + \frac{2.8}{2} = c + 9.5 \text{ cm}$$

$$n = \frac{A_{s1} + A_{s2}}{A_{s32}} = \frac{24.127 + 12.315}{8.042} = 4.5314 \text{ เส้น}$$

$$y = \frac{A_{s1}y_1 + A_{s2}y_2}{A_{s1} + A_{s2}} = \frac{24.127 \times (c + 2.5) + 12.315 \times (c + 9.5)}{24.127 + 12.315}$$

$$y = \frac{36.442c + 177.31}{36.442} = c + \frac{177.31}{36.442} = c + 4.865539762 \text{ cm}$$

จากสมการ $Z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$ ได้ $d_c A = \left(\frac{Z}{f_s}\right)^3$

$$d_c A = \left(\frac{26000}{3000} \right)^3 = 650.962963$$

$$\text{แต่ } d_c = c + 2.5 \text{ และ } A = \frac{b_w (2y)}{n} = \frac{25 \times 2 \times (c + 4.865539762)}{4.5314} = \frac{c + 4.865539762}{0.090628}$$

แทนค่าได้

$$(c + 2.5) \frac{c + 4.865539762}{0.090628} = 650.962963$$

$$(c + 2.5)(c + 4.865539762) = 58.99547141$$

$$c^2 + 7.365539762c + 12.16384941 = 58.99547141$$

$$c^2 + 7.365539762c - 46.83162201 = 0$$

$$c = \frac{-7.365539762 \pm \sqrt{7.365539762^2 - 4(1)(-46.83162201)}}{2(1)}$$

$$c = \frac{-7.365539762 \pm \sqrt{241.577664}}{2(1)}$$

$$c = \frac{-7.365539762 \pm 15.54276887}{2}$$

$$c = \frac{-7.365539762 - 15.54276887}{2}, \frac{-7.365539762 + 15.54276887}{2}$$

$$c = -11.45415432 \text{ cm}, 4.088614554 \text{ cm}$$

เลือกเฉพาะค่าบวก

$$y_1 = 4.088614554 + 2.5 = 6.588614554 \text{ cm} = d_c$$

$$y_2 = 4.088614554 + 9.5 = 13.58861455 \text{ cm}$$

$$y = \frac{24.127 \times 6.588614554 + 12.315 \times 13.58861455}{24.127 + 12.315}$$

$$y = 8.954154316 \text{ cm}$$

$$A = \frac{b_w (2y)}{n} = \frac{25 \times (2 \times 8.954154316)}{4.5314} = 98.80119076$$

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c A} = 3000 \sqrt[3]{6.588614554 \times 98.80119076}$$

$$Z = 26000 \text{ kg/cm}$$

ดังนั้นคำตอบที่ถูกต้องคือ $c = 4.09 \text{ cm}$ แต่เฉลยตอบ $c = 3.25 \text{ cm}$

คำตอบ ข้อ (2) 4.00 ซม

หมายเหตุ เฉลยตอบข้อ (3) 3.25 ซม

คำถามข้อที่ 132

คาน คสล. รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.30×0.60 ม. ต้องเสริมเหล็ก 2 ชั้นๆ ละเท่าๆ กัน โดยให้มีระยะ clear covering เท่ากับ 5 ซม และให้ระยะช่วงว่างของเหล็กแต่ละชั้นเท่ากับ 6 ซม ถ้าสมมติใช้เหล็กปลอกขนาด 9 มม กำลังจุดครากของเหล็กเสริมรับแรงดึง $f_y = 4000$ กก/ซม² และต้องการค่าดัชนีความกว้างของรอยร้าว (index of crack width) , Z ไม่เกินกว่า 26000 กก/ซม ดังนั้นต้องใช้ขนาดโตสุดของเหล็กเสริม คือ

ตัวเลือก

- (1) ขนาด ϕ 32 มม โดยเสริมชั้นละ 2 เส้น (A_s ทั้งหมด = 32.16 ซม²)
- (2) ขนาด ϕ 28 มม โดยเสริมชั้นละ 3 เส้น (A_s ทั้งหมด = 36.96 ซม²)
- (3) ขนาด ϕ 25 มม โดยเสริมชั้นละ 4 เส้น (A_s ทั้งหมด = 39.26 ซม²)
- (4) ไม่มีข้อใดถูก

แนวคิด ดูบทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

จากสูตร $A = \frac{b_w(2y)}{n}$ และ $Z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$

กำหนด $b_w = 30$ cm, $f_s = 0.6f_y = 0.6 \times 4000 = 2400$ ksc, $Z = 26000$ กก/cm

$$A_{s1} = A_{s2}$$

$$y_1 = 5 + 0.9 + \frac{d_b}{2} = 5.9 + 0.5d_b = d_c$$

$$y_2 = 5 + 0.9 + d_b + 6 + \frac{d_b}{2} = 11.9 + 1.5d_b$$

$$y = \frac{A_{s1}y_1 + A_{s2}y_2}{A_{s1} + A_{s2}} = \frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{5.9 + 0.5d_b + 11.9 + 1.5d_b}{2} = 8.9 + d_b$$

$$A = \frac{30 \times (2 \times (8.9 + d_b))}{n} = \frac{60(8.9 + d_b)}{n}$$

แทนค่าใน $Z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$

$$d_c A = \left(\frac{Z}{f_s} \right)^3 = \left(\frac{26000}{2400} \right)^3 = 1271.412037$$

$$(5.9 + 0.5d_b) \frac{60(8.9 + d_b)}{n} = 1271.412037$$

$$n = \frac{60(5.9 + 0.5d_b)(8.9 + d_b)}{1271.412037}$$

ถ้า $d_b = 32$ mm = 3.2 cm

$$n = \frac{60 \times (5.9 + 0.5 \times 3.2) \times (8.9 + 3.2)}{1271.412037} = 4.28 \Rightarrow 5 \Rightarrow 6 \text{ เส้น}$$

ต้องเสริมชั้นล่าง 3 เส้น ชั้นบนถัดไป 3 เส้น ข้อ (1) ไม่ถูกต้อง

ถ้า $d_b = 28 \text{ mm} = 2.8 \text{ cm}$

$$n = \frac{60 \times (5.9 + 0.5 \times 2.8) \times (8.9 + 2.8)}{1271.412037} = 4.03 \Rightarrow 5 \Rightarrow 6 \text{ เส้น}$$

จัด 2 ชั้นๆ ละ 3 เส้น ข้อ (2) ถูกต้อง

ถ้า $d_b = 25 \text{ mm} = 2.5 \text{ cm}$

$$n = \frac{60 \times (5.9 + 0.5 \times 2.5) \times (8.9 + 2.5)}{1271.412037} = 3.85 \Rightarrow 4 \text{ เส้น}$$

จัด 2 ชั้นๆ ละ 2 เส้น ข้อ (3) ไม่ถูกต้อง

คำตอบ ข้อ (2) ขนาด $\phi 28 \text{ มม}$ โดยเสริมชั้นละ 3 เส้น (A_s ทั้งหมด = 36.96 ซม^2)



คำถามข้อที่ 133

คานายาว 1.50 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าโมเมนต์ดัดที่ทำให้คานาเริ่มร้าว (M_{cr}) กำหนดให้ modulus of rupture $f_r = 2.0\sqrt{f'_c}$ กก/ซม² และสมมติว่าระยะ $kd = 18$ ซม ค่า $I_{cr} = 55900$ ซม⁴

ตัวเลือก

- (1) 1100 กก.เมตร
- (2) 1200 กก.เมตร
- (3) 1400 กก.เมตร
- (4) 1600 กก.เมตร

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร. วินิต ช่อวิเชียร

เนื่องจาก $M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{2.0\sqrt{f'_c} I_g}{y_t}$

โดยที่ $I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \times 35^3}{12} = 89,322.91667 \text{ ซม}^4$

$y_t = \frac{h}{2} = \frac{35}{2} = 17.5 \text{ ซม}$

ดังนั้น $M_{cr} = \frac{2\sqrt{f'_c} \times 89,322.91667}{17.5} = 10,208.33333\sqrt{f'_c} \text{ กก.ม}$

ต้องใช้ข้อมูลอื่นๆ ที่มีอยู่หาค่าของ $\sqrt{f'_c}$

$$b = 25 \text{ ซม}$$

$$h = 35 \text{ ซม}$$

$$d = 30 \text{ ซม}$$

$$A_s = 14.73 \text{ ซม}^2$$

$$kd = 18 \text{ ซม}$$

$$I_{cr} = 55900 \text{ ซม}^4$$

เนื่องจาก $I_{cr} = \frac{b(kd)^3}{3} + nA_s(d - kd)^2$

แทนค่า $55900 = \frac{25 \times 18^3}{3} + n \times 14.73 \times (30 - 18)^2$

$$55900 = 48600 + 2121.12n$$

$$n = \frac{55900 - 48600}{2121.12} = 3.441578034 = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2040000}{15100\sqrt{f'_c}}$$

$$\sqrt{f'_c} = \frac{2040000}{15100 \times 3.441578034} = 39.25505579$$

ดังนั้น $M_{cr} = 10,208.33333\sqrt{f'_c} = 10,208.33333 \times 39.25505579$

$$M_{cr} = 400,728.6944 \text{ kg.cm} = 4007.3 \text{ kg.m}$$

จะเห็นว่าไม่มีข้อใดถูกเลย

ปัญหายอยู่ที่โจทย์ไม่กำหนดค่า f'_c มาให้

เฉลยข้อ (3) 1400 กก.เมตร แทนค่าเพื่อหา f'_c

$$1400 \times 100 = 10,208.33333\sqrt{f'_c}$$

$$\sqrt{f'_c} = 13.71428572$$

$$f'_c = 13.71428572^2 = 188.08 \text{ ksc}$$

โจทย์น่าจะกำหนด $f'_c = 180 \text{ ksc}$



คำถามข้อที่ 134

คานยื่นยาว 1.50 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73 \text{ ซม}^2$) ที่

ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าของ $\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3$ เมื่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกแผ่ใช้

งาน $w_D = 5000$ กก/ม (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 1250$ กก/ม สมมติให้ $M_{cr} = 1400$ กก.เมตร

ตัวเลือก

- (1) 0.005
- (2) 0.006
- (3) 0.007
- (4) 0.008

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$M_a = \frac{wL^2}{2} = \frac{(5000 + 1250) \times 1.50^2}{2} = 7031.25 \text{ kg.m}$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = \left(\frac{1400}{7031.25}\right)^3 = 0.00789 \Rightarrow 0.008$$

คำตอบ ข้อ (4) 0.008

คำถามข้อที่ 135

คานยื่นยาว 1.50 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก 3- ϕ 25 มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าการโก่งตัวทันทีที่ปลายคานยื่น เมื่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้งาน $w_D = 5000$ กก/ม (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 1250$ กก/ม สมมติให้

$$I_c = 56050 \text{ ซม}^4 \text{ และ } E_c = 2.5 \times 10^5 \text{ กก/ตร.ซม [สูตรคำนวณ } \Delta_i = \frac{wL^4}{8E_c I_c} \text{]}$$

ตัวเลือก

- (1) 0.29 ซม
- (2) 0.35 ซม
- (3) 0.38 ซม
- (4) 0.40 ซม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$w = 5000 + 1250 = 6250 \text{ กก/ม} = 62.5 \text{ กก/ซม}$$

$$\Delta_i = \frac{wL^4}{8E_c I_c} = \frac{62.5 \times 150^4}{8 \times 2.5 \times 10^5 \times 56050} = 0.2822 \text{ ซม}$$

คำตอบ ข้อ (1) 0.29 ซม

คำถามข้อที่ 136

คานยื่นยาว 1.50 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73 \text{ ซม}^2$) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าของ $\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3$ เมื่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้

งาน $w_D = 5000$ กก/ม (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 2500$ กก/ม สมมติให้ $M_{cr} = 1400$ กก.เมตร
ตัวเลือก

- (1) 0.0042
- (2) 0.0045
- (3) 0.0047
- (4) 0.0050

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$M_a = \frac{wL^2}{2} = \frac{(5000 + 2500) \times 1.50^2}{2} = 8437.5 \text{ kg.m}$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = \left(\frac{1400}{8437.5}\right)^3 = 0.004568 \Rightarrow 0.0046$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.0047

คำถามข้อที่ 137

คานยื่นยาว 1.50 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าการโก่งตัวทันทีที่ปลายคานยื่น เมื่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้งาน $w_D = 5000$ กก/ม (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 1250$ กก/ม สมมติให้

$$I_e = 55950 \text{ ซม}^4 \text{ และ } E_c = 2.5 \times 10^5 \text{ กก/ตร.ซม} \left[\text{สูตรคำนวณ } \Delta_i = \frac{wL^4}{8E_c I_e} \right]$$

ตัวเลือก

- (1) 0.29 ซม
- (2) 0.35 ซม
- (3) 0.38 ซม
- (4) 0.40 ซม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$w = 5000 + 1250 = 6250 \text{ กก/ม} = 62.5 \text{ กก/ซม}$$

$$\Delta_i = \frac{wL^4}{8E_c I_e} = \frac{62.5 \times 150^4}{8 \times 2.5 \times 10^5 \times 55950} = 0.2827 \text{ ซม}$$

คำตอบ ข้อ (1) 0.29 ซม

คำถามข้อที่ 138

คานยื่นยาว 1.50 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก 3- ϕ 25 มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม เมื่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้งาน $w_D = 5000$ กก/ม (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 1250$ กก/ม จงประมาณค่าการโก่งตัวทั้งหมดที่ปลายคานยื่นนี้ สมมติ

ให้ $I_c = 55950$ ซม⁴ และ $E_c = 2.5 \times 10^5$ กก/ตร.ซม [สูตรคำนวณ $\Delta_i = \frac{wL^4}{8E_c I_e}$]

ตัวเลือก

- (1) 0.60 ซม
- (2) 0.90 ซม
- (3) 1.00 ซม
- (4) 1.20 ซม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$w = 5000 + 1250 = 6250 \text{ kg/m} = 62.5 \text{ kg/cm}$$

$$\Delta_i = \frac{wL^4}{8E_c I_e} = \frac{62.5 \times 150^4}{8 \times 2.5 \times 10^5 \times 55950} = 0.2827 \text{ cm}$$

หาระยะโก่งตัวทั้งหมดเมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี

$$\Delta_t = \Delta_i + \Delta_a$$

โดยที่ $\Delta_a = \Delta_i \frac{\xi}{1 + 50\rho'}$

เมื่อน้ำหนักบรรทุกคงค้าง 5 ปีขึ้นไป ค่า $\xi = 2.0$ และไม่บอกว่ามีเหล็กรับแรงอัดนั้นคือ $\rho' = 0$

$$\Delta_a = 0.2827 \times \frac{2.0}{1 + 50 \times 0} = 0.5655 \text{ cm}$$

$$\Delta_t = 0.2827 + 0.5655 = 0.848 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 0.90 ซม

คำถามข้อที่ 139

คานช่วงเดี่ยวยาวเท่ากับ 6.00 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73 \text{ ซม}^2$) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าของ $\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3$ เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกแผ่ใช้งาน $w_D = 1240 \text{ กก/ม}$ (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 310 \text{ กก/ม}$ กำหนดให้ $f'_c = 300 \text{ กก/ตร.ซม}$, $f_y = 4000 \text{ กก/ตร.ซม}$ และสมมติให้โมเมนต์ดัดที่ทำให้คานเริ่มร้าว (M_{cr}) = 1400 กก.เมตร

ตัวเลือก

- (1) 0.006
- (2) 0.007
- (3) 0.008
- (4) 0.009

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิกิกำลัง ศ.ดร.
วินิต ช่อวิเชียร

$$w = 1240 + 310 = 1550 \text{ kg/m}$$

$$M_a = \frac{wL^2}{8} = \frac{1550 \times 6.00^2}{8} = 6975 \text{ kg.m}$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = \left(\frac{1400}{6975}\right)^3 = 0.00808633$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.008

หมายเหตุ เฉลยตอบข้อ (4) 0.009

คำถามข้อที่ 140

คานช่วงเดียวยาวเท่ากับ 6.00 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าของ $\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3$ เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกแฝกใช้งาน $w_D = 1240$ กก/ม (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 620$ กก/ม กำหนดให้ $f'_c = 300$ กก/ตร.ซม , $f_y = 4000$ กก/ตร.ซม และสมมติให้โมเมนต์ดัดที่ทำให้คานเริ่มร้าว (M_{cr}) = 1400 กก.เมตร

ตัวเลือก

- (1) 0.0042
- (2) 0.0045
- (3) 0.0048
- (4) 0.0053

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิฑูรย์ ศ.ดร.
วินิต ช่อวิเชียร

$$w = 1240 + 620 = 1860 \text{ kg/m}$$

$$M_a = \frac{wL^2}{8} = \frac{1860 \times 6.00^2}{8} = 8370 \text{ kg.m}$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = \left(\frac{1400}{8370}\right)^3 = 0.004679589$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.0048

คำถามข้อที่ 141

คานช่วงเดียวยาวเท่ากับ 6.00 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก 3- ϕ 25 มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้งาน $w_D = 1240$ กก/ม (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 310$ กก/ม จงประมาณค่าการโก่งตัวทันทีของคาน สมมติให้ $E_c = 2.5 \times 10^5$ กก/ตร.ซม และโมเมนต์อินเนอร์เซียประสิทธิภาพ (I_e) = 56040 ซม⁴

ตัวเลือก

- (1) 2.00 ซม
- (2) 1.95 ซม
- (3) 1.85 ซม
- (4) 1.75 ซม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$w = 1240 + 310 = 1550 \text{ kg/m} = 15.5 \text{ kg/cm}$$

$$\Delta_1 = \frac{5wL^4}{384E_cI_e} = \frac{5 \times 15.5 \times 600^4}{384 \times 2.5 \times 10^5 \times 56040}$$

$$\Delta_1 = 1.866970021 \text{ cm} \Rightarrow 1.87 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 1.85 ซม

คำถามข้อที่ 142

คานช่วงเดียวยาวเท่ากับ 6.00 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก 3- ϕ 25 มม ($A_s = 14.73 \text{ ซม}^2$) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้งาน $w_D = 1240 \text{ กก/ม}$ (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 310 \text{ กก/ม}$ จงประมาณค่าการโก่งตัวทั้งหมดในระยะยาว ซึ่งมากกว่า 5 ปีขึ้นไป สมมติให้ $E_c = 2.5 \times 10^5 \text{ กก/ตร.ซม}$ และโมเมนต์อินเนอร์เซียประสิทธิภาพ (I_e) = 56040 ซม⁴

ตัวเลือก

- (1) 5.50 ซม
- (2) 5.70 ซม
- (3) 5.80 ซม
- (4) 6.00 ซม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วิธีคิด ข้อวิเคราะห์

$$w = 1240 + 310 = 1550 \text{ กก/ม} = 15.5 \text{ กก/ซม}$$

$$\Delta_i = \frac{5wL^4}{384E_c I_e} = \frac{5 \times 15.5 \times 600^4}{384 \times 2.5 \times 10^5 \times 56040}$$

$$\Delta_i = 1.866970021 \text{ ซม}$$

การโก่งตัวทั้งหมดเมื่อเวลาผ่านไปนานๆ

$$\Delta_t = \Delta_i + \Delta_i \frac{\xi}{1 + 50\rho'} = \Delta_i \left(1 + \frac{\xi}{1 + 50\rho'} \right)$$

เมื่อเวลาผ่านไป 5 ปีหรือ 60 เดือนขึ้นไป ค่า $\xi = 2.0$ และกรณีนี้ไม่มีเหล็กรับแรงอัด $\rho' = 0$

$$\Delta_t = 1.866970021 \times \left(1 + \frac{2.0}{1 + 50 \times 0} \right)$$

$$\Delta_t = 5.600910064 \Rightarrow 5.60 \text{ ซม}$$

คำตอบ ข้อ (1) 5.50 ซม

ข้อสังเกต ตัวเลือกใกล้เคียงกันมากจนมีลักษณะขัดแย้งอย่างมาก

คำถามข้อที่ 143

คานช่วงเดียวยาวเท่ากับ 6.00 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก 3- ϕ 25 มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้งาน $w_D = 1240$ กก/ม (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 620$ กก/ม จงประมาณค่าการโก่งตัวทันทีของคาน สมมติให้ $E_c = 2.5 \times 10^5$ กก/ตร.ซม และโมเมนต์อินเนอร์เซียประสิทธิภาพ (I_e) = 56000 ซม⁴

ตัวเลือก

- (1) 2.00 ซม
- (2) 2.25 ซม
- (3) 2.30 ซม
- (4) 2.50 ซม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$w = 1240 + 620 = 1860 \text{ kg/m} = 18.6 \text{ kg/cm}$$

$$\Delta_i = \frac{5wL^4}{384E_cI_e} = \frac{5 \times 18.6 \times 600^4}{384 \times 2.5 \times 10^5 \times 56000}$$

$$\Delta_i = 2.241964286 \text{ cm} \Rightarrow 2.24 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 2.25 ซม

คำถามข้อที่ 144

คานช่วงเดียวยาวเท่ากับ 6.00 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก 3- ϕ 25 มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้งาน $w_D = 1240$ กก/ม (รวมน้ำหนักคานแล้ว) และ $w_L = 620$ กก/ม จงประมาณค่าการโก่งตัวทั้งหมดในระยะยาว ซึ่งมากกว่า 5 ปีขึ้นไป สมมติให้ $E_c = 2.5 \times 10^5$ กก/ตร.ซม และโมเมนต์อินเนอร์เซียประสิทธิภาพ (I_e) = 56000 ซม⁴

ตัวเลือก

- (1) 7.50 ซม
- (2) 7.00 ซม
- (3) 6.75 ซม
- (4) 6.00 ซม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วิธีคิด ข้อวิเคราะห์

$$w = 1240 + 620 = 1860 \text{ kg/m} = 18.6 \text{ kg/cm}$$

$$\Delta_i = \frac{5wL^4}{384E_c I_e} = \frac{5 \times 18.6 \times 600^4}{384 \times 2.5 \times 10^5 \times 56000}$$

$$\Delta_i = 2.241964286 \text{ cm}$$

การโก่งตัวทั้งหมดเมื่อเวลาผ่านไปนานๆ

$$\Delta_t = \Delta_i + \Delta_i \frac{\xi}{1 + 50\rho'} = \Delta_i \left(1 + \frac{\xi}{1 + 50\rho'} \right)$$

เมื่อเวลาผ่านไป 5 ปีหรือ 60 เดือนขึ้นไป ค่า $\xi = 2.0$ และกรณีนี้ไม่มีเหล็กรับแรงอัด $\rho' = 0$

$$\Delta_t = 2.241964286 \times \left(1 + \frac{2.0}{1 + 50 \times 0} \right)$$

$$\Delta_t = 6.725892857 \Rightarrow 6.73 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 6.75 ซม

คำถามข้อที่ 145

คานยื่นยาว 1.50 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าโมเมนต์อินเนอร์เซียประสิทธิภาพของคานยื่น (I_e) เมื่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้งาน $w_D = 5000$ กก/ม (รวมน้ำหนักของคานแล้ว) และ $w_L = 1250$ กก/ม สมมติให้ $M_{cr} = 1400$ กก.เมตร

ตัวเลือก

- (1) 55950 ซม⁴
- (2) 56050 ซม⁴
- (3) 56500 ซม⁴
- (4) 56800 ซม⁴

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร. วินิต ช่อวิเชียร

สูตร
$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g$$

ข้อมูลที่ทราบแล้ว $b = 25$ cm, $h = 35$ cm, $d = 30$ cm, $M_{cr} = 1400$ kg.m
 $w = 5000 + 1250 = 6250$ kg/m

$$M_a = \frac{wL^2}{2} = \frac{6250 \times 1.50^2}{2} = 7031.25 \text{ kg.m}$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 = \left(\frac{1400}{7031.25} \right)^3 = 0.007893806$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \times 35^3}{12} = 89322.91667 \text{ cm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{2.0 \sqrt{f'_c} I_g}{y_t} = \frac{2.0 \sqrt{f'_c}}{\frac{h}{2}} I_g = \frac{4 \sqrt{f'_c}}{h} I_g$$

$$1400 \times 100 = \frac{4 \sqrt{f'_c}}{35} \times 89322.91667$$

$$\sqrt{f'_c} = 13.71428571$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2040000}{15100 \sqrt{f'_c}} = \frac{2040000}{15100 \times 13.71428571} = 9.850993377$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{14.73}{25 \times 30} = 0.01964$$

$$np = 9.850993377 \times 0.01964 = 0.193473509$$

$$k = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$$

$$k = \sqrt{2 \times 0.193473509 + 0.193473509^2} - 0.193473509$$

$$k = 0.457970285$$

$$kd = 0.457970285 \times 30 = 13.73910857 \text{ cm}$$

$$I_{cr} = \frac{b(kd)^3}{3} + nA_s(d - kd)^2$$

$$I_{cr} = \frac{25 \times 13.73910857^3}{3} + 9.850993377 \times 14.73 \times (30 - 13.73910857)^2$$

$$I_{cr} = 59980.17753 \text{ cm}^4$$

แทนค่าได้

$$I_e = 0.007893806 \times 89322.91667 + (1 - 0.007893806) \times 59980.17753$$

$$I_e = 705.0978385 + 59506.7056$$

$$I_e = 60,211.80344 \Rightarrow 60,200 \text{ cm}^4$$

คำตอบ ไม่มีตัวเลือกใดที่ถูกต้อง

ข้อสังเกต เมื่อ $\frac{M_a}{M_{cr}} \leq 1$ ค่า $I_e = I_g$ และเมื่อ $\frac{M_a}{M_{cr}} \geq 3$ ค่า $I_e = I_{cr}$

กรณีนี้ $\frac{M_a}{M_{cr}} = \frac{7031.25}{1400} = 5.02 > 3$ ดังนั้น $I_e = I_{cr} = 59980 \text{ cm}^4$

แม้จะใช้ค่าประมาณก็ยังไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง และข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือค่า $k = 0.458$ มากเกินไป เกิดจากการประมาณค่า M_{cr} ที่ไม่เหมาะสม

เฉลย ข้อ (2) 56050 ซม⁴

คำถามข้อที่ 146

คานยื่นยาว 1.50 เมตร มีขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็ก $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าโมเมนต์อินเนอร์เซียประสิทธิภาพของคานยื่น (I_e) เมื่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้งาน $w_D = 5000$ กก/ม (รวมน้ำหนักของคานแล้ว) และ $w_L = 2500$ กก/ม สมมติให้ $M_{cr} = 1400$ กก.เมตร

ตัวเลือก

- (1) 55950 ซม⁴
- (2) 56050 ซม⁴
- (3) 56500 ซม⁴
- (4) 56800 ซม⁴

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

สูตร
$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g$$

ข้อมูลที่ทราบแล้ว $b = 25$ cm, $h = 35$ cm, $d = 30$ cm, $M_{cr} = 1400$ kg.m

$$w = 5000 + 2500 = 7500 \text{ kg/m}$$

$$M_a = \frac{wL^2}{2} = \frac{7500 \times 1.50^2}{2} = 8437.5 \text{ kg.m}$$

$$\frac{M_a}{M_{cr}} = \frac{8437.5}{1400} = 6.03 > 3 \Rightarrow I_e \approx I_{cr}$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 = \left(\frac{1400}{8437.5} \right)^3 = 0.004568175$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \times 35^3}{12} = 89322.91667 \text{ cm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{2.0 \sqrt{f'_c} I_g}{y_t} = \frac{2.0 \sqrt{f'_c}}{\frac{h}{2}} I_g = \frac{4 \sqrt{f'_c}}{h} I_g$$

$$1400 \times 100 = \frac{4 \sqrt{f'_c}}{35} \times 89322.91667$$

$$\sqrt{f'_c} = 13.71428571$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2040000}{15100 \sqrt{f'_c}} = \frac{2040000}{15100 \times 13.71428571} = 9.850993377$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{14.73}{25 \times 30} = 0.01964$$

$$np = 9.850993377 \times 0.01964 = 0.193473509$$

$$k = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$$

$$k = \sqrt{2 \times 0.193473509 + 0.193473509^2} - 0.193473509$$

$$k = 0.457970285$$

$$kd = 0.457970285 \times 30 = 13.73910857 \text{ cm}$$

$$I_{cr} = \frac{b(kd)^3}{3} + nA_s(d - kd)^2$$

$$I_{cr} = \frac{25 \times 13.73910857^3}{3} + 9.850993377 \times 14.73 \times (30 - 13.73910857)^2$$

$$I_{cr} = 59980.17753 \text{ cm}^4$$

แทนค่าได้

$$I_e = 0.004568175 \times 89322.91667 + (1 - 0.004568175) \times 59980.17753$$

$$I_e = 408.0427306 + 59,706.17757$$

$$I_e = 60,114.2203 \Rightarrow 60,100 \text{ cm}^4$$

คำตอบ ไม่มีตัวเลือกใดที่ถูกต้อง

ข้อสังเกต เมื่อ $\frac{M_a}{M_{cr}} \leq 1$ ค่า $I_e = I_g$ และเมื่อ $\frac{M_a}{M_{cr}} \geq 3$ ค่า $I_e = I_{cr}$

กรณีนี้ $\frac{M_a}{M_{cr}} = \frac{8437.5}{1400} = 6.03 > 3$ ดังนั้น $I_e = I_{cr} = 59980 \text{ cm}^4$

แม้จะใช้ค่าประมาณก็ยังไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง และข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือค่า $k = 0.458$ มากเกินไป เกิดจากการประมาณค่า M_{cr} ที่ไม่เหมาะสม

เฉลย ข้อ (1) 55950 ซม⁴

คำถามข้อที่ 147

คานช่วงเดียวขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็กรับแรงดึง $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงหาโมเมนต์อินเนอร์ซีयरอบแกนที่รับโมเมนต์ดัดใช้งานเมื่อคานร้าว (I_{cr}) กำหนดให้ $f'_c = 300$ กก/ตร.ซม $f_y = 4000$ กก/ตร.ซม และ $n = 8$

ตัวเลือก

- (1) 49000 ซม⁴
- (2) 49700 ซม⁴
- (3) 55900 ซม⁴
- (4) 65600 ซม⁴

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{14.73}{25 \times 30} = 0.01964$$

$$\rho n = 0.01964 \times 8 = 0.15712$$

$$k = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$$

$$k = \sqrt{2 \times 0.15712 + 0.15712^2} - 0.15712$$

$$k = 0.42505411$$

$$kd = 0.42505411 \times 30 = 12.7516233 \text{ cm}$$

$$I_{cr} = \frac{b(kd)^3}{3} + nA_s(d - kd)^2$$

$$I_{cr} = \frac{25 \times 12.7516233^3}{3} + 8 \times 14.73 \times (30 - 12.7516233)^2$$

$$I_{cr} = 52,337.02947 \Rightarrow 52,300 \text{ ซม}^4$$

คำตอบ ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

เฉลย ข้อ (3) 55900 ซม⁴

คำถามข้อที่ 148

คานช่วงเดียวขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็กรับแรงดึง $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงหาโมเมนต์ดัดที่จะทำให้คานเริ่มร้าว (M_{cr}) กำหนดให้ $f'_c = 300$ กก/ตร.ซม $f_y = 4000$ กก/ตร.ซม และ modulus of rupture $f_r = 2.0\sqrt{f'_c}$ กก/ซม² สมมติให้ $kd = 18$ ซม

ตัวเลือก

- (1) 1100 กก.เมตร
- (2) 1200 กก.เมตร
- (3) 1400 กก.เมตร
- (4) 1600 กก.เมตร

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร. วินิต ช่อวิเชียร

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{2.0\sqrt{f'_c} b h^3}{\frac{h}{2} 12} = \frac{2.0\sqrt{300}}{\frac{35}{2}} \times \frac{25 \times 35^3}{12}$$

$$M_{cr} = 176813.5199 \text{ kg.cm} = 1768 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

เฉลย ข้อ (3) 1400 กก.เมตร

ข้อสังเกต การกำหนด $kd = 18$ ซม เมื่อ $d = 30$ ซม จะได้ค่า $k = 18/30 = 0.6$ ซึ่งมากผิดปกติ

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2040000}{15100\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{300}} = 7.8$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{14.73}{25 \times 30} = 0.01964$$

$$\rho n = 0.01964 \times 7.8 = 0.153192$$

$$k = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$$

$$k = \sqrt{2 \times 0.153192 + 0.153192^2} - 0.153192$$

$$k = 0.42114$$

$$kd = 0.42114 \times 30 = 12.634 \text{ cm} < 18 \text{ cm}$$

คำถามข้อที่ 149

คานช่วงเดียวขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็กรับแรงดึง $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าของโมเมนต์อินเนอร์เซียประสิทธิภาพของคานนี้

(I_e) ถ้าสมมติค่า $\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = 0.009$ และ $I_{cr} = 55900$ ซม⁴

ตัวเลือก

- (1) 55975 ซม⁴
- (2) 56040 ซม⁴
- (3) 56500 ซม⁴
- (4) 56800 ซม⁴

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \times 35^3}{12} = 89,322.91667 \text{ ซม}^4$$

$$I_e = 0.009 \times 89,322.91667 + (1 - 0.009) \times 55900$$

$$I_e = 56,200.80625 \Rightarrow 56,200 \text{ ซม}^4$$

คำตอบ ข้อ (2) 56040 ซม⁴

ข้อสังเกต คำตอบต่างจากค่าจริงมากพอควร การทำตัวเลือกไม่คั่น

คำถามข้อที่ 150

คานช่วงเดียวขนาด 0.25×0.35 เมตร เสริมเหล็กรับแรงดึง $3-\phi 25$ มม ($A_s = 14.73$ ซม²) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 30 ซม จงประมาณค่าของโมเมนต์อินเนอร์เซียประสิทธิภาพของคานนี้

(I_e) ถ้าสมมติค่า $\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = 0.0048$ และ $I_{cr} = 55900$ ซม⁴

ตัวเลือก

- (1) 56000 ซม⁴
- (2) 56250 ซม⁴
- (3) 56500 ซม⁴
- (4) 56800 ซม⁴

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \times 35^3}{12} = 89,322.91667 \text{ ซม}^4$$

$$I_e = 0.0048 \times 89,322.91667 + (1 - 0.0048) \times 55900$$

$$I_e = 56060 \Rightarrow 56,100 \text{ ซม}^4$$

คำตอบ ข้อ (2) 56000 ซม⁴

คำถามข้อที่ 151

ก้านเสายื่นออกจากคานรองรับเป็นระยะ = 1.50 ม ถ้าก้านเสาหนา 10 ซม เสริมเหล็ก ϕ 9 มม จำนวน 9 เส้นทุกระยะ 1.00 ม ($A_s = 5.73$ ซม²/ม) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 7.5 ซม จงประมาณค่าโมเมนต์อินเนอร์เชียรอบแกนที่รับโมเมนต์เมื่อก้านเสาฉีก (I_{cr}) กำหนดให้ $f'_c = 200$ กก/ตร.ซม $f_y = 2400$ กก/ตร.ซม และ $n = 10$

ตัวเลือก

- (1) 1850 ซม⁴/ม
- (2) 1900 ซม⁴/ม
- (3) 1960 ซม⁴/ม
- (4) 2050 ซม⁴/ม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$I_{cr} = \frac{b(kd)^3}{3} + nA_s(d - kd)^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{5.73}{100 \times 7.5} = 0.00764$$

$$\rho n = 0.00764 \times 10 = 0.0764$$

$$k = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$$

$$k = \sqrt{2 \times 0.0764 + 0.0764^2} - 0.0764 = 0.321892555$$

$$kd = 0.321892555 \times 7.5 = 2.414194168 \text{ cm}$$

$$I_{cr} = \frac{100 \times 2.414194168^3}{3} + 10 \times 5.73 \times (7.5 - 2.414194168)^2$$

$$I_{cr} = 1951.112911 \text{ cm}^4$$

คำตอบ ข้อ (3) 1960 ซม⁴/ม

คำถามข้อที่ 152

กันสาดยื่นออกจากคานรองรับเป็นระยะ = 1.50 ม ถ้ากันสาดหนา 10 ซม เสริมเหล็ก ϕ 9 มม
จำนวน 9 เส้นทุกระยะ 1.00 ม ($A_s = 5.73 \text{ ซม}^2/\text{ม}$) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 7.5 ซม จงประมาณ
ค่าของโมเมนต์อินเนอร์เซียประสิทธิภาพของกันสาดยื่น (I_e) เมื่อกันสาดรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ของ
ตัวมันเองเพียงอย่างเดียว และน้ำหนักบรรทุกจรใช้งานแบบแผ่ = 150 กก/ม^2 สมมติให้

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = 1.25 \text{ และ } I_{cr} = 1960 \text{ ซม}^4/\text{ม}$$

ตัวเลือก

- (1) 9000 ซม⁴/ม
- (2) 9500 ซม⁴/ม
- (3) 9900 ซม⁴/ม
- (4) 10200 ซม⁴/ม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.
วินิต ช่อวิเชียร

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{100 \times 10^3}{12} = 8333.333333 \text{ ซม}^4$$

$$I_e = 1.25 \times 8333.333333 + (1 - 1.25) \times 1960$$

$$I_e = 9927 \Rightarrow 9900 \text{ ซม}^4/\text{ม}$$

คำตอบ ข้อ (3) 9900 ซม⁴/ม

หมายเหตุ สังเกตว่า $I_e > I_g$ ซึ่งผิดจากข้อกำหนดของมาตรฐาน เกิดจากการกำหนด ค่าของ

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = 1.25 \text{ ที่ไม่สมเหตุสมผล}$$

คำถามข้อที่ 153

กันสาดยื่นออกจากคานรองรับเป็นระยะ = 1.50 ม ถ้ากันสาดหนา 10 ซม เสริมเหล็ก ϕ 9 มม จำนวน 9 เส้นทุกระยะ 1.00 ม ($A_s = 5.73 \text{ ซม}^2/\text{ม}$) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 7.5 ซม จงหา ตำแหน่งแนวแกนสะเทิน (kd) จากขอบล่างของกันสาด เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ใช้งาน กำหนดให้ $f'_c = 200 \text{ กก/ตร.ซม}$ $f_y = 2400 \text{ กก/ตร.ซม}$ และ $n = 10$

ตัวเลือก

- (1) 2.0 ซม
- (2) 2.4 ซม
- (3) 2.6 ซม
- (4) 3.0 ซม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{5.73}{100 \times 7.5} = 0.00764$$

$$\rho n = 0.00764 \times 10 = 0.0764$$

$$k = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$$

$$k = \sqrt{2 \times 0.0764 + 0.0764^2} - 0.0764$$

$$k = 0.321892555$$

$$kd = 0.321892555 \times 7.5 = 2.414194168 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 2.4 ซม

คำถามข้อที่ 154

กั้นสาดยื่นออกจากคานรองรับเป็นระยะ = 1.50 ม ถ้ากั้นสาดหนา 10 ซม เสริมเหล็ก ϕ 9 มม
จำนวน 9 เส้นทุกระยะ 1.00 ม ($A_s = 5.73 \text{ ซม}^2/\text{ม}$) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 7.5 ซม จงประมาณ
ค่าโมเมนต์ดัดที่จะทำให้กั้นสาดเริ่มร้าว (M_{cr}) สมมติให้ modulus of rupture $f_r = 2.0\sqrt{f'_c}$ กก/ซม²
และ $I_{cr} = 1960 \text{ ซม}^4/\text{ม}$

ตัวเลือก

- (1) 470 กก.เมตร/ม
- (2) 500 กก.เมตร/ม
- (3) 530 กก.เมตร/ม
- (4) 560 กก.เมตร/ม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_1} = \frac{2.0\sqrt{f'_c}}{\frac{h}{2}} \times \frac{bh^3}{12} = \frac{4\sqrt{f'_c}}{h} \times \frac{bh^3}{12} = \frac{bh^2\sqrt{f'_c}}{3}$$
$$M_{cr} = \frac{100 \times 10^2 \sqrt{f'_c}}{3} = \frac{10000\sqrt{f'_c}}{3}$$

แต่โจทย์ให้ค่าของ $I_{cr} = 1960 \text{ ซม}^4/\text{ม}$

$$I_{cr} = \frac{b(kd)^3}{3} + nA_s(d - kd)^2$$
$$1960 = \frac{100 \times (7.5k)^3}{3} + n \times 5.73 \times (7.5 - 7.5k)^2$$

ประมาณค่า $n = 10$ หาค่า k

$$1960 = 140625k^3 + 10 \times 5.73 \times 7.5^2(1 - k)^2$$

$$f(k) = 140625k^3 + 3223.125(1 - k)^2 - 1960 = 0$$

ไม่พบว่ามีความ k ที่เหมาะสมใดๆ เลย

คำตอบ โจทย์ไม่สมบูรณ์ ข้อมูลไม่เหมาะสม

เฉลย ข้อ (1) 470 กก.เมตร/เมตร

คำถามข้อที่ 155

กั้นสาดยื่นออกจากคานรองรับเป็นระยะ = 1.50 ม ถ้ากั้นสาดหนา 10 ซม เสริมเหล็ก ϕ 9 มม
จำนวน 9 เส้นทุกระยะ 1.00 ม ($A_s = 5.73 \text{ ซม}^2/\text{ม}$) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 7.5 ซม จงประมาณ

ค่าของ $\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3$ เมื่อกั้นสาดรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ของตัวมันเองเพียงอย่างเดียว สมมติให้

$$M_{cr} = 470 \text{ กก.เมตร/ม}$$

ตัวเลือก

- (1) 1.25
- (2) 3.50
- (3) 4.40
- (4) 5.30

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$w = 2400h = 2400 \times 0.10 = 240 \text{ kg/m}^2$$

ตัดพื้นกั้นสาดกว้าง 1.00 เมตร มาพิจารณาเป็นคานแบน

$$M_a = \frac{wL^2}{2} = \frac{240 \times 1.50^2}{2} = 270 \text{ kg.m/m}$$

$$\frac{M_{cr}}{M_a} = \frac{470}{270} = 1.74$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = \left(\frac{470}{270}\right)^3 = 5.2748 \Rightarrow 5.3$$

คำตอบ ข้อ (4) 5.30

คำถามข้อที่ 156

กันสาดยื่นออกจากคานรองรับเป็นระยะ = 1.50 ม ถ้ากันสาดหนา 10 ซม เสริมเหล็ก ϕ 9 มม จำนวน 9 เส้นทุกระยะ 1.00 ม ($A_s = 5.73 \text{ ซม}^2/\text{ม}$) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 7.5 ซม จงประมาณ

ค่าของ $\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3$ เมื่อกันสาดรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ของตัวเองและน้ำหนักบรรทุกจรแบบแผ่ = 150 กก/ม² สมมติให้ $M_{cr} = 470$ กก.เมตร/ม

ตัวเลือก

- (1) 1.25
- (2) 3.50
- (3) 4.40
- (4) 5.30

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$w_D = 2400h = 2400 \times 0.10 = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$w = w_D + w_L = 240 + 150 = 390 \text{ kg/m}^2$$

ตัดพื้นกันสาดกว้าง 1.00 เมตร มาพิจารณาเป็นคานแบบ

$$M_a = \frac{wL^2}{2} = \frac{390 \times 1.50^2}{2} = 438.75 \text{ kg.m/m}$$

$$\frac{M_{cr}}{M_a} = \frac{470}{438.75} = 1.071225$$

$$\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = \left(\frac{470}{438.75}\right)^3 = 1.22955572 \Rightarrow 1.23$$

คำตอบ ข้อ (4) 1.25

คำถามข้อที่ 157

ก้านเสายื่นออกจากคานรองรับเป็นระยะ = 1.50 ม ถ้าก้านเสาหนา 10 ซม เสริมเหล็ก ϕ 9 มม จำนวน 9 เส้นทุกระยะ 1.00 ม ($A_s = 5.73 \text{ ซม}^2/\text{ม}$) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 7.5 ซม จงประมาณค่าของโมเมนต์อินเนอร์เซียประสิทธิภาพของก้านเสายื่น (I_e) เมื่อก้านเสาได้รับน้ำหนักบรรทุกคงที่ของตัวมันเองเพียงอย่างเดียว สมมติให้ $\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 = 5.30$ และ $I_{cr} = 1960 \text{ ซม}^4/\text{ม}$

ตัวเลือก

- (1) 25900 ซม⁴/ม
- (2) 35900 ซม⁴/ม
- (3) 45900 ซม⁴/ม
- (4) 55900 ซม⁴/ม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{100 \times 10^3}{12} = 8333.333333 \text{ ซม}^4$$

$$I_e = 5.30 \times 8333.333333 + (1 - 5.30) \times 1960$$

$$I_e = 35738.66667 \text{ ซม}^4$$

คำตอบ ข้อ (2) 35900 ซม⁴/ม

คำถามข้อที่ 158

กันสาดยื่นออกจากคานรองรับเป็นระยะ = 1.50 ม ถ้ากันสาดหนา 10 ซม เสริมเหล็ก ϕ 9 มม
จำนวน 9 เส้นทุกระยะ 1.00 ม ($A_s = 5.73 \text{ ซม}^2/\text{ม}$) ที่ความลึกประสิทธิภาพเท่ากับ 7.5 ซม จงประมาณ
ค่าการโก่งตัวทันทีที่ปลายกันสาดยื่นอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกจรแบบแผ่ = $150 \text{ กก}/\text{ม}^2$ สมมติ
ให้ $E_c = 15100\sqrt{f'_c}$ กก/ตร.ซม ($I_e)_{DL+LL} = 9900 \text{ ซม}^4/\text{ม}$ (เนื่องจากน้ำหนักของกันสาด +
น้ำหนักจร) และให้ ($I_e)_{DL} = 35900 \text{ ซม}^4/\text{ม}$ (เนื่องจากน้ำหนักของกันสาดอย่างเดียว)

ตัวเลือก

- (1) 0.06 ซม
- (2) 0.07 ซม
- (3) 0.08 ซม
- (4) 0.10 ซม

แนวคิด ดูหัวข้อ 6.5 บทที่ 6 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.

วินิต ช่อวิเชียร

$$w_D = 2400h = 2400 \times 0.10 = 240 \text{ กก}/\text{ม}^2$$

$$w = w_D + w_L = 240 + 150 = 390 \text{ กก}/\text{ม}^2$$

เมื่อมีทั้งน้ำหนักบรรทุกคงที่

$$\Delta_i = \frac{wL^4}{8E_c I_e} = \frac{2.4 \times 150^4}{8 \times 15100 \sqrt{f'_c} \times 35900} = \frac{0.280165655}{\sqrt{f'_c}}$$

เมื่อมีทั้งน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร

$$\Delta_i = \frac{wL^4}{8E_c I_e} = \frac{3.9 \times 150^4}{8 \times 15100 \sqrt{f'_c} \times 9900} = \frac{1.650925647}{\sqrt{f'_c}}$$

การโก่งตัวที่ปลายกันสาดยื่นทันทีจากน้ำหนักบรรทุกจร

$$\Delta_i = \frac{1.650925647 - 0.280165655}{\sqrt{f'_c}} = \frac{1.370759992}{\sqrt{f'_c}}$$

โจทย์ไม่ให้ค่า f'_c ขณะที่คำตอบข้อ (4) 0.10 ซม

$$0.10 = \frac{1.370759992}{\sqrt{f'_c}}$$

$$f'_c = \left(\frac{1.370759992}{0.10} \right)^2 = 187.9 \text{ ksc}$$

เฉลย ข้อ (4) 0.10 ซม

คำถามข้อที่ 159

คาน ชล.ช่วงเดี่ยวยาว 4.00 เมตร ต้องเสริมเหล็ก 3-RB 15 มม ที่กึ่งกลางคานเพื่อรับโมเมนต์ดัดชนิดบวกอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่สม่ำเสมอ สมมติว่าตำแหน่ง (ทางทฤษฎี) ที่จะตัดเหล็กเสริมออกไป 2 เส้น อยู่ที่ระยะ 85 ซม ห่างมาจากจุดรองรับ ดังนั้นเหล็กเสริมอีก 1 เส้นที่เหลือที่จะปล่อยเข้าไปในจุดรองรับต้องมีระยะฝังยึด (ทางทฤษฎี) อย่างน้อยประมาณ (กำหนดให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ของเหล็ก RB 15 มม = 11 กก/ตร.ซม

ตัวเลือก

- (1) 45 ซม
- (2) 55 ซม
- (3) 65 ซม
- (4) 75 ซม

แนวคิด คูบทที่ 4 หัวข้อ 4.4 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้

งาน ศ. ดร.วินิต ช่อวิเชียร

มาตรฐาน ว.ส.ท.กำหนดระยะฝังยึด $\ell_d = \frac{d_b f_s}{4u}$ แต่ต้องเข้าไปในที่รองรับไม่น้อยกว่า 15 ซม เหล็ก

RB 15 mm จะมี $f_y = 2400 \text{ ksc}$ และ $f_s = 0.5f_y = 1200 \text{ ksc}$ ดังนั้น

$$\ell_d = \frac{1.5 \times 1200}{4 \times 11} + 15 = 55.9 \Rightarrow 56 \text{ ซม}$$

คำตอบ ข้อ (2) 55 ซม

คำถามข้อที่ 160

คาน ชล.ช่วงเดี่ยวยาว 4.00 เมตร ต้องเสริมเหล็ก 4-RB 15 มม ที่กึ่งกลางคานเพื่อรับโมเมนต์ดัดชนิดบวกอันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่สม่ำเสมอ สมมติว่าตำแหน่ง (ทางทฤษฎี) ที่จะตัดเหล็กเสริมออกไป 2 เส้น อยู่ที่ระยะ 60 ซม ห่างมาจากจุดรองรับ ดังนั้นเหล็กเสริมอีก 2 เส้นที่เหลือที่จะปล่อยเข้าไปในจุดรองรับต้องมีระยะฝังยึด (ทางทฤษฎี) อย่างน้อยประมาณ (กำหนดให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ของเหล็ก RB 15 มม = 11 กก/ตร.ซม

ตัวเลือก

- (1) 45 ซม
- (2) 55 ซม
- (3) 65 ซม
- (4) 75 ซม

แนวคิด คูบทที่ 4 หัวข้อ 4.4 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้

งาน ศ. ดร.วินิต ช่อวิเชียร

มาตรฐาน ว.ส.ท.กำหนดระยะฝังยึด $\ell_d = \frac{d_b f_s}{4u}$ แต่ต้องเข้าไปในที่รองรับไม่น้อยกว่า 15 ซม เหล็ก

RB 15 mm จะมี $f_y = 2400 \text{ ksc}$ และ $f_s = 0.5f_y = 1200 \text{ ksc}$ ดังนั้น

$$\ell_d = \frac{1.5 \times 1200}{4 \times 11} + 15 = 55.9 \Rightarrow 56 \text{ ซม}$$

คำตอบ ข้อ (2) 55 ซม

คำถามข้อที่ 161

ตามมาตรฐานการออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน สูตรคำนวณหากำลังต้านทานโมเมนต์บิดใช้งานของเหล็กเสริมทางขวางแบบวงปิด (ขาเดียว) คือ

ตัวเลือก

(1) $T = \frac{A_c A_t f_y}{2s}$ กก.ชม

(2) $T = \frac{A_c A_t f_v}{2s}$ กก.ชม

(3) $T = \frac{2A_c A_t f_v}{s}$ กก.ชม

(4) $T = \frac{2A_c A_t f_y}{s}$ กก.ชม

แนวคิด ดูบทที่ 4 หัวข้อ 4.7 สมการ 4.7.4 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ. ดร.วินิต ช่อวิเชียร

$$A_t = \frac{Ts}{2A_c f_v}$$

$$T = \frac{2A_c A_t f_v}{s}$$

คำตอบ ข้อ (3) $T = \frac{2A_c A_t f_v}{s}$ กก.ชม

Reinforced Concrete Design

Design of reinforced concrete structural components by working stress and strength design concepts

จำนวน 238 ข้อ

คำถามข้อที่ 1

โดยวิธี strength design คานคอนกรีตสี่เหลี่ยมผืนผ้า 0.20×0.50 เมตร ($d = 0.45$) มีเหล็กเสริมรับแรงดัดด้านล่าง จำนวน 3-DB 20 mm จงหาโมเมนต์ที่คำนวณได้จริง (Nominal flexural moment หรือ ideal strength) ของหน้าตัดนี้ ถ้ากำหนดให้คอนกรีตมีกำลังอัดประลัย 180 กก/ซม^2 และใช้เหล็กเสริม SD-30

ตัวเลือก

- (1) 10,410 กก.ม
- (2) 11,410 กก.ม
- (3) 12,410 กก.ม
- (4) 13,410 กก.ม

แนวคิด

$$f'_c = 180 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\text{SD} - 30 \Rightarrow f_y = 3000 \text{ ksc}$$

$$3 - \text{DB } 20 \text{ mm} \Rightarrow A_s = 3 \times 3.14 = 9.42 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{9.42}{20 \times 45} = 0.010466666$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.004666666 < \rho \text{ OK}$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.010466666 \times 3000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.010466666 \times \frac{3000}{180} \right)$$

$$R_u = 28.16824063$$

$$M_n = R_u b d^2 = 28.16824063 \times 20 \times 45^2$$

$$M_n = 1,140,813.746 \text{ kg.cm}$$

$$M_n = 11,408.13746 \text{ kg.m} \Rightarrow 11,410 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 11,410 กก.ม

คำถามข้อที่ 2

ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กตามมาตรฐาน วสท. ตรงกับข้อใด

ตัวเลือก

- (1) ผลการทดสอบตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ 7 วัน
- (2) ผลการทดสอบตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ 28 วัน
- (3) ผลการทดสอบตัวอย่างรูปลูกบาศก์ที่ 7 วัน
- (4) ผลการทดสอบตัวอย่างรูปลูกบาศก์ที่ 28 วัน

แนวคิด

ทั้งมาตรฐาน วสท. และกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 6 ออกตามความใน พรบ.ควบคุมอาคาร 2522 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ระบุอย่างชัดเจนว่า กำลังประลัยของคอนกรีตเป็นการทดสอบชิ้นตัวอย่าง ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม สูง 30 ซม อายุ 28 วัน

สำหรับตัวอย่างรูปลูกบาศก์ความยาวด้านละ 15 ซม ก็ต้องทดสอบเมื่ออายุ 28 วัน แต่เป็นไปตามมาตรฐานอังกฤษ (BS) หากมีการส่งผลการทดสอบชิ้นตัวอย่างรูปลูกบาศก์ต้องแปลงให้เป็นค่า เทียบเคียงทรงกระบอกโดยคูณด้วยค่าประมาณ 0.833 หรือ $\frac{5}{6}$

คำตอบ ข้อ (2) ผลการทดสอบตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ 28 วัน

คำถามข้อที่ 3

โดยวิธี strength design กำหนดหน้าตัดคานยื่น 0.25×0.50 ม. ($d = 0.45$ ม.) มีระยะยื่นจากเสา 1.2 ม. ให้น้ำหนักคงที่ (ยังไม่รวมน้ำหนักคาน) 4,985 กก./ม. น้ำหนักจร 2,000 กก./ม. จงหาขนาดเหล็กเสริมบนและความยาวยึดรั้ง (หรือระยะฝัง development length)

กำหนดให้

$$f'_c = 180 \text{ ksc}$$

$$f_y = 3000 \text{ ksc}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\text{Ultimate load } U = 1.4DL + 1.7LL$$

ตัวเลือก

(1) 2-DB 12 mm

(2) 4-DB 12 mm

(3) 4-DB 12 mm

(4) 4-DB 16 mm

แนวคิด

$$DL = 2400 \times 0.25 \times 0.50 + 4985 = 5285 \text{ kg/m}$$

$$U = 1.4DL + 1.7LL = 1.4 \times 5285 + 1.7 \times 2000 = 10,799 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{UL^2}{2} = \frac{10,799 \times 1.2^2}{2} = 7775.28 \text{ kg.m} = 777,528 \text{ kg.cm}$$

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{777,528}{0.9 \times 25 \times 45^2} = 17.06508642 \text{ ksc}$$

$$\rho = \frac{0.85f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_u}{0.85f'_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 180}{3000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17.06508642}{0.85 \times 180}} \right]$$

$$\rho = 0.006046834 > \rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.004666666$$

$$A_s = \rho b d = 0.006046834 \times 25 \times 45 = 6.803 \text{ cm}^2$$

$$\text{DB 12 mm ใช้ } \frac{6.803}{1.131} = 6.01 \Rightarrow 7 \text{ เส้น}$$

$$\text{DB 16 mm ใช้ } \frac{6.803}{2.01} = 3.38 \Rightarrow 4 \text{ เส้น}$$

คำตอบ ข้อ (4) 4-DB 16 mm

คำถามข้อที่ 4

เหล็กข้อใดไม่มีขายในท้องตลาด

ตัวเลือก

- (1) DB 10 mm
- (2) DB 16 mm
- (3) DB 19 mm
- (4) DB 20 mm

แนวคิด

เหล็กผิวเรียบที่มีขายในท้องตลาดไทยคือ RB 6 mm, RB 9 mm, RB 12 mm, RB 15 mm, RB 19 mm, RB 25 mm ในอดีตมีขนาด RB 28 mm ด้วย แต่ปัจจุบันนี้ที่ขายอยู่โตสุดคือ RB 19 mm

เหล็กข้ออ้อยที่มีขายในท้องตลาดไทย

SD-30 : DB 10 mm, DB 12 mm, DB 16 mm, DB 20 mm, DB 25 mm

SD-40 : DB 12 mm, DB 16 mm, DB 20 mm, DB 25 mm, DB 28 mm

SD-50 : DB 25 mm, DB 28 mm, DB 32 mm

คำตอบ ข้อ (3) DB 19 mm

คำถามข้อที่ 5

ในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก การเสริมเหล็กแบบใดมีการเตือนล่วงหน้าก่อนการวิบัติ

ตัวเลือก

- (1) เสริมเหล็กเกินสมดุล
- (2) เสริมเหล็กสมดุล
- (3) เสริมเหล็กต่ำกว่าสมดุล
- (4) ไม่เสริมเหล็ก

แนวคิด

เสริมเหล็กเกินสมดุล คอนกรีตจะถูกอัดแตกก่อนที่จะเหล็กรับแรงดึงจะคราก การวิบัติเกิดขึ้นทันที ไม่มีการเตือนล่วงหน้า

เสริมเหล็กสมดุล คอนกรีตจะถูกอัดแตกพร้อมกับที่เหล็กรับแรงดึงจะคราก การวิบัติเกิดขึ้นที่เช่นกันกับการเสริมเหล็กเกินสมดุลต่างกันว่าเหล็กรับแรงดึงถึงจุดครากเท่านั้น ไม่มีการเตือนล่วงหน้า

เสริมเหล็กต่ำกว่าสมดุล เหล็กรับแรงดึงจะครากและเกิดการร้าวและโก่งตัวโดยยังไม่วิบัติทันที มีรอยร้าวปรากฏและอาจจะมีเศษปูนร่วงหล่น หากรีบนำน้ำหนักบรรทุกออกไป คานจะยังไม่ถล่มลงมา แต่ก็เสียหายแล้ว กรณีนี้ มีการเตือนล่วงหน้า

ไม่เสริมเหล็ก คอนกรีตจะวิบัติจากแรงดึงซึ่งคอนกรีตรับได้น้อยเท่ากับโมดูลัสแตกร้าว (modulus of rupture) $f_r = 2.0\sqrt{f'_c}$ ลักษณะการวิบัติเกิดขึ้นทันทีทันใด ไม่มีการเตือนล่วงหน้า

คำตอบ ข้อ (3) เสริมเหล็กต่ำกว่าสมดุล

คำถามข้อที่ 6

เหล็กกลมรับแรงดึงในคานคอนกรีตเสริมเหล็กตามทฤษฎีหน่วยแรงใช้งานสามารถรับแรงดึงได้เท่าใด

ตัวเลือก

- (1) $0.375f_y$
- (2) $0.40f_y$
- (3) $0.45f_y$
- (4) $0.50f_y$

แนวคิด

มาตรฐาน วสท.กำหนดให้ใช้ $f_s = \frac{1}{2}f_y = 0.50f_y$

คำตอบ ข้อ (4) $0.50f_y$



คำถามข้อที่ 7

เหล็กในเสาสั้นคอนกรีตเสริมเหล็กตามทฤษฎีหน่วยแรงใช้งานสามารถรับหน่วยแรงอัดปลอดภัยได้เท่าใด

ตัวเลือก

- (1) $0.375f_y$
- (2) $0.40f_y$
- (3) $0.45f_y$
- (4) $0.50f_y$

แนวคิด

มาตรฐาน วสท.กำหนดให้ใช้ $f_s = 0.4f_y \leq 2100 \text{ ksc}$ ยกเว้น SR-24 ใช้ $f_s = 1200 \text{ ksc}$

คำตอบ ข้อ (2) $0.40f_y$



คำถามข้อที่ 8

ข้อใดไม่ใช่สมการที่ใช้ในวิธีหน่วยแรงใช้งาน

ตัวเลือก

(1) $M_c = Rbd^2$

(2) $M_c = 0.5f_c k j b d^2$

(3) $M_s = A_s f_y j d$

(4) $M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$

คำตอบ ข้อ (4) $M_u = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$ เป็นการหาโมเมนต์ประลัยทางทฤษฎี



คำถามข้อที่ 9

จงใช้ทฤษฎีหน่วยแรงใช้งานหาค่า k เมื่อกำหนดให้ $f_c = 65 \text{ ksc}$, $f_s = 1200 \text{ ksc}$ และ $n = 10$

ตัวเลือก

- (1) 0.245
- (2) 0.302
- (3) 0.351
- (4) 0.368

แนวคิด

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1200}{10 \times 65}} = 0.351351351$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.351



คำถามข้อที่ 10

คานคอนกรีตเสริมเหล็กกว้าง 25 ซม ลึก 50 ซม พื้นที่เหล็กเสริม 12 sq.cm เหล็กอยู่ห่างจากผิวด้านแรงดึง 5 ซม ถ้า $f_c = 65 \text{ ksc}$, $f_s = 1200 \text{ ksc}$ และ $n = 10$ จงหาโมเมนต์ดัดสูงสุดที่คานจะรับได้โดยใช้ทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน

ตัวเลือก

- (1) 5099 kg.m
- (2) 6099 kg.m
- (3) 7099 kg.m
- (4) 8099 kg.m

แนวคิด

$$d = 50 - 5 = 45 \text{ cm}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{12}{25 \times 45} = 0.010666666$$

$$\rho n = 0.010666666 \times 10 = 0.106666666$$

$$k = \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n$$

$$k = \sqrt{2 \times 0.106666666 + 0.106666666^2} - 0.106666666$$

$$k = 0.367370368$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.367370368}{3} = 0.87754321$$

$$R = \frac{1}{2} f_c k j = \frac{1}{2} \times 65 \times 0.367370368 \times 0.87754321$$

$$R = 10.47745962 \text{ ksc}$$

$$M_c = R b d^2 = 10.47745962 \times 25 \times 45^2 = 530,421.3933 \text{ kg.cm} = 5304 \text{ kg.m}$$

$$M_s = A_s f_s j d = 12 \times 1200 \times 0.87754321 \times 45 = 568648.0003 \text{ kg.cm} = 5686 \text{ kg.m}$$

$$M = 5304 \text{ kg.m}$$

$$\text{หรือ } k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n f_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1200}{10 \times 65}} = 0.351351351$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.351351351}{3} = 0.882882882$$

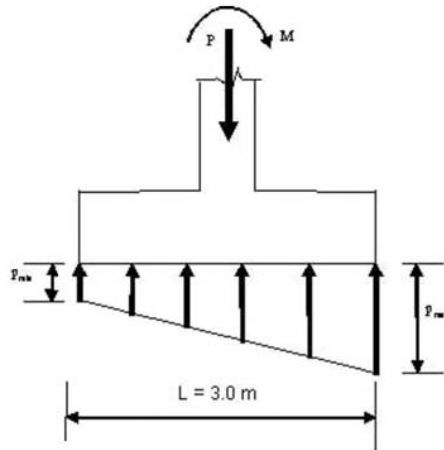
$$R = \frac{1}{2} f_c k j = \frac{1}{2} \times 65 \times 0.351351351 \times 0.882882882 = 10.08156805 \text{ ksc}$$

$$M = R b d^2 = 10.08156805 \times 25 \times 45^2 = 510379.3828 \text{ kg.cm} = 5104 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (1) 5099 kg.m

คำถามข้อที่ 11

จงหาหน่วยแรง $P_{\min}$ และ $P_{\max}$ ที่เกิดขึ้นในฐานรากดังรูปเมื่อ $M = 2400 \text{ kg.m}$ และ $P = 12 \text{ tons}$
กำหนดให้ใช้ฐานรากแผ่ขนาด $2 \times 3 \text{ m}$



ตัวเลือก

- (1) $P_{\min} = 0.8 \text{ T/sq.m}$ $P_{\max} = 2.0 \text{ T/sq.m}$
- (2) $P_{\min} = 0.8 \text{ T/sq.m}$ $P_{\max} = 3.2 \text{ T/sq.m}$
- (3) $P_{\min} = 1.2 \text{ T/sq.m}$ $P_{\max} = 2.0 \text{ T/sq.m}$
- (4) $P_{\min} = 1.2 \text{ T/sq.m}$ $P_{\max} = 2.8 \text{ T/sq.m}$

แนวคิด

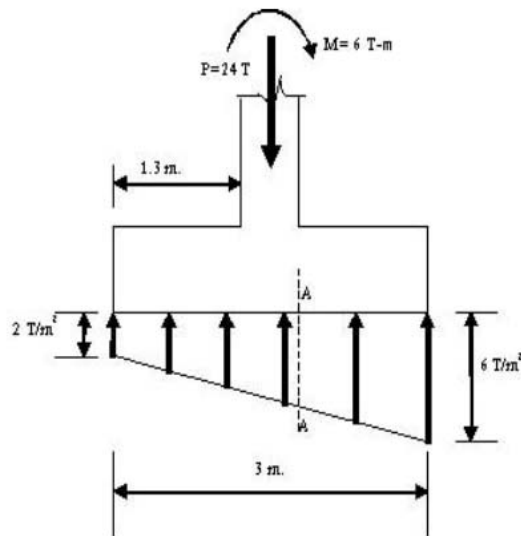
$$P_{\min} = \frac{P}{BL} - \frac{Mc}{I} = \frac{12}{2 \times 3} - \frac{2.4 \times \frac{3}{2}}{\frac{2 \times 3^3}{12}} = 1.2 \text{ T/m}^2$$

$$P_{\max} = \frac{P}{BL} + \frac{Mc}{I} = \frac{12}{2 \times 3} + \frac{2.4 \times \frac{3}{2}}{\frac{2 \times 3^3}{12}} = 2.8 \text{ T/m}^2$$

คำตอบ ข้อ (4) $P_{\min} = 1.2 \text{ T/sq.m}$ $P_{\max} = 2.8 \text{ T/sq.m}$

คำถามข้อที่ 12

จงหาหน่วยแรงดันดินที่เกิดขึ้นบนหน้าตัด A-A ได้ฐานรากดังรูปกำหนดให้ ใช้ฐานรากแผ่นขนาด 2×3 เมตร และตอม่อขนาด 0.40×0.40 ตารางเมตร



ตัวเลือก

- (1) 2.27 T/sq.m
- (2) 2.73 T/sq.m
- (3) 4.27 T/sq.m
- (4) 4.73 T/sq.m

แนวคิด

ใช้หลักการของสามเหลี่ยมคล้าย

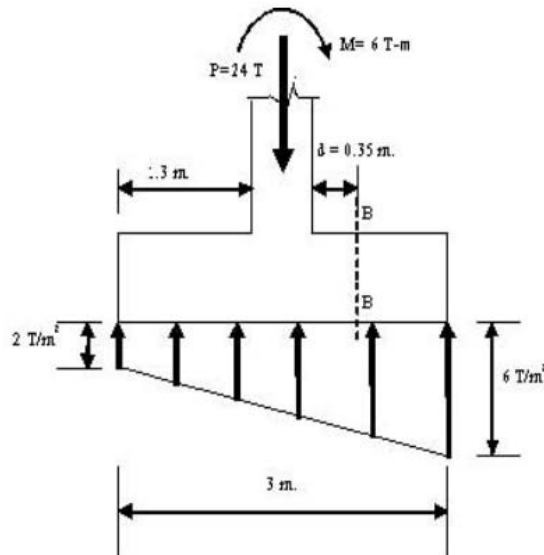
$$\frac{P - 2}{6 - 2} = \frac{1.3 + 0.4}{3}$$

$$P = 2 + \frac{1.7 \times 4}{3} = 4.27 \text{ T/m}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 4.27 T/sq.m

คำถามข้อที่ 13

จงหาหน่วยแรงเฉือนแบบคานกว้างที่เกิดขึ้นบนหน้าตัด B-B ดังรูป กำหนดใช้ฐานรากแผ่นขนาด 2×3 ตารางเมตร และตอม่อขนาด 0.40×0.40 ตารางเมตร



ตัวเลือก

- (1) 1.475 ksc
- (2) 4.73 ksc
- (3) 10.2 ksc
- (4) 14.57 ksc

แนวคิด

ใช้สามเหลี่ยมคล้ายหาหน่วยแรงต้านทานของดินที่หน้าตัดวิกฤต แล้วเฉลี่ยกับค่าที่ขอบหาแรงเฉือนแล้วหาหน่วยแรงเฉือน

$$\frac{P - 2}{6 - 2} = \frac{1.3 + 0.4 + 0.35}{3}$$

$$P = 2 + 4 \times \frac{2.05}{3} = 4.733333333$$

$$P = \frac{4.733333333 + 6}{2} = 5.366666667 \text{ T/sq.m}$$

$$V = 5.366666667 \times 2 \times (3 - 2.05) = 10.19666667 \text{ T}$$

$$v = \frac{V}{Bd} = \frac{10.19666667 \times 1000}{200 \times 35} = 1.456666667 \Rightarrow 1.457 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (1) 1.457 ksc

คำถามข้อที่ 14

คาน คสล. มีหน้ากว้าง b และความลึกประสิทธิภาพ d กำหนดให้ $f'_c = 225 \text{ ksc}$, $f_y = 2400 \text{ ksc}$ และใช้เกณฑ์มาตรฐานของ ว.ส.ท. ในการออกแบบ จงหาโมเมนต์ต้านทานของคอนกรีต (M_c) (วิธีหน่วยแรงใช้งาน)

ตัวเลือก

- (1) $15.59bd^2$
- (2) $17.102bd^2$
- (3) $18.7bd^2$
- (4) $25.14bd^2$

แนวคิด

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 225 = 101.25 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2040000}{15100\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{225}} = 9.0066 \Rightarrow 9$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1200}{9 \times 101.25}} = 0.431616341$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.431616341}{3} = 0.856127886$$

$$R = \frac{1}{2}f_c k j = \frac{1}{2} \times 101.25 \times 0.431616341 \times 0.856127886$$

$$R = 18.70688853 \text{ ksc}$$

$$M_c = Rbd^2 = 18.7bd^2$$

คำตอบ ข้อ (3) $18.7bd^2$

คำถามข้อที่ 15

คาน คสล. มีหน้ากว้าง b และความลึกประสิทธิภาพ d กำหนดให้ $f'_c = 225$ ksc, $f_y = 2400$ ksc และใช้เกณฑ์มาตรฐานของ ว.ส.ท. ในการออกแบบ จงหาอัตราส่วนเหล็กเสริมสมดุล (balance steel ratio) ρ_b .ในวิธีกำลังใช้งาน

ตัวเลือก

- (1) 0.0152
- (2) 0.0167
- (3) 0.0182
- (4) 0.0245

แนวคิด

อ่านโจทย์แล้วจะเห็นว่าให้ใช้วิธีกำลัง หรือวิธีหน่วยแรงใช้งาน

วิธีหน่วยแรงใช้งาน

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 225 = 101.25 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2040000}{15100\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{225}} = 9.0066 \Rightarrow 9$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1200}{9 \times 101.25}} = 0.431616341$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.431616341}{3} = 0.856127886$$

$$R = \frac{1}{2}f_c k j = \frac{1}{2} \times 101.25 \times 0.431616341 \times 0.856127886$$

$$R = 18.70688853 \text{ ksc}$$

$$M_c = Rbd^2 = 18.7bd^2$$

$$A_{sb} = \frac{M_c}{f_s j d} = \frac{18.70688853bd^2}{1200 \times 0.856127886d} = 0.018208814bd$$

$$\rho_b = \frac{A_{sb}}{bd} = 0.018208814$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.0182

วิธีกำลัง

$$f'_c = 225 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y}$$

$$\rho_b = 0.85 \times \frac{0.85 \times 225}{2400} \times \frac{6120}{6120 + 2400}$$

$$\rho_b = 0.048654269$$

ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง แสดงว่า ให้ใช้วิธีหน่วยแรงใช้งาน



คำถามข้อที่ 16

คานช่วงเดี่ยวยาว (simple beam) ยาว 4.50 เมตร หน้าตัด 0.20×0.40 เสริมเหล็กรับแรงดึง $A_s = 6$ ตร.ซม รับน้ำหนักบรรทุกทุกส่วสม่ำเสมอทั้งสิ้น 808 กก/ม กำหนดให้ $n = 10$, $d = 36$ ซม จงหาหน่วยแรงอัดสูงสุดที่เกิดขึ้นในคอนกรีต (วิธีหน่วยแรงใช้งาน)

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$$

ตัวเลือก

- (1) 53.27 ksc
- (2) 65.92 ksc
- (3) 72.34 ksc
- (4) 101.25 ksc

แนวคิด

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{6}{20 \times 36} = \frac{1}{120}$$

$$np = 10 \times \frac{1}{120} = \frac{1}{12} = 0.083333333$$

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$$

$$k = \sqrt{2 \times 0.083333333 + 0.083333333^2} - 0.083333333$$

$$k = 0.333333333$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.333333333}{3} = 0.888888888$$

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{808 \times 4.50^2}{8} = 2045.25 \text{ kg.m} = 204,525 \text{ kg.cm}$$

$$M = \frac{1}{2} f_c k j b d^2 = \frac{1}{2} f_c \times 0.333333333 \times 0.888888888 \times 20 \times 36^2$$

$$204,525 = 3840 f_c$$

$$f_c = \frac{204,525}{3840} = 53.26171875 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (1) 53.27 ksc

เฉลย ข้อ (2) 65.92 ksc

คำถามข้อที่ 17

คานช่วงเดี่ยวยาว (simple beam) ยาว 4.50 เมตร หน้าตัด 0.20×0.40 เมตร เหล็กเสริมรับแรงดึง $A_s = 6$ ตร.ซม รับน้ำหนักบรรทุกทุกส่วสม่ำเสมอทั้งสิ้น 808 กก/ม กำหนดให้ $n = 10$, $d = 36$ ซม จงหาค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในเหล็กเสริม f_s (วิธีหน่วยแรงใช้งาน)

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$$

ตัวเลือก

- (1) 1065.34 ksc
- (2) 1295.68 ksc
- (3) 1318.36 ksc
- (4) 1501.25 ksc

แนวคิด

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{6}{20 \times 36} = \frac{1}{120}$$

$$np = 10 \times \frac{1}{120} = \frac{1}{12} = 0.083333333$$

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$$

$$k = \sqrt{2 \times 0.083333333 + 0.083333333^2} - 0.083333333$$

$$k = 0.333333333$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.333333333}{3} = 0.888888888$$

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{808 \times 4.50^2}{8} = 2045.25 \text{ kg.m} = 204,525 \text{ kg.cm}$$

$$M = f_s A_s j d = f_s \times 6 \times 0.888888888 \times 36$$

$$204,525 = 192 f_c$$

$$f_c = \frac{204,525}{192} = 1065.234375 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (1) 1065.34 ksc

คำถามข้อที่ 18

คอนกรีตมี $f'_c = 325$ ksc จะมี $\beta_1 =$ เท่าไร (วิธีกำลัง)

ตัวเลือก

- (1) 0.85
- (2) 0.65
- (3) 0.818
- (4) 0.804

แนวคิด

เมื่อ $f'_c \leq 280$ ksc $\beta_1 = 0.85$

เมื่อ $280 < f'_c < 560$ ksc $\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{70}(f'_c - 280)$

เมื่อ $f'_c > 560$ ksc $\beta_1 = 0.65$

ดังนั้น $f'_c = 325$ ksc > 280 ksc ได้

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{70}(325 - 280) = 0.817857142$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.818

คำถามข้อที่ 19

แผ่นพื้นหนา 0.08 ซม หาพื้นที่เหล็กเสริมได้ 2.25 ตร.ซม/ม ต้องการใช้เหล็กเสริม 9 มม จะต้องเรียงเหล็กห่างกันเท่าไรจึงเป็นไปตามมาตรฐาน ว.ส.ท. (วิธีหน่วยแรงใช้งาน)

ตัวเลือก

- (1) 30 ซม
- (2) 28 ซม
- (3) 24 ซม
- (4) 22.5 ซม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดขนาดเหล็กเสริมไม่เล็กกว่า 6 มม และระยะเรียงเหล็กเสริมในแผ่นพื้น s ไว้ดังนี้

$$s \leq 3 \text{ เท่าของความหนาแผ่นพื้น} = 3 \times 8 = 24 \text{ cm}$$

$$s \leq 45 \text{ cm}$$

$$s \geq d_b = \text{ขนาดของเหล็กเสริม} = 0.9 \text{ cm}$$

$$s \geq 2.5 \text{ cm}$$

การคำนวณระยะเรียงจากปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการ

$$s = \frac{\text{area of 1 bar, cm}^2}{\text{area required, cm}^2 / \text{m}} = \frac{0.636}{2.25} = 0.283 \text{ m} = 28.3 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 24 ซม

คำถามข้อที่ 20

ในการออกแบบเสา คสล. ปอดกเดี่ยว ซึ่งมีขนาด 0.30×0.50 ม ใช้เหล็กเสริมหลัก 10-DB 25 มม และใช้เหล็กปอดก RB 6 มม จะต้องเรียงเหล็กปอดกห่างไม่เกินเท่าไร (วิธี WSD)

ตัวเลือก

- (1) 40 ซม
- (2) 28.8 ซม
- (3) 30 ซม
- (4) 25 ซม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดการเสริมเหล็กปอดกไว้ว่า ขนาดไม่เล็กกว่า 6 มม ระยะเรียงไม่เกิน

$$16 \text{ เท่าของขนาดเหล็กชั้นที่โตที่สุด} = 16 \times 2.5 = 40 \text{ cm}$$

$$48 \text{ เท่าของขนาดเหล็กปอดก} = 48 \times 0.6 = 28.8 \text{ cm}$$

$$\text{ด้านแคบของหน้าตัดเสา} = 30 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 28.8 ซม

คำถามข้อที่ 21

จงหาค่า M_u ของคานที่มีขนาดหน้าตัด 0.25×0.50 ม ใช้ $d = 0.45$ ม $f'_c = 280$ ksc; $f_y = 3000$ ksc และมี $A_s = 30$ ตร.ซม (วิธี SDM) $\phi = 0.90$

ตัวเลือก

- (1) 30324 กก.ม
- (2) 33693 กก.ม
- (3) 32034 กก.ม
- (4) 34034 กก.ม

แนวคิด

ค่า M_u หมายถึงโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักบรรทุกทุกเพิ่มค่า M_n หมายถึงโมเมนต์ดัดที่คานรับได้ทางทฤษฎี และ ϕM_n หมายถึงโมเมนต์ดัดที่คานรับได้จริง ในการออกแบบต้องให้ $\phi M_n \geq M_u$

คำถามข้อนี้ให้หา M_u ความจริงให้หาค่าของ ϕM_n

$$f'_c = 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$f_y = 3000 \text{ ksc}$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 280}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000}$$

$$\rho_b = 0.045251315$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.75 \times 0.045251315 = 0.033938486$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.004666666$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{30}{25 \times 45} = 0.026666666 < \rho_{\max} \Rightarrow f_s = f_y$$

สมดุลของแรงในหน้าตัด

$$0.85f'_c b a = A_s f_y = A_s f_s$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85f'_c b} = \frac{30 \times 3000}{0.85 \times 280 \times 25} = 15.12605042 \text{ cm}$$

$$M_n = 0.85f'_c b a \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 0.85 \times 280 \times 25 \times 15.12605042 \times \left(45 - \frac{15.12605042}{2} \right)$$

$$M_n = 3,369,327.731 \text{ kg.cm} = 33,693.27731 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 33,693.27731 = 30,323.94958 \text{ kg.m} \Rightarrow 30,324 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (1) 30,324 kg.m

คำถามข้อที่ 22

จงหาค่า อัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึง (steel ratio $= \frac{A_s}{bd}$) ต่ำสุด ที่กำหนดโดยมาตรฐาน ว.ศ.ท.

ของคอนกรีตที่มี $f'_c = 240$ ksc; $f_y = 3000$ ksc (วิธี SDM) steel ratio $\rho = \frac{A_s}{bd}$

ตัวเลือก

- (1) 0.0388
- (2) 0.0291
- (3) 0.0194
- (4) 0.0047

แนวคิด

$$f'_c = 240 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 240}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000}$$

$$\rho_b = 0.038786842$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.75 \times 0.038786842 = 0.029090131$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.0046666667$$

คำตอบ ข้อ (4) 0.0047

คำถามข้อที่ 23

จงหาค่า อัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึง (steel ratio = $\frac{A_s}{bd}$) สูงสุด ที่กำหนดโดยมาตรฐาน ว.ศ.ท.

ของคอนกรีตที่มี $f'_c = 240$ ksc; $f_y = 3000$ ksc (วิธี SDM) steel ratio $\rho = \frac{A_s}{bd}$

ตัวเลือก

- (1) 0.0388
- (2) 0.0291
- (3) 0.0194
- (4) 0.0047

แนวคิด

$$f'_c = 240 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 240}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000}$$

$$\rho_b = 0.038786842$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.75 \times 0.038786842 = 0.029090131$$

คำตอบ ข้อ (2) 0.0291

คำถามข้อที่ 24

จงหาค่าสัมประสิทธิ์สำหรับต้านทานโมเมนต์ดัดประลัย R_u ที่มีค่าอัตราส่วนของเหล็กเสริมรับแรงดึงต่อหน้าตัดประสิทธิภาพสูงสุด (maximum steel ratio) ของคานที่มี $f'_c = 240 \text{ ksc}$, $f_y = 3000 \text{ ksc}$

(วิธี SDM) maximum steel ratio $\rho = \frac{A_{s,max}}{bd}$

ตัวเลือก

- (1) 61.69 ksc
- (2) 83.09 ksc
- (3) 86.65 ksc
- (4) 53.26 ksc

แนวคิด

$$f'_c = 240 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 240}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000}$$

$$\rho_b = 0.038786842$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b = 0.029090131 = \rho$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.029090131 \times 3000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.029090131 \times \frac{3000}{240} \right)$$

$$R_u = 68.54742865 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (1) 61.69 ksc

ข้อสังเกต ค่าที่คำนวณได้ต่างจากเฉลยค่อนข้างมาก แต่เป็นค่าที่ใกล้เคียงที่สุดแล้ว

คำถามข้อที่ 25

พื้นที่ของเหล็กเสริมด้านทานการยึดหดตัวของแผ่นพื้นทางเดียวที่หนา 0.15 ม และใช้เหล็กข้ออ้อย
ชั้นคุณภาพ SD40 (วิธี SDM) ต้องไม่น้อยกว่าเท่าใด

ตัวเลือก

- (1) 2.57 ตร.ชม/ม
- (2) 2.7 ตร.ชม/ม
- (3) 3 ตร.ชม/ม
- (4) 3.75 ตร.ชม/ม

แนวคิด มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดว่า

เหล็ก SR-24 ให้ $A_{s,temp} = 0.0025bh$

เหล็ก SD-30 ให้ $A_{s,temp} = 0.0020bh$

เหล็ก SD-40 ให้ $A_{s,temp} = 0.0018bh$

ดังนั้น $A_{s,temp} = 0.0018 \times 100 \times 15 = 2.7$ ตร.ชม/ม

คำตอบ ข้อ (2) 2.7 ตร.ชม/ม

คำถามข้อที่ 26

แผ่นพื้นหนา 0.15 ซม. หาพื้นที่เหล็กเสริมได้ 2.25 ตร.ซม/ม ต้องการใช้เหล็กเสริม 12 มม จะต้องเรียงเหล็กห่างกันเท่าไรจึงเป็นไปตามมาตรฐาน ว.ส.ท. (วิธี SDM)

ตัวเลือก

- (1) 40 ซม
- (2) 45 ซม
- (3) 50 ซม
- (4) 60 ซม

แนวคิด แผ่นพื้นหนา 0.15 ซม เป็นไปไม่ได้ ที่ถูกต้องคือ 0.15 ม หรือ 15 ซม

$$\text{ระยะเรียงที่ต้องการ } s = \frac{A_{s1}}{A_s} = \frac{1.131}{2.25} = 0.50 \text{ m}$$

แต่ต้องไม่เกิน 3 เท่าของความหนาพื้น $= 3 \times 0.15 = 0.45 \text{ m}$

และต้องไม่เกิน 45 ซม

คำตอบ ข้อ (2) 45 ซม

เฉลย ข้อ (1) 40 ซม

คำถามข้อที่ 27

เสาปลอกเดี่ยวขนาด 0.40×0.40 ม เสริมเหล็ก 8-RB 12 มม เหล็กปลอก RB 6 @ 0.25 จะรับน้ำหนักได้เท่าไรถ้า $f'_c = 240$ ksc, $f_y = 3000$ ksc (วิธี WSD)

ตัวเลือก

- (1) 93.126 ตัน
- (2) 90.82 ตัน
- (3) 106.48 ตัน
- (4) 95.59 ตัน

แนวคิด

$$P = 0.85A_g(0.25f'_c + f_s\rho_g) = 0.85A_g\left(0.25f'_c + 0.4f_y\frac{A_s}{A_g}\right)$$

$$P = 0.85 \times (40 \times 40) \times \left(0.25 \times 240 + 0.4 \times 3000 \times \frac{8 \times 1.131}{40 \times 40}\right)$$

$$P = 90828.96 \text{ kg} = 90.829 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (2) 90.82 ตัน

หมายเหตุ ระยะเรียงเหล็กปลอก (ขนาดห้ามเล็กกว่า 6 มม)

$$s \leq 16 \text{ เท่าของเหล็กชั้น} = 16 \times 1.2 = 19.2 \text{ cm} < 25 \text{ cm}$$

$$s \leq 48 \text{ เท่าของเหล็กปลอก} = 48 \times 0.6 = 28.8 \text{ cm}$$

$$s \leq \text{ด้านแคบของหน้าตัดเสา} = 40 \text{ ซม}$$

$$\rho_g = \frac{A_s}{A_g} = \frac{8 \times 1.131}{40 \times 40} = 0.005655 < 0.01$$

ซึ่งตามมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดให้ใช้ A_g เพียงครั้งเดียว

$$A_g = \frac{1}{2} \times (40 \times 40) = 800 \text{ cm}^2$$

$$P = 0.85 \times 800 \times \left(0.25 \times 240 + 0.4 \times 3000 \times \frac{8 \times 1.131}{800}\right)$$

$$P = 50028.96 \text{ kg} = 50.03 \text{ tonne}$$

การเสริมเหล็ก 8-DB 12 มม จะทำให้แต่ละหน้าเสามีเหล็กชั้น 3 เส้น ระยะห่างระหว่างเส้นคือ

$$sp = \frac{40 - 2 \times 3.5 - 2 \times 0.6 - 1.2}{3 - 1} = 15.3 \text{ cm} > 15 \text{ cm}$$

คำถามข้อนี้ควรปรับปรุงเป็นเสริมเหล็กชั้น 16-DB 12 มม เหล็กปลอก RB 6 มม @ 0.175 m

คำถามข้อที่ 28

เสากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 ม เสริมเหล็กตามยาว 6-DB 12 mm และเหล็กปลอก(เกลียว)

RB 6 mm @ 0.05 m จะรับน้ำหนักได้เท่าไร ถ้า ถ้า $f'_c = 240$ ksc, $f_y = 3000$ ksc (วิธี WSD)

ตัวเลือก

- (1) 42.98 ตัน
- (2) 50.56 ตัน
- (3) 52.6 ตัน
- (4) 60.25 ตัน

แนวคิด

$$A_g = \frac{\pi}{4} \times 30^2 = 706.8583471 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 6 \times 1.131 = 6.786 \text{ cm}^2$$

$$\rho_g = \frac{A_s}{A_g} = \frac{6.786}{706.8583471} = 0.009600226 < 0.01$$

แม้ ρ_g จะน้อยกว่า 0.01 แต่ก็ใกล้เคียงพออนุมัติได้

$$P = A_g (0.25f'_c + f_y \rho_g)$$

$$P = 706.8583471 \times (0.25 \times 240 + 0.4 \times 3000 \times 0.009600226)$$

$$P = 50554 \text{ kg} = 50.554 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (2) 50.56 ตัน

คำถามข้อที่ 29

จงหาระยะเรียงของเหล็กปลอกเดี่ยวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม ในคานที่รับแรงเฉือนประลัย 12000 กก เมื่อกำหนดขนาดหน้าตัดคาน 0.25×0.60 ม ระยะ $d = 0.55$ ม $f'_c = 280$ ksc; $f_y = 3000$ ksc และใช้เกณฑ์มาตรฐานของ ว.ส.ท. ในการออกแบบโดยวิธีกำลัง

ตัวเลือก

- (1) 13.75 ซม
- (2) 27.5 ซม
- (3) 45 ซม
- (4) 60 ซม

แนวคิด

กำหนด $V_u = 12000$ kg

$$\phi V_c = 0.53\phi\sqrt{f'_c}b_wd = 0.53 \times 0.85\sqrt{280} \times 25 \times 55 = 10365 \text{ kg} < V_u$$

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} = \frac{0.85 \times (2 \times 0.283) \times 2400 \times 55}{12000 - 10365} = 38.84 \text{ cm}$$

$$s \leq \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$$

$$s \leq 60 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 27.5 ซม

คำถามข้อนี้ควรใช้ “เหล็กลูกตั้ง” แทน .เหล็กปลอกเดี่ยว” เพื่อให้ไม่สับสนกับเหล็กปลอกเดี่ยวในเสา และเหล็ก RB 6 mm, RB 9 mm และที่ขึ้นด้วย RB ทั้งหมดจะเป็น SR-24 มี $f_y = 2400$ ksc

คำถามข้อที่ 30

คานคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงเฉือนขณะใช้งานได้ 15000 กก ซึ่งมีขนาดหน้าตัดคาน 0.25×0.40 ม ระยะ $d = 0.35$ ม $f'_c = 210$ ksc; $f_y = 2400$ ksc และใช้เกณฑ์มาตรฐานของ ว.ส.ท.ในการออกแบบ โดยใช้หน่วยแรงใช้งาน จะได้ระยะเรียงของเหล็กปลอกเดี่ยวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มม เท่าใด

ตัวเลือก

- (1) 4.72 ซม
- (2) 8.75 ซม
- (3) 10.4 ซม
- (4) 17.5 ซม

แนวคิด

$$V = 15000 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.29\sqrt{f'_c}b_wd = 0.29\sqrt{210} \times 25 \times 35 = 3677 \text{ kg}$$

$$s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c} = \frac{(2 \times 0.636) \times (0.5 \times 2400) \times 35}{15000 - 3677} = 4.72 \text{ cm}$$

$$s \leq \frac{d}{2} = \frac{35}{2} = 17.5 \text{ cm}$$

$$s \leq 60 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (1) 4.71 ซม

ข้อสังเกต มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดว่า

ถ้า $V \leq (V_c = 0.29\sqrt{f'_c}b_wd)$ ให้เสริมเหล็กทางขวางขั้นต่ำ

ถ้า $(V_c = 0.29\sqrt{f'_c}b_wd) < V \leq 0.795\sqrt{f'_c}b_wd$ ต้องเสริมเหล็กทางขวางดังนี้

$$s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c}$$

$$s \leq \frac{d}{2}$$

$$s \leq 60 \text{ cm}$$

ถ้า $0.795\sqrt{f'_c}b_wd < V \leq 1.32\sqrt{f'_c}b_wd$ ต้องเสริมเหล็กทางขวางดังนี้

$$s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c}$$

$$s \leq \frac{d}{4}$$

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

ถ้า $V > 1.32\sqrt{f'_c}b_wd$ ต้องเพิ่มหน้าตัดคานให้โตขึ้น

สำหรับโจทย์ข้อนี้ $1.32\sqrt{210} \times 25 \times 35 = 16738 \text{ kg} > V$ หน้าตัดยังใช้ได้

ระยะเรียง

$$V = 15000 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.29\sqrt{f'_c}b_wd = 0.29\sqrt{210} \times 25 \times 35 = 3677 \text{ kg}$$

$$s = \frac{A_v f_v d}{V - V_c} = \frac{(2 \times 0.636) \times (0.5 \times 2400) \times 35}{15000 - 3677} = 4.72 \text{ cm}$$

$$s \leq \frac{d}{4} = \frac{35}{4} = 8.75 \text{ cm}$$

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

คำตอบที่ให้มานั้นมีความเหมาะสม

ควรใช้ “เหล็กทางขวาง” แทน “เหล็กปลอกเดี่ยว” จะไม่สับสนกับเรื่องเสา



คำถามข้อที่ 31

คาน คสล. หน้าตัด 0.20×0.40 ม และความลึกประสิทธิภาพ $d = 0.35$ ม กำหนดให้ $f_c = 65 \text{ ksc}$; $f_s = 1200 \text{ ksc}$; $n = 10$ และใช้เกณฑ์มาตรฐานของ ว.ส.ท. ในการออกแบบ จงหาโมเมนต์ต้านทานของคอนกรีต (M_c) (วิธี WSD)

ตัวเลือก

- (1) 1935 กก.ม
- (2) 2467 กก.ม
- (3) 2004 กก.ม
- (4) 3000 กก.ม

แนวคิด

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1200}{10 \times 65}} = 0.351$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.351}{3} = 0.883$$

$$M_c = \frac{1}{2} f_c k j b d^2 = \frac{1}{2} \times 65 \times 0.351 \times 0.883 \times 20 \times 35^2$$

$$M_c = 246784 \text{ kg.cm} = 2467.84 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 2467 กก.ม

คำถามข้อที่ 32

จงหาว่าเสาสั้นปลอกเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม มีเหล็กเสริมยื่น 6-DB 20 mm $f'_c = 210 \text{ ksc}$; $f_y = 3000 \text{ ksc}$ รับน้ำหนักประลัยตามแกนได้เท่าไร เมื่อคำนวณตามข้อกำหนดของ ว.ส.ท. และการก่อสร้างมีการควบคุมงานเป็นอย่างดี

ตัวเลือก

- (1) 106.732 ตัน
- (2) 114.356 ตัน
- (3) 152.474 ตัน
- (4) 195.59 ตัน

แนวคิด

กำลังรับน้ำหนักจริงของเสาสั้น

$$\phi P_n = \phi [0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

$$\phi P_n = 0.6375 \times \left[0.85 \times 210 \times \left(\frac{\pi}{4} \times 30^2 \right) + 3000 \times (6 \times 3.14) \right]$$

$$\phi P_n = 116,467.562 \text{ kg} = 116.468 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (2) 114.356 ตัน

คำถามข้อที่ 33

จงหาคำนวนกำลังรับน้ำหนักที่สถานะประลัยของเสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาด 40×40 ซม. มีเหล็กเสริมชั้น 6-DB 20 มม. เมื่อกำหนดให้ $f'_c = 210$ ksc; $f_y = 3000$ ksc คำนวนตามมาตรฐาน ว.ส.ท. กรณีการก่อสร้างมีการควบคุมเป็นอย่างดี

ตัวเลือก

- (1) 189.703 ตัน
- (2) 203.254 ตัน
- (3) 201.560 ตัน
- (4) 215.957 ตัน

แนวคิด

กำลังรับน้ำหนักจริงของเสาสั้น

$$\phi P_n = \phi [0.85 f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

$$\phi P_n = 0.56 \times [0.85 \times 210 \times (40 \times 40) + 3000 \times (6 \times 3.14)]$$

$$\phi P_n = 191,587.2 \text{ kg} = 191.587 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (1) 189.703 ตัน

คำถามข้อที่ 34

คานามีขนาดหน้าตัด 0.20×0.40 ม ใช้ $d = 0.35$ ม $f'_c = 210$ ksc; $f_y = 3000$ ksc หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว (singly reinforced section) รับโมเมนต์ดัดที่สภาวะประลัย $M_u = 3500$ กก.ม จงคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริม A_s ที่ต้องการสำหรับคานหน้าตัดดังกล่าว

ตัวเลือก

- (1) 3.26 ตร.ซม
- (2) 3.88 ตร.ซม
- (3) 17.815 ตร.ซม
- (4) 23.31 ตร.ซม

แนวคิด

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{3500 \times 100}{0.9 \times 20 \times 35^2} = 15.87301587 \text{ ksc}$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_u}{0.85 f'_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 210}{3000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.87301587}{0.85 \times 210}} \right]$$

$$\rho = 0.005549834 > \rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.0046666667$$

$$A_s = \rho b d = 0.005549834 \times 20 \times 35 = 3.885 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (2) 3.88 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 35

แผ่นพื้นทางเดียว รับโมเมนต์คดปลาย 1500 กก.ม กำหนดให้ $f'_c = 280 \text{ ksc}$; $f_y = 2400 \text{ ksc}$ และถ้าใช้ปริมาณเหล็กเสริมที่มีอัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึงต่อหน้าตัดประสิทธิภาพสูงสุด ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. จงตรวจสอบค่า d ที่ต่ำที่สุดที่สามารถออกแบบได้ (วิธี SDM)

ตัวเลือก

- (1) 5.75 ซม
- (2) 7.5 ซม
- (3) 4.46 ซม
- (4) 6.25 ซม

แนวคิด

$$f'_c = 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$f_y = 2400 \text{ ksc}$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 280}{2400} \times \frac{6120}{6120 + 2400}$$

$$\rho_b = 0.060547535$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.045410651$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.045410651 \times 2400 \times \left(1 - 0.59 \times 0.045410651 \times \frac{2400}{280} \right)$$

$$R_u = 83.95723022 \text{ ksc}$$

$$M_u = \phi R_u b d^2$$

$$1500 \times 100 = 0.9 \times 83.95723022 \times 100 d^2$$

$$d = 4.455488464 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 4.46 ซม

คำถามข้อที่ 36

เหล็กชั้นคุณภาพ SD 40 ตรงกับข้อใด

ตัวเลือก

- (1) เหล็กกลมมีกำลังรับแรงดึงที่จุดคดาก (yield) ได้ไม่น้อยกว่า 4000 ksc
- (2) เหล็กกลมมีกำลังรับแรงดึงที่จุดประลัย (ultimate) ได้ไม่น้อยกว่า 4000 ksc
- (3) เหล็กข้ออ้อย มีกำลังรับแรงดึงที่จุดคดาก (yield) ได้ไม่น้อยกว่า 4000 ksc
- (4) เหล็กข้ออ้อย มีกำลังรับแรงดึงที่จุดประลัย (ultimate) ได้ไม่น้อยกว่า 4000 ksc

แนวคิด

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.๒๕๔๕ กำหนดให้ใช้ “คราก” ไม่ใช่ “คดาก”

เหล็กกลมจะใช้ SR เช่น SR-24 มี $f_y = 2400$ ksc

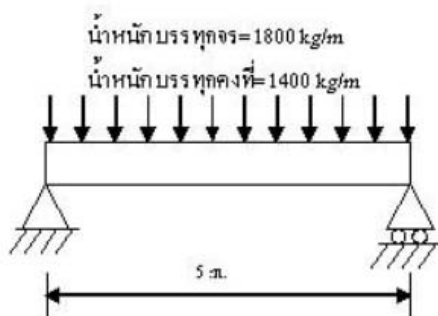
เหล็กข้ออ้อยจะใช้ SD เช่น SD-30 มี $f_y = 3000$ ksc

คำตอบ ข้อ (3) เหล็กข้ออ้อยมีกำลังรับแรงดึงที่จุดคราก (yield) ได้ไม่น้อยกว่า 4000 ksc



คำถามข้อที่ 37

คานคอนกรีตเสริมเหล็กช่วงเดี่ยวกว้าง 25 cm หนา 50 cm , $f'_c = 175$ ksc เสริมเหล็กรับแรงดึง 5-DB 20 mm เหล็กอย่างห่างจากผิวด้านแรงดึง 5 cm ถ้า $f_s = 1200$ ksc และ $n = 10$ จงหาขนาดและระยะเรียงของเหล็กปลอกรับแรงเฉือนต่ำสุดของคาน โดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน ตามมาตรฐาน ว.ส.ท.



ตัวเลือก

- (1) RB 6 mm @ 0.20 m
- (2) RB 6 mm @ 0.22 m
- (3) RB 6 mm @ 0.24 m
- (4) RB 6 mm @ 0.26 m

แนวคิด

$$\text{แรงปฏิกิริยาที่จตุรรองรับ } R = \frac{wL}{2} = \frac{(1400 + 1800) \times 5.00}{2} = \frac{3200 \times 5}{2} = 8000 \text{ kg}$$

ไม่ทราบขนาดที่รองรับ คิดหน้าตัดวิกฤตทางศูนย์กลางที่รองรับระยะ $d = 50 - 5 = 45 \text{ cm} = 0.45 \text{ m}$

$$\text{แรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤต } V = R - wd = 8000 - 3200 \times 0.45 = 6560 \text{ kg}$$

$$\text{แรงเฉือนที่คอนกรีตรับได้ } V_c = 0.29 \sqrt{f'_c} b_w d = 0.29 \sqrt{175} \times 25 \times 45 = 4315.88 \text{ kg}$$

$$\text{ขอบเขตช่วงกลาง } V_{c1} = 0.795 \sqrt{f'_c} b_w d = 0.795 \sqrt{175} \times 25 \times 45 = 11,831.47 \text{ kg}$$

$$\text{ขอบเขตสูงสุด } V_{c2} = 1.32 \sqrt{f'_c} b_w d = 1.32 \sqrt{175} \times 25 \times 45 = 19,644.7 \text{ kg}$$

$$\text{พบว่า } (V_c = 4315.88) < (V = 6560) < (V_{c1} = 11,831.47)$$

เหล็กปลอก RB 6 mm มี $A_v = 2 \times 0.283 = 0.566 \text{ cm}^2$, $f_v = f_s = 1200 \text{ ksc}$

$$s \leq \frac{A_v f_v d}{V - V_c} = \frac{0.566 \times 1200 \times 45}{6560 - 4315.88} = 13.62 \text{ cm} = 0.1362 \text{ m}$$

$$s \leq \frac{d}{2} = \frac{45}{2} = 22.5 \text{ cm} = 0.225 \text{ m}$$

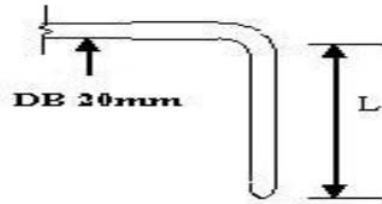
$$s < 60 \text{ cm}$$

คำตอบ ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

เฉลย ข้อ (2) RB 6 mm @ 0.22 m

คำถามข้อที่ 38

ตามมาตรฐานของอ 90 องศา ดังรูป ถ้าใช้เหล็ก DB 20 ต้องใช้ระยะงอขอ L ดังรูปเท่าใด



ตัวเลือก

- (1) 20 cm
- (2) 24 cm
- (3) 30 cm
- (4) 35 cm

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ศ.ท. ให้การงอฉากต้องยื่นปลายออกไปอีกอย่างน้อย 12 เท่าของขนาดเหล็ก

$$L = 12 \times 2.0 = 24 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 24 cm

คำถามข้อที่ 39

พื้นทางเดี่ยวนวขนาด 2×4.5 sq.m หนา 10 cm ความลึกประสิทธิภาพ 7.5 cm ต้องรับโมเมนต์ด้านสั้น 222 kg.m/m จงคำนวณหาขนาดและระยะเรียงของเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัด และเหล็กเสริมด้านการยึดเหนี่ยวด้วยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน เมื่อกำหนด $f'_c = 210 \text{ ksc}$; $f_y = 2400 \text{ ksc}$

ตัวเลือก

- (1) เหล็กเสริมหลัก $9 \text{ mm} @ 0.20 \text{ m}$ เหล็กเสริมด้านการยึดเหนี่ยว $9 \text{ mm} @ 0.25 \text{ m}$
- (2) เหล็กเสริมหลัก $9 \text{ mm} @ 0.20 \text{ m}$ เหล็กเสริมด้านการยึดเหนี่ยว $9 \text{ mm} @ 0.30 \text{ m}$
- (3) เหล็กเสริมหลัก $9 \text{ mm} @ 0.22 \text{ m}$ เหล็กเสริมด้านการยึดเหนี่ยว $9 \text{ mm} @ 0.25 \text{ m}$
- (4) เหล็กเสริมหลัก $9 \text{ mm} @ 0.22 \text{ m}$ เหล็กเสริมด้านการยึดเหนี่ยว $9 \text{ mm} @ 0.30 \text{ m}$

แนวคิด

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2040000}{15100\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{210}} = 9.32$$

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 210 = 94.5 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1200}{9.32 \times 94.5}} = 0.423$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.423}{3} = 0.859$$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{222 \times 100}{1200 \times 0.859 \times 7.5} = 2.87 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$s = \frac{A_{s1}}{A_s} = \frac{0.636}{2.87} = 0.22 \text{ m}$$

เหล็กเสริมหลัก RB $9 \text{ mm} @ 0.22 \text{ m}$

เหล็กเสริมด้านการยึดเหนี่ยวเมื่อ $f_y = 2400 \text{ ksc}$ คือ

$$A_{s, \text{temp}} = 0.0025bh = 0.0025 \times 100 \times 10 = 2.5 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$s = \frac{A_{s1}}{A_{s, \text{temp}}} = \frac{0.636}{2.5} = 0.2544 \text{ m}$$

เหล็กเสริมด้านการยึดเหนี่ยว RB $9 \text{ mm} @ 0.25 \text{ m}$

คำตอบ ข้อ (3) เหล็กเสริมหลัก $9 \text{ mm} @ 0.22 \text{ m}$ เหล็กเสริมด้านการยึดเหนี่ยว $9 \text{ mm} @ 0.25 \text{ m}$

คำถามข้อที่ 40

จงออกแบบเหล็กเสริมหลักน้อยที่สุดของเสาสั้นปลอกเดี่ยวน้ำตัดสี่เหลี่ยม 0.20×0.20 ตารางเมตร โดยทฤษฎีกำลังประลัยตามมาตรฐาน ว.ศ.ท. เพื่อรับแรงอัดประลัย (P_u) 65 Tons ถ้าใช้เหล็กข้ออ้อย $f_y = 3000$ ksc คอนกรีตมีกำลังประลัย 240 ksc การก่อสร้างมีการควบคุมงานเป็นอย่างดี

ตัวเลือก

- (1) 4-DB 12 mm
- (2) 4-DB 16 mm
- (3) 4-DB 20 mm
- (4) 4-DB 25 mm

แนวคิด

กรณีเสาสั้นรับแรงตามแนวแกนอย่างเดียวไม่มีโมเมนต์ด้วย

$$\phi P_n = \phi(0.85f'_c A_g + f_y A_{st})$$

$$65 \times 1000 = 0.56 \times (0.85 \times 240 \times 20 \times 20 + 3000 A_{st})$$

$$A_{st} = 11.49 \text{ cm}^2$$

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{11.49}{20 \times 20} = 0.0287 > 0.01$$

ข้อ (1) 4-DB 12 mm มี $A_{st} = 4 \times 1.131 = 4.524 \text{ cm}^2 < 11.49 \text{ cm}^2$ ใช้ไม่ได้

ข้อ (2) 4-DB 16 mm มี $A_{st} = 4 \times 2.01 = 8.04 \text{ cm}^2 < 11.49 \text{ cm}^2$ ใช้ไม่ได้

ข้อ (3) 4-DB 20 mm มี $A_{st} = 4 \times 3.14 = 12.56 \text{ cm}^2 > 11.49 \text{ cm}^2$ ใช้ได้

ข้อ (4) 4-DB 25 mm มี $A_{st} = 4 \times 4.909 = 19.636 \text{ cm}^2 > 11.49 \text{ cm}^2$ ใช้ได้

คำตอบ ข้อ (3) 4-DB 20 mm มี $A_{st} = 4 \times 3.14 = 12.56 \text{ cm}^2$

คำถามข้อที่ 41

จงคำนวณขนาดและระยะเรียงของเหล็กปลอกเกลียวที่มีปริมาณเหล็กปลอกต่ำสุดในเสาสั้นหน้าตัดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 cm ระยะหุ้มเหล็กปลอก 4 cm โดยทฤษฎีกำลังประลัยตามมาตรฐาน ว.ส.ท. เมื่อกำหนดเสารับแรงอัดประลัย 460 Tons ถ้าใช้เหล็กกลมที่มี $f_y = 2400$ ksc เป็นเหล็กปลอก คอนกรีตมีกำลังประลัย 280 ksc

ตัวเลือก

- (1) RB 12 mm @ 0.040 m
- (2) RB 12 mm @ 0.045 m
- (3) RB 12 mm @ 0.050 m
- (4) RB 12 mm @ 0.055 m

แนวคิด

$$\rho_s = 0.45 \frac{f'_c}{f_{sy}} \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right)$$

$$A_g = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 50^2}{4} = 2500 \frac{\pi}{4}$$

$$D_c = D - \text{cover} = 50 - 4 - 4 = 42 \text{ cm}$$

$$A_c = \frac{\pi D_c^2}{4} = \frac{\pi \times 42^2}{4} = 1764 \frac{\pi}{4}$$

$$\frac{A_g}{A_c} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\frac{\pi D_c^2}{4}} = \frac{D^2}{D_c^2} = \frac{50^2}{42^2} = \frac{2500}{1764}$$

$$\rho_s = 0.45 \frac{f'_c}{f_{sy}} \left(\frac{D^2}{D_c^2} - 1 \right)$$

แต่ตามนิยามของ ρ_s คือปริมาตรเหล็กปลอกเกลียวต่อปริมาตรแกนคอนกรีต

$$\rho_s = \frac{A_{sp} \pi (D_c - d_s)}{\frac{\pi D_c^2 s}{4}} = \frac{4 A_{sp} (D_c - d_s)}{D_c^2 s} = 4 \times \frac{\pi d_s^2}{4} \times \frac{D_c - d_s}{D_c^2 s} = \frac{\pi d_s^2 (D_c - d_s)}{D_c^2 s}$$

แทนค่าได้

$$\frac{\pi d_s^2 (D_c - d_s)}{D_c^2 s} = 0.45 \frac{f'_c}{f_{sy}} \left(\frac{D^2}{D_c^2} - 1 \right)$$

$$\frac{\pi d_s^2 (D_c - d_s)}{s} = 0.45 \frac{f'_c}{f_{sy}} (D^2 - D_c^2)$$

$$s = \frac{\pi d_s^2 f_{sy} (D_c - d_s)}{0.45 f'_c (D^2 - D_c^2)} \text{ เป็นสูตรสำหรับหาระยะเรียงของเหล็กปลอกเกลียว}$$

โดยที่

$d_s = 12 \text{ mm} = 1.2 \text{ cm} =$ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอกเกลียว

$f_{sy} = 2400 \text{ ksc} =$ กำลังครากของเหล็กปลอกเกลียว

$f'_c = 280 \text{ ksc} =$ กำลังประลัยของทรงกระบอกคอนกรีตมาตรฐานที่ 28 วัน

$D = 50 \text{ cm} =$ เส้นผ่านศูนย์กลางเสากลมปลอกเกลียว

$D_c = 42 \text{ cm} =$ เส้นผ่านศูนย์กลางแกนคอนกรีตวัดที่ผิวนอกเหล็กปลอกเกลียว

$D_c = D -$ ระยะหุ้มทั้งสองข้าง (ในที่นี้ข้างละ 4 ซม)

แทนค่า

$$s = \frac{\pi d_s^2 f_{sy} (D_c - d_s)}{0.45 f'_c (D^2 - D_c^2)} = \frac{\pi \times 1.2^2 \times 2400 \times (42 - 1.2)}{0.45 \times 280 \times (50^2 - 42^2)} = 4.777 \text{ cm} \Rightarrow 4.5 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) RB 12 mm @ 0.045 m

คำถามข้อที่ 42

จงออกแบบเพื่อหาขนาดและระยะเรียงของเหล็กปลอกเดี่ยวที่มีปริมาณเหล็กปลอกต่ำสุด ในเสาขนาด 20×30 sq.cm เสริมเหล็กตามแนวแกน 6-DB 20 mm โดยทฤษฎีกำลังประลัย ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. เมื่อกำหนดเสารับแรงอัดประลัย 50 Tons ถ้าใช้เหล็กกลม $f_y = 2400$ ksc เป็นเหล็กปลอก คอนกรีตมีกำลังประลัย 240 ksc

ตัวเลือก

- (1) ป RB 6 mm @ 0.18 m
- (2) ป RB 6 mm @ 0.20 m
- (3) ป RB 6 mm @ 0.28 m
- (4) ป RB 6 mm @ 0.32 m

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดเหล็กปลอกในเสาปลอกเดี่ยวไม่เล็กกว่า 6 mm และมีระยะเรียงไม่เกิน

$$16 \text{ เท่าขนาดเหล็กอื่น} = 16 \times 2.0 = 32 \text{ cm} = 0.32 \text{ m}$$

$$48 \text{ เท่าขนาดเหล็กปลอก} = 48 \times 0.6 = 28.8 \text{ cm} = 0.288 \text{ m}$$

$$\text{ด้านแคบของหน้าตัดเสา} = 20 \text{ cm} = 0.20 \text{ m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 6 mm @ 0.20 m

คำถามข้อที่ 43

เหล็กยื่นในเสาควรมีเนื้อที่หน้าตัดไม่เกินกี่เปอร์เซ็นต์ของเนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของคอนกรีต

ตัวเลือก

- (1) 1%
- (2) 3%
- (3) 5%
- (4) 8%

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ศ.ท. กำหนดร้อยละของเนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่นเทียบกับหน้าตัดเสาอยู่ระหว่าง 1% ถึง 8%

คำตอบ ข้อ (4) 8%



คำถามข้อที่ 44

จงหาระยะเรียงของเหล็กปลอกแบบลูกตั้งของคานคอนกรีต เมื่อมีแรงเฉือนกระทำ $V = 1600 \text{ kg}$ ความต้านทานแรงเฉือนของคอนกรีต $V_c = 2000 \text{ kg}$ ใช้เหล็ก RB 16 mm SR24 ออกแบบโดยวิธีกำลัง $f_y = 1200 \text{ ksc}$ คานกว้าง 20 cm และมีความลึกประสิทธิภาพของคานเท่ากับ 40 cm

ตัวเลือก

- (1) 15
- (2) 20
- (3) 27.5
- (4) 33.9

แนวคิด

โจทย์ข้อนี้ยังมีที่ต้องแก้ไขหลายจุดมาก ข้อมูลที่ให้มาเป็นเรื่องหน่วยแรงใช้งาน แต่กลับสั่งให้ออกแบบโดยวิธีกำลัง เหล็ก SR-24 มีขนาด 6, 9, 12, 15, 19, 25 mm ไม่มีขนาด 16 mm หากแก้ไขเป็นใช้เหล็ก RB 6 mm (อาจจะพิมพ์ผิด) และออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งานจะได้ดังนี้

$$\text{ถ้า } V \geq V_c \text{ ระยะเรียง } s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c} \text{ โจทย์ข้อนี้ ไม่ใช่เพราะ } V < V_c$$

$$\text{ถ้า } 0.795\sqrt{f'_c}b_w d < V < 1.32\sqrt{f'_c}b_w d \text{ ระยะเรียง } s \leq \frac{d}{2} \text{ และ } s \leq 60 \text{ cm}$$

$$\text{ถ้า } 0.795\sqrt{f'_c}b_w d < V < 1.32\sqrt{f'_c}b_w d \text{ ระยะเรียง } s \leq \frac{d}{4} \text{ และ } s \leq 30 \text{ cm}$$

$$\text{ถ้า } V > 1.32\sqrt{f'_c}b_w d \text{ เพิ่มหน้าตัดคานโตขึ้น}$$

$$\text{โจทย์ข้อนี้เป็นกรณี } V < 0.795\sqrt{f'_c}b_w d \text{ ดังนั้น } s \leq \frac{d}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm} < 60 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 20 cm

คำถามข้อที่ 45

เหล็กเสริม DB 12 SD 30 ฝังในเนื้อคอนกรีตลึก 50 cm กำหนดให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้เท่ากับ 11 ksc เมื่อออกแบบรับแรงดึงโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน เหล็กเสริมจะรับแรงดึงสูงสุดที่ยอมให้เท่าไร

ตัวเลือก

- (1) 1696 kg
- (2) 2073 kg
- (3) 2500 kg
- (4) 3000 kg

แนวคิด

ในวิธีหน่วยแรงใช้งาน หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ของเหล็ก $2.29 \frac{\sqrt{f'_c}}{d_b} \leq 25 \text{ ksc}$ และ

$3.23 \frac{\sqrt{f'_c}}{d_b} \leq 35 \text{ ksc}$ แต่เมื่อเป็นเหล็กผิวเรียบให้ลดลงครึ่งหนึ่งแต่เหลือไม่เกิน 11 ksc ดังนั้นการที่

โจทย์บอก DB 12 SD30 เป็นเหล็กข้ออ้อย แต่กลับใช้ $u = 11 \text{ ksc}$ จึงไม่เหมาะสม แต่หากจะคำนวณ

$$\text{แรงยึดเหนี่ยว } U = u \pi d_b L_d = 11 \times \pi \times 1.2 \times 50 = 2073 \text{ kg}$$

$$\text{แรงดึงที่ยอมให้ } T = A_s f_s = 1.131 \times (0.5 \times 3000) = 1696.5 \text{ kg}$$

เลือกค่าน้อย

คำตอบ ข้อ (1) 1696 kg

คำถามข้อที่ 46

จงหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้น โดยวิธีกำลัง ของจุดต่อระหว่างคานกับเสา เมื่อคานรับแรงเฉือนที่จุดต่อ $V = 6555 \text{ kg}$ มีค่า $j_d = 39.735 \text{ cm}$ มีเหล็กเสริมที่พิจารณาในการคำนวณแรงยึดเหนี่ยว คือ 4 เส้น ขนาด RB 15

ตัวเลือก

- (1) 4.57 ksc
- (2) 5.25 ksc
- (3) 6.18 ksc
- (4) 8.75 ksc

แนวคิด

ในการหาเส้นรอบรูปของเหล็กเสริมเพื่อรับแรงยึดเหนี่ยว (วิธีหน่วยแรงใช้งาน)

$$\sum O = \frac{V}{u j_d}$$

เหล็ก 4-RB 16 mm มี $\sum O = 4 \times \pi \times 1.5 = 18.85 \text{ cm}$ แทนค่า

$$18.85 = \frac{6555}{u \times 39.735}$$

$$u = \frac{6555}{39.735 \times 18.85} = 8.7518 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (4) 8.75 ksc

หมายเหตุ โจทย์ให้หาโดยวิธีกำลัง แต่ที่หานั้นเป็นวิธีหน่วยแรงใช้งาน แรงเฉือน V ก็ไม่ใช่แรงเฉือนเพิ่มค่า

คำถามข้อที่ 47

พื้น S1 ขนาด 5×5 เมตรหนา 12 ซม เหล็กเสริมโมเมนต์บวก (เสริมล่าง) กลางแผ่นพื้น กำหนดให้เท่ากับ RB 12 @ 0.15 m[#] ถ้าต้องการเปิดช่องโถงกลางแผ่นพื้นนี้ ขนาด 0.80×0.80 เมตร ต้องเสริมเหล็กทดแทนอย่างน้อยเท่าไร

ตัวเลือก

- (1) เสริม 2-RB 9 ทั้งสองข้าง (รวมสี่ด้าน)
- (2) เสริม 2-RB 12 ทั้งสองข้าง (รวมสี่ด้าน)
- (3) เสริม 2-DB 16 ทั้งสองข้าง (รวมสี่ด้าน)
- (4) เสริม 2-DB 20 ทั้งสองข้าง (รวมสี่ด้าน)

แนวคิด

หาเนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมที่ถูกตัดออกแล้วแบ่งครึ่งแยกไปเสริมสองข้างช่องเจาะ

$$s = \frac{A_{s1}}{A_s} \text{ ดังนั้น}$$

$$A_s = \frac{A_{s1}}{s} = \frac{1.131}{0.15} = 7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s80} = 0.80 A_s = 0.80 \times 7.54 = 6.032 \text{ cm}^2/0.80 \text{ m}$$

$$\frac{A_{s80}}{2} = \frac{6.032}{2} = 3.016 \text{ cm}^2$$

$$2\text{-RB } 9 \text{ mm มี } \frac{A_{s80}}{2} = 2 \times 0.636 = 1.272 < 3.016 \text{ cm}^2$$

$$2\text{-RB } 12 \text{ mm มี } \frac{A_{s80}}{2} = 2 \times 1.131 = 2.262 < 3.016 \text{ cm}^2$$

$$2\text{-DB } 16 \text{ mm มี } \frac{A_{s80}}{2} = 2 \times 2.01 = 4.02 > 3.016 \text{ cm}^2 \text{ ใช้ได้}$$

$$2\text{-DB } 20 \text{ mm มี } \frac{A_{s80}}{2} = 2 \times 3.14 = 6.28 > 3.016 \text{ cm}^2 \text{ ใช้ได้แต่เปลืองค่าเหล็กมากกว่า}$$

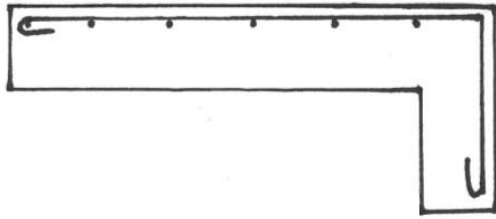
คำตอบ ข้อ (3) เสริม 2-DB 16 ทั้งสองข้าง (รวมสี่ด้าน)

คำถามข้อที่ 48

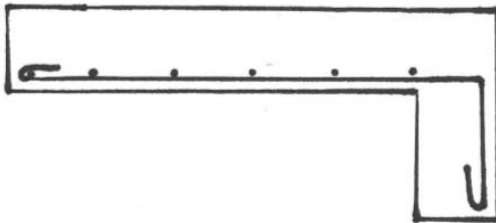
พื้นที่ในข้อใดมีการเสริมเหล็กที่ถูกต้อง

ตัวเลือก

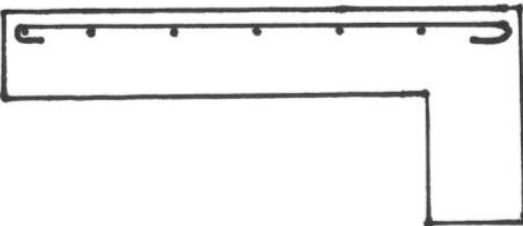
(1)



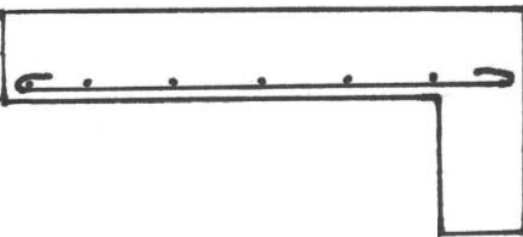
(2)



(3)



(4)



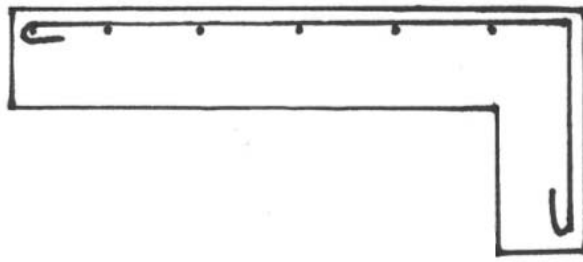
แนวคิด

พื้นที่เหล็กรับแรงดึงขีดผิวนเนื่องจากโมเมนต์ลบ เช่นรูปที่ (1) และ (3) สำหรับรูปที่ (2) และ (4)

เหล็กขีดผิวล่างจึงผิด

ระหว่างรูปที่ (1) กับ (3) รูปที่ (3) ระยะฝังไม่พอเหล็กจะหลุดออกจากคานได้ ดังนั้นที่ปลอดภัยคือรูปที่ (1)

คำตอบ ข้อ (1)



TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member

คำถามข้อที่ 49

คอนกรีตมีกำลัง (f'_c) ทรงกระบอก 300 kg/cm^2 ควรมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น เท่าใด

ตัวเลือก

- (1) $3.0 \times 10^6 \text{ กก/ซม}^2$
- (2) $2.6 \times 10^6 \text{ กก/ซม}^2$
- (3) $2.6 \times 10^5 \text{ กก/ซม}^2$
- (4) $3.0 \times 10^5 \text{ กก/ซม}^2$

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ศ.ท. กำหนดโมดูลัสยืดหยุ่นคอนกรีตไว้ว่า

$$E_c = 4270w^{1.5} \sqrt{f'_c} = 15100 \sqrt{f'_c} = 15100 \sqrt{300} = 261539.6719 \text{ ksc}$$

$$E_c = 2.6 \times 10^5 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (3) $2.6 \times 10^5 \text{ กก/ซม}^2$

เฉลย ข้อ (2) $2.6 \times 10^6 \text{ กก/ซม}^2$



คำถามข้อที่ 50

เมื่อกำหนดให้ $f'_c = 200 \text{ ksc}$ และ $E_s = 2.04 \times 10^6 \text{ ksc}$ ค่าสัดส่วนโมดูลัสของเหล็กเสริมต่อคอนกรีต (n) มีค่า

ตัวเลือก

- (1) 8
- (2) 9
- (3) 10
- (4) 11

แนวคิด

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.04 \times 10^6}{15100 \sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{200}} = 9.55$$

อัตราส่วนโมดูลัสยึดหยุ่นไม่จำเป็นต้องเป็นเลขจำนวนเต็ม ดังนั้นตัวเลือกควรปรับใหม่ให้

เหมาะสม

คำตอบ ข้อ (2) 9

TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member

คำถามข้อที่ 51

โมดูลัสของการแตกร้าว (Modulus of rupture) ของคอนกรีตที่มีกำลังอัด 210 ksc มีค่าเท่ากับเท่าไร

ตัวเลือก

- (1) 22.98 ksc
- (2) 25.89 ksc
- (3) 28.98 ksc
- (4) 31.89 ksc

แนวคิด

$$f_r = 2.0\sqrt{f'_c} = 2.0\sqrt{210} = 28.98 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (3) 28.98 ksc



คำถามข้อที่ 52

คานยื่นขนาด $25 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ (ความลึกประสิทธิภาพ $d = 42.5 \text{ cm}$) กำหนดให้ $f'_c = 210 \text{ ksc}$, $f_y = 3000 \text{ ksc}$ ควรมีการเสริมเหล็กตามข้อใดเพื่อใช้ต้านทานโมเมนต์ดัดประลัย $M_u = 22000 \text{ kg.m}$

ตัวเลือก

- (1) เหล็กบน 3-DB 25 mm
- (2) เหล็กล่าง 3-DB 25 mm
- (3) เหล็กบน 5-DB 25 mm
- (4) เหล็กล่าง 5-DB 25 mm

แนวคิด

คานยื่นรับโมเมนต์ดัด เหล็กรับแรงดึงจะอยู่บน คัดข้อ (2) และ (4) ออกไปเลย

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{22,000 \times 100}{0.9 \times 25 \times 42.5^2} = 54.13302576 \text{ ksc}$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_u}{0.85 f'_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 210}{3000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 54.13302576}{0.85 \times 210}} \right]$$

$$\rho = 0.022177442$$

$$A_s = \rho b d = 0.022177442 \times 25 \times 42.5 = 23.564 \text{ cm}^2$$

$$3\text{-DB } 25 \text{ mm}; A_s = 3 \times 4.909 = 14.727 \text{ cm}^2$$

$$5\text{-DB } 25 \text{ mm}; A_s = 5 \times 4.909 = 24.545 \text{ cm}^2 > 23.564 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) เหล็กบน 5-DB 25 mm

คำถามข้อที่ 53

คานขนาด $20\text{ cm} \times 45\text{ cm}$ (ความลึกประสิทธิภาพ $d = 40\text{ cm}$) ควรมีปริมาณเหล็กเสริมน้อยที่สุดไม่น้อยกว่าข้อใดต่อไปนี้อย่างน้อย เมื่อกำหนดให้ $f'_c = 210\text{ ksc}$ และ $f_y = 3000\text{ ksc}$

ตัวเลือก

- (1) 2-DB 12 mm
- (2) 3-DB 12 mm
- (3) 2-DB 16 mm
- (4) 3-DB 16 mm

แนวคิด

$$A_{s,\min} = \rho_{\min} bd = \frac{14}{f_y} bd = \frac{14}{3000} \times 20 \times 40 = 3.733\text{ cm}^2$$

$$(1) \text{ 2-DB 12 mm; } A_s = 2 \times 1.131 = 2.262\text{ cm}^2 < 3.733\text{ cm}^2$$

$$(2) \text{ 3-DB 12 mm; } A_s = 3 \times 1.131 = 3.393\text{ cm}^2 < 3.733\text{ cm}^2$$

$$(3) \text{ 2-DB 16 mm; } A_s = 2 \times 2.01 = 4.02\text{ cm}^2 > 3.733\text{ cm}^2$$

$$(4) \text{ 3-DB 16 mm; } A_s = 3 \times 2.01 = 6.03\text{ cm}^2 > 3.733\text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 2-DB 16 mm

คำถามข้อที่ 54

จงคำนวณหาความลึกประสิทธิภาพของเหล็กเสริมรับแรงดึงของคานยื่นที่มีหน้าตัดขนาด 20 cm × 50 cm เหล็กเสริมบน 2-DB 20 mm เหล็กเสริมล่าง 2-DB 16 mm ใช้เหล็กปลอก RB 6 mm @ 0.15 m (กำหนดให้ใช้ covering = 3.0 cm)

ตัวเลือก

- (1) 44.6 cm
- (2) 45.4 cm
- (3) 45.6 cm
- (4) 46.4 cm

แนวคิด

ทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัดต่างเป็นเหล็กชั้นเดียว การหาความลึกของเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัดทำได้ดังนี้

ความลึกประสิทธิภาพ d = ความลึก h – covering – เหล็กถูกตั้ง - $\frac{1}{2}$ เหล็กรับแรงดึง

$$d = 50 - 3 - 0.6 - \frac{2.0}{2} = 45.4 \text{ cm}$$

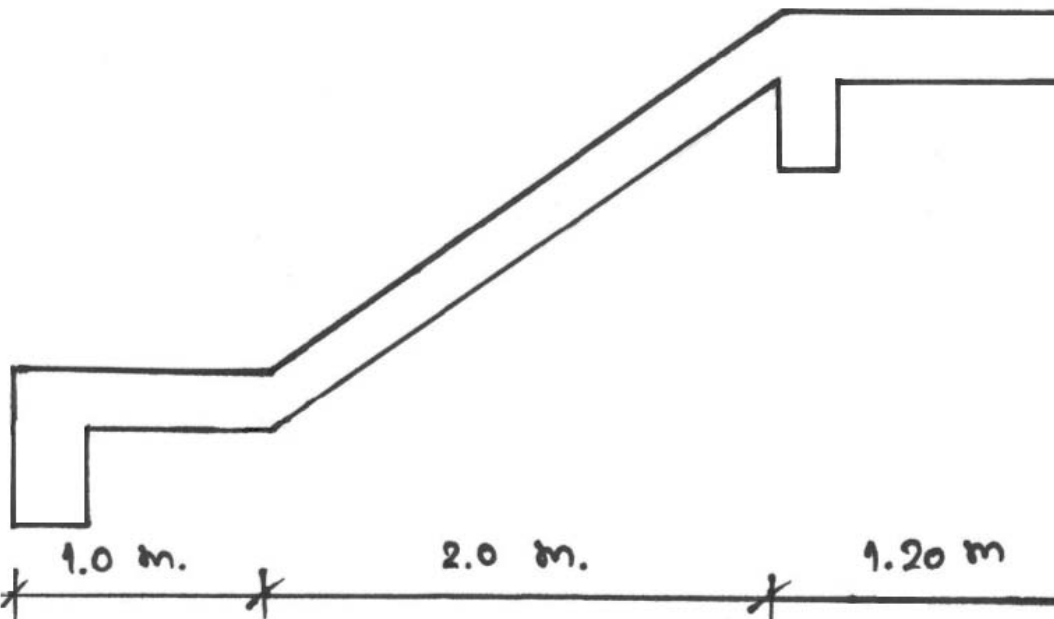
ความลึกเหล็กรับแรงอัด d' = covering + เหล็กถูกตั้ง + $\frac{1}{2}$ เหล็กรับแรงอัด

$$d' = 3 + 0.6 + \frac{1.6}{2} = 4.4 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 45.4 cm

คำถามข้อที่ 55

จากรูปตัดของบันได จะต้องใช้ค่าความยาวค่าใดในการออกแบบบันได



ตัวเลือก

- (1) 2.0 m
- (2) 3.0 m
- (3) 3.2 m
- (4) 4.2 m

แนวคิด

ช่วงความยาววัดระหว่างจุดรองรับ = $1.0 \text{ m} + 2.0 \text{ m} = 3.0 \text{ m}$

คำตอบ ข้อ (2) 3.0 m

คำถามข้อที่ 56

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดปอดอกเดี่ยวขนาด $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ มีเหล็กเสริมตามยาวเป็นเหล็กข้ออ้อย จงคำนวณหาค่าลึงที่เสาสามารถรับน้ำหนักได้โดยปลอดภัย โดยกำหนดให้ $f'_c = 250 \text{ ksc}$, และ $f_y = 3000 \text{ ksc}$

ตัวเลือก

- (1) 114.7 ตัน
- (2) 97.5 ตัน
- (3) 69.7 ตัน
- (4) 59.2 ตัน

แนวคิด

โจทย์ไม่ให้เหล็กยื่น สมมติใช้ประมาณ 1%

$$A_g = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$$

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{A_{st}}{900} = 0.01$$

$$A_{st} = 900 \times 0.01 = 9 \text{ cm}^2$$

$$\text{DB 12 mm} = \frac{9}{1.131} = 7.96 \Rightarrow 8 \text{ bars}$$

$$A_{st} = 8 \times 1.131 = 9.048 \text{ cm}^2$$

$$P = 0.85 A_g (0.25 f'_c + f_s \rho_g)$$

$$P = 0.85 A_g \left(0.25 f'_c + 0.4 f_y \frac{A_{st}}{A_g} \right)$$

$$P = 0.85 \times 900 \times \left(0.25 \times 250 + 0.4 \times 3000 \times \frac{9.048}{900} \right)$$

$$P = 57041.46 \text{ kg} \Rightarrow 57.04 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (4) 59.2 ตัน

คำถามข้อที่ 57

ปริมาณของเหล็กเสริมยื่นในเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 20×120 ตร.ซม ควรพิจารณาใช้เป็นเหล็กน้อยที่สุด

ตัวเลือก

- (1) 4 DB 12 mm
- (2) 6-DB 10 mm
- (3) 6-DB 12 mm
- (4) 8-DB 20 mm

แนวคิด

พิมพ์โงทย์ผิด ที่ถูกต้องคือขนาดเสา 20×20 ตร.ซม

ปริมาณเหล็กชั้นต่ำคือ 1% หรือ $0.01A_g$ แต่ต้องไม่เล็กกว่า 12 มม และไม่น้อยกว่า 4 เส้น

$$A_{st} = 0.01 \times 20 \times 20 = 4 \text{ cm}^2$$

$$4 - \text{DB } 12 \text{ mm}; A_{st} = 4 \times 1.131 = 4.524 \text{ cm}^2 > 4 \text{ cm}^2 \text{ O.K}$$

คำตอบ ข้อ (1) 4-DB 12 mm

TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member

คำถามข้อที่ 58

จงคำนวณจำนวนเสาเข็มที่ต้องใช้สำหรับฐานรากเสาเข็มซึ่งรับแรงตามแนวนอน ซึ่งเป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) = 60 ตัน น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) = 40 ตัน โดยฐานรากมีน้ำหนักของฐานรากเอง 5.5 ตัน โดยเลือกใช้เสาเข็มขนาด $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ สามารถรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานได้เท่ากับ 30 ตัน/ต้น

ตัวเลือก

- (1) 3 ต้น
- (2) 4 ต้น
- (3) 5 ต้น
- (4) 6 ต้น

แนวคิด

$$\text{น้ำหนักบรรทุกใช้งานรวม} = 60 + 40 + 5.5 = 105.5 \text{ ตัน}$$

$$\text{จำนวนเสาเข็มที่ใช้} = \frac{105.5}{30} = 3.52 \Rightarrow 4 \text{ ต้น}$$

คำตอบ ข้อ (2) 4 ต้น

หมายเหตุ การพิมพ์ข้อสอบมีบางส่วนเป็นอักษรโรมัน ได้แปลงเป็นภาษาไทยจากการเทียบเคียงแล้ว

คำถามข้อที่ 59

ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. โดยวิธีกำลัง (USD) ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กควรมีระยะหุ้มคอนกรีตเป็น
อย่างน้อยเท่าใด

ตัวเลือก

- (1) 3.0 cm
- (2) 5.0 cm
- (3) 7.5 cm
- (4) 10.0 cm

แนวคิด

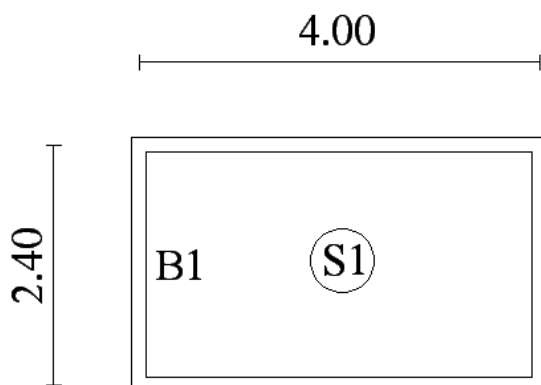
คำว่าวิธีกำลัง ชื่อย่อภาษาอังกฤษปัจจุบันนี้ใช้ SDM : Strength Design Method กำหนดระยะหุ้มของ
โครงสร้างที่สัมผัสดินตลอดเวลาแต่ไม่ใช่บริเวณกันกร่อนสูง ไม่น้อยกว่า 7.5 ซม แต่ถ้าบริเวณกัด
กร่อนสูง เช่นใกล้ทะเล บริเวณน้ำกร่อย ระยะหุ้มอย่างน้อย 10 ซม

คำตอบ ข้อ (3) 7.5 cm



คำถามข้อที่ 60

คานคอนกรีตเสริมเหล็ก B1 เป็นคานช่วงเดียวมีขนาดหน้าตัด 0.15×0.30 m รองรับแผ่นพื้นหล่อในที่ S1 ในด้านสั้น ซึ่งมีขนาด 2.40×4.00 m มีความหนาแผ่นพื้น 0.10 m และแผ่นพื้นรับน้ำหนักบรรทุกจร 200 kg/m^2 จงคำนวณหาแรงเฉือนสูงสุดเพื่อใช้ออกแบบคาน B1



ตัวเลือก

- (1) 369.6 kg
- (2) 422.4 kg
- (3) 552 kg
- (4) 622.4 kg
- (5) 657.6 kg

แนวคิด

$$\text{น้ำหนักคงแผ่นพื้น } w = 2400h + LL = 2400 \times 0.10 + 200 = 440 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{กระจายน้ำหนักลงคานด้านสั้น } w_s = \frac{wS}{3} = \frac{440 \times 2.40}{3} = 352 \text{ kg/m}$$

$$\text{น้ำหนักคาน } w_D = 2400bh = 2400 \times 0.15 \times 0.30 = 108 \text{ kg/m}$$

$$\text{น้ำหนักรวมบนคาน } w = 352 + 108 = 460 \text{ kg/m}$$

$$\text{แรงเฉือนที่จุดรองรับปลายคาน } V = \frac{wL}{2} = \frac{460 \times 2.40}{2} = 552 \text{ kg}$$

คำตอบ ข้อ (3) 552 kg

หมายเหตุ ในการออกแบบรับแรงเฉือนของคาน ต้องคิดแรงเฉือน V ที่หน้าตัดวิกฤตของคานซึ่งห่างจากขอบในของรองรับเป็นระยะ d

คำถามข้อที่ 61

คานขนาดหน้าตัด 0.15×0.40 m ถ้าต้องการให้สามารถต้านทานต่อแรงเฉือนปลอดภัยได้ 3,500.00 kg จะต้องใช้ระยะห่างเหล็กปลอกมากที่สุดโดยวิธีใช้งาน (WSD) (จากตัวเลือกที่กำหนดให้) กำหนดให้ใช้เหล็กปลอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ชนิด SR24 (A_s ของ RB 6 มม = 0.28 cm^2 /เส้น) ความลึกประสิทธิภาพ (d) = 35 cm และ $f'_c = 200 \text{ ksc}$, $f_y = 2400 \text{ ksc}$

ตัวเลือก

- (1) 0.100 m
- (2) 0.125 m
- (3) 0.150 m
- (4) 0.175 m

แนวคิด

$$V_c = 0.29\sqrt{f'_c}b_wd = 0.29\sqrt{200} \times 15 \times 35 = 2153 \text{ kg}$$

$$s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c} = \frac{(2 \times 0.28) \times \frac{2400}{2} \times 35}{3500 - 2153} = 17.46 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (4) 0.175 m

คำถามข้อที่ 62

คานคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 0.20×0.40 m เมื่อออกแบบคานรับแรงเฉือนพบว่า ต้องการเหล็ก
ปลอก RB 6 ($A_s = 0.28$ ตร.ซม/ขา) @ 0.15 m จงคำนวณหาความสามารถต้านทานแรงเฉือนโดย
วิธีใช้งาน (WSD) ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. (เมื่อคิดเฉพาะผลขนาดหน้าตัดคานและเหล็กปลอกคาน)
กำหนดความลึกประสิทธิภาพ (d) = 35 cm, $f_y = 2400$ ksc และ $f'_c = 200$ ksc

ตัวเลือก

- (1) 2870 kg
- (2) 3654 kg
- (3) 4438 kg
- (4) 5247 kg
- (5) 6,845.74 kg

แนวคิด

$$V_c = 0.29\sqrt{f'_c}b_wd = 0.29\sqrt{200} \times 20 \times 35 = 2870.85 \text{ kg}$$

$$s = \frac{A_v f_y d}{V - V_c}$$

$$15 = \frac{(2 \times 0.28) \times \frac{2400}{2} \times 35}{V - 2870.85}$$

$$V = 2870.85 + \frac{2 \times 0.28 \times 1200 \times 35}{15} = 4438.85 \text{ kg}$$

คำตอบ ข้อ (3) 4438 kg

คำถามข้อที่ 63

แผ่นพื้นหล่อในที่ขนาด 4.00×5.00 m กานขอบรองรับทั้ง 4 ด้าน จงคำนวณหาค่าความหนาของแผ่นพื้นน้อยที่สุดที่ต้องการ ก่อนการพิจารณาผลเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำต่อแผ่นพื้น

ตัวเลือก

- (1) 6 cm
- (2) 2 cm
- (3) 10 cm
- (4) 12 cm
- (5) 12.5 cm

แนวคิด

ความหนาต่ำสุดเท่ากับ เส้นรอบรูปหารด้วย 180 แต่ต้องไม่น้อยกว่า 8 cm

$$h_f = \frac{4.00 + 5.00 + 4.00 + 5.00}{180} = \frac{4.00 + 5.00}{90} = 0.10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 10 cm

คำถามข้อที่ 64

แผ่นพื้นหล่อในที่ขนาด 2.00×5.00 m ไม่ต่อเนื่อง 4 ด้าน มีความหนาแผ่นพื้น 0.08 m รับน้ำหนักบรรทุกจร 300 kg/m^2 ตามข้อกำหนดมาตรฐาน ว.ส.ท. โดยวิธีใช้งาน (WSD) ใช้เหล็กเสริมชนิด SR24 $f_s = 1200 \text{ ksc}$, $j = 0.88$, $R = 10.1 \text{ ksc}$ และความลึกประสิทธิภาพ (d) = 5 cm จะต้องใช้เหล็กเสริมไม่น้อยกว่า

ตัวเลือก

- (1) $2.83 \text{ cm}^2/\text{m}$
- (2) $3.71 \text{ cm}^2/\text{m}$
- (3) $4.64 \text{ cm}^2/\text{m}$
- (4) $8.15 \text{ cm}^2/\text{m}$
- (5) $9.29 \text{ cm}^2/\text{m}$

แนวคิด

$$w = 2400h_f + LL = 2400 \times 0.08 + 300 = 492 \text{ kg/m}^2$$

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{492 \times 2.00^2}{8} = 246 \text{ kg.m} = 24600 \text{ kg.cm}$$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{24600}{1200 \times 0.88 \times 5} = 4.659 \text{ cm}^2/\text{m}$$

คำตอบ ข้อ (3) $4.64 \text{ cm}^2/\text{m}$

คำถามข้อที่ 65

ฐานรากเสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ใช้เสาเข็มขนาด $0.20 \times 0.20 \times 9.00$ m จำนวน 4 ต้น ซึ่งเสาเข็มแต่ละต้นกำหนดให้อยู่ในตำแหน่งที่สมมาตรเมื่อพิจารณาจากหน้าตัดฐานราก จงคำนวณหาขนาดของฐานรากที่ยังไม่พิจารณาถึงแรงที่กระทำ

ตัวเลือก

- (1) 1.00×1.00 m
- (2) 1.20×1.20 m
- (3) 1.30×1.30 m
- (4) 1.50×1.50 m

แนวคิด

เสาเข็มห่างขอบฐานรากอย่างน้อยเท่ากับขนาดเสาเข็ม $= 0.20$ m

ศูนย์กลางเสาเข็มห่างกันไม่น้อยกว่า 3 เท่าขนาดเสาเข็ม $= 3 \times 0.20 = 0.60$ m

แต่ละด้านฐานรากยาว $= 0.20 + 0.60 + 0.20 = 1.00$ m

คำตอบ ข้อ (1) 1.00×1.00 m

TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member

คำถามข้อที่ 66

ฐานแผ่ (spread footing) บนดินขนาด 1.50×2.00 ม มีความหนา 0.40 ม รองรับเสาตอม่อขนาดหน้าตัด 0.20×0.20 ม วางตำแหน่งกึ่งกลางฐานราก ถ้าน้ำหนักฐานรากรวมกับน้ำหนักที่กระทำตามแนวก้นเท่ากับ 25,000 kg จงคำนวณหาหน่วยแรงเฉือนทางเดียวทางยาวที่หน้าตัดวิกฤต กำหนดความลึกประสิทธิภาพ (d) = 35 cm

ตัวเลือก

- (1) 2.38 ksc
- (2) 2.14 ksc
- (3) 1.72 ksc
- (4) 1.31 ksc

แนวคิด

$$\text{แรงดันเฉลี่ยของดิน} = \frac{25000}{1.50 \times 2.00} = \frac{25000}{3} \text{ kg/m}^2$$

$$\text{พื้นที่เกิดแรงเฉือนขอบขาว} = 2.00 \times \left(\frac{1.50}{2} - \frac{0.20}{2} - 0.35 \right) = 0.6 \text{ m}^2$$

$$\text{แรงเฉือนทางเดียวทางยาว} V = \frac{25000}{3} \times 0.6 = 5000 \text{ kg}$$

$$\text{หน่วยแรงเฉือน} v_b = \frac{5000}{200 \times 35} = 0.714 \text{ ksc}$$

คำตอบ ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

เฉลย ข้อ (3) 1.72 ksc

คำถามข้อที่ 67

ฐานแผ่วางบนดินขนาด 1.50×2.00 ม มีความหนา 0.40 ม รองรับเสาตอม่อมีขนาดหน้าตัด 0.20×0.20 ม ที่ตำแหน่งกึ่งกลางฐานราก ถ้าน้ำหนักฐานรากรวมกับน้ำหนักที่กระทำตามแนวแกนเสาตอม่อเท่ากับ 25000 kg จงคำนวณหาค่าหน่วยแรงเฉือนแบบทะลุที่หน้าตัดวิกฤต กำหนดให้ความลึกประสิทธิภาพ (d) = 35 cm

ตัวเลือก

- (1) 2.92 ksc
- (2) 4.76 ksc
- (3) 8.80 ksc
- (4) 8.93 ksc

แนวคิด

$$\text{แรงต้านทานเฉลี่ย } p = \frac{25000}{1.50 \times 2.00} = \frac{25000}{3} \text{ kg/m}^2$$

$$\text{แรงเฉือนแบบเจาะทะลุ } V_p = \frac{25000}{3} \times [1.50 \times 2.00 - (0.20 + 0.35)(0.20 + 0.35)]$$

$$V_p = 22479 \text{ kg}$$

$$\text{หน่วยแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ } v_p = \frac{22479}{2 \times 35 \times (20 + 20 \times 2 \times 35)} = 2.919 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (1) 2.92 ksc

คำถามข้อที่ 68

ฐานแผ่วางบนดินขนาด 1.50×2.00 ม มีความหนา 0.40 ม รองรับเสาต่อม่อมีขนาดหน้าตัด 0.20×0.20 ม ที่ตำแหน่งกึ่งกลางฐานราก ถ้าน้ำหนักฐานรากรวมกับน้ำหนักที่กระทำตามแนวแกนเสาต่อม่อเท่ากับ 25000 kg จงคำนวณหาค่าปริมาณเหล็กเสริมทางยาวด้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุดโดยวิธีใช้งาน (WSD) ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดความหนาฐานรากสามารถรับแรงเฉือนแบบคานกว้างและแบบทะลุได้ ความลึกประสิทธิภาพ (d) = 35 cm , j = 0.88 และใช้เหล็กเสริม f_y = 2400 ksc

ตัวเลือก

- (1) 7.1 cm^2
- (2) 9.1 cm^2
- (3) 13.7 cm^2
- (4) 15.0 cm^2

แนวคิด

แรงดันเฉลี่ยของดิน $p = \frac{25000}{1.50 \times 2.00} = \frac{25000}{3} \text{ kg/m}^2$

แรงเฉือนที่ขอบต่อม่อ $V = \frac{25000}{3} \times 1.50 \times \left(\frac{2.00}{2} - \frac{0.20}{2} \right) = 11250 \text{ kg}$

โมเมนต์ที่ขอบต่อม่อ $M = 11250 \times \frac{1}{2} \left(\frac{2.00}{2} - \frac{0.20}{2} \right) = 5062.5 \text{ kg.m}$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{5062.5 \times 100}{\frac{2400}{2} \times 0.88 \times 35} = 13.697 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 13.7 cm^2

คำถามข้อที่ 69

คานขนาด 0.20×0.50 มีความยาวช่วง 5 ม รับน้ำหนักบรรทุกรวมน้ำหนักคานทั้งหมด 2000 kg/m ต้องเสริมเหล็กรับแรงดึงเท่าใด ถ้าออกแบบด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) $f'_c = 240 \text{ ksc}$, $f_y = 3000 \text{ ksc}$, $d = 0.45 \text{ m}$, $k = 0.39$

ตัวเลือก

- (1) 2-DB 25 mm
- (2) 3-DB 25 mm
- (3) 4-DB 25 mm
- (4) 5-DB 25 mm

แนวคิด

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 240 = 108 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 3000 = 1500 \text{ ksc}$$

$$k = 0.39$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.39}{3} = 0.87$$

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{2000 \times 5^2}{8} = 6250 \text{ kg.m} = 625000 \text{ kg.cm}$$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{625000}{1500 \times 0.87 \times 45} = 10.643 \text{ cm}^2$$

$$\text{ใช้เหล็ก DB 25 mm จำนวน} = \frac{10.643}{4.909} = 2.17 \Rightarrow 3 \text{ เส้น}$$

คำตอบ ข้อ (2) 3-DB 25 mm

คำถามข้อที่ 70

คานขนาด 0.20×0.50 มีความยาวช่วง 5 ม รับน้ำหนักบรรทุกรวมน้ำหนักคานทั้งหมด 2000 kg/m ออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) หาปริมาณเหล็กปลอก $f'_c = 240 \text{ ksc}, f_y = 2400 \text{ ksc}, d = 0.45 \text{ m}$

ตัวเลือก

- (1) RB 6 @ 0.10
- (2) RB 6 @ 0.20
- (3) RB 6 @ 0.30
- (4) RB 6 @ 0.40

แนวคิด

$$\text{แรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤต } V = w \left(\frac{L}{2} - d \right) = 2000 \times \left(\frac{5}{2} - 0.45 \right) = 4100 \text{ kg}$$

$$\text{แรงเฉือนที่คอนกรีตรับได้ } V_c = 0.29 \sqrt{f'_c} b_w d = 0.29 \sqrt{240} \times 20 \times 45 = 4043 \text{ kg}$$

$$\text{RB 6 mm มี } A_v = 2 \times 0.283 = 0.566 \text{ cm}^2, f_v = \frac{2400}{2} = 1200 \text{ ksc}$$

$$s = \frac{A_v f_v d}{V - V_c} = \frac{0.566 \times 1200 \times 45}{4100 - 4043} = 536 \text{ cm}$$

$$s = \frac{d}{2} = \frac{45}{2} = 22.5 \text{ cm}$$

$$s = 60 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) RB 6 mm @ 0.20 m

คำถามข้อที่ 71

คานขนาด 0.20×0.40 มีความยาวช่วง 5 ม รับน้ำหนักบรรทุกรวมน้ำหนักคานทั้งหมด 2000 kg/m ต้องเสริมเหล็กรับแรงอัดเท่าไร ออกแบบด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) $f'_c = 240 \text{ ksc}$, $f_y = 3000 \text{ ksc}$, $d = 0.35 \text{ m}$, $d' = 0.05 \text{ m}$, $k = 0.39$

ตัวเลือก

- (1) 2-DB 12 mm
- (2) 3-DB 12 mm
- (3) 2-DB 16 mm
- (4) 3-DB 16 mm

แนวคิด

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 240 = 108 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 3000 = 1500 \text{ ksc}$$

$$k = 0.39$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.39}{3} = 0.87$$

$$M_c = \frac{1}{2} f_c k j b d^2 = \frac{1}{2} \times 108 \times 0.39 \times 0.87 \times 20 \times 35^2 = 448,893.9 \text{ kg.cm}$$

$$M_c = 4488.939 \text{ kg.m}$$

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{2000 \times 5^2}{8} = 6250 \text{ kg.m} = 625,000 \text{ kg.cm} > M_c$$

$$f'_s = 2f_s \frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k} \leq f_s$$

$$f'_s = 2 \times 1500 \times \frac{0.39 - \frac{5}{35}}{1 - 0.39} = 1215.456674 \text{ ksc} < f_s = 1500 \text{ ksc}$$

$$A'_s = \frac{M - M_c}{f'_s(d - d')} = \frac{625,000 - 448,893.9}{1215.456674 \times (35 - 5)} = 4.8296 \text{ cm}^2$$

$$\text{เหล็ก DB 16 mm ใช้} = \frac{4.8296}{2.01} = 2.4 \Rightarrow 3 \text{ เส้น}$$

คำตอบ ข้อ (4) 3-DB 16 mm

เฉลย ข้อ (3) 2-DB 16 mm

การใช้ 2-DB 16 mm เพราะใช้ $f'_s = f_s = 1500 \text{ ksc}$

$$A'_s = \frac{M - M_c}{f'_s(d - d')} = \frac{625,000 - 448,893.9}{1500(35 - 5)} = 3.91 \text{ cm}^2 \Rightarrow \frac{3.91}{2.01} = 1.95 \Rightarrow 2 - \text{DB 16 mm}$$

ซึ่งผิด

คำถามข้อที่ 72

คานขนาด 0.20×0.40 มีความยาวช่วง 5 ม รับน้ำหนักบรรทุกรวมน้ำหนักคานทั้งหมด 2000 kg/m ต้องเสริมเหล็กรับแรงดึงเท่าไร ออกแบบด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) $f'_c = 240 \text{ ksc}, f_y = 3000 \text{ ksc}, d = 0.35 \text{ m}, d' = 0.05 \text{ m}, k = 0.39$

ตัวเลือก

- (1) 3-DB 20 mm
- (2) 3-DB 20 mm
- (3) 4-DB 20 mm
- (4) 5-DB 20 mm

แนวคิด

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 240 = 108 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 3000 = 1500 \text{ ksc}$$

$$k = 0.39$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.39}{3} = 0.87$$

$$M_c = \frac{1}{2} f_c k j b d^2 = \frac{1}{2} \times 108 \times 0.39 \times 0.87 \times 20 \times 35^2 = 448,893.9 \text{ kg.cm}$$

$$M_c = 448,893.9 \text{ kg.m}$$

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{2000 \times 5^2}{8} = 6250 \text{ kg.m} = 625,000 \text{ kg.cm} > M_c$$

$$f'_s = 2f_s \frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k} \leq f_s$$

$$f'_s = 2 \times 1500 \times \frac{0.39 - \frac{5}{35}}{1 - 0.39} = 1215.456674 \text{ ksc} < f_s = 1500 \text{ ksc}$$

$$A_s = \frac{M_c}{f_s j d} + \frac{M - M_c}{f_s (d - d')}$$

$$A_s = \frac{448,893.9}{1500 \times 0.87 \times 35} + \frac{625,000 - 448,893.9}{1500 \times (35 - 5)} = 13.74 \text{ cm}^2$$

$$\text{DB 20 mm ใช้จำนวน} = \frac{13.74}{3.14} = 4.4 \Rightarrow 5 \text{ เส้น}$$

คำตอบ ข้อ (4) 5-DB 20 mm

คำถามข้อที่ 73

จงออกแบบเหล็กเสริมโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) ของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (one-way slab) ช่วงยาว 2 ม หนา 10 ซม รับน้ำหนักบรรทุกจร 200 กก/ตร.ม กำหนด $f'_c = 200$ ksc, $f_y = 2400$ ksc, $d = 0.07$ m, $k = 0.40$

ตัวเลือก

- (1) RB 6 mm @ 0.10 m
- (2) RB 6 mm @ 0.20 m
- (3) RB 9 mm @ 0.10 m
- (4) RB 9 mm @ 0.20 m

แนวคิด

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 200 = 90 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$k = 0.40$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.40}{3} = 0.867$$

$$w = 2400 \times 0.10 + 200 = 440 \text{ kg/m}^2$$

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{440 \times 2^2}{8} = 220 \text{ kg.m} = 22000 \text{ kg.cm}$$

$$M_c = \frac{1}{2} f_c k j b d^2 = \frac{1}{2} \times 90 \times 0.40 \times 0.867 \times 100 \times 7^2 = 76,469.4 \text{ kg.cm} > M$$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{22000}{1200 \times 0.867 \times 7} = 3.02 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{RB 6 mm ระยะเรียง } s = \frac{A_{s1}}{A_s} = \frac{0.283}{3.02} = 0.0937 \text{ m ไม่มี}$$

$$\text{RB 9 mm ระยะเรียง } s = \frac{A_{s1}}{A_s} = \frac{0.636}{3.02} = 0.21 \text{ m}$$

คำตอบ ข้อ (4) RB 9 mm @ 0.20 m

คำถามข้อที่ 74

เสาต้นขนาด 0.25×0.25 สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ต่ำสุดเท่าใด โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) กำหนด $f'_c = 240 \text{ ksc}$, $f_y = 3000 \text{ ksc}$

ตัวเลือก

- (1) 38.2 ตัน
- (2) 39.8 ตัน
- (3) 82.9 ตัน
- (4) 95.6 ตัน

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนด $\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$ อยู่ระหว่าง 0.01 กับ 0.08 ดังนั้นเลือกค่าต่ำที่สุด 0.01

$$P = 0.85A_g(0.25f'_c + f_s\rho_g)$$

$$P = 0.85A_g(0.25f'_c + 0.4f_y\rho_g)$$

$$P = 0.85 \times (25 \times 25) \times (0.25 \times 240 + 0.4 \times 3000 \times 0.01)$$

$$P = 38250 \text{ kg} = 38.25 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (1) 38.2 ตัน

คำถามข้อที่ 75

เสาต้นขนาด 0.25×0.25 สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงสุดเท่าใด โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) กำหนด $f'_c = 240 \text{ ksc}$, $f_y = 3000 \text{ ksc}$

ตัวเลือก

- (1) 38.2 ตัน
- (2) 39.8 ตัน
- (3) 82.9 ตัน
- (4) 95.6 ตัน

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนด $\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$ อยู่ระหว่าง 0.01 กับ 0.08 ดังนั้นเลือกค่าสูงที่สุด 0.08

$$P = 0.85A_g(0.25f'_c + f_s\rho_g)$$

$$P = 0.85A_g(0.25f'_c + 0.4f_y\rho_g)$$

$$P = 0.85 \times (25 \times 25) \times (0.25 \times 240 + 0.4 \times 3000 \times 0.08)$$

$$P = 82875 \text{ kg} = 82.875 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (3) 82.9 ตัน

คำถามข้อที่ 76

จงหาโมเมนต์ดัดเพื่อออกแบบฐานรากแผ่นขนาด 2.0×2.0 หนา 0.40 ซม รับเสาขนาด 0.40×0.40 น้ำหนักฐานราก และแรงถ่ายลงเสาต่อม่อรวม 40 ตัน

ตัวเลือก

- (1) 1152 kg.m/m
- (2) 2048 kg.m/m
- (3) 3200 kg.m/m
- (4) 5000 kg.m/m

แนวคิด

แรงดันเฉลี่ย $p = \frac{40 \times 1000}{2.0 \times 2.0} = 10000 \text{ kg/m}^2$

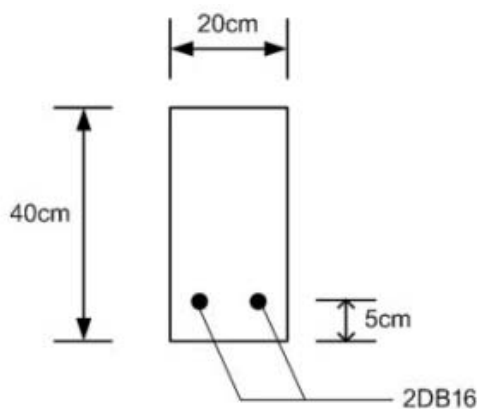
โมเมนต์ดัดที่ขอบตอม่อ

$$M = pL \left(\frac{B}{2} - \frac{b}{2} \right) \times \frac{1}{2} \times \left(\frac{B}{2} - \frac{b}{2} \right) = \frac{pL}{8} (B - b)^2$$
$$M = \frac{10000 \times 2.0}{8} \times (2.0 - 0.4)^2 = 6400 \text{ kg.m} / 2.0 \text{ m}$$
$$M = 3200 \text{ kg.m/m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 3200 kg.m/m

คำถามข้อที่ 77

หน้าตัดคอนกรีตมีการเสริมเหล็กและกำหนดคุณสมบัติของวัสดุดังรูป จงหาโมเมนต์ดัดประลัยที่คอนกรีตจะรับได้



กำหนดให้

$$f'_c = 240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \text{กำลังอัดประลัยของคอนกรีต}$$

$$f_y = 4000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \text{หน่วยแรงดึงที่จุดครากของเหล็กเสริม}$$

$$E_s = 2.04(10)^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \text{โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม}$$

ตัวเลือก

- (1) 2781 กิโลกรัม.เมตร
- (2) 3781 กิโลกรัม.เมตร
- (3) 4781 กิโลกรัม.เมตร
- (4) 5781 กิโลกรัม.เมตร

แนวคิด

$$b = 20 \text{ cm}, h = 40 \text{ cm}, d = 40 - 5 = 35 \text{ cm}$$

$$A_s = 2 - \text{DB } 16 \text{ mm} = 2 \times 2.01 = 4.02 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{4.02}{20 \times 35} = 0.005742857$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.005742857 \times 4000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.005742857 \times \frac{4000}{240} \right)$$

$$R_u = 21.67419868 \text{ ksc}$$

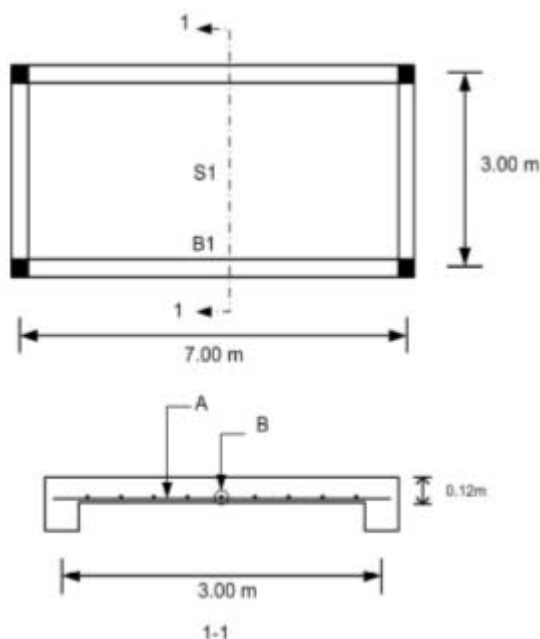
$$\phi M_n = \phi R_u b d^2 = 0.9 \times 21.67419868 \times 20 \times 35^2 = 477,916.0808 \text{ kg.cm}$$

$$\phi M_n = 4779.160808 \text{ kg.m} \Rightarrow 4780 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 4781 กิโลกรัม.เมตร

คำถามข้อที่ 78

เหล็กเสริม A และ B จะต้องเสริมเหล็กขนาดและระยะเรียงเท่าใดโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน จึงจะเพียงพอต่อการรับน้ำหนักบรรทุกทุกจรใช้งานของพื้นที่แสดงดังรูป



กำหนดให้

น้ำหนักบรรทุกทุกจร = 200 กก/ตารางเมตร

ระยะจากผิวล่างสุดถึงจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริม = 3 ซม

เหล็กเสริมเป็นเหล็กเส้นกลม

$$f_c = 108 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, f_s = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, n = 9, k = 0.438, j = 0.854, R = 20.20 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

ตัวเลือก

- (1) A: RB 6 @ 0.10 ม, B: RB 6 @ 0.20 ม
- (2) A: RB 9 @ 0.30 ม, B: RB 9 @ 0.30 ม
- (3) A: RB 9 @ 0.20 ม, B: RB 9 @ 0.10 ม
- (4) A: RB 9 @ 0.10 ม, B: RB 9 @ 0.20 ม

แนวคิด

ตัดแผ่นพื้นกว้าง 1.00 เมตร เป็นคานแบน ด้านสั้นเป็นคานช่วงเดียว ด้านยาวใช้เหล็กกันร้าว

$$w_D = 2400 \times 0.12 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$w = w_D + w_L = 288 + 200 = 488 \text{ kg/m}^2$$

$$M_s = \frac{wL^2}{8} = \frac{488 \times 3.00^2}{8} = 549 \text{ kg.m/m} = 54900 \text{ kg.cm/m}$$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{54900}{1200 \times 0.854 \times (12 - 3)} = 5.952 \text{ cm}^2/\text{m}$$

ใช้ RB 6 mm ระยะเรียง $s = \frac{0.283}{5.952} = 0.0475 \text{ m}$ ข้อ (1) ผิด เพราะ @ 0.10 ม

ใช้ RB 9 mm ระยะเรียง $s = \frac{0.636}{5.952} = 0.106 \text{ m}$ ข้อ (2) ผิด เพราะ @ 0.30 ม ข้อ (3) ผิด เพราะ @

0.20 ม ข้อ (4) น่าจะถูกต้องเพราะ @ 0.10 ม

ตรวจสอบหลักตามยาว

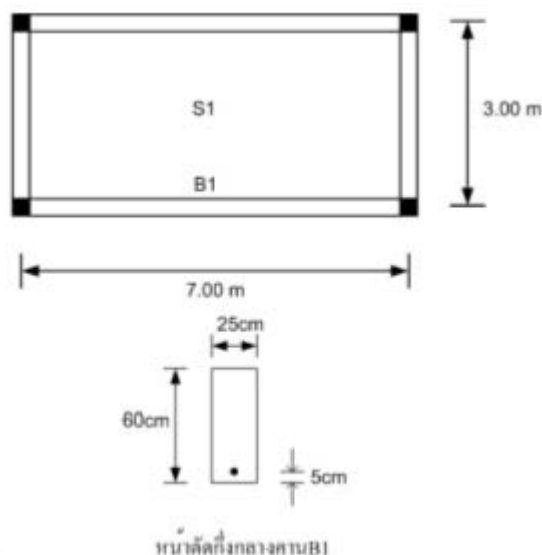
$$A_{s, \text{temp}} = 0.0025bh = 0.0025 \times 100 \times 12 = 3 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

ข้อ (4) ใช้ RB 9 mm ระยะเรียง $s = \frac{0.636}{3} = 0.212 \text{ m}$ ใช้จริง RB 9 mm @ 0.20 m

คำตอบ ข้อ (4) A: RB 9 @ 0.10 ม, B: RB 9 @ 0.20 ม

คำถามข้อที่ 79

ในการออกแบบคาน B1 ที่หน้าตัดกึ่งกลางคานโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน โดยมีแปลน พื้น คาน และข้อมูลสำหรับออกแบบดังรูป คำตอบใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง



ข้อมูลสำหรับออกแบบคาน B1

พื้น S1 หน้า 12 ซม

น้ำหนักบรรทุกจรลงพื้น = 200 กก/ตารางเมตร

ระยะจากผิวคอนกรีตนอกสุดถึงจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริม = 5 ซม

เหล็กเสริมรับโมเมนต์คดเป็นเหล็กข้ออ้อย

$$f_c = 108 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, f_s = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, n = 9, k = 0.319, j = 0.894, R = 15.38 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

ตัวเลือก

- (1) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดิ่งอย่างเดียว เสริมเหล็ก 2 DB 16
- (2) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดิ่งอย่างเดียว เสริมเหล็ก 2 DB 20
- (3) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดิ่งและแรงอัด เสริมเหล็ก 2-DB 12 สำหรับแรงดิ่ง และ 2-DB 12 สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัด
- (4) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดิ่งและแรงอัด เสริมเหล็ก 2-DB 16 สำหรับแรงดิ่ง และ 2-DB 12 สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัด

แนวคิด

มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ของ ว.ส.ท.ข้อ 6103 สำหรับเหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังครากไม่น้อยกว่า 4000 กก/ชม² ให้รับแรงดิ่งได้ไม่เกิน 1700 กก/ชม² สำหรับโจทยข้อนี้กำหนด $f_s = 2000$ กก/ชม² ซึ่งมากกว่า 1700 กก/ชม² จึงขีดข้อกำหนดและยังขีด

กฎหมาย กฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 6 พ.ศ.2527 ด้วย แต่หากจะใช้ตามข้อมูลที่กำหนดก็สามารถกระทำได้นี้

$$m = \frac{S}{L} = \frac{3.00}{7.00} = 0.4286 < 0.5 \text{ เป็นแผ่นพื้นทางเดียว}$$

$$\text{น้ำหนักตัวพื้น } w_G = 2400h = 2400 \times 0.12 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{น้ำหนักรวมบนพื้น } w = 288 + 200 = 488 \text{ kg/m}^2$$

คาน B1 เป็นคานขอบยาว น้ำหนักจากพื้นลงคาน

$$w = \frac{wS}{3} \frac{3-m^2}{2} = \frac{488 \times 3.00}{3} \times \frac{3-0.4286^2}{2} = 687 \text{ kg/m}$$

$$\text{น้ำหนักของตัวคานเอง} = 2400bh = 2400 \times 0.25 \times 0.60 = 360 \text{ kg/m}$$

$$\text{น้ำหนักบรรทุกรวมบนคาน } w = 687 + 360 = 1047 \text{ kg/m}$$

โมเมนต์คัตที่กลางช่วง

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{1047 \times 7.00^2}{8} = 6412.875 \text{ kg.m} = 641,287.5 \text{ kg.cm}$$

โมเมนต์คัตสถานะสมดุล

$$M_R = Rbd^2 = 15.38 \times 25 \times 55^2 = 1,160,843.75 \text{ kg.cm} > M$$

แสดงว่าหน้าตัดนี้ต้องการเฉพาะเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว แต่ในทางปฏิบัติต้องเสริมเหล็กรับแรงอัดอย่างน้อย 2-DB 12 mm เอาไว้ให้เหล็กดัดยึดเกาะ หาเนื้อที่หน้าตัดเหล็กรับแรงดึง

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{641,287.5}{2000 \times 0.894 \times 55} = 6.521 \text{ cm}^2$$

$$\text{ถ้าใช้เหล็ก DB 12 mm จะใช้จำนวน} = \frac{6.521}{1.131} = 5.8 \Rightarrow 6 \text{ เส้น}$$

$$\text{ถ้าใช้เหล็ก DB 16 mm จะใช้จำนวน} = \frac{6.521}{2.01} = 3.2 \Rightarrow 4 \text{ เส้น}$$

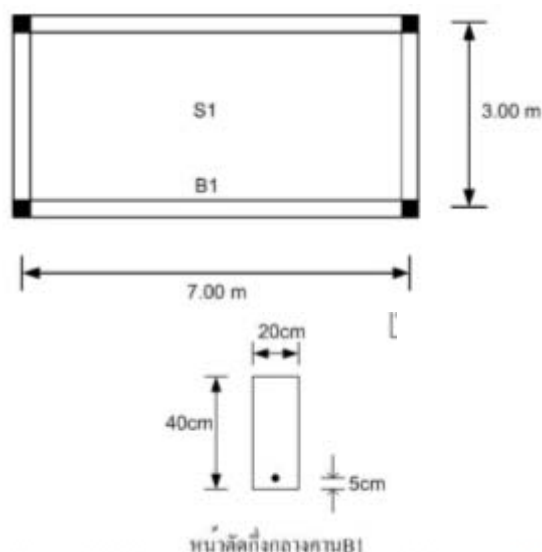
$$\text{ถ้าใช้เหล็ก DB 20 mm จะใช้จำนวน} = \frac{6.521}{3.14} = 2.08 \Rightarrow 3 \text{ เส้น}$$

คำตอบ ไม่มีข้อที่ถูกต้อง เพราะคำตอบคือ หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว เสริมเหล็ก 3-DB 20 mm

เฉลย ข้อ (3) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด เสริมเหล็ก 2-DB 12 สำหรับแรงดึง และ 2-DB 12 สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัด ซึ่งไม่ถูกต้อง

คำถามข้อที่ 80

ในการออกแบบคาน B1 ที่หน้าตัดกึ่งกลางคานโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน โดยมีแปลน พื้น คาน และข้อมูลสำหรับออกแบบดังรูป คำตอบใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง



ข้อมูลสำหรับออกแบบคาน B1

พื้น S1 หน้า 12 ซม

น้ำหนักบรรทุกทุกจระลงพื้น = 200 กก/ตารางเมตร

ระยะจากผิวคอนกรีตนอกสุดถึงจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริม = 5 ซม

เหล็กเสริมรับโมเมนต์คดเป็นเหล็กข้ออ้อย

$$f_c = 108 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, f_s = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, n = 9, k = 0.319, j = 0.894, R = 15.38 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

ตัวเลือก

- (1) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว เสริมเหล็ก 2 DB 16
- (2) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด เสริมเหล็ก 2 DB 16 สำหรับแรงดึง และ 2-DB 12 mm สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัด
- (3) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด เสริมเหล็ก 4-DB 16 สำหรับแรงดึง และ 2-DB 16 สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัด
- (4) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด เสริมเหล็ก 6-DB 16 สำหรับแรงดึง และ 2-DB 16 สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัด

แนวคิด

มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ของ ว.ส.ท.ข้อ 6103 สำหรับเหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังครากไม่น้อยกว่า 4000 กก/ซม² ให้รับแรงดึงได้ไม่เกิน 1700 กก/ซม² สำหรับ Joyhoothis กำหนด $f_s = 2000$ กก/ซม² ซึ่งมากกว่า 1700 กก/ซม² จึงขีดข้อกำหนดและยังขีด

กฎหมาย กฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 6 พ.ศ.2527 ด้วย แต่หากจะใช้ตามข้อมูลที่กำหนดก็สามารถกระทำได้นี้

$$m = \frac{S}{L} = \frac{3.00}{7.00} = 0.4286 < 0.5 \text{ เป็นแผ่นพื้นทางเดียว}$$

$$\text{น้ำหนักตัวพื้น } w_G = 2400h = 2400 \times 0.12 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{น้ำหนักรวมบนพื้น } w = 288 + 200 = 488 \text{ kg/m}^2$$

คาน B1 เป็นคานขอบยาว น้ำหนักจากพื้นลงคาน

$$w = \frac{wS}{3} \frac{3-m^2}{2} = \frac{488 \times 3.00}{3} \times \frac{3-0.4286^2}{2} = 687 \text{ kg/m}$$

$$\text{น้ำหนักของตัวคานเอง } = 2400bh = 2400 \times 0.20 \times 0.40 = 192 \text{ kg/m}$$

$$\text{น้ำหนักบรรทุกรวมบนคาน } w = 687 + 192 = 879 \text{ kg/m}$$

โมเมนต์ดัดที่กลางช่วง

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{879 \times 7.00^2}{8} = 5383.875 \text{ kg.m} = 538,387.5 \text{ kg.cm}$$

โมเมนต์ดัดสถานะสมดุล

$$M_R = Rbd^2 = 15.38 \times 20 \times 35^2 = 376,810 \text{ kg.cm} < M$$

แสดงว่าต้องการทั้งเหล็กรับแรงดึงและเหล็กรับแรงอัด

$$f'_s = 2f_s \frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k} = 2 \times 2000 \times \frac{0.319 - \frac{5}{35}}{1 - 0.319} = 1034.6 \text{ ksc}$$

$$A'_s = \frac{M - M_R}{f'_s(d - d')} = \frac{538,378.5 - 376,810}{1034.6(35 - 5)} = 5.206 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{M_R}{f_s jd} + \frac{M - M_R}{f_s(d - d')} = \frac{376,810}{2000 \times 0.894 \times 35} + \frac{538,378.5 - 376,810}{2000 \times (35 - 5)}$$

$$A_s = 6.021 + 2.693 = 8.714 \text{ cm}^2$$

$$\text{เหล็กรับแรงอัด DB 16 mm จำนวน} = \frac{5.206}{2.01} = 2.6 \Rightarrow 3 \text{ เส้น}$$

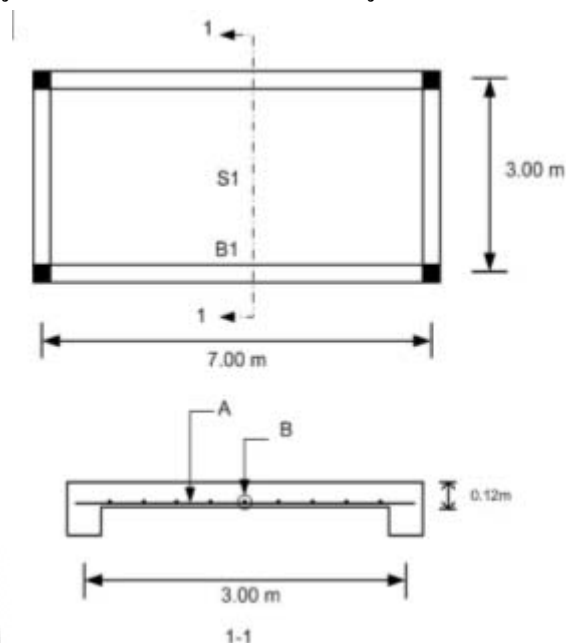
$$\text{เหล็กรับแรงดึง DB 16 mm จำนวน} = \frac{8.714}{2.01} = 4.3 \Rightarrow 5 \text{ เส้น}$$

คำตอบ ไม่มีคำตอบถูกต้อง เหล็กรับแรงอัด 3-DB 16 mm และเหล็กรับแรงดึง 3-DB 16 mm

เฉลย ข้อ (3)หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด เสริมเหล็ก 4-DB 16 สำหรับแรงดึง และ 2-DB 16 สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัด

คำถามข้อที่ 81

ในการออกแบบพื้น S1 โดยวิธีกำลังประลัย โดยมีแปลนพื้น-คาน และข้อมูลสำหรับออกแบบแสดง ดังรูป การเสริมเหล็กที่รูปตัด 1-1 ในข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง



กำหนดให้

น้ำหนักบรรทุกจร = 200 กก/ตารางเมตร

ระยะจากผิวล่างถึงจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริม = 3 ซม

เหล็กเสริมเป็นเหล็กเส้นกลม

$$U = 1.4D + 1.7L$$

$$f'_c = 240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, f_y = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, E_s = 2.04(10)^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, \rho_b = \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{0.003}{0.003 + \epsilon_y} \right)$$

ตัวเลือก

- (1) A:RB 6 @ 0.15 B: RB 6 @ 0.25
- (2) A:RB 6 @ 0.25 B: RB 6 @ 0.15
- (3) A:RB 9 @ 0.15 B: RB9 @ 0.20
- (4) A:RB 9 @ 0.20, B: RB 9 @ 0.15

แนวคิด

$$m = \frac{S}{L} = \frac{3.00}{7.00} = 0.4286 < 0.5 \text{ เป็นแผ่นพื้นทางเดียว}$$

$$\text{น้ำหนักตัวพื้น } w_G = 2400h = 2400 \times 0.12 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{น้ำหนักเพิ่มค่ารวมบนพื้น } w = 1.4 \times 288 + 1.7 \times 200 = 743.2 \text{ kg/m}^2$$

ตัดพื้นกว้าง 1.00 เมตรขนานขอบสั้น เป็นคานแบบ

$$f'_c = 240 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y}$$

$$\rho_b = 0.85 \times \frac{0.85 \times 240}{2400} \times \frac{6120}{6120 + 2400}$$

$$\rho_b = 0.051897887$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.038923415$$

$$M_u = \frac{w_u L^2}{8} = \frac{743.2 \times 3.00^2}{8} = 836.1 \text{ kg.m}$$

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{836.1 \times 100}{0.9 \times 100 \times (12 - 3)^2} = 11.4691358$$

$$\rho = \frac{0.85f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_u}{0.85f'_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 240}{2400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.4691358}{0.85 \times 240}} \right]$$

$$\rho = 0.00492127 < \rho_{\max} \text{ OK}$$

$$A_s = \rho b d = 0.00492127 \times 100 \times 9 = 4.429 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s, \text{temp}} = 0.0025 b h = 0.0025 \div 100 \times 12 = 3 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

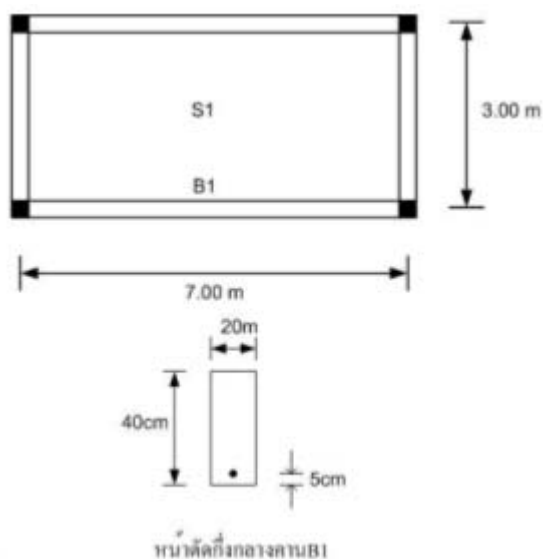
$$\text{RB 6 mm A:RB 6 mm @ } \frac{0.283}{4.429} = 0.064 \text{ m} \text{ และ B:RB 6 mm @ } \frac{0.283}{3} = 0.094 \text{ m}$$

$$\text{RB 9 mm A:RB 9 mm @ } \frac{0.636}{4.429} = 0.144 \text{ m} \text{ และ B:RB 6 mm @ } \frac{0.636}{3} = 0.212 \text{ m}$$

$$\text{คำตอบ} \quad \text{ข้อ (3) A:RB 9 mm @ 0.15 m และ B: RB 9 mm @ 0.20 m}$$

คำถามข้อที่ 82

ในการออกแบบหน้าตัดกึ่งกลางคาน B1 โดยวิธีกำลัง โดยมี แพลนพื้น-คานและข้อมูลสำหรับการออกแบบแสดงดังรูป ข้อใดเป็นคำตอบที่ถูกต้อง



ข้อมูลสำหรับออกแบบคาน B1

พื้น S1 หนา 12 ซม

น้ำหนักบรรทุกจรลงพื้น = 200 กก/ตารางเมตร

ระยะจากผิวคอนกรีตนอกสุดถึงจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริม = 5 ซม

เหล็กรับ โมเมนต์ดัดเป็นเหล็กข้ออ้อย

$$U = 1.4D + 1.7L$$

$$f'_c = 240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, f_y = 4000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, E_s = 2.04(10)^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, \rho_b = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{0.003}{0.003 + \epsilon_y} \right)$$

คำตอบ

- (1) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว เสริมเหล็ก 2-DB 12
- (2) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด โดยเสริมเหล็ก 2-DB 12 สำหรับแรงดึง และ 2-DB 12 สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัด
- (3) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว เสริมเหล็ก 4-DB 16
- (4) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด โดยเสริมเหล็ก 4-DB 16 สำหรับเหล็กเสริมรับแรงดึง และ 2-DB 16 สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัด
- (5) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว เสริมเหล็ก 5DB 20

แนวคิด

$$m = \frac{S}{L} = \frac{3.00}{7.00} = 0.4286 < 0.5 \text{ เป็นแผ่นพื้นทางเดียว}$$

$$\text{น้ำหนักตัวพื้น } w_G = 2400h = 2400 \times 0.12 = 288 \text{ kg/m}^2$$

น้ำหนักเพิ่มค่ารวมบนพื้น $w = 1.4 \times 288 + 1.7 \times 200 = 743.2 \text{ kg/m}^2$

น้ำหนักพื้นลงคาน $= \frac{wS}{3} \frac{3-m^2}{2} = \frac{743.2 \times 3.00}{3} \times \frac{3-0.4286^2}{2} = 1046.5 \text{ kg/m}$

น้ำหนักคาน $= 2400bh = 2400 \times 0.20 \times 0.40 = 192 \text{ kg/m}$

น้ำหนักเพิ่มค่าบนคาน $w = 1046.5 + 1.4 \times 192 = 1315.3 \text{ kg/m}$

โมเมนต์ดัดที่กลางคาน

$$M_u = \frac{wL^2}{8} = \frac{1315.3 \times 7.00^2}{8} = 8056.2125 \text{ kg.m} = 805,621.25 \text{ kg.cm}$$

$$f'_c = 240 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 240}{4000} \times \frac{6120}{6120 + 4000}$$

$$\rho_b = 0.026215612$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.019661709$$

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{805,621.25}{0.9 \times 20 \times 35^2} = 36.53611111$$

$$\rho = \frac{0.85f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_u}{0.85f'_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 240}{4000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 36.53611111}{0.85 \times 240}} \right]$$

$$\rho = 0.010142575 < \rho_{\max}$$

แสดงว่าต้องการเฉพาะเหล็กรับแรงดึง

$$A_s = \rho b d = 0.010142575 \times 20 \times 35 = 7.099802594 \text{ cm}^2$$

เสริม DB 12 mm ใช้ $\frac{7.1}{1.131} = 6.3 \Rightarrow 7$ เส้น

เสริม DB 16 mm ใช้ $\frac{7.1}{2.01} = 3.5 \Rightarrow 4$ เส้น

เสริม DB 20 mm ใช้ $\frac{7.1}{3.14} = 2.26 \Rightarrow 3$ เส้น

คำตอบ ข้อ (3) หน้าตัดเป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว เสริมเหล็ก 4-DB 16

คำถามข้อที่ 83

พ.ร.บ.ควบคุมอาคาร กำหนดหน่วยแรงใช้งานสำหรับคอนกรีตและเหล็กเสริมในคาน คสล. ที่รับโมเมนต์คดดังต่อไปนี้ ข้อใดที่ถูกต้อง

ตัวเลือก

- (1) $f_c = 0.375f'_c$ กก/ตร.ซม ไม่เกิน 60 กก/ตร.ซม
- (2) f_s (เหล็กกลม) = 1200 กก/ตร.ซม
- (3) f_s (เหล็กข้ออ้อยซึ่ง f_y ไม่เกิน 4200 กก/ตร.ซม) = $0.5f_y$ กก/ตร.ซม
- (4) f_s (เหล็กข้ออ้อยซึ่ง f_y มากกว่า 4200 กก/ตร.ซม) = 1700 กก/ตร.ซม

แนวคิด ดูกำหนดฯ ฉบับที่ 6 ข้อ 6

- (1) ส่วนหน้าถูกต้อง ผิดที่ ไม่เกิน 65 กก/ตร.ซม
- (2) ถูกต้อง
- (3) $f_y = 4000$ กก/ตร.ซม ขึ้นไป ใช้ 1700 กก/ตร.ซม
- (4) ผิดที่ 4200 กก/ตร.ซม ที่ถูกต้องคือ 4000 กก/ตร.ซม

คำตอบ ข้อ (2) f_s (เหล็กกลม) = 1200 กก/ตร.ซม

คำถามข้อที่ 84

พ.ร.บ.ควบคุมอาคาร กำหนดหน่วยแรงใช้งานสำหรับคอนกรีตและเหล็กเสริมในเสา คสล.
ดังต่อไปนี้ ข้อใดที่ไม่ถูกต้อง

ตัวเลือก

- (1) f_s (เหล็กกลมในเสาปลอกเกลียว) = 1200 กก/ตร.ชม
- (2) f_s (เหล็กข้ออ้อยในเสาปลอกเกลียว) = $0.4f_y$ ไม่เกิน 2100 กก/ตร.ชม
- (3) f_s ในเสาปลอกเดี่ยว = 0.85 เท่าของค่าที่กำหนดของเสาปลอกเกลียว แต่ไม่เกิน 1750 กก/ตร.ชม
- (4) $f_c = 0.375f'_c$ กก/ตร.ชม ไม่เกิน 60 กก/ตร.ชม

แนวคิด

ดูกฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 6 พ.ศ.2527 ข้อ 6(2) ถูกตั้งแต่ข้อ (1) (2) และ (3) มีผิดข้อ (4) เพราะ
อยู่ในข้อ 6(1) แรงดึง และยังผิดอีกด้วยตรง 60 กก/ตร.ชม ที่ถูกต้องคือ 65 กก/ตร.ชม

คำตอบ ข้อ (4) $f_c = 0.375f'_c$ กก/ตร.ชม ไม่เกิน 60 กก/ตร.ชม

TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member

คำถามข้อที่ 85

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดหน่วยแรงใช้งานสำหรับคอนกรีต ดังต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง

ตัวเลือก

- (1) f_c เมื่อรับแรงอัดหรือแรงดัด $= 0.45f_c'$
- (2) f_v เมื่อคานไม่มีเหล็กรับแรงเฉือน $= 0.29f_c'^{1/2}$ กก/ตร.ซม
- (3) f_v เมื่อคานมีเหล็กรับแรงเฉือน $= 1.36f_c'^{1/2}$ กก/ตร.ซม
- (4) f_v เมื่อแผ่นพื้นหรือฐานรากรับแรงเฉือนทะลุ $= 0.53f_c'^{1/2}$ กก/ตร.ซม

แนวคิด

ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ข้อ 6305(ข) $1.32\sqrt{f_c'}$

คำตอบ ข้อ (3) f_v เมื่อคานมีเหล็กรับแรงเฉือน $= 1.36f_c'^{1/2}$ กก/ตร.ซม



คำถามข้อที่ 86

มาตรฐาน ว.ศ.ท กำหนดหน่วยแรงใช้งานสำหรับเหล็กเสริม ดังต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง
ตัวเลือก

- (1) f_s (เหล็กกลม) = 1200 กก/ตร.ซม
- (2) f_s (เหล็กข้ออ้อยซึ่งมี f_y ไม่เกิน 4000 กก/ตร.ซม = $0.5f_y$ แต่ไม่เกิน 1500 กก/ตร.ซม
- (3) f_s (เหล็กข้ออ้อยซึ่ง f_y มากกว่า 4000 กก/ตร.ซม) = $0.5f_y$ แต่ไม่เกิน 1700 กก/ตร.ซม
- (4) f_s (เหล็กขั้ว) = 0.5 เท่าของกำลังพิสูจน์ แต่ไม่เกิน 2500 กก/ตร.ซม

แนวคิด

ดูมาตรฐาน ว.ศ.ท. ข้อ 6103 ไม่มีการกล่าวถึงเหล็กขั้ว

คำตอบ ข้อ (4) f_s (เหล็กขั้ว) = 0.5 เท่าของกำลังพิสูจน์ แต่ไม่เกิน 2500 กก/ตร.ซม



คำถามข้อที่ 87

สมมติฐานข้อใดต่อไปนี้ ที่ไม่อยู่ในการออกแบบ คสล. โดยวิธีกำลัง (Strength design)

ตัวเลือก

- (1) หน่วยการยึด-หัดตัวบนหน้าตัดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะที่ห่างจากแกนสะเทิน
- (2) ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับหน่วยการยึด-หัดตัวของคอนกรีตและเหล็กเสริม เป็นสัดส่วนโดยตรง
- (3) การยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมเป็นไปอย่างสมบูรณ์
- (4) ไม่คิดกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตได้แนวแกนสะเทิน

แนวคิด

เมื่อถึงกำลังประลัย คอยกรีตจะหัดตัวโดยไม่แปรเป็นเชิงเส้นหรือเป็นสัดส่วนอีก

คำตอบ ข้อ (2) ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับหน่วยการยึด-หัดตัวของคอนกรีตและเหล็กเสริม เป็นสัดส่วนโดยตรง



คำถามข้อที่ 88

ในการจัดวางเหล็กเสริม ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง

ตัวเลือก

- (1) ระยะช่องว่างของเหล็กเสริมในชั้นเดียวกันของคานต้องไม่แคบกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริมหรือ 1.34 เท่าของขนาดที่โตที่สุดของหินหรือ 2.5 ซม
- (2) ระยะช่องว่างของเหล็กเสริมแต่ละชั้นสำหรับคาน ต้องไม่เกินกว่า 2.5 ซม
- (3) ระยะช่องว่างของเหล็กเสริมในเสาต้องไม่น้อยกว่า 4 ซม หรือ 1.34 เท่าของขนาดโตสุดของหิน
- (4) ระยะช่องว่างของเหล็กเสริมในแผ่นพื้นทั่วไป ต้องไม่เกินกว่า 3 เท่าของความหนาของแผ่นพื้นหรือ 45 ซม

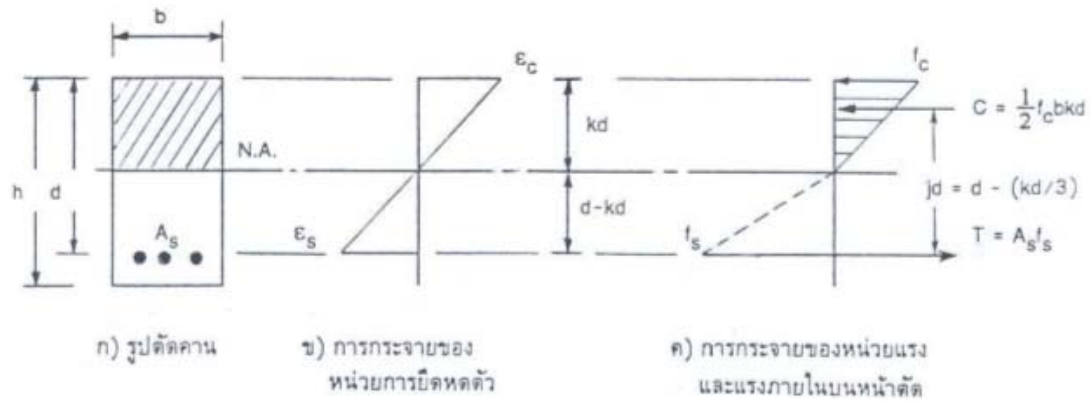
แนวคิด คุณ มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ข้อ 3404 ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม

ข้อ (2) การเสริมเหล็กในคานที่มีเหล็กตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป ระยะช่องว่างของเหล็กแต่ละชั้น ต้องไม่แคบกว่า 2.5 ซม และเหล็กที่อยู่ชั้นบนต้องเรียงให้ตรงกับเหล็กในชั้นล่าง

คำตอบ ข้อ (2) ระยะช่องว่างของเหล็กเสริมแต่ละชั้นสำหรับคาน ต้องไม่เกินกว่า 2.5 ซม

คำถามข้อที่ 89

สมมติฐานการออกแบบคาน คสล. โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) ข้อใดที่ไม่ถูกต้อง



ตัวเลือก

(1) $\epsilon_c = \epsilon_s$

(2) $C = T$

(3) $M_c = C \cdot j d$

(4) $M_s = T \cdot j d$

แนวคิด

จากรูป (ข) การกระจายของหน่วยการยืดหดตัว พิจารณาสามเหลี่ยมคล้าย

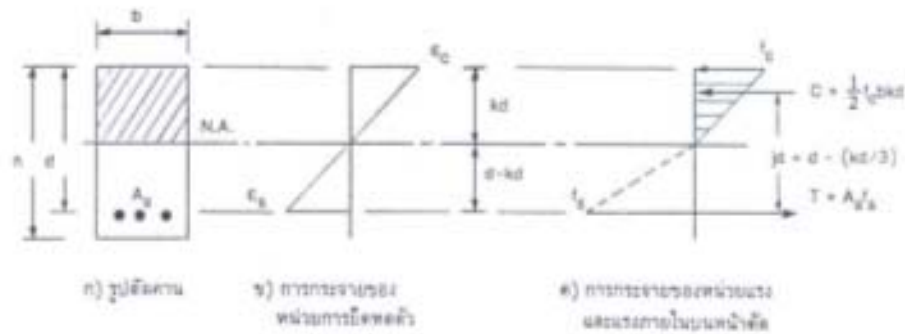
$$\frac{\epsilon_c}{k d} = \frac{\epsilon_s}{d - k d}$$

ถ้า $k d \neq d - k d$ ดังนั้น $\epsilon_c \neq \epsilon_s$

คำตอบ ข้อ (1) $\epsilon_c = \epsilon_s$

คำถามข้อที่ 90

ในวิธี WSD จะหาอัตราส่วนเหล็กเสริมสมดุล (balanced steel ratio) ในคาน คสล. ได้คือ



ตัวเลือก

$$(1) \quad \rho_b = \frac{f_c}{f_s} \left(\frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} \right)$$

$$(2) \quad \rho_b = \frac{f_c}{2f_s} \left(\frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} \right)$$

$$(3) \quad \rho_b = \frac{f_c}{2f_s} \left(\frac{1}{1 + \frac{f_s}{2nf_c}} \right)$$

(4) ไม่มีข้อใดถูก

แนวคิด

เนื่องจากโมเมนต์สมดุล

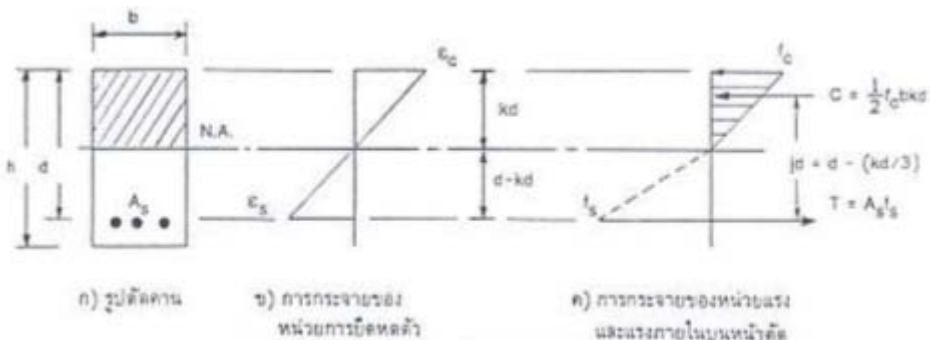
$$M_R = A_s f_s \cdot jd = \frac{1}{2} f_c k j b d^2$$

$$\rho_b = \frac{A_s}{b d} = \frac{f_c}{2f_s} k = \frac{f_c}{2f_s} \left(\frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} \right)$$

คำตอบ ข้อ (2) $\rho_b = \frac{f_c}{2f_s} \left(\frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} \right)$

คำถามข้อที่ 91

ในวิธี WSD ถ้าให้ ρ เป็นอัตราส่วนของเหล็กเสริมรับแรงดึงในคาน คสล. M_s เป็นโมเมนต์ต้านทานโดยเหล็กเสริม, M_c เป็นโมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต ข้อใดไม่ถูกต้อง



ตัวเลือก

- (1) ถ้า $\rho = \rho_b$ แสดงว่า $M_s = M_c$
- (2) ถ้า $\rho < \rho_b$ แสดงว่า $M_s < M_c$
- (3) ถ้า $\rho < \rho_b$ แสดงว่า $M_s > M_c$
- (4) ถ้า $\rho > \rho_b$ แสดงว่า $M_c < M_s$

แนวคิด

สถานะสมดุล คือสถานะที่คานรับโมเมนต์สูงสุดแล้ว หน่วยแรงในคอนกรีตถึงค่าที่ยอมให้ f_c พร้อมกับหน่วยแรงในเหล็กเสริมรับแรงดึงถึงค่าที่ยอมให้ f_s พอดี

$$M_c = \frac{1}{2} f_c b k d (j d)$$

$$M_s = f_s A_s (j d) = f_s \rho b d (j d) = f_s \rho j b d^2$$

จากรูป (ข) การกระจายของหน่วยการยืดหดตัว

$$\frac{\epsilon_c}{k d} = \frac{\epsilon_s}{d - k d}$$

$$\frac{f_c}{k E_c} = \frac{f_s}{(1 - k) E_s}$$

$$\frac{f_c E_s}{E_c} = \frac{k f_s}{1 - k}$$

$$\frac{n f_c}{f_s} = \frac{k}{1 - k}$$

$$\frac{f_s}{n f_c} = \frac{1}{k} - 1$$

$$\frac{1}{k} = 1 + \frac{f_s}{n f_c}$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n f_c}}$$

ถ้า $\rho = \rho_b$ แสดงว่า $M_s = M_c$ เพราะค่า $k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}}$

ถ้า $\rho < \rho_b$ จะทำให้ระยะ kd ยาวขึ้น คอนกรีตจะรับโมเมนต์ได้มากขึ้น ส่วนเหล็กรับโมเมนต์น้อยลง ดังนั้น $M_s < M_c$

ถ้า $\rho > \rho_b$ จะทำให้ระยะ kd สั้นลง คอนกรีตรับโมเมนต์ได้น้อยลง ส่วนเหล็กรับโมเมนต์ได้มากขึ้น ดังนั้น $M_s > M_c$

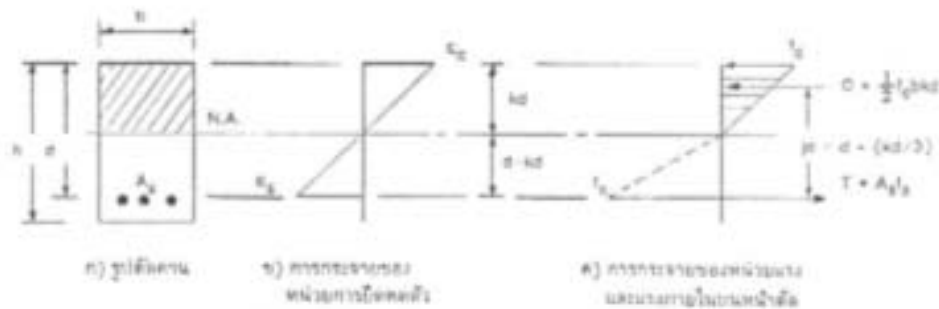
สังเกตว่ามีผิดสองข้อคือ (3) และ (4) หากแก้ไขจาก $\rho < \rho_b$ เป็น $\rho > \rho_b$ ก็จะผิดเฉพาะข้อ (4)

คำตอบ ข้อ (4) ถ้า $\rho > \rho_b$ แสดงว่า $M_c < M_s$



คำถามข้อที่ 92

ในวิธี WSD ถ้าให้ $n = \frac{E_s}{E_c}$, $\rho = \frac{A_s}{bd}$ ข้อใดไม่ถูกต้อง



ตัวเลือก

$$(1) \quad f_s = \frac{nf_c(1-k)}{k}$$

$$(2) \quad k = \sqrt{(\rho n)^2 + 2\rho n} - \rho n$$

$$(3) \quad k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}}$$

$$(4) \quad M_s = \rho f_s j b d^2$$

แนวคิด สังเกตข้อ (2) ในเครื่องหมายที่ $\sqrt{\quad}$ พจน์ $2\rho n - \rho n$ เท่ากับ ρn ไม่จำเป็นต้องเขียนแยกเป็นสองพจน์อย่างนั้น ข้อนี้ต้องผัดแน่นอน ลองพิจารณาข้ออื่นๆ

ข้อ (1) จาก $k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}}$

$$1 + \frac{f_s}{nf_c} = \frac{1}{k}$$

$$\frac{f_s}{nf_c} = \frac{1}{k} - 1 = \frac{1-k}{k}$$

$$f_s = \frac{nf_c(1-k)}{k}$$

ข้อ (2) จากสมดุลของแรงในหน้าตัด

$$\frac{1}{2} f_c b k d = A_s f_s = A_s \frac{nf_c(1-k)}{k}$$

$$\frac{k}{2} = \frac{A_s}{bd} \frac{n(1-k)}{k} = \frac{\rho n(1-k)}{k}$$

$$k^2 = 2\rho n - 2\rho n k$$

$$k^2 + 2\rho n k - 2\rho n = 0$$

$$k = \frac{-2\rho n \pm \sqrt{(2\rho n)^2 - 4(1)(-2\rho n)}}{2(1)}$$

$$k = \frac{-2\rho n \pm 2\sqrt{(\rho n)^2 + 2\rho n}}{2}$$

$$k = -\rho n \pm \sqrt{(\rho n)^2 + 2\rho n}$$

ใช้เฉพาะค่าบวก

$$k = \sqrt{(\rho n)^2 + 2\rho n} - \rho n$$

ข้อ (3) จากรูป (ข) การกระจายของหน่วยการยึดหดตัว สามเหลี่ยมคล้าย

$$\frac{\varepsilon_c}{kd} = \frac{\varepsilon_s}{d - kd}$$

$$\frac{f_c}{E_c k} = \frac{f_s}{E_s (1 - k)}$$

$$\frac{E_s}{E_c} \frac{f_c}{k} = \frac{f_s}{1 - k}$$

$$\frac{nf_c}{k} = \frac{f_s}{1 - k}$$

$$\frac{1 - k}{k} = \frac{f_s}{nf_c}$$

$$\frac{1}{k} - 1 = \frac{f_s}{nf_c}$$

$$\frac{1}{k} = 1 + \frac{f_s}{nf_c}$$

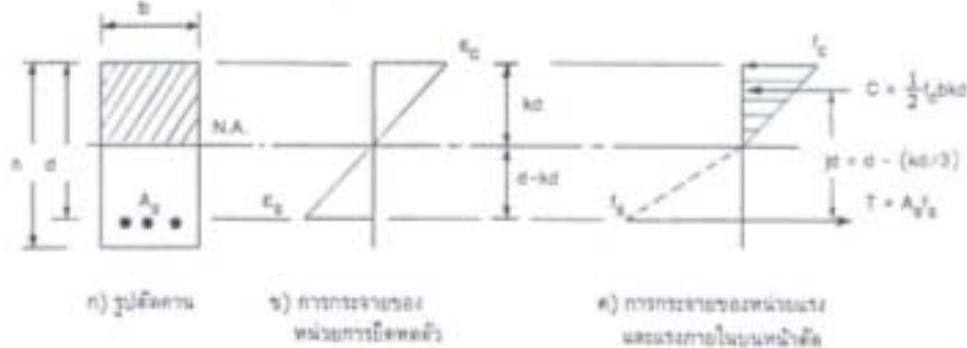
$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}}$$

ข้อ (4) $M_s = f_s A_s j d = f_s \rho b d j d = \rho f_s j b d^2$

คำตอบ ข้อ (2) $k = \sqrt{(\rho n)^2 + 2\rho n} - \rho n$

คำถามข้อที่ 93

ถ้ากำหนดให้ $b = 0.20$ เมตร, $d = 0.35$ เมตร, $d = 0.35$ เมตร, $A_s = 5.67$ ตร.ซม, $n = 11$, $M = 2000$ กก.เมตร ข้อใดถูกต้อง



ตัวเลือก

- (1) ตำแหน่งแกนสะเทิน $kd = 11.97$ ซม
- (2) หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริม $f_s = 1138$ กก/ตร.ซม
- (3) หน่วยแรงอัดในคอนกรีต $f_c = 54$ กก/ตร.ซม
- (4) ถูกทุกข้อ

แนวคิด

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{5.67}{20 \times 35} = 0.0081$$

$$\rho n = 0.0081 \times 11 = 0.0891$$

$$k = \sqrt{(\rho n)^2 + 2\rho n} - \rho n$$

$$k = \sqrt{(0.0891)^2 + 2 \times 0.0891} - 0.0891 = 0.342338072$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.342338072}{3} = 0.885887309$$

$$kd = 0.342338072 \times 35 = 11.98183252 = 11.98$$

$$M = M_c = \frac{1}{2} f_c k j b d^2$$

$$f_c = \frac{2M_c}{k j b d^2} = \frac{2 \times (2000 \times 100)}{0.342338072 \times 0.885887309 \times 20 \times 35^2} = 53.83444328 \Rightarrow 54$$

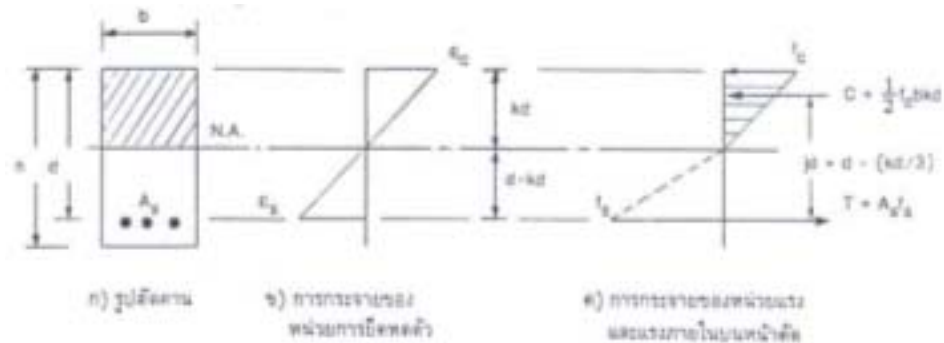
$$M = M_s = A_s f_s j d = 5.67 f_s \times 0.885887309 \times 35 = 2000 \times 100$$

$$f_s = \frac{2000 \times 100}{5.67 \times 0.885887309 \times 35} = 1137.628365 \Rightarrow 1138 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (4) ถูกทุกข้อ

คำถามข้อที่ 94

กำหนดให้ $b = 0.20$ เมตร, $d = 0.45$ เมตร, $A_s = 5.30$ ตร.ซม หน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้ $f_c = 45$ กก/ตร.ซม, $f_s = 1200$ กก/ตร.ซม และ $n = 14$ จงหาค่าโมเมนต์ต้านทานปลอดภัยของคาน



ตัวเลือก

- (1) 26900 กก.เมตร
- (2) 25450 กก.เมตร
- (3) 2690 กก.เมตร
- (4) 2545 กก.เมตร

แนวคิด

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{5.30}{20 \times 45} = 0.005888888$$

$$\rho n = 14 \times 0.005888888 = 0.082444444$$

$$k = \sqrt{(\rho n)^2 + 2\rho n} - \rho n$$

$$k = \sqrt{0.082444444^2 + 2 \times 0.082444444} - 0.082444444$$

$$k = 0.331905619$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.331905619}{3} = 0.889364793$$

$$M_c = \frac{1}{2} f_c k j b d^2$$

$$M_c = \frac{1}{2} \times 45 \times 0.331905619 \times 0.889364793 \times 20 \times 45^2$$

$$M_c = 268987.4885 \text{ kg.cm} = 2689.874885 \text{ kg.m} \Rightarrow 2690 \text{ kg.m}$$

$$M_s = A_s f_s j d = 5.30 \times 1200 \times 0.889364793 \times 45$$

$$M_s = 254536.2039 \text{ kg.cm} = 2545.362039 \text{ kg.m} = 2545 \text{ kg.m}$$

เลือกค่าน้อย $M = 2545 \text{ kg.m}$

คำตอบ ข้อ (4) 2545 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 95

โมเมนต์ดัดที่กระทำ $M = 1255$ กก.เมตร หน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้ $f_c = 45$ กก/ตร.ซม, $f_s = 1200$ กก/ตร.ซม และ $n = 14$ ถ้ากำหนดให้ $b = 0.15$ เมตร และ $d = 0.35$ เมตร ต้องการปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง A_s เท่ากับเท่าใด

ตัวเลือก

- (1) 9.50 ตร.ซม
- (2) 9.00 ตร.ซม
- (3) 7.90 ตร.ซม
- (3) 3.40 ตร.ซม

แนวคิด

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1200}{14 \times 45}} = 0.344262295$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.344262295}{3} = 0.885245901$$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{1255 \times 100}{1200 \times 0.885245901 \times 35} = 3.375440917 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 3.40 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (4) 3.40 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 96

โมเมนต์ลัพท์ที่พื้นยื่นต้องรับ $M = 215$ กก.เมตร/เมตร หน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้ $f_c = 65$ กก/ตร.ซม, $f_s = 1200$ กก/ตร.ซม และ $n = 11$ ถ้าใช้แผ่นพื้นหนา 10 ซม ความลึกประสิทธิภาพ $d = 7.5$ ซม ต้องการปริมาณเหล็กเสริมเอกต่อความกว้างหนึ่งเมตร เท่ากับ

ตัวเลือก

- (1) 2.05 ตร.ซม
- (2) 2.50 ตร.ซม
- (3) 2.75 ตร.ซม
- (4) 3.00 ตร.ซม

แนวคิด

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1200}{11 \times 65}} = 0.373368146$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.373368146}{3} = 0.875543951$$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{215 \times 100}{1200 \times 0.875543951 \times 7.5} = 2.728462558 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2.73 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 2.75 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 97

คาน คสล. รูปตั้ดขนาด 20×45 ซม ($d = 40$ ซม, $d' = 5$ ซม) ต้องรับโมเมนต์ดัดทั้งหมด $M = 5850$ กก.เมตร หน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้ $f_c = 90$ กก/ตร.ซม, $f_s = 1200$ กก/ตร.ซม และ $n = 10$ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดัดที่ต้องการอย่างน้อยเท่าใด

ตัวเลือก

- (1) 15.25 ตร.ซม
- (2) 14.25 ตร.ซม
- (3) 13.93 ตร.ซม
- (4) 12.90 ตร.ซม

แนวคิด

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} = \frac{1}{1 + \frac{1200}{10 \times 90}} = 0.428571428$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.428571428}{3} = 0.857142857$$

$$R = \frac{1}{2} f_c k j = \frac{1}{2} \times 90 \times 0.428571428 \times 0.857142857 = 16.53061224 \text{ ksc}$$

$$M_c = R b d^2 = 16.53061224 \times 20 \times 40^2 = 528,979.5918 \text{ kg.cm}$$

$$M_c = 5289.795918 \text{ kg.m} < M = 5850 \text{ kg.m}$$

แสดงว่ามีทั้งเหล็กเสริมรับแรงดัดและเหล็กเสริมรับแรงอัด

$$A'_s = \frac{M - M_c}{f'_s (d - d')}$$

$$A_s = \frac{M_c}{f_s j d} + \frac{M - M_c}{f_s (d - d')}$$

$$A_s = \frac{528979.5918}{1200 \times 0.857142857 \times 40} + \frac{585000 - 528979.5918}{1200 \times (40 - 5)}$$

$$A_s = 14.1909621 \text{ cm}^2$$

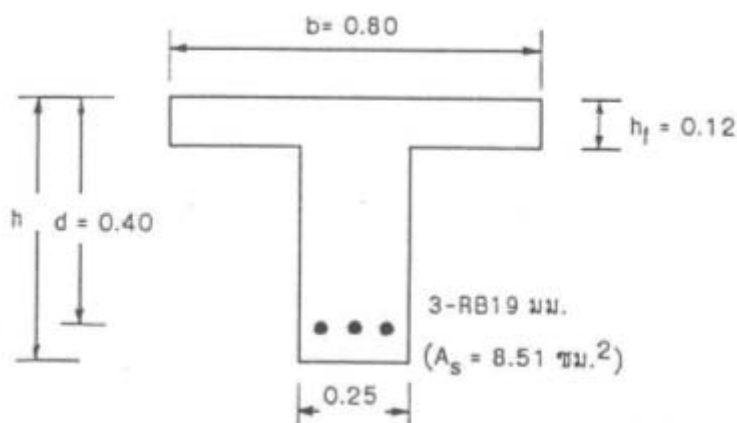
คำตอบ ข้อ (2) 14.25 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 98

จงหาโมเมนต์ต้านทานโดยปลอดภัยของคานารูปตัดตัว T โดดย ที่เสริมเหล็กรับแรงดึงดังรูป

กำหนดให้หน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้ $f_c = 45$ กก/ตร.ซม, $f_s = 1200$ กก/ตร.ซม และ $n = 14$

$$\text{ในที่นี้ } k = \frac{\rho n + \frac{1}{2} \left(\frac{h_f}{d} \right)^2}{\rho n + \left(\frac{h_f}{d} \right)}$$



ตัวเลือก

- (1) 3750 กก.เมตร
- (2) 3740 กก.เมตร
- (3) 3675 กก.เมตร
- (4) 6450 กก.เมตร

แนวคิด

$$k = \frac{\rho n + \frac{1}{2} \left(\frac{h_f}{d} \right)^2}{\rho n + \left(\frac{h_f}{d} \right)}$$

$$\text{โดย } \rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{8.51}{80 \times 40} = 0.002659375$$

$$\rho n = 0.002659375 \times 14 = 0.03723125$$

$$\frac{h_f}{d} = \frac{12}{40} = 0.3$$

$$k = \frac{0.03723125 + \frac{1}{2} \times 0.3^2}{0.03723125 + 0.3} = 0.243842318$$

$$kd = 0.243842318 \times 40 = 9.753692755 \text{ cm} < h_f = 12 \text{ cm}$$

เหมือนเป็นคานาสีเหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 80 ซม ความลึกประสิทธิภาพ d = 40 ซม

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.243842318}{3} = 0.918719227$$

$$M_c = \frac{1}{2} f_c k j b d^2 = \frac{1}{2} \times 45 \times 0.243842318 \times 0.918719227 \times 80 \times 40^2$$

$$M_c = 645,185.165 \text{ kg.cm}$$

$$M_s = A_s f_s j d = 8.51 \times 1200 \times 0.918719227 \times 40$$

$$M_s = 375,278.4299 \text{ kg.cm}$$

เลือกค่าน้อยเป็นคำตอบ

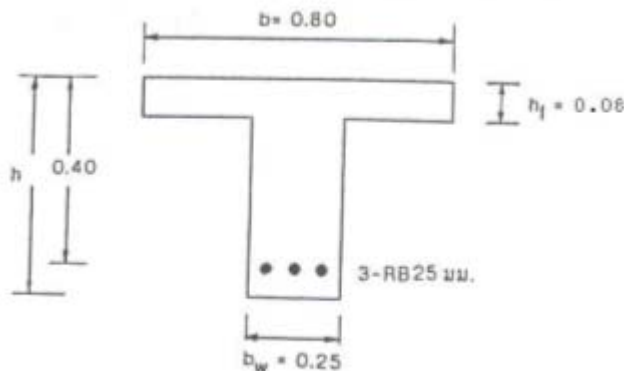
$$M = M_s = 375,278.4299 \text{ kg.cm} = 3752.784299 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (1) 3750 กก.เมตร



คำถามข้อที่ 99

คานรูปตัวทีใดๆ เสริมเหล็กรับแรงดึง ($A_s = 14.73$ ตร.ซม) ดังรูป ถ้าหน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้ $f_c = 45$ กก/ตร.ซม , $f_s = 1200$ กก/ตร.ซม และ $n = 14$ จงประมาณค่าโมเมนต์ต้านทานโดยปลอดภัยของคานนี้



ในที่นี้
$$k = \frac{\rho n + \frac{1}{2} \left(\frac{h_f}{d} \right)^2}{\rho n + \left(\frac{h_f}{d} \right)}$$

ตัวเลือก

- (1) 6000 กก.เมตร
- (2) 6360 กก.เมตร
- (3) 7000 กก.เมตร
- (4) 7240 กก.เมตร

แนวคิด

$$k = \frac{\rho n + \frac{1}{2} \left(\frac{h_f}{d} \right)^2}{\rho n + \left(\frac{h_f}{d} \right)}$$

โดย $\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{14.73}{80 \times 40} = 0.004603125$

$$\rho n = 0.004603125 \times 14 = 0.06444375$$

$$\frac{h_f}{d} = \frac{8}{40} = 0.2$$

$$k = \frac{0.06444375 + \frac{1}{2} \times 0.2^2}{0.06444375 + 0.2} = 0.319325943$$

$$kd = 0.319325943 \times 40 = 12.77303774 \text{ cm} > h_f = 8 \text{ cm}$$

หาระยะ kd ที่แท้จริง

เนื้อที่เหล็กแปลงเป็นคอนกรีต $nA_s = 14 \times 14.73 = 206.22 \text{ cm}^2$

$$(80 - 25) \times 8 \times \left(kd - \frac{8}{2} \right) + 25kd \frac{kd}{2} = 206.22(40 - kd)$$

$$440kd - 1760 + 12.5(kd)^2 = 8248.8 - 206.22kd$$

$$12.5(kd)^2 + 646.22kd - 10008.8 = 0$$

$$kd = \frac{-646.22 \pm \sqrt{646.22^2 - 4(12.5)(-10008.8)}}{2 \times 12.5}$$

$$kd = \frac{-646.22 \pm 958.1441898}{25} = 12.47696759 \text{ cm} > h_f = 8 \text{ cm}$$

พิจารณาเฉพาะส่วนปีก สำหรับส่วนที่อยู่ในคานน้อย

$$C_1 = \frac{1}{2}bh_f(f_c - f_{c1}) = \frac{1}{2} \times 80 \times 8 \times \left(f_c - \frac{12.477 - 8}{12.477}f_c \right) = 205.178f_c$$

$$C_2 = bh_f f_{c1} = 80 \times 8 \times \frac{12.477 - 8}{12.477}f_c = 229.645f_c$$

$$C = C_1 + C_2 = 205.178f_c + 229.645f_c = 434.823f_c$$

หาตำแหน่งของแรงอัดจากคอนกรีต เพื่อหาระยะช่วงแกนของโมเมนต์ jd

โมเมนต์รอบผิวบนของคาน

$$C_1 \left(\frac{h_f}{3} \right) + C_2 \left(\frac{h_f}{2} \right) = Cz$$

$$205.178f_c \left(\frac{8}{3} \right) + 229.645f_c \left(\frac{8}{2} \right) = 434.823f_c z$$

$$z = 3.370845915 \Rightarrow 3.371 \text{ cm}$$

ระยะช่วงแกนของโมเมนต์ jd = 40 - 3.371 = 36.629 cm

โมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต

$$M_c = Cjd = 434.823f_c jd = 434.823 \times 45 \times 36.629 = 716720.925 \text{ kg.cm}$$

$$M_c = 7167.20925 \text{ kg.m}$$

โมเมนต์ต้านทานโดยเหล็กเสริม

$$M_s = A_s f_s jd = 14.73 \times 1200 \times 36.629 = 647,454.204 \text{ kg.cm}$$

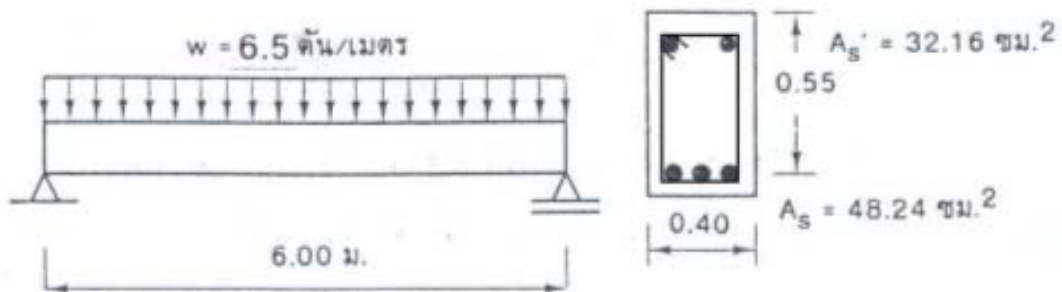
$$M_s = 6474.54204 \text{ kg.m}$$

เลือกค่าน้อย โมเมนต์ต้านทาน $M = 6474 \text{ kg.m}$ เลือกคำตอบที่ใกล้เคียงกัน

คำตอบ ข้อ (2) 6360 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 100

คาน คสล. ช่วงเดี่ยวยอมรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่ $w = 6.5$ ตัน/เมตร (รวมน้ำหนักคานแล้ว) ถ้าคานมีรูปตัดดังแสดง โดยที่ $f'_c = 100$ กก/ตร.ซม และสมมติใช้เหล็กปลอก (SR24) ขนาด 9 มม จงหา ระยะเรียงของเหล็กปลอก



ตัวเลือก

- (1) 4 ซม
- (2) 6 ซม
- (3) 8 ซม
- (4) 12 ซม

แนวคิด

$$V = \frac{wL}{2} - wd = \frac{6500 \times 6.00}{2} - 6500 \times 0.55 = 15,925 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.29\sqrt{f'_c}bd = 0.29\sqrt{100} \times 40 \times 55 = 6380 \text{ kg}$$

$$V_{cl} = 0.795\sqrt{f'_c}bd = 0.795\sqrt{100} \times 40 \times 55 = 17,490 \text{ kg} > V$$

$$s = \frac{A_v f_v d}{V - V_c} = \frac{(2 \times 0.636) \times 1200 \times 55}{15,925 - 6380} = 8.795 \text{ cm}$$

$$s = \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$$

$$s = 40 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 8 ซม

เฉลย ข้อ (4) 12 ซม

คำถามข้อที่ 101

เสาต้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 30×30 ซม. ต้องรับแรงอัดใช้งานตามแนวแกน = 54 ตัน ถ้ากำหนดให้ $f'_c = 100$ กก./ตร.ซม., $f_y = 3000$ กก./ตร.ซม. และเหล็ก ปดอเดี่ยว (SR24) ขนาด 6 มม. จงหาเหล็ก ยื่น และระยะห่างของเหล็กปดอเดี่ยวที่ควรใช้

สูตรแรงอัดปลอดภัยตามแนวแกน $P_0 = 0.2125f'_c A_g + 0.85f_y A_{st}$

ตัวเลือก

- (1) เหล็กยื่น 8-DB 20 มม เหล็กปดอ RB 6 มม @ 32 ซม
- (2) เหล็กยื่น 8-DB 20 มม เหล็กปดอ RB 6 มม @ 30 ซม
- (3) เหล็กยื่น 8-DB 20 มม เหล็กปดอ RB 6 มม @ 29 ซม
- (4) เหล็กยื่น 8-DB 20 มม เหล็กปดอ RB 6 มม @ 25 ซม

แนวคิด

$$P_0 = 0.85A_g \left(0.25f'_c + 0.4f_y \frac{A_{st}}{A_s} \right)$$

$$54,000 = 0.85 \times (30 \times 30) \left(0.25 \times 100 + 0.4 \times 3000 \times \frac{A_{st}}{30 \times 30} \right)$$

$$A_{st} = 34.191 \text{ cm}^2$$

เหล็กยื่น DB 20 mm ใช้จำนวน $\frac{34.191}{3.14} = 10.9 \Rightarrow 11 \Rightarrow 12$ เส้น ไม่มีข้อใดถูกต้อง

เหล็กปดอมีระยะเรียง

$$s = 16d_b = 16 \times 2.0 = 32 \text{ cm}$$

$$s = 48d_b = 48 \times 0.6 = 28.8 \text{ cm}$$

$$s = 30 \text{ cm}$$

ค่าน้อยคือ 28.8 ซม ใช้จริง 25 ซม

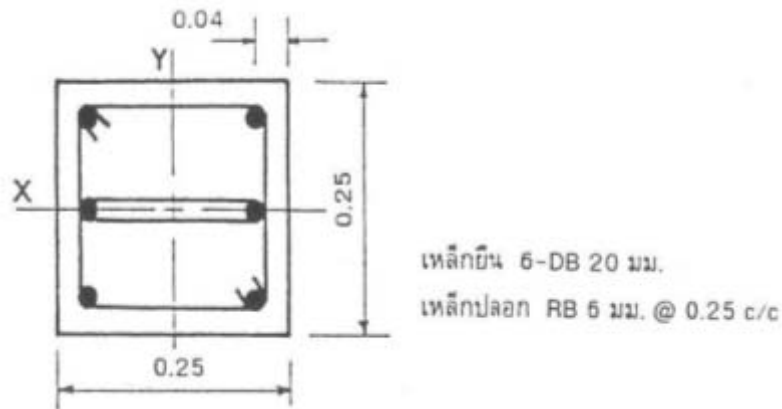
คำตอบ เหล็กยื่น 12-DB 20 mm เหล็กปดอ RB 6 มม @ 0.25 m

เฉลย ข้อ (4) เหล็กยื่น 8-DB 20 mm เหล็กปดอ RB 6 มม @ 0.25 m

คำถามข้อที่ 102

เสา คสล. ปลอกเหลี่ยมรูปตัดดังแสดง ถ้ามีโมเมนต์ดัดใช้งานกระทำ = 2000 กก.-เมตร จงหา
แรงอัดใช้งานสูงสุดที่กระทำในช่วงที่แรงอัดเป็นหลัก (compression controls)

$$\text{ให้ } F_a = 0.34 \left(1 + \rho_g \frac{f_y}{0.85f'_c} \right) f'_c$$



ตัวเลือก

- (1) 40 ตัน
- (2) 45 ตัน
- (3) 50 ตัน
- (4) 55 ตัน

แนวคิด

$$\text{จากสูตร } F_a = 0.34 \left(1 + \rho_g \frac{f_y}{0.85f'_c} \right) f'_c$$

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{6 \times 3.14}{25 \times 25} = 0.030144$$

เนื่องจากโจทย์ไม่กำหนด f'_c และ f_y มาให้จึงต้องกำหนดเอง สมมติ $f'_c = 240$ ksc, $f_y = 4000$

ksc

$$F_a = 0.34 \left(1 + 0.030144 \times \frac{4000}{0.85 \times 240} \right) \times 240 = 129.8304 \text{ ksc}$$

$$f_a = \frac{P}{A_g} = \frac{P}{25 \times 25} = \frac{P}{625}$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} + (2n-1)A_{st} \frac{(gh)^2}{4}$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12} + (2n-1)A_{st} \frac{(gb)^2}{4}$$

แต่

$$n = \frac{135.099}{\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{240}} = 8.72$$

$$b = h = 25 \text{ cm}, A_{st} = 6 \times 3.14 = 18.84 \text{ cm}^2$$

$$gh = \frac{2}{3}(25 - 4 - 4) = 11.333 \text{ cm}$$

$$gb = 25 - 4 - 4 = 17 \text{ cm}$$

$$c_x = c_y = \frac{25}{2} = 12.5 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{25 \times 25^3}{12} + (2 \times 8.72 - 1) \times 18.84 \times \frac{11.333^2}{4}$$

$$I_x = 42,497.2599 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{25 \times 25^3}{12} + (2 \times 8.72 - 1) \times 18.84 \times \frac{17^2}{4}$$

$$I_y = 54,930.04693 \text{ cm}^4$$

$$f_{bx} = \frac{M_x c_y}{I_x} = \frac{200,000 \times 12.5}{42,497.2599} = 58.82732218 \text{ ksc}$$

$$f_{by} = \frac{M_y c_x}{I_y} = \frac{0 \times 12.5}{54,930.04693} = 0$$

$$F_{bx} = F_{by} = 0.45f'_c = 0.45 \times 240 = 108 \text{ ksc}$$

สมการความล้าพันธ์ของเสาสั้นรับโมเมนต์

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

$$\frac{P}{625} + \frac{58.82732218}{108} + \frac{0}{108} \leq 1.0$$

$$\frac{P}{625 \times 129.8304} = 1.0 - \frac{58.82732218}{108} = \frac{49.17267782}{108}$$

$$P = 625 \times 129.8304 \times \frac{49.17267782}{108} = 36945.07194$$

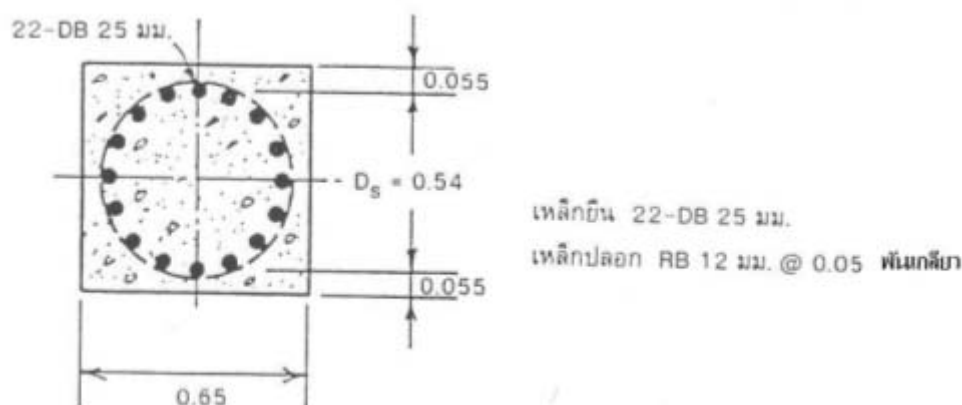
คำตอบ ตามข้อมูลที่ตัวเองได้ 36.9 ตัน

เฉลย ข้อ (2) 45 ตัน

คำถามข้อที่ 103

เสา คสล. ปolygon มีรูปตัดดังแสดง ถ้ามีโมเมนต์ดัดใช้งานกระทำ คือ $M_x = 15$ ตัน-เมตร, $M_y = 7.5$ ตัน-เมตร จงหาแรงอัดใช้งานสูงสุดที่กระทำในช่วงที่แรงอัดเป็นหลัก (compression controls)

$$\text{ให้ } F_a = 0.34 \left(1 + \rho_g \frac{f_y}{0.85f'_c} \right) f'_c$$



ตัวเลือก

- (1) 250 ตัน
- (2) 265 ตัน
- (3) 285 ตัน
- (4) 300 ตัน

แนวคิด สมมติข้อมูลเพิ่มเติมเป็น $f'_c = 280$ ksc, $f_y = 4000$ ksc

ความสัมพัทธ์ของเสาสั้นรับโมเมนต์ดัด

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

$$A_{st} = 22 \times 4.909 = 107.998 \text{ cm}^2$$

$$D_s = 54 \text{ cm}$$

$$b = h = 65 \text{ cm}$$

$$A_g = bh = 65 \times 65 = 4225 \text{ cm}^2$$

$$f_a = \frac{P}{A_g} = \frac{P}{4225}$$

$$F_a = 0.34 \left(1 + \rho_g \frac{f_y}{0.85f'_c} \right) f'_c = 0.34 \times \left(1 + \frac{107.998}{4225} \times \frac{4000}{0.85 \times 280} \right) \times 280$$

$$F_a = 136.0986509 \text{ ksc}$$

$$c_x = c_y = \frac{65}{2} = 32.5 \text{ cm}$$

$$n = \frac{135.099}{\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{280}} = 8.07$$

$$I_x = I_y = \frac{h^4}{12} + (2n - 1)A_{st} \frac{D_s^2}{8} = \frac{65^4}{12} + (2 \times 8.07 - 1) \times 107.998 \times \frac{54^2}{8}$$

$$I_x = I_y = 2,083,542.286 \text{ cm}^4$$

$$f_{bx} = \frac{M_x c_y}{I_x} = \frac{15 \times 1000 \times 100 \times 32.5}{2,083,542.286} = 23.39765328 \text{ ksc}$$

$$f_{by} = \frac{M_y c_x}{I_y} = \frac{7.5 \times 1000 \times 100}{2,083,542.286} = 0.359963896 \text{ ksc}$$

$$F_{bx} = F_{by} = 0.45f'_c = 0.45 \times 280 = 126 \text{ ksc}$$

แทนค่าในสมการความสัมพันธ์

$$\frac{\frac{P}{4225}}{136.0986509} + \frac{23.39765328}{126} + \frac{0.359963896}{126} \leq 1.0$$

$$\frac{P}{4225 \times 136.0986509} \leq 1.0 - \frac{23.39765328 + 0.359963896}{126}$$

$$P = 4225 \times 136.0986509 \times 0.811447482 = 466595.9349 \text{ kg}$$

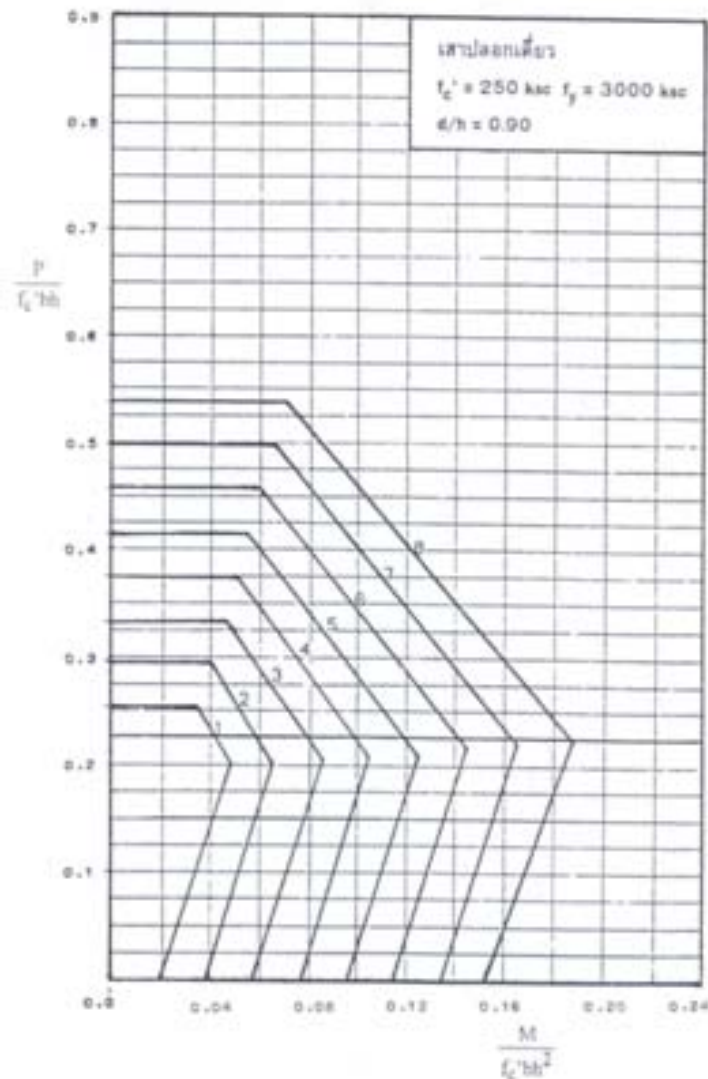
$$P = 466.6 \text{ tonne}$$

คำตอบ ตามข้อมูลที่สมมติเพิ่มขึ้น $P = 466.6$ ตัน

เฉลย ข้อ (2) 265 ตัน

คำถามข้อที่ 104

จงประมาณเหล็กยื่นที่ต้องใช้ในเสาปอดเดี่ยวจตุรัสขนาด 25×25 ซม. เพื่อรับน้ำหนักใช้งาน $P = 40$ ตัน , $M = 2$ ตัน.เมตร โดยพิจารณาจากกราฟออกแบบที่แสดง กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ตร.ซม, $f_y = 3000$ กก/ตร.ซม



ตัวเลือก

- (1) ใช้เหล็กยื่น 6-DB 16 mm
- (2) ใช้เหล็กยื่น 6-DB 20 mm
- (3) ใช้เหล็กยื่น 4-DB 28 mm
- (4) ไม่มีข้อใดเหมาะสม

แนวคิด ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร หัวข้อ 8.6

$$\frac{P}{f'_c b h} = \frac{40 \times 1000}{250 \times 25 \times 25} = 0.256$$

$$\frac{M}{f_c b h^2} = \frac{2 \times 1000 \times 100}{250 \times 25 \times 25^2} = 0.0512$$

นำค่าทั้งสองไป plot บนกราฟจะได้อัตราส่วนหน้าตัดเหล็กยื่นต่อหน้าตัดเสา $\rho_g \approx 2\%$ ดังนั้น

$$\rho_g \approx 0.02 = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{A_{st}}{25 \times 25}$$

$$A_{st} = 0.02 \times 25 \times 25 = 12.5 \text{ cm}^2$$

เหล็ก DB 16 mm ใช้จำนวน $\frac{12.5}{2.01} = 6.2 \Rightarrow 7 \Rightarrow 8$ เส้น

เหล็ก DB 20 mm ใช้จำนวน $\frac{12.5}{3.14} = 3.98 \Rightarrow 4$ เส้น

เหล็ก DB 25 mm ใช้จำนวน $\frac{12.5}{4.909} = 2.5 \Rightarrow 3 \Rightarrow 4$ เส้น

คำตอบที่เหมาะสมคือ ใช้เหล็กยื่น 4-DB 20 mm

คำตอบ ข้อ (2) ใช้เหล็กยื่น 6-DB 20 mm



คำถามข้อที่ 105

ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม คือ

ตัวเลือก

- (1) อัตราส่วนความชะลูดของเสา ตลอดจนปริมาณของเหล็กเสริม
- (2) การยอมให้ปลายเสาเซได้หรือไม่ ตลอดจนสติเฟนสของคาน
- (3) ระยะเวลาของการรับน้ำหนักบรรทุกซึ่งทำให้คอนกรีตเกิดการล้า
- (4) ถูกทุกข้อ

แนวคิด

จาก การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร
หัวข้อ 8.7 เสาเข็ม

ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม ได้แก่

- (1) อัตราส่วนระหว่างช่วงความยาวของเสาต่อความลึกของรูปตัด ระยะเยื้องศูนย์กลางหรือโมเมนต์ดัด
เริ่มแรกที่กระทำ ตลอดจนทิศทางของโมเมนต์ดัดที่ปลายทั้งสองของเสา
- (2) การยอมให้ปลายเสาเคลื่อนที่หรือเซได้หรือไม่ ซึ่งกำลังรับน้ำหนักของเสาที่เซได้จะมีค่าน้อย
กว่าเสาที่ไม่เกิดการเซ
- (3) การยึดปลายเสากับคาน ถ้าคานมีสติเฟนสมาากำลังรับน้ำหนักของเสาจะสูงขึ้น
- (4) ปริมาณของเหล็กยื่นและกำลังของวัสดุ ซึ่งจะมีผลต่อกำลังรับน้ำหนักและความแกร่งต่อการ

ดัดของเสา

- (5) ระยะเวลาของการรับน้ำหนักบรรทุกซึ่งกำลังรับน้ำหนักของเสาจะน้อยลงเมื่อต้องรับน้ำหนัก
บรรทุกเป็นเวลานานทั้งนี้เพราะคอนกรีตเกิดการล้า (creep)

คำตอบ ข้อ (4) ถูกทุกข้อ

คำถามข้อที่ 106

ถ้า $P_{\text{เสายาว}}$ และ $M_{\text{เสายาว}}$ เป็นแรงอัดและโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อเสายาวซึ่งมีอัตราส่วนความชะลุดค่าหนึ่ง และ R เป็นตัวคูณลดกำลังของเสาตามมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดในวิธีหน่วยแรงใช้งาน ดังนั้นแรงอัดและโมเมนต์ดัดที่จะนำมาพิจารณาออกแบบ คือ

ตัวเลือก

- (1) $P = (1/R)P_{\text{เสายาว}}$
- (2) $M = (1/R)M_{\text{เสายาว}}$
- (3) พิจารณาใช้ P และ M จากข้อ (ก) และข้อ (ข)
- (4) พิจารณาใช้ M จากข้อ (ข) และใช้ $P = P_{\text{เสายาว}}$

แนวคิด

ตัวเลือก (1) เป็นการแปลงแรงตามแนวแกนในเสายาวเป็นแรงตามแกนในเสาสั้น และตัวเลือก (2) เป็นการแปลงโมเมนต์ในเสายาวเป็นโมเมนต์ในเสาสั้น เป็นการแปลงเพื่อให้ออกแบบเป็นเสาสั้นที่ง่ายกว่านั่นเอง และต้องพิจารณาทั้งสองอย่าง

คำตอบ ข้อ (3) พิจารณาใช้ P และ M จากข้อ (ก) และข้อ (ข)

คำถามข้อที่ 107

ในการออกแบบฐานรากแผ่นขนาด $B \times L$ แบบวางบนดิน หากต้องการให้ฐานรากต้านทานหน่วยแรงอัดอย่างเดียวก ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างโมเมนต์ดัดกับแรงอัดตามแนวแกนที่จะใช้ คือ

ตัวเลือก

- (1) ไม่น้อยกว่า $L/3$
- (2) ไม่น้อยกว่า $L/4$
- (3) ไม่น้อยกว่า $L/6$
- (4) ไม่เกินกว่า $L/6$

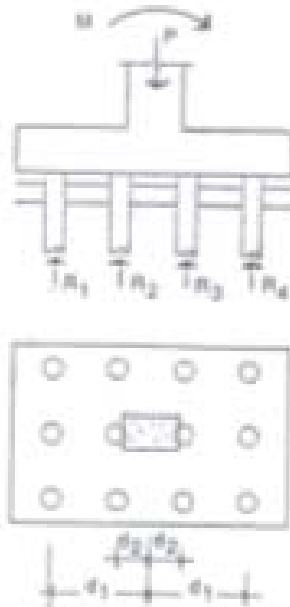
แนวคิด

ปกตินั้น หากแนวแรงลัพธ์ห่างจากศูนย์กลางของฐานรากไม่เกิน kern area ซึ่งระยะห่างตามแนวแกน $B/6$ และ $L/6$ เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน แรงต้านทานของดินจะเป็นแรงอัดเต็มพื้นที่ฐานราก แต่ถ้าเลยขอบเขตนี้ออกไปบางส่วนจะเป็นแรงดึง แต่ดินรับแรงดึงไม่ได้เลย ดังนั้นบริเวณที่จะเป็นแรงดึงก็จะไม่มีแรงต้านของดินเลย

คำตอบ ข้อ (4) ไม่เกินกว่า $L/6$

คำถามข้อที่ 108

ในการออกแบบฐานรากแบบวางบนเสาเข็ม ตามรูป แรงอัดสูงสุดที่เสาเข็มต้องรับพิจารณาได้จากค่า



ตัวเลือก

- (1) R1
- (2) R2
- (3) R3
- (4) R4

แนวคิด

แรง P จะทำให้แรงดันเสาเข็มเฉลี่ยเท่าๆ กัน แต่โมเมนต์ M จะทำให้ขอบทางขวาตกลงและขอบทางซ้ายกระดกขึ้น แรงทาง R_1 และ R_2 จะน้อยลง ส่วน R_3 กับ R_4 จะมากขึ้น แนวเสาเข็มที่ห่างจากแกนกลางจะเปลี่ยนมากที่สุด ดังนั้น R_4 จะรับแรงกดมากที่สุด

คำตอบ ข้อ (4) R4

คำถามข้อที่ 109

ปัจจัยสำคัญในการหาขนาดความลึกของฐานรากทั่วไป คือ

ตัวเลือก

- (1) โมเมนต์ดัด
- (2) แรงเฉือนทางเดียวแบบคานและแรงเฉือนทะลุ
- (3) แรงกดอัดระหว่างตัวเสากับฐานราก
- (4) ระยะถ่ายแรงจากเหล็กขึ้นสู่ฐานราก

แนวคิด

ฐานรากที่มีเสาตอม่อ และรูปแบบฐานรากไม่เรียวมาก ผลของแรงเฉือนแบบเจาะทะลุจะทำให้ต้องการความหนามากที่สุด รองลงไปที่แรงเฉือนแบบคาน สุดท้ายเป็นโมเมนต์ดัด แต่ถ้าฐานรากแคบเรียวหรือเป็นคาน แรงเฉือนแบบเจาะทะลุจะไม่เกิดขึ้นมีเฉพาะแรงเฉือนแบบคานและโมเมนต์ดัด ความหนาของฐานราก (หรือความลึกของคาน) จะมีผลจากแรงเฉือนแบบคานและโมเมนต์

คำตอบ ข้อ (2) แรงเฉือนทางเดียวแบบคาน และแรงเฉือนทะลุ



คำถามข้อที่ 110

ปัจจัยสำคัญของการออกแบบเขื่อนกันดิน คือ

ตัวเลือก

- (1) กำลังต้านแรงกดอัดของดินใต้ฐาน
- (2) แรงดันทางข้างของดิน ที่ก่อให้เกิดการเลื่อนไถล
- (3) แรงดันด้านข้างของดิน ที่ก่อให้เกิดการพลิกคว่ำ
- (4) ถูกทุกข้อ

แนวคิด

จาก การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร
หัวข้อ 10.3.3 การวิบัติของเขื่อนกันดิน มีสาเหตุมาจาก

- (ก) การทรุดตัวของฐานเขื่อนเนื่องจากดินใต้ฐานรากไม่สามารถรับแรงกดอัดที่กระทำได้ หรือ
ส่วนต่างๆ ของเขื่อนกันดินไม่แข็งแรงพอ
- (ข) เขื่อนเลื่อนไถล (sliding) จากที่ตั้งเดิม ซึ่งเกิดจากแรงดันทางข้าง มีค่ามากกว่าแรงเสียดทาน
ใต้ฐานเขื่อน
- (ค) เขื่อนพลิกคว่ำ (overturning) โดยหมุนรอบมุมล่างท้ายฐานเขื่อน ซึ่งมีสาเหตุมาจากแรงดัน
ทางข้าง

คำตอบ ข้อ (4) ถูกทุกข้อ

คำถามข้อที่ 120

จงหาโมเมนต์ดัดสูงสุดตามทฤษฎีของกาน (M_n) คสล. รูปตัด 25×60 ซม , $d = 50$ ซม เสริมเหล็ก
รับแรงดึง โดยที่ $\rho = 0.75\rho_b$ กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม², $f_y = 3000$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 29,225 กก.เมตร
- (2) 32,470 กก.เมตร
- (3) 40,190 กก.เมตร
- (4) 44,650 กก.เมตร

แนวคิด

$$f'_c = 250 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y}$$

$$\rho_b = 0.85 \times \frac{0.85 \times 250}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000}$$

$$\rho_b = 0.04040296$$

$$\rho = 0.75\rho_b = 0.03030222$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.03030222 \times 3000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.03030222 \times \frac{3000}{250} \right)$$

$$R_u = 71.40357151$$

$$M_n = R_u b d^2 = 71.40357151 \times 25 \times 50^2$$

$$M_n = 4,462,723.219 \text{ kg.cm} = 44,627.23219 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (4) 44,650 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 121

จงหาโมเมนต์ดัดสูงสุดตามทฤษฎีของกาน (M_u) คสล. รูปตัด 30×80 ซม , $d = 65$ ซม เสริมเหล็ก
รับแรงดึง โดยที่ $\rho = 0.75\rho_b$ กำหนดให้ $f'_c = 300$ กก/ซม², $f_y = 4000$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 99,275 กก.เมตร
- (2) 89,350 กก.เมตร
- (3) 83,020 กก.เมตร
- (4) 70,120 กก.เมตร

แนวคิด

$$f'_c = 300 \text{ ksc} > 280 \text{ ksc}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{70}(300 - 280) = 0.835714285$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y}$$

$$\rho_b = 0.835714285 \times \frac{0.85 \times 300}{4000} \times \frac{6120}{6120 + 4000}$$

$$\rho_b = 0.032218767$$

$$\rho = 0.75\rho_b = 0.024164075$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.024164075 \times 4000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.024164075 \times \frac{4000}{300} \right)$$

$$R_u = 78.28283584$$

$$M_n = R_u b d^2 = 78.28283584 \times 30 \times 65^2$$

$$M_n = 9,922,349.442 \text{ kg.cm} = 99,223.49442 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 99,223.49442 = 89,301.14498 \text{ kg.m}$$

โมเมนต์ดัดสูงสุดตามทฤษฎี M_n ส่วนโมเมนต์ดัดที่รับได้จริง $\phi M_n = 0.9M_n$

คำตอบ ข้อ (2) 89,350 กก.เมตร

คำถามข้อที่ 122

คาน กสล. ช่วงเดี่ยว รูปตัด 20×55 ซม, $d' = 5$ ซม , $d = 45$ ซม $f'_c = 200$ กก/ซม² , $f_y = 3000$ กก/ซม² และเมื่อพิจารณาใช้เหล็กเสริมรับแรงดึงในตอนแรก $\rho - \rho' = 0.5\rho_b$ จะพบว่าคานนี้มีกำลังต้านทานโมเมนต์เพียง 15,150 กก.เมตร หากคานนี้ต้องรับโมเมนต์ประลัย 20 ตัน.เมตร จงประมาณปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงที่ต้องใช้ โดยสมมติว่าเหล็กเสริมรับแรงอัดถึงจุดคราก

ตัวเลือก

- (1) 14.50 ตร.ซม
- (2) 19.0 ตร.ซม
- (3) 26.5 ตร.ซม
- (4) 31.0 ตร.ซม

แนวคิด

$$f'_c = 200 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 200}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000}$$

$$\rho_b = 0.032322368$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.024241776$$

$$\rho - \rho' = 0.5\rho_b = 0.016161184$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.004666666$$

$$M_R = \phi R_u b d^2 = 15,150 \text{ kg.m} = 1,515,000 \text{ kg.cm}$$

$$M_u = 20,000 \text{ kg.m} = 2,000,000 \text{ kg.cm}$$

$$M_{u2} = M_u - M_R = 2,000,000 - 1,515,000 = 485,000 \text{ kg.cm}$$

$$A'_s = \frac{M_{u2}}{\phi f'_s (d - d')} = \frac{485,000}{0.9 \times 3000 \times (45 - 5)} = 4.490740741 \text{ cm}^2$$

$$\rho' = \frac{4.490740741}{20 \times 45} = 0.004989711$$

$$\rho = 0.5\rho_b + \rho' = 0.016161184 + 0.004989711 = 0.021150895$$

$$A_s = \rho b d = 0.021150895 \times 20 \times 45 = 19.03580634 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (2) 19.0 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 123

คาน คสล. ช่วงเดี่ยว รูปตัด 30×65 ซม. , $d' = 6$ ซม. , $d = 55$ ซม. $f'_c = 250$ กก/ซม² , $f_y = 4000$ กก/ซม² และเมื่อพิจารณาใช้เหล็กเสริมรับแรงดึงในตอนแรก $\rho - \rho' = 0.5\rho_b$ จะพบว่าคานนี้มีกำลังต้านทานโมเมนต์เพียง 38,870 กก.เมตร หากคานนี้ต้องรับโมเมนต์ประลัย 45 ตัน.เมตร จงประมาณปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงที่ต้องใช้ โดยสมมติว่าเหล็กเสริมรับแรงอัดถึงจุดคราก

ตัวเลือก

- (1) 34.0 ตร.ซม
- (2) 30.0 ตร.ซม
- (3) 26.0 ตร.ซม
- (4) 25.7 ตร.ซม

แนวคิด

$$f'_c = 250 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 250}{4000} \times \frac{6120}{6120 + 4000}$$

$$\rho_b = 0.027307929$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.020480947$$

$$\rho - \rho' = 0.5\rho_b = 0.013653964$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4000} = 0.0035$$

$$M_R = \phi R_u b d^2 = 38,870 \text{ kg.m} = 3,887,000 \text{ kg.cm}$$

$$M_u = 45,000 \text{ kg.m} = 4,500,000 \text{ kg.cm}$$

$$M_{u2} = M_u - M_R = 4,500,000 - 3,887,000 = 613,000 \text{ kg.cm}$$

$$A'_s = \frac{M_{u2}}{\phi f'_s (d - d')} = \frac{613,000}{0.9 \times 4000 \times (55 - 6)} = 5.212585034 \text{ cm}^2$$

$$\rho' = \frac{5.212585034}{30 \times 55} = 0.003159142$$

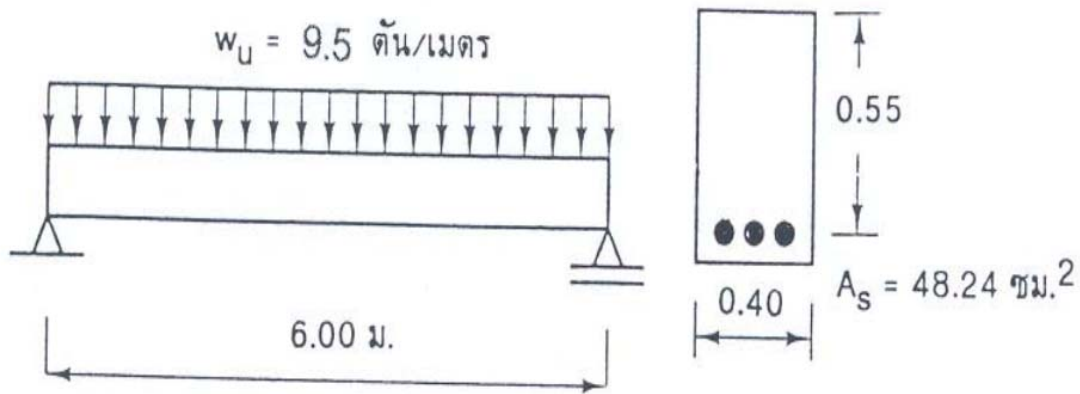
$$\rho = 0.5\rho_b + \rho' = 0.013653964 + 0.003159142 = 0.016813107$$

$$A_s = \rho b d = 0.016813107 \times 30 \times 55 = 27.74162715 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 26.0 ตร.ซม เพราะใกล้เคียงที่สุดแล้ว

คำถามข้อที่ 124

คาน คสล. ช่วงเดี่ยวยาว 6 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกทุกแบบเต็มที่เพิ่มค่าแล้ว $w_u = 9.5$ ตัน/เมตร (รวม น้ำหนักคานแล้ว) ถ้าคานมีรูปตัดดังแสดง โดยที่ $f'_c = 200$ กก/ตร.ซม และสมมติใช้เหล็กปด (SR24) ขนาด 9 มม จงประมาณหาระยะเรียงของเหล็กปด



ตัวเลือก

- (1) 8 ซม
- (2) 9 ซม
- (3) 15 ซม
- (4) 18 ซม

แนวคิด

$$V_u = \frac{w_u L}{2} - w_u d = \frac{8500 \times 6.00}{2} - 8500 \times 0.55 = 20,825 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} b d = 0.85 \times 0.53 \sqrt{200} \times 40 \times 55 = 14,016.27062 \text{ kg}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 20,825 - 14,016.27062 = 6808.729383 \text{ kg}$$

$$1.1 \phi \sqrt{f'_c} b d = 1.1 \times 0.85 \sqrt{200} \times 40 \times 55 = 29090.37298 \text{ kg} > \phi V_s$$

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{\phi V_s} = \frac{0.85 \times (2 \times 0.636) \times 2400 \times 55}{6808.729383} = 20.96 \text{ cm}$$

$$s = \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$$

$$s = 45 \text{ cm}$$

จะเห็นว่าไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง แต่หากคิดแรงเฉือนที่จุดรองรับไม่ใช่ที่หน้าตัดวิกฤต

$$V_u = \frac{w_u L}{2} = \frac{8500 \times 6.00}{2} = 25,500 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} b d = 0.85 \times 0.53 \sqrt{200} \times 40 \times 55 = 14,016.27062 \text{ kg}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 25,500 - 14,016.27062 = 11,483.72938 \text{ kg}$$

$$1.1 \phi \sqrt{f'_c} b d = 1.1 \times 0.85 \sqrt{200} \times 40 \times 55 = 29090.37298 \text{ kg} > \phi V_s$$

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{\phi V_s} = \frac{0.85 \times (2 \times 0.636) \times 2400 \times 55}{11,483.72938} = 12.43 \text{ cm}$$

$$s = \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$$

$$s = 45 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 15 ซม

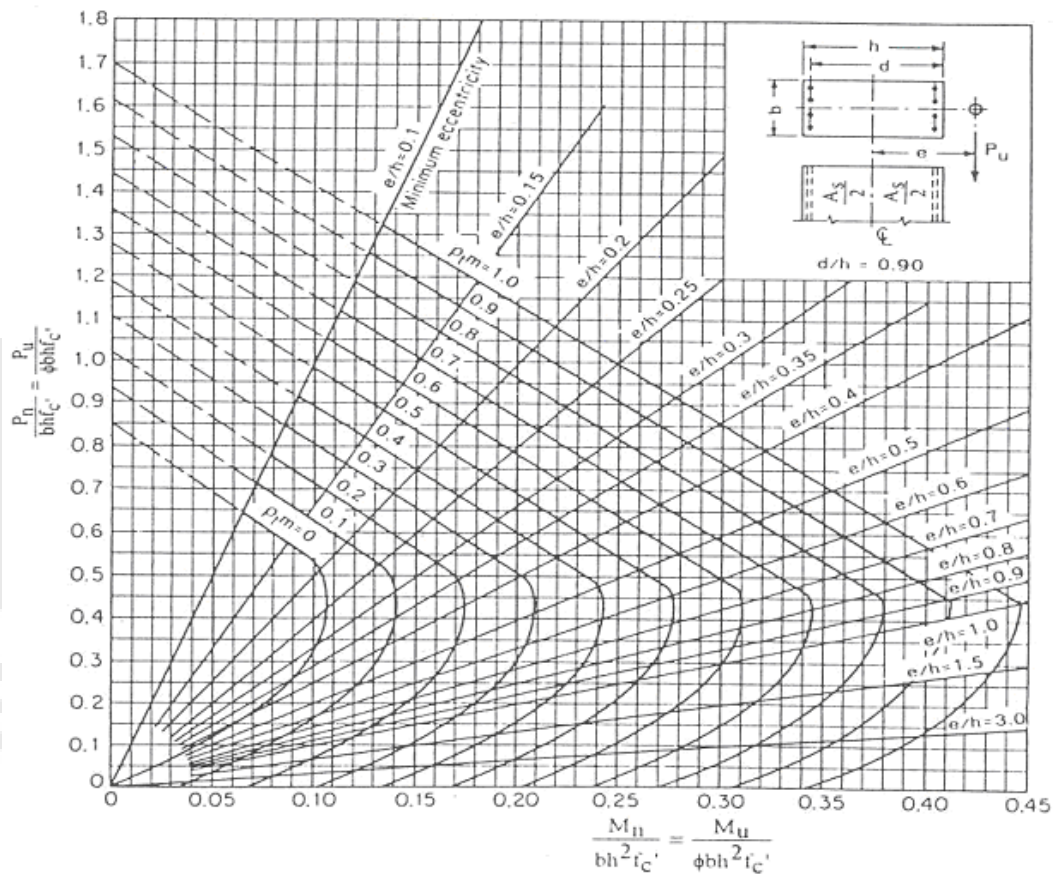
สังเกตข้อนี้ การออกแบบคำตอบไม่เหมาะสม และวิธีคิดแรงเฉือนที่จุดรองรับโดยตรงก็ผิดหลักวิชา



คำถามข้อที่ 125

จงประมาณกำลังรับแรงอัดประลัย P_u ของเสาสั้น คสล. ปลอกเดี่ยวดังแสดง โดยพิจารณาจากกราฟ ออกแบบของเสา กำหนดให้ $b = 30$ ซม, $h = 50$ ซม, $d = 45$ ซม, $A_s = 26.78$ ตร.ซม $f'_c = 350$ กก/ตร.ซม $f_y = 5000$ กก/ตร.ซม และระยะเยื้องศูนย์ e จากแกนศูนย์ถ่วงพลาสติก = 35 ซม (หมายเหตุ

$$m = \frac{f_y}{0.85f'_c})$$



ตัวเลือก

- (1) 147 ตัน
- (2) 126 ตัน
- (3) 103 ตัน
- (4) 88 ตัน

แนวคิด

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{26.78}{30 \times 50} = 0.017853333$$

$$m = \frac{f_y}{0.85f'_c} = \frac{5000}{0.85 \times 350} = 16.80672269$$

$$\rho_t m = 0.017853333 \times 16.80672269 = 0.300056022$$

$$\frac{e}{h} = \frac{35}{50} = 0.7$$

นำค่า $\rho_t m = 0.3$ และ $\frac{e}{h} = 0.7$ ไปกำหนดจุดบนกราฟจะได้

$$\frac{P_u}{\phi b h f'_c} \approx 0.28 \quad \text{และ} \quad \frac{M_u}{\phi b h^2 f'_c} \approx 0.198$$

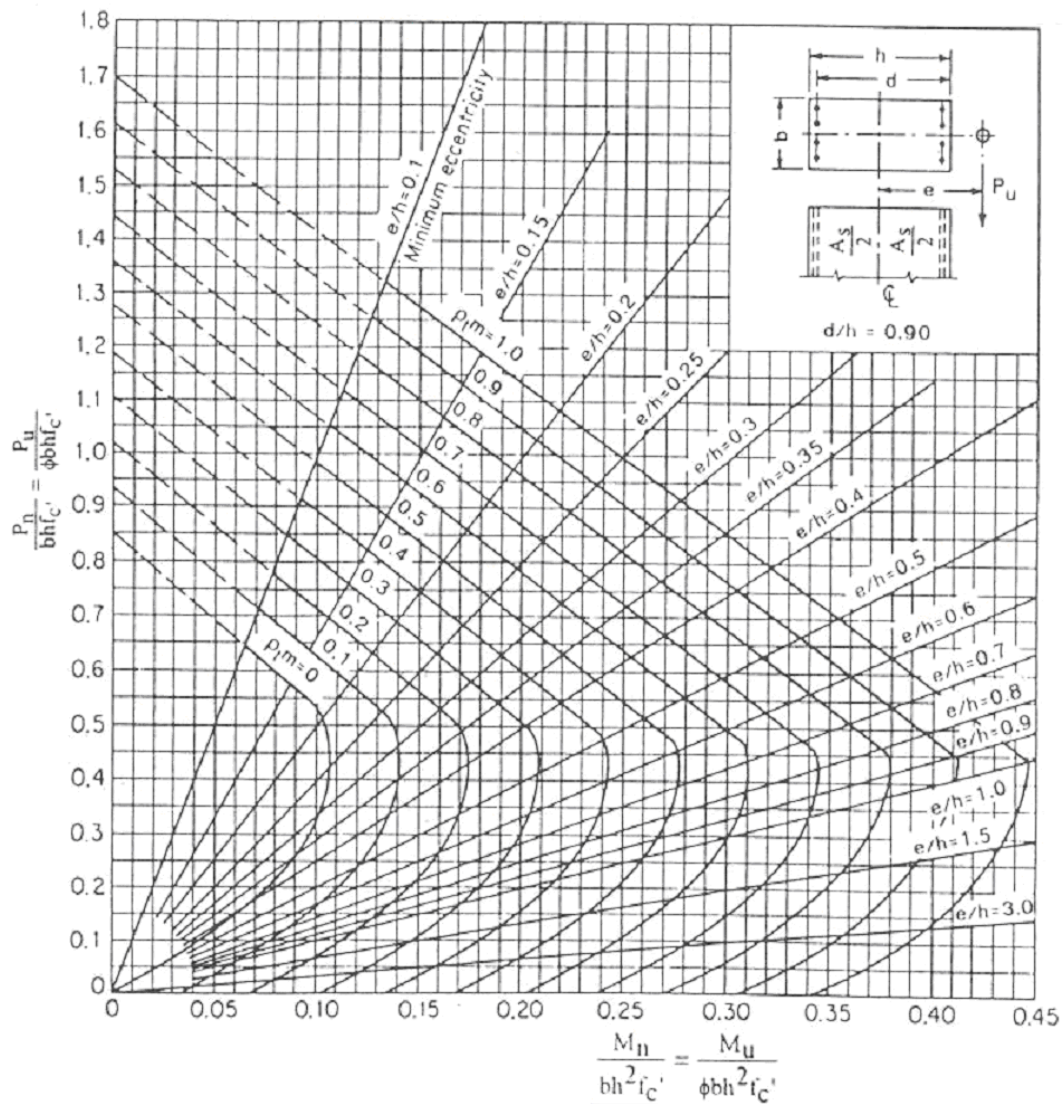
$$P_u = 0.28 \phi b h f'_c = 0.28 \times 0.70 \times 30 \times 50 \times 350 = 102900 \text{ kg}$$

คำตอบ ข้อ (3) 103 ตัน



คำถามข้อที่ 126

ถ้าเสาสั้นปดอกเดี่ยวต้องรับ $P_u = 131.25$ ตัน และ $M_u = 22.3$ ตัน.เมตร หากพิจารณาใช้เสารูปตัด $b = 25$ ซม $h = 50$ ซม $d = 45$ ซม โดยที่ $f'_c = 300$ กก/ตร.ซม $f_y = 3000$ กก/ตร.ซม จงประมาณหาปริมาณเหล็กยื่นทั้งหมด (A_{st}) ที่ต้องใช้ โดยพิจารณาจากกราฟออกแบบเสา



ตัวเลือก

- (1) 20 ตร.ซม
- (2) 22 ตร.ซม
- (3) 25 ตร.ซม
- (4) 28 ตร.ซม

แนวคิด

$$\frac{P_u}{\phi b h f'_c} = \frac{131,250}{0.70 \times 25 \times 50 \times 300} = 0.5$$

$$\frac{M_u}{\phi b h^2 f'_c} = \frac{22.3 \times 1000 \times 100}{0.70 \times 25 \times 50^2 \times 300} = 0.169904761 \approx 0.17$$

นำค่าทั้งสองไป plot บนกราฟ จะได้ $\rho_t m \approx 0.2$

$$\rho_t m = \frac{A_{st}}{A_g} \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{A_{st}}{25 \times 50} \times \frac{3000}{0.85 \times 300} = 0.2$$

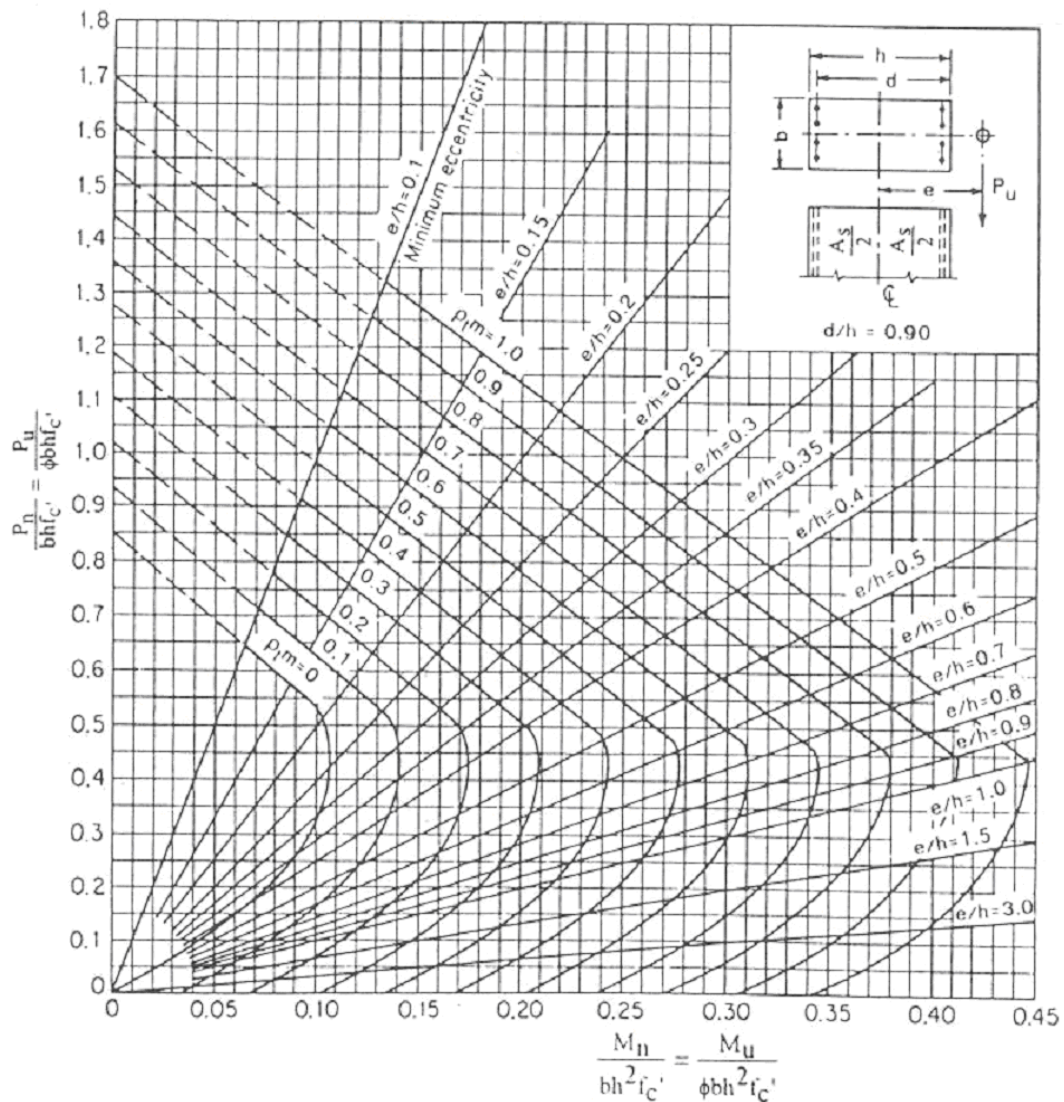
$$A_{st} = 0.2 \times \frac{25 \times 50 \times 0.85 \times 300}{3000} = 21.25 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (2) 22 ตร.ซม



คำถามข้อที่ 127

เสาสั้น คสล.ปลอกเดี่ยว ($b = 25$ ซม, $h = 50$ ซม, $d = 45$ ซม) โดยที่ $f'_c = 200$ กก/ตร.ซม เสริมด้วย เหล็กยืนชนิด SD30 ซึ่ง $A_{st} = 18.84$ ตร.ซม ถ้าให้ $P_u = 105$ ตัน จงประมาณว่าเสานี้จะรับโมเมนต์ M_u ได้เท่าใด โดยพิจารณาจากกราฟออกแบบเสา



ตัวเลือก

- (1) 10 ตัน.เมตร
- (2) 13 ตัน.เมตร
- (3) 15 ตัน.เมตร
- (4) 18 ตัน.เมตร

แนวคิด

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{bh} = \frac{18.84}{25 \times 50} = 0.015072$$

$$m = \frac{f_y}{0.85f'_c} = \frac{3000}{0.85 \times 200} = 17.64705882$$

$$\rho_t m = 0.015072 \times 17.64705882 = 0.26597647$$

$$\frac{P_u}{\phi b h f'_c} = \frac{105,000}{0.70 \times 25 \times 50 \times 200} = 0.6$$

จากกราฟออกแบบเสา ลาก $\frac{P_u}{\phi b h f'_c} = 0.6$ ไปตัดกับ $\rho_t m = 0.267 \approx 0.27$ แล้วลากลงไปหาค่า

ของ $\frac{M_u}{\phi b h^2 f'_c}$ ได้

$$\frac{M_u}{\phi b h^2 f'_c} \approx 0.158$$

ดังนั้น

$$M_u = 0.158 \phi b h^2 f'_c = 0.158 \times 0.70 \times 25 \times 50^2 \times 200 = 1,382,500 \text{ kg.cm}$$

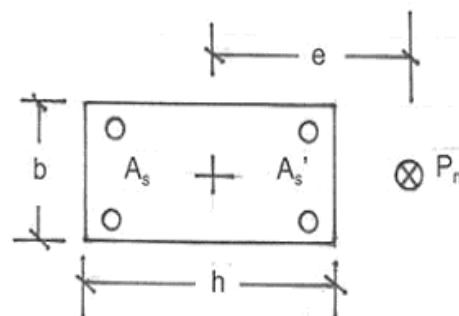
$$M_u = 13,825 \text{ kg.m} = 13.825 \text{ T.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 13 ตัน.เมตร



คำถามข้อที่ 128

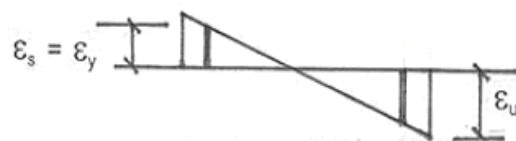
ชิ้นส่วนรับแรงอัดตามแนวแกนและโมเมนต์ดัด มีรูปแสดงการกระจายของหน่วยการยืด-หดตัว (strain distribution) ที่สถานะต่างๆ ดังที่แสดง รูปใดแสดงถึงสถานะสมดุล (balanced condition) ตามวิธีกำลัง



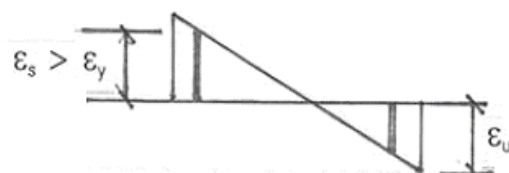
รูป (ก)



รูป (ข)



รูป (ค)



รูป (ง)

strain distribution

ตัวเลือก

- (1) รูป (ก)
- (2) รูป (ข)
- (3) รูป (ค)
- (4) รูป (ง)

แนวคิด

สภาวะสมดุล คือคอนกรีตมีหน่วยการหดตัว $\varepsilon_c = \varepsilon_u = 0.003$ และเหล็กรับแรงดึงจะถึงจุดคราก

พร้อมกัน $\varepsilon_s = \varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ จากรูปแรง P_n อยู่ทางขวา เหล็กยื่นทางขวาจะรับแรงอัด และเหล็กยื่น

ทางซ้ายจะรับแรงดึง

รูป (ก) หน่วยการหดตัวเท่ากันตลอดหน้าตัดแสดงว่าแรง P_n กระทำที่ศูนย์กลางเสา ข้อนี้ไม่ใช่

รูป (ข) ทั้งหน้าตัดเป็นแรงอัดตลอด แรง P_n กระทำในระยะ kern จึงไม่มีแรงดึงเลย ข้อนี้ไม่ใช่

รูป (ค) ด้านรับแรงอัดคอนกรีตมีหน่วยการหดตัว ε_u และด้านเหล็กรับแรงดึงครากพอดี $\varepsilon_s = \varepsilon_y$
ข้อนี้เป็นสภาวะสมดุล

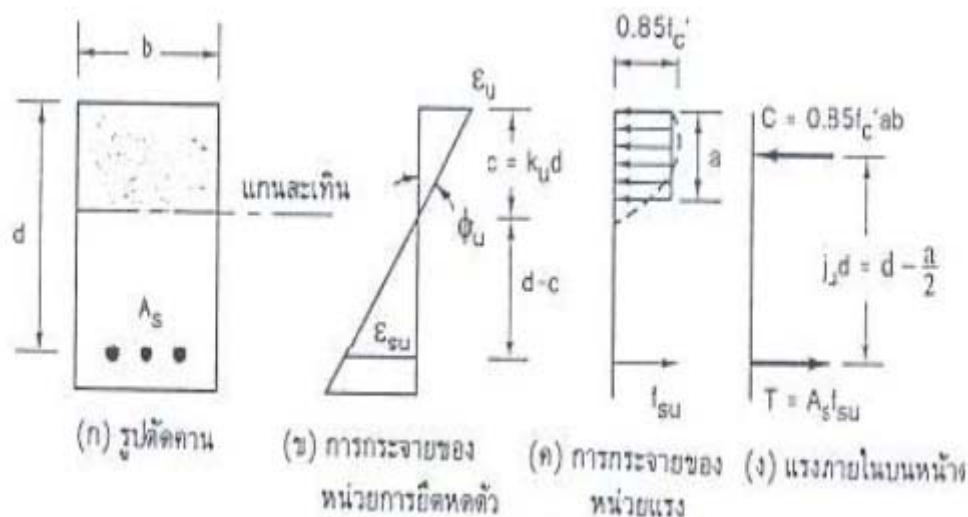
รูป (ง) ด้านรับแรงอัดคอนกรีตมีหน่วยการหดตัว ε_u ส่วนเหล็กรับแรงดึงครากไปก่อนแล้ว

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ ข้อนี้ไม่ใช่

คำตอบ ข้อ (3) รูป (ค)

คำถามข้อที่ 129

จากรูปตัดคานคอนกรีตที่เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวน โมเมนต์ดัดที่ใช้ออกแบบ (design strength) เมื่อคานวิบัติที่ด้านรับแรงดึง (yielding failure) คือ



ตัวเลือก

(1) $A_s f_y d \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f_c} \right)$

(2) $\phi A_s f_y d \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f_c} \right)$

(3) $A_s f_s \left(d - \frac{a}{2} \right)$

(4) $\phi A_s f_s \left(d - \frac{a}{2} \right)$

แนวคิด

โมเมนต์ออกแบบคือ

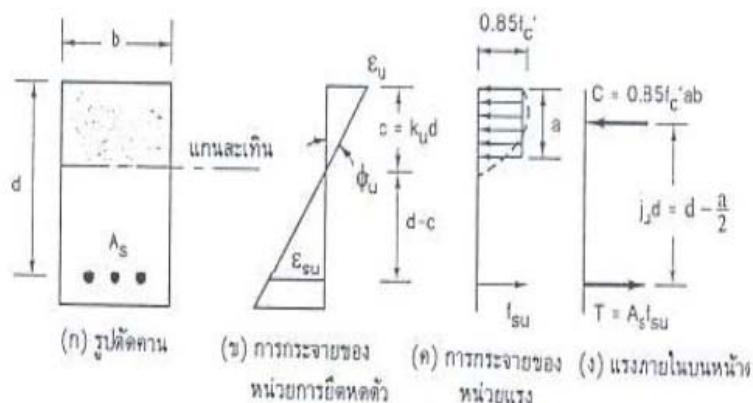
$$\phi M_n = \phi R_u b d^2 = \phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f_c} \right) b d^2 = \phi \frac{A_s}{b d} f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f_c} \right) b d^2$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y d \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f_c} \right)$$

คำตอบ ข้อ (2) $\phi A_s f_y d \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f_c} \right)$

คำถามข้อที่ 130

จงหาระยะ a ที่สภาวะสมดุล (balanced condition) ตามวิธีกำลัง ถ้าให้ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ตร.ซม



ตัวเลือก

(1) $\frac{\phi A_s f_y}{0.85 f'_c b}$

(2) $\beta_1 \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) d$

(3) $\phi \beta_1 \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) d$

(4) $\beta_1 \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right) d$

แนวคิด

จากรูป (ข) การกระจายของหน่วยการยืดหดตัว สามเหลี่ยมคล้าย

$$\frac{\epsilon_u}{c} = \frac{\epsilon_y}{d - c}$$

$$\frac{d - c}{c} = \frac{\epsilon_y}{\epsilon_u}$$

$$\frac{d}{c} - 1 = \frac{\epsilon_y}{0.003} = \frac{f_y}{0.003 E_s} = \frac{f_y}{0.003 \times 2 \times 10^6} = \frac{f_y}{6000}$$

$$\frac{d}{c} = 1 + \frac{f_y}{6000} = \frac{6000 + f_y}{6000}$$

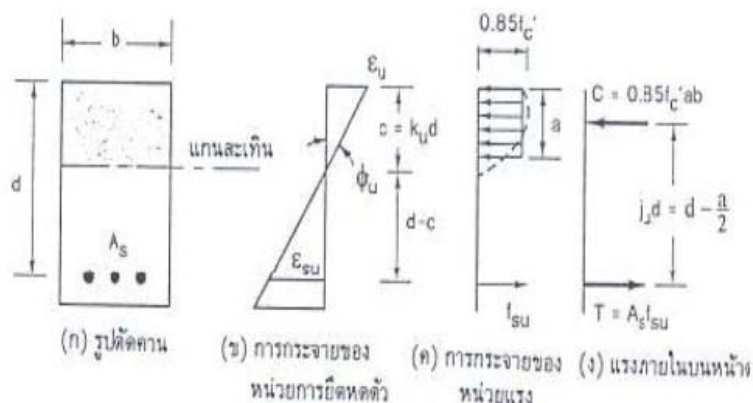
$$c = \frac{a}{\beta_1} = \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) d$$

$$a = \beta_1 \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) d$$

คำตอบ ข้อ (2) $\beta_1 \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) d$

คำถามข้อที่ 131

จงหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงที่มากที่สุด ($A_{s,max}$) ที่ยอมให้ใช้ตามข้อกำหนดในวิธีกำลัง



ตัวเลือก

$$(1) \quad A_{s,max} = \frac{0.85f'_c ab}{f_y}$$

$$(2) \quad A_{s,max} = \phi \left(\frac{0.85f'_c ab}{f_y} \right)$$

$$(3) \quad A_{s,max} = 0.75 \left(\frac{0.85f'_c ab}{f_y} \right)$$

$$(4) \quad A_{s,max} = 0.50 \left(\frac{0.85f'_c ab}{f_y} \right)$$

แนวคิด

ตามหลักการนั้น อัตราส่วนสูงสุดที่ยอมให้ $\rho_{max} = 0.75\rho_b$ โดยขณะที่ $\rho = \rho_b$ คอนกรีตจะมีกำลังถึง $0.85f'_c$ แรงอัดในคอนกรีต $C = 0.85f'_c ab$ ขณะที่เหล็กรับแรงดึงครากพอดี แรงดึงในเหล็กคือ $T = A_s f_y$ สมดุลของแรงในหน้าตัด ทำให้ $C = T$

$$0.85f'_c ab = A_s f_y$$

$$A_s = \frac{0.85f'_c ab}{f_y}$$

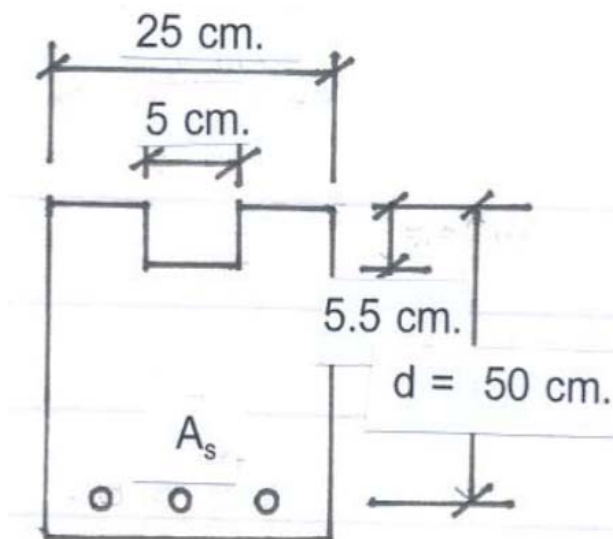
แต่เนื่องจาก $\rho_{max} = 0.75\rho_b$ ดังนั้นเนื้อที่หน้าตัดเหล็กรับแรงดึงที่ยอมให้สูงสุดจึงเป็น

$$A_{s,max} = 0.75 \left(\frac{0.85f'_c ab}{f_y} \right)$$

คำตอบ ข้อ (3) $A_{s,max} = 0.75 \left(\frac{0.85f'_c ab}{f_y} \right)$

คำถามข้อที่ 132

คาน คสล. มีรูปตัดดังแสดง ถ้ากำหนดให้ $f'_c = 200$ กก/ตร.ซม, $f_y = 4000$ กก/ตร.ซม จงหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงที่มากที่สุด ($A_{s,max}$) ที่ยอมให้ใช้ตามข้อกำหนดของวิธีกำลัง



ตัวเลือก

- (1) 25.92 ตร.ซม
- (2) 20.32 ตร.ซม
- (3) 19.44 ตร.ซม
- (4) 12.96 ตร.ซม

แนวคิด

พิจารณากรณีที่คอนกรีตมีหน่วยการหดตัว 0.003 พร้อมกับเหล็กครากซึ่งเป็นสถานะสมดุล

$$\frac{\epsilon_u}{c} = \frac{\epsilon_y}{d - c}$$

$$\frac{d}{c} - 1 = \frac{\epsilon_y}{\epsilon_u} = \frac{f_y}{0.003E_s} = \frac{f_y}{6120}$$

$$\frac{d}{c} = 1 + \frac{f_y}{6120} = \frac{6120 + f_y}{6120}$$

$$c = \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right) d = \left(\frac{6120}{6120 + 4000} \right) \times 50 = 30.23715415 \text{ cm}$$

$$f'_c = 200 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$a = \beta_1 c = 0.85 \times 30.23715415 = 25.70158103 \text{ cm} > 5.5 \text{ cm}$$

พิจารณาสมดุลของแรงบนหน้าตัด

$$0.85f'_c(25 - 5) \times 5.5 + 0.85f'_c \times 25 \times (25.70158103 - 5.5) = A_s f_y$$

$$0.85f'_c(20 \times 5.5 + 25 \times 20.20158103) = A_s f_y$$

$$522.7835968f'_c = A_s f_y$$

$$A_s = \frac{522.7835968f'_c}{f_y} = \frac{522.7835968 \times 200}{4000} = 26.13917984 \text{ cm}^2$$

เป็นเนื้อที่หน้าตัดเหล็กรับแรงดึงที่สถานะสมดุล ซึ่งมาตรฐาน วสท. ยอมให้ใช้เพียง 75% คือ

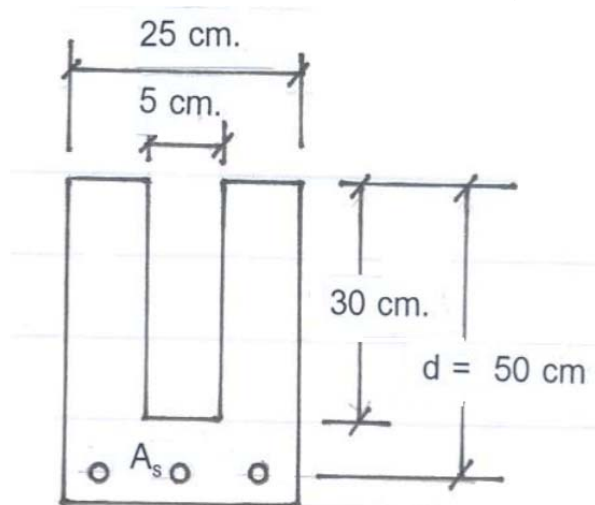
$$A_{s,max} = 0.75 \times 26.13917984 = 19.60438488 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 19.44 ตร.ซม



คำถามข้อที่ 133

คาน คสล.มีรูปตัดดังแสดง ถ้ากำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ตร.ซม , $f_y = 4000$ กก/ตร.ซม และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ตร.ซม จงหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงที่มากที่สุด ($A_{s,max}$) ที่ยอมให้ใช้ตามวิธีกำลัง



ตัวเลือก

- (1) 33.87 ตร.ซม
- (2) 25.40 ตร.ซม
- (3) 20.32 ตร.ซม
- (4) 13.55 ตร.ซม

แนวคิด

พิจารณากรณีที่คอนกรีตมีหน่วยการหดตัว 0.003 พร้อมกับเหล็กครากซึ่งเป็นสถานะสมดุล

$$\frac{\epsilon_u}{c} = \frac{\epsilon_y}{d - c}$$

$$\frac{d}{c} - 1 = \frac{\epsilon_y}{\epsilon_u} = \frac{f_y}{0.003 E_s} = \frac{f_y}{0.003 \times 2 \times 10^6} = \frac{f_y}{6000}$$

$$\frac{d}{c} = 1 + \frac{f_y}{6000} = \frac{6000 + f_y}{6000}$$

$$c = \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) d = \left(\frac{6000}{6000 + 4000} \right) \times 50 = 30 \text{ cm}$$

$$f'_c = 250 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$a = \beta_1 c = 0.85 \times 30 = 25.5 \text{ cm} < 30 \text{ cm}$$

พิจารณาสมดุลของแรงบนหน้าตัด

$$0.85 f'_c (25 - 5) \times 25.5 = A_s f_y$$

$$433.5 f'_c = A_s f_y$$

$$A_s = \frac{433.5 f'_c}{f_y} = \frac{433.5 \times 250}{4000} = 27.09375 \text{ cm}^2$$

เป็นเนื้อที่หน้าตัดเหล็กรับแรงดึงที่สถานะสมดุล ซึ่งมาตรฐาน วสท. ขอมให้ใช้เพียง 75% คือ

$$A_{s,max} = 0.75 \times 27.09375 = 20.3203125 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 20.32 ตร.ซม



คำถามข้อที่ 134

คานารูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.20×0.50 ม เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยุติระยะ $d = 0.45$ ม ถ้าใช้ $f'_c = 150$ กก/ซม² และ $f_y = 2400$ กก/ซม² จงใช้วิธี WSD ประมาณขนาดและจำนวนของเหล็กเสริมที่ใช้ ณ สภาวะสมดุล สมมติให้แนวแกนสะเทิน $kd = 17.5$ ซม

ตัวเลือก

- (1) $5 - \phi 15$ มม
- (2) $6 - \phi 15$ มม
- (3) $3 - \phi 19$ มม
- (4) $2 - \phi 25$ มม

แนวคิด

สภาวะสมดุลในวิธีหน่วยแรงใช้งานคือเมื่อรับโมเมนต์ถึงค่าสูงสุด คอนกรีตจะมีหน่วยแรงถึง f_c และเหล็กเสริมจะมีหน่วยแรงถึง f_s พร้อมกัน

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 150 = 67.5 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2,040,000}{15100\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{f'_c}} = \frac{135.099}{\sqrt{150}} = 11.03$$

ความสัมพันธ์ของหน่วยการยืดหดตัวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมรับแรงดึง โดยสามเหลี่ยมคล้าย

$$kd = 17.5$$

$$k = \frac{17.5}{d} = \frac{17.5}{45} = 0.389$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.389}{3} = 0.870$$

$$M_R = \frac{1}{2}f_c k j b d^2 = A_s f_s j d$$

$$A_s = \frac{f_c k b d}{2f_s} = \frac{67.5 \times 0.389 \times 0.870 \times 20 \times 45}{1200} = 17.13 \text{ cm}^2$$

$$5 - \phi 15 \text{ มม มี } A_s = 5 \times \frac{\pi}{4} \times 1.5^2 = 8.836 \text{ cm}^2 < 17.13 \text{ cm}^2 \text{ ใช้ไม่ได้}$$

$$6 - \phi 15 \text{ มม มี } A_s = 6 \times \frac{\pi}{4} \times 1.5^2 = 10.60 \text{ cm}^2 < 17.13 \text{ cm}^2 \text{ ใช้ไม่ได้}$$

$$3 - \phi 19 \text{ มม มี } A_s = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 1.9^2 = 8.506 \text{ cm}^2 < 17.13 \text{ cm}^2 \text{ ใช้ไม่ได้}$$

$$2 - \phi 25 \text{ มม มี } A_s = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 2.5^2 = 9.817 \text{ cm}^2 < 17.13 \text{ cm}^2 \text{ ใช้ไม่ได้}$$

คำตอบ ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง ที่จะต้องคือ 4-RB 25 mm มี $A_s = 19.635 \text{ cm}^2$

เฉลย ข้อ (4) $2 - \phi 25$ มม

คำถามข้อที่ 135

คานารูปคั้ดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.15×0.35 ม เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวกั้ระยะ $d = 0.30$ ม ถ้าใช้ $f'_c = 200$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² จงใช้วิธี WSD ประมาณอัตราส่วนที่สภาพสมดุล สมมติให้ตำแหน่งแนวแกนสะเทิน $kd = 11.25$ ซม

ตัวเลือก

- (1) 0.0161
- (2) 0.0113
- (3) 0.0092
- (4) 0.0074

แนวคิด

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 200 = 90 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 3000 = 1500 \text{ ksc}$$

$$kd = 30k = 11.25$$

$$k = \frac{11.25}{30} = 0.375$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.375}{3} = 0.875$$

$$M_R = \frac{1}{2}f_c k j b d^2 = A_s f_s j d$$

$$\frac{1}{2}f_c k b d = A_s f_s$$

$$\rho_b = \frac{A_s}{b d} = \frac{f_c k}{2 f_s} = \frac{90 \times 0.375}{2 \times 1500} = 0.01125 \approx 0.0113$$

คำตอบ ข้อ (2) 0.0113

คำถามข้อที่ 136

คานยื่นรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.15×0.30 ม เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวที่ระยะ $d = 0.25$ ม ถ้าใช้ $f'_c = 200$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² เพื่อรับโมเมนต์ดัดประลัย (M_u) ที่หน้าตัดวิกฤตเท่ากับ 3500 กก.เมตร จงใช้วิธี USD ประมาณปริมาณเหล็กเสริม A_s ที่หน้าตัดวิกฤตนี้

ตัวเลือก

- (1) 6.0 ซม²
- (2) 7.3 ซม²
- (3) 8.5 ซม²
- (4) 9.0 ซม²

แนวคิด

วิธี USD = Ultimate Strength Design => SDM = Strength Design Method

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{3500 \times 100}{0.9 \times 15 \times 25^2} = 41.48148148$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_u}{0.85 f'_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 200}{3000} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 41.48148148}{0.85 \times 200}} \right]$$

$$\rho = 0.01611999$$

$$A_s = \rho b d = 0.01611999 \times 15 \times 25 = 6.044996559 \text{ ซม}^2$$

คำตอบ ข้อ (1) 6.0 ซม²

คำถามข้อที่ 137

คานยื่นรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 0.20×0.35 ม เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวที่ระยะ $d = 0.30$ ม ถ้าใช้ $f'_c = 200$ กก/ซม² และ $f_y = 4000$ กก/ซม² เพื่อรับโมเมนต์ดัดประลัย (M_u) ที่หน้าตัดวิกฤตเท่ากับ 6000 กก.เมตร จงใช้วิธี USD ประมาณปริมาณเหล็กเสริม A_s ที่หน้าตัดวิกฤตนี้

ตัวเลือก

- (1) 6.0 ซม²
- (2) 6.5 ซม²
- (3) 7.2 ซม²
- (4) 7.8 ซม²

แนวคิด

วิธี USD = Ultimate Strength Design => SDM = Strength Design Method

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{6000 \times 100}{0.9 \times 20 \times 30^2} = 37.03703704$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_u}{0.85 f'_c}} \right]$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 200}{4000} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 37.03703704}{0.85 \times 200}} \right]$$

$$\rho = 0.010574885$$

$$A_s = \rho b d = 0.010574885 \times 20 \times 30 = 6.344931045 \text{ ซม}^2$$

คำตอบ ข้อ (2) 6.5 ซม²

คำถามข้อที่ 138

แผ่นพื้นต่อเนื่องมีระยะศูนย์กลางของที่รองรับ = 3.50 เมตร ต้องรับน้ำหนักบรรทุกจรแบบแผ่นสม่ำเสมอใช้งานเท่ากับ 500 กก/ม² ถ้าที่รองรับสามารถรับโมเมนต์ดัดได้เท่ากับ $wL^2/24$ จงใช้วิธี WSD หาขนาดและระยะเรียงของเหล็กเสริมที่ต้องใช้ตรงกลางช่วงพื้น สมมติให้แผ่นพื้นหนา 20 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวที่ระยะ $d = 15$ ซม. $f'_c = 150$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² ตำแหน่งแนวแกนสะเทิน $kd = 5$ ซม.

ตัวเลือก

- (1) เหล็ก 6 มม @ 8 ซม
- (2) เหล็ก 6 มม @ 10 ซม
- (3) เหล็ก 9 มม @ 12 ซม
- (4) เหล็ก 9 มม @ 16 ซม

แนวคิด

ตัดพื้นกว้าง 1.00 เมตร เสมือนคานต่อเนื่องแบบๆ ความยาวช่วง $L = 3.50$ m

น้ำหนักตัวพื้นเอง $w_G = 2400h = 2400 \times 0.20 = 480$ กก/ม²

น้ำหนักรวม $w = w_G + w_L = 480 + 500 = 980$ กก/ม²

ถ้าเป็นพื้นช่วงเดียว $M_1 = \frac{wL^2}{8} = \frac{980 \times 3.50^2}{8} = 1500.625$ กก.ม

โมเมนต์ที่จุดรองรับ $M_2 = -\frac{wL^2}{24} = -\frac{980 \times 3.50^2}{24} = -500.2083333$ กก.ม

โมเมนต์บวกกลางช่วงจะเหลือ $M = M_1 + M_2 = 1500.625 - 500.2083333 = 1000.416667$

$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 3000 = 1500$ ksc

$kd = 15k = 5$

$k = \frac{5}{15} = 0.333$

$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.333}{3} = 0.889$

$M = A_s f_s j d$

$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{1000.416667 \times 100}{1500 \times 0.889 \times 15} = 5.001458153$ ซม²/m

RB 6 มม ระยะเรียง $= \frac{A_{s1}}{A_s} = \frac{0.283}{5.001458153} = 0.0566$ m

RB 9 มม ระยะเรียง $= \frac{A_{s1}}{A_s} = \frac{0.636}{5.001458153} = 0.12716$ m

คำตอบ ข้อ (3) เหล็ก 9 มม @ 12 ซม

เหล็ก RB 6 มม และ RB 9 มม เป็น SR24 มี $f_y = 2400$ ksc ไม่ใช่ SD30 ที่ $f_y = 3000$ ksc

คำถามข้อที่ 139

แผ่นพื้นต่อเนื่องมีระยะศูนย์กลางถึงศูนย์กลางของที่รองรับ = 4.00 เมตร ต้องรับน้ำหนักบรรทุกจรแบบแผ่นสม่ำเสมอใช้งานเท่ากับ 500 กก/ม² ถ้าที่รองรับสามารถรับโมเมนต์ค้ดได้เท่ากับ $wL^2/24$ จงใช้วิธี WSD หาขนาดและระยะเรียงของเหล็กเสริมที่ (ประหยัด) ตรงกลางช่วงพื้น สมมติให้แผ่นพื้นหนา 20 ซม เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวที่ระยะ $d = 15$ ซม $f'_c = 150$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² ตำแหน่งแนวแกนสะเทิน $kd = 5$ ซม

ตัวเลือก

- (1) เหล็ก 12 มม @ 18 ซม
- (2) เหล็ก 12 มม @ 16 ซม
- (3) เหล็ก 12 มม @ 20 ซม
- (4) เหล็ก 12 มม @ 30 ซม

แนวคิด

ค้ดพื้นกว้าง 1.00 เมตร เสมือนคานต่อเนื่องแบบๆ ความยาวช่วง $L = 4.00$ m

น้ำหนักตัวพื้นเอง $w_G = 2400h = 2400 \times 0.20 = 480$ กก/ม²

น้ำหนักรวม $w = w_G + w_L = 480 + 500 = 980$ กก/ม²

ถ้าเป็นพื้นช่วงเดียว $M_1 = \frac{wL^2}{8} = \frac{980 \times 4.00^2}{8} = 1960$ กก.ม

โมเมนต์ที่จุดรองรับ $M_2 = -\frac{wL^2}{24} = -\frac{980 \times 4.00^2}{24} = -653.3333333$ กก.ม

โมเมนต์บวกกลางช่วงจะเหลือ $M = M_1 + M_2 = 1960 - 653.3333333 = 1306.666667$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 3000 = 1500 \text{ ksc}$$

$$kd = 15k = 5$$

$$k = \frac{5}{15} = 0.333$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.333}{3} = 0.889$$

$$M = A_s f_s j d$$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{1306.666667 \times 100}{1500 \times 0.889 \times 15} = 6.532516769 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$\text{DB 12 mm ระยะเรียง} = \frac{A_{s1}}{A_s} = \frac{1.131}{6.532516769} = 0.173133883 \text{ m}$$

คำตอบ ข้อ (2) เหล็ก 12 มม @ 16 ซม

คำถามข้อที่ 140

คานารูปตัดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20×0.45 ม เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยุที่ระยะ $d = 0.40$ ม โดยใช้ $f'_c = 200$ กก/ซม² และ $f_y = 2400$ กก/ซม² ซึ่งจากวิธี WSD พบว่า ค่า $k = 0.43$ และโมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต = 5300 กก.เมตร ถ้าคานานี้ต้องรับโมเมนต์ดัดใช้งาน = 6000 กก.เมตร จงหาปริมาณของเหล็กเสริมรับแรงดึง (A_s) และรับแรงอัด (A'_s) ที่ต้องใช้ตามทฤษฎี สมมติระยะ $d' = 5$ ซม

ตัวเลือก

- (1) $A'_s = 1.26$ ซม² $A_s = 14.40$ ซม²
- (2) $A'_s = 1.67$ ซม² $A_s = 14.50$ ซม²
- (3) $A'_s = 1.76$ ซม² $A_s = 14.60$ ซม²
- (4) $A'_s = 1.86$ ซม² $A_s = 14.70$ ซม²

แนวคิด

ข้อมูล $b = 20$ cm, $h = 45$ cm, $d = 40$ cm, $d' = 5$ cm, $f'_c = 200$ ksc, $f_y = 2400$ ksc, $k = 0.43$

$M_c = 5300$ kg.m, $M = 6000$ kg.m หา A_s และ A'_s

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 200 = 90 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.43}{3} = 0.857$$

$$f'_s = 2f_s \frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k} = 2 \times 1200 \times \frac{0.43 - \frac{5}{40}}{1 - 0.43} = 1284.21 \text{ ksc} > f_s = 1200 \text{ ksc}$$

$$f'_s = 1200 \text{ ksc}$$

$$A_s = \frac{M_c}{f_s j d} + \frac{M - M_c}{f_s (d - d')} = \frac{5300 \times 100}{1200 \times 0.857 \times 40} + \frac{(6000 - 5300) \times 100}{1200 \times (40 - 5)}$$

$$A_s = 14.551 \text{ cm}^2$$

$$A'_s = \frac{M - M_c}{f'_s (d - d')} = \frac{(6000 - 5300) \times 100}{1200 \times (40 - 5)} = 1.667 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (2) $A'_s = 1.67$ ซม² $A_s = 14.50$ ซม²

คำถามข้อที่ 141

คานารูปคั๊ดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20×0.45 ม เสริมเหล็กรับแรงดิ่งอย่างเดียวกั๊ระยะ $d = 0.40$ ม โดยใช้ $f'_c = 200$ กก/ซม² และ $f_y = 2400$ กก/ซม² ซึ่งจากวิธี WSD พบว่า ค่า $k = 0.43$ และโมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต = 5300 กก.เมตร ถ้าคานานี้ต้องรับโมเมนต์คั๊ดใช้งาน = 6000 กก.เมตร จงหาปริมาณของเหล็กเสริมรับแรงดิ่ง (A_s) และรับแรงอัด (A'_s) ที่ต้องใช้ตามทฤษฎี สมมติระยะ $d' = 3$ ซม

ตัวเลือก

(1) $A'_s = 1.26$ ซม² $A_s = 14.10$ ซม²

(2) $A'_s = 1.42$ ซม² $A_s = 14.30$ ซม²

(3) $A'_s = 1.50$ ซม² $A_s = 14.35$ ซม²

(4) $A'_s = 1.58$ ซม² $A_s = 14.40$ ซม²

แนวคิด

ข้อมูล $b = 20$ cm, $h = 45$ cm, $d = 40$ cm, $d' = 3$ cm, $f'_c = 200$ ksc, $f_y = 2400$ ksc, $k = 0.43$

$M_c = 5300$ kg.m, $M = 6000$ kg.m หา A_s และ A'_s

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 200 = 90 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ ksc}$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.43}{3} = 0.857$$

$$f'_s = 2f_s \frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k} = 2 \times 1200 \times \frac{0.43 - \frac{3}{40}}{1 - 0.43} = 1494.7 \text{ ksc} > f_s = 1200 \text{ ksc}$$

$$f'_s = 1200 \text{ ksc}$$

$$A_s = \frac{M_c}{f_s j d} + \frac{M - M_c}{f_s (d - d')} = \frac{5300 \times 100}{1200 \times 0.857 \times 40} + \frac{(6000 - 5300) \times 100}{1200 \times (40 - 3)}$$

$$A_s = 14.46 \text{ ซม}^2$$

$$A'_s = \frac{M - M_c}{f'_s (d - d')} = \frac{(6000 - 5300) \times 100}{1200 \times (40 - 3)} = 1.577 \text{ ซม}^2$$

คำตอบ ข้อ (4) $A'_s = 1.58$ ซม² $A_s = 14.40$ ซม²

คำถามข้อที่ 142

คานารูปตัดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20×0.50 ม เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยุที่ระยะ $d = 0.45$ ม โดยใช้ $f'_c = 200$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² ซึ่งจากวิธี WSD พบว่า ค่า $k = 0.38$ และโมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต = 6025 กก.เมตร ถ้าคานานี้ต้องรับโมเมนต์ดัดใช้งาน = 8025 กก.เมตร จงหาปริมาณของเหล็กเสริมรับแรงดึง (A_s) และรับแรงอัด (A'_s) ที่ต้องใช้ตามทฤษฎี สมมติระยะ $d' = 5$ ซม

ตัวเลือก

- (1) $A'_s = 3.33$ ซม² $A_s = 13.60$ ซม²
- (2) $A'_s = 3.67$ ซม² $A_s = 13.93$ ซม²
- (3) $A'_s = 3.84$ ซม² $A_s = 14.10$ ซม²
- (4) $A'_s = 4.00$ ซม² $A_s = 14.26$ ซม²

แนวคิด

ข้อมูล $b = 20$ cm, $h = 50$ cm, $d = 45$ cm, $d' = 5$ cm, $f'_c = 200$ ksc, $f_y = 3000$ ksc, $k = 0.38$

$M_c = 6025$ kg.m, $M = 8025$ kg.m หา A_s และ A'_s

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 200 = 90 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 3000 = 1500 \text{ ksc}$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.38}{3} = 0.873$$

$$f'_s = 2f_s \frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k} = 2 \times 1500 \times \frac{0.38 - \frac{5}{45}}{1 - 0.38} = 1301.075269 \text{ ksc} < f_s = 1500 \text{ ksc}$$

$$A_s = \frac{M_c}{f_s j d} + \frac{M - M_c}{f_s (d - d')} = \frac{6025 \times 100}{1500 \times 0.873 \times 45} + \frac{(8025 - 6025) \times 100}{1500 \times (45 - 5)}$$

$$A_s = 13.558 \text{ cm}^2$$

$$A'_s = \frac{M - M_c}{f'_s (d - d')} = \frac{(8025 - 6025) \times 100}{1301.075269 \times (45 - 5)} = 3.842975207 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) $A'_s = 3.84$ ซม² $A_s = 14.10$ ซม²

คำถามข้อที่ 143

คานารูปคัสดี้เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20×0.50 ม เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวยุที่ระยะ $d = 0.45$ ม โดยใช้ $f'_c = 200$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² ซึ่งจากวิธี WSD พบว่า ค่า $k = 0.38$ และโมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต = 6025 กก.เมตร ถ้าคานานี้ต้องรับโมเมนต์คัสดี้ใช้งาน = 8025 กก.เมตร จงหาปริมาณของเหล็กเสริมรับแรงดึง (A_s) และรับแรงอัด (A'_s) ที่ต้องใช้ตามทฤษฎี สมมติระยะ $d' = 3$ ซม

ตัวเลือก

- (1) $A'_s = 3.17$ ซม² $A_s = 13.43$ ซม²
- (2) $A'_s = 3.49$ ซม² $A_s = 13.75$ ซม²
- (3) $A'_s = 3.65$ ซม² $A_s = 13.91$ ซม²
- (4) ไม่มีข้อใดถูก

แนวคิด

ข้อมูล $b = 20$ cm, $h = 50$ cm, $d = 45$ cm, $d' = 3$ cm, $f'_c = 200$ ksc, $f_y = 3000$ ksc, $k = 0.38$

$M_c = 6025$ kg.m, $M = 8025$ kg.m หา A_s และ A'_s

$$f_c = 0.45f'_c = 0.45 \times 200 = 90 \text{ ksc}$$

$$f_s = 0.5f_y = 0.5 \times 3000 = 1500 \text{ ksc}$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.38}{3} = 0.873$$

$$f'_s = 2f_s \frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k} = 2 \times 1500 \times \frac{0.38 - \frac{3}{45}}{1 - 0.38} = 1516.129032 \text{ ksc} > f_s = 1500 \text{ ksc}$$

$$f'_s = 1500 \text{ ksc}$$

$$A_s = \frac{M_c}{f_s j d} + \frac{M - M_c}{f'_s (d - d')} = \frac{6025 \times 100}{1500 \times 0.873 \times 45} + \frac{(8025 - 6025) \times 100}{1500 \times (45 - 3)}$$

$$A_s = 13.399 \text{ cm}^2$$

$$A'_s = \frac{M - M_c}{f'_s (d - d')} = \frac{(8025 - 6025) \times 100}{1500 \times (45 - 3)} = 3.1746 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (1) $A'_s = 3.17$ ซม² $A_s = 13.43$ ซม²

คำถามข้อที่ 144

ข้อใดต่อไปนี้มีใช้ข้อบ่งชี้ของการออกแบบพื้น คสล. 2 ทาง ตามวิธีที่ 2 ของมาตรฐาน ว.ส.ท.

ตัวเลือก

- (1) แผ่นพื้นอาจเป็นแบบตันหรือคريب
- (2) แผ่นพื้นอาจต่อเนื่องหรือไม่ก็ได้ และอาจมีหรือไม่มีคานรองรับทั้งสองด้าน
- (3) น้ำหนักบรรทุกบนแผ่นพื้นต้องเป็นแบบแผ่สม่ำเสมอ
- (4) น้ำหนักบรรทุกจรใช้งานต้องไม่เกินกว่าสามเท่าของน้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งาน

แนวคิด

ดู มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ของ ว.ส.ท. ข้อ 7102
ต้องมีคานรองรับทั้งสองด้าน

คำตอบ ข้อ (2) แผ่นพื้นอาจต่อเนื่องหรือไม่ก็ได้ และอาจมีหรือไม่มีคานรองรับทั้งสองด้าน



คำถามข้อที่ 145

ข้อใดต่อไปนี้มีข้อบกพร่องของการออกแบบพื้น คสล. 2 ทาง ตามวิธีที่ 2 ของมาตรฐาน ว.ส.ท.

ตัวเลือก

- (1) แผ่นพื้นอาจเป็นแบบตันหรือครีป
- (2) แผ่นพื้นอาจต่อเนื่องหรือไม่ก็ได้ และต้องมีคานรองรับทั้งสองด้าน
- (3) น้ำหนักบรรทุกบนแผ่นพื้นต้องเป็นแบบแผ่สม่ำเสมอ
- (4) น้ำหนักบรรทุกจรใช้งานต้องไม่เกินกว่าสี่เท่าของน้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งาน

แนวคิด

มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ข้อ 7102 น้ำหนักบรรทุกจรไม่เกิน 3 เท่าของน้ำหนักบรรทุกคงที่

คำตอบ ข้อ (4) น้ำหนักบรรทุกจรใช้งานต้องไม่เกินกว่าสี่เท่าของน้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งาน



คำถามข้อที่ 146

แผ่นพื้น คสล. 2 ทาง ช่วงภายในทั่วไป มีขนาดที่วัดจากระยะศูนย์กลางถึงศูนย์กลางของที่รองรับ = 4.00×5.00 เมตร ดังนั้นแผ่นพื้นต้องมีความหนาน้อยเท่ากับ

ตัวเลือก

- (1) 6 ซม
- (2) 8 ซม
- (3) 10 ซม
- (4) 12 ซม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. สำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน 7102(จ) ความหนาไม่น้อยกว่า 8 ซม และไม่น้อยกว่า เส้นรอบรูปส่วน 180

$$h \geq 8 \text{ cm}$$

$$h \geq \frac{2S + 2L}{180} = \frac{S + L}{90} = \frac{4.00 + 5.00}{90} = 0.10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 10 ซม

คำถามข้อที่ 147

แผ่นพื้น คสล. 2 ทาง ช่วงภายในทั่วไป มีขนาดที่วัดจากระยะศูนย์กลางถึงศูนย์กลางของที่รองรับ = 4.50×6.00 เมตร ดังนั้นแผ่นพื้นต้องมีความหนาอย่างน้อยเท่ากับ

ตัวเลือก

- (1) 8 ซม
- (2) 10 ซม
- (3) 12 ซม
- (4) 14 ซม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. สำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน 7102(จ) ความหนาไม่น้อยกว่า 8 ซม และไม่น้อยกว่าเส้นรอบรูปส่วน 180

$$h \geq 8 \text{ cm}$$

$$h \geq \frac{2S + 2L}{180} = \frac{S + L}{90} = \frac{4.50 + 6.00}{90} = 0.1167 \text{ m} \Rightarrow 12 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 12 ซม

คำถามข้อที่ 148

แผ่นพื้น คสล. 2 ทาง ช่วงภายในทั่วไป มีขนาดที่วัดจากระยะศูนย์กลางถึงศูนย์กลางของที่รองรับ = 5.00×5.00 เมตร ถ้าความกว้างของคานรองรับแต่ละด้านเท่ากับ 20 ซม และแผ่นพื้นหนา 12 ซม ดังนั้นความยาวทางด้านสั้น (S) ที่ใช้คำนวณหาค่าโมเมนต์ดัด คือ

ตัวเลือก

- (1) 4.80 เมตร
- (2) 5.00 เมตร
- (3) 5.05 เมตร
- (4) 5.25 เมตร

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร บทที่ 6 หน้า 162 ความยาวขอบสั้นของพื้น 2 ทางที่ใช้ออกแบบ พิจารณาจากค่าน้อยของ

(ก) ระยะจากศูนย์กลางคานถึงศูนย์กลางคาน = 5.00 เมตร

(ข) ระยะช่วงว่าง + สองเท่าความหนาพื้น = $5.00 - \frac{0.20}{2} - \frac{0.20}{2} + 2 \times 0.12 = 5.04$ เมตร

เลือกค่าน้อยคือ 5.00 เมตร

คำตอบ ข้อ (2) 5.00 เมตร

คำถามข้อที่ 149

แผ่นพื้น คสล. 2 ทาง ช่วงภายในทั่วไป มีขนาดที่วัดจากระยะศูนย์กลางถึงศูนย์กลางของที่รองรับ = 3.00×4.50 เมตร ถ้าความกว้างของคานรองรับแต่ละด้านเท่ากับ 15 ซม และแผ่นพื้นหนา 10 ซม ดังนั้นความยาวที่จะนำไปใช้คำนวณหาค่าโมเมนต์ดัดที่ขนานกับด้านยาว คือ

ตัวเลือก

- (1) 3.00 เมตร
- (2) 3.05 เมตร
- (3) 4.50 เมตร
- (4) 4.55 เมตร

แนวคิด

หมายถึงหาความยาวขอบสั้น

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร บทที่ 6 หน้า 162 ความยาวขอบสั้นของพื้น 2 ทางที่ใช้ออกแบบ พิจารณาจากค่าน้อยของ

(ก) ระยะจากศูนย์กลางคานถึงศูนย์กลางคาน = 3.00 เมตร

(ข) ระยะช่วงว่าง + สองเท่าความหนาพื้น = $3.00 - \frac{0.15}{2} - \frac{0.15}{2} + 2 \times 0.10 = 3.05$ เมตร

เลือกค่าน้อยคือ 3.00 เมตร

คำตอบ ข้อ (1) 3.00 เมตร

คำถามข้อที่ 150

ตามวิธีที่ 2 ของมาตรฐาน ว.ส.ท. สำหรับแผ่นพื้น คสล. 2 ด้าน ที่ไม่ต่อเนื่องกันทั้งสี่ด้าน จะพบว่า
ตัวเลือก

- (1) มีแต่โมเมนต์คดชนิดบวกอย่างเดียวที่ขนานกับด้านสั้น
- (2) มีแต่โมเมนต์คดชนิดบวกอย่างเดียวที่ขนานกับด้านสั้นและด้านยาว
- (3) มีทั้งโมเมนต์คดชนิดบวกและชนิดลบที่ขนานกับด้านสั้นเพียงอย่างเดียว
- (4) มีทั้งโมเมนต์คดชนิดบวกและชนิดลบที่ขนานกับด้านสั้นและด้านยาว

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร บทที่ 6
หน้า 159 ตารางที่ 6.1 กรณีที่ 5 ไม่ต่อเนื่องกันทั้งสี่ด้าน จะมีทั้งสัมประสิทธิ์โมเมนต์บวกโมเมนต์ลบ
ทั้งด้านสั้นและด้านยาว

คำตอบ ข้อ (4) มีทั้งโมเมนต์คดชนิดบวกและชนิดลบที่ขนานกับด้านสั้นและด้านยาว



คำถามข้อที่ 151

ตามวิธีที่ 2 ของมาตรฐาน ว.ส.ท. จะพบว่าโมเมนต์ดัดชนิดบวกที่กึ่งกลางช่วงของแผ่นพื้น คสล. 2 ทาง แบบใดที่มีค่ามากที่สุด

ตัวเลือก

- (1) เมื่อแผ่นพื้นไม่ต่อเนื่องกันทั้งสี่ด้าน
- (2) เมื่อแผ่นพื้นไม่ต่อเนื่องกันสามด้าน
- (3) เมื่อแผ่นพื้นไม่ต่อเนื่องกันสองด้าน
- (4) เมื่อแผ่นพื้นไม่ต่อเนื่องกันด้านเดียว

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร บทที่ 6 หน้า 159 ตารางที่ 6.1 กรณีที่ 5 ไม่ต่อเนื่องทั้งสี่ด้าน สัมประสิทธิ์โมเมนต์บวก 0.083 มากที่สุด

คำตอบ ข้อ (1) เมื่อแผ่นพื้นไม่ต่อเนื่องกันทั้งสี่ด้าน



คำถามข้อที่ 152

ตามวิธีที่ 2 ของมาตรฐาน ว.ส.ท. จะพบว่าโมเมนต์ดัดชนิดลบที่ด้านซึ่งต่อเนื่องของแผ่นพื้น คสล. 2 ทาง แบบใด ที่มีค่ามากที่สุด

ตัวเลือก

- (1) เมื่อแผ่นพื้นต่อเนื่องกันทั้งสี่ด้าน
- (2) เมื่อแผ่นพื้นต่อเนื่องกันสามด้าน
- (3) เมื่อแผ่นพื้นต่อเนื่องกันสองด้าน
- (4) เมื่อแผ่นพื้นต่อเนื่องกันเพียงด้านเดียว

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร บทที่ 6 หน้า 159 ตารางที่ 6.1 กรณีที่ 4 ไม่ต่อเนื่องสามด้าน สัมประสิทธิ์โมเมนต์ลบที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน 0.098 มากที่สุด

คำตอบ ข้อ (4) เมื่อแผ่นพื้นต่อเนื่องกันเพียงด้านเดียว



คำถามข้อที่ 153

ตามวิธีที่ 2 ของมาตรฐาน ว.ส.ท. โมเมนต์คัตในแถบเสาของแผ่นพื้น คสล. 2 ทาง มีค่าเท่ากับ

ตัวเลือก

- (1) หนึ่งในสามของโมเมนต์คัตในแถบกลาง
- (2) หนึ่งในสองของโมเมนต์คัตในแถบกลาง
- (3) สองในสามของโมเมนต์คัตในแถบกลาง
- (4) สามในสี่ของโมเมนต์คัตในแถบกลาง

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร บทที่ 6

$$\text{หน้า 158 รูปที่ 6.4 โมเมนต์ในแถบเสา} = \frac{2M}{3}$$

คำตอบ ข้อ (3) สองในสามของโมเมนต์คัตในแถบกลาง



คำถามข้อที่ 154

ตามวิธีที่ 2 ของมาตรฐาน ว.ส.ท. ถ้าแผ่นพื้น คสล. 2 ทาง มีขนาด $S \times L$ เท่ากับ 5.00×5.00 เมตร รับน้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งานเท่ากับ 350 กก/ม^2 และน้ำหนักบรรทุกจรใช้งานเท่ากับ 250 กก/ม^2 ดังนั้น คานรองรับแต่ละด้านต้องรับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่นสม่ำเสมอเทียบเท่าจากแผ่นพื้นนี้เท่ากับ

ตัวเลือก

- (1) 750 กก/เมตร
- (2) 1000 กก/เมตร
- (3) 1525 กก/เมตร
- (4) 2000 กก/เมตร

แนวคิด

การกระจายน้ำหนักจากพื้นลงคาน

$$w = DL + LL = 350 + 250 = 600 \text{ กก/ม}^2 = \text{น้ำหนักแผ่นพื้น}$$

$$m = \frac{S}{L} = \frac{5.00}{5.00} = 1 = \text{อัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาว}$$

$$w_s = \frac{wS}{3} = \frac{600 \times 5.00}{3} = 1000 \text{ กก/ม} = \text{น้ำหนักลงคานขอบสั้น}$$

$$w_L = \frac{wS}{3} \frac{3-m^2}{2} = \frac{600 \times 5.00}{3} \times \frac{3-1^2}{2} = 1000 \text{ กก/ม} = \text{น้ำหนักลงคานขอบยาว}$$

คำตอบ ข้อ (2) 1000 กก/เมตร

คำถามข้อที่ 155

ตามวิธีที่ 2 ของมาตรฐาน ว.ส.ท. ถ้าแผ่นพื้น คสล. 2 ทาง มีขนาด $S \times L$ เท่ากับ 5.00×6.00 เมตร
รับน้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งานเท่ากับ 350 กก/ม^2 และน้ำหนักบรรทุกจรใช้งานเท่ากับ 250 กก/ม^2
ดังนั้น คานรองรับทางด้านสั้นต้องรับน้ำหนักบรรทุกประลัยแบบแผ่สม่ำเสมอเทียบเท่าจากแผ่นพื้น
นี้เท่ากับ

ตัวเลือก

- (1) 750 กก/เมตร
- (2) 1000 กก/เมตร
- (3) 1525 กก/เมตร
- (4) 2000 กก/เมตร

แนวคิด

การกระจายน้ำหนักจากพื้นลงคาน

$$w = 1.4DL + 1.7LL = 1.4 \times 350 + 1.7 \times 250 = 915 \text{ กก/ม}^2 = \text{น้ำหนักแผ่นพื้น}$$

$$m = \frac{S}{L} = \frac{5.00}{6.00} = 0.833 = \text{อัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาว}$$

$$w_s = \frac{wS}{3} = \frac{915 \times 5.00}{3} = 1525 \text{ กก/ม} = \text{น้ำหนักคานขอบสั้น}$$

$$w_L = \frac{wS}{3} \frac{3 - m^2}{2} = \frac{915 \times 5.00}{3} \times \frac{3 - 0.833^2}{2} = 1758 \text{ กก/ม} = \text{น้ำหนักคานขอบยาว}$$

คำตอบ ข้อ (3) 1525 กก/เมตร

คำถามข้อที่ 156

เสาสั้นปลอกเดี่ยวเสริมเหล็กยื่น $A_s = A'_s$ รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับ ดังนี้ $P_D = 130$ ตัน และ $P_L = 98.5$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 280$ กก/ซม² และ $f_y = 4000$ กก/ซม² จงหาเนื้อที่หน้าตัดเสาที่เล็กที่สุด โดยวิธี WSD

ตัวเลือก

- (1) 1170 ตร.ซม
- (2) 1250 ตร.ซม
- (3) 1360 ตร.ซม
- (4) 1500 ตร.ซม

แนวคิด

อัตราส่วนเหล็กยื่นต่อหน้าตัดคอนกรีตต้องอยู่ระหว่าง 1% ถึง 8% หากให้รับน้ำหนักเท่ากัน 1% ต้องใช้หน้าตัดเสาโตที่สุดและ 8% ใช้หน้าตัดเสาเล็กที่สุด

$$P = 0.85A_g(0.25f'_c + f_s\rho_g)$$

โดย A_g = เนื้อที่หน้าตัดเสา

A_{st} = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่น

$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$ = อัตราส่วนเนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่นต่อหน้าตัดเสา อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.08

$f_s = 1200$ ksc สำหรับเหล็ก SR24

$f_s = 0.4f_y \leq 2100$ ksc สำหรับเหล็กข้ออ้อย

$$(130 + 98.5) \times 1000 = 0.85A_g(0.25 \times 280 + 0.4 \times 4000 \times 0.08)$$

$$A_g = 1357.694593 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 1360 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 157

เสาสั้นปลอกเดี่ยวเสริมเหล็กยื่น $A_s = A'_s$ รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับ ดังนี้ $P_D = 130$ ตัน และ $P_L = 98.5$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 280$ กก/ซม² และ $f_y = 4000$ กก/ซม² จงหาเนื้อที่หน้าตัดเสาที่เล็กที่สุด โดยวิธี USD (SDM), $U = 1.4D + 1.7L$

ตัวเลือก

- (1) 725 ตร.ซม
- (2) 1120 ตร.ซม
- (3) 1360 ตร.ซม
- (4) 1840 ตร.ซม

แนวคิด

ในวิธีกำลัง เสาสั้นปลอกเดี่ยวจะรับน้ำหนักได้

$$\phi P_n = 0.8\phi[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}] = 0.8 \times 0.70[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

$$\phi P_n = 0.56[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

หน้าตัดจะเล็กที่สุดเมื่อ $\rho_t = \frac{A_{st}}{A_g} = 0.08$ หรือ $A_{st} = 0.08A_g$

$$(1.4 \times 130 + 1.7 \times 98.5) \times 1000 = 0.56[0.85 \times 280A_g + 4000 \times 0.08A_g]$$

$$A_g = 1118.311572 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (2) 1120 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 158

เสาสั้นปลอกเดี่ยวเสริมเหล็กยื่น $A_s = A'_s$ รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับ ดังนี้ $P_D = 130$ ตัน และ $P_L = 98.5$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 280$ กก/ซม² และ $f_s = 1500$ กก/ซม² จงหาเนื้อที่หน้าตัดเสาที่ใหญ่ที่สุด โดยวิธี WSD ใช้ $\rho = 1\%$

ตัวเลือก

- (1) 2700 ตร.ซม
- (2) 3000 ตร.ซม
- (3) 3130 ตร.ซม
- (4) 3250 ตร.ซม

แนวคิด

อัตราส่วนเหล็กยื่นต่อหน้าตัดคอนกรีตต้องอยู่ระหว่าง 1% ถึง 8% หากให้รับน้ำหนักเท่ากัน 1% ต้องใช้หน้าตัดเสาโตที่สุดและ 8% ใช้หน้าตัดเสาเล็กที่สุด

$$P = 0.85A_g(0.25f'_c + f_s\rho_g)$$

โดย A_g = เนื้อที่หน้าตัดเสา

A_{st} = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่น

$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$ = อัตราส่วนเนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่นต่อหน้าตัดเสา อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.08

$f_s = 1200$ ksc สำหรับเหล็ก SR24

$f_s = 0.4f_y \leq 2100$ ksc สำหรับเหล็กข้ออ้อย

$$(130 + 98.5) \times 1000 = 0.85A_g(0.25 \times 280 + 1500 \times 0.01)$$

$$A_g = 3162.629758 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 3130 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 159

เสาสั้นปลอกเดี่ยวเสริมเหล็กยื่น $A_s = A'_s$ รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับ ดังนี้ $P_D = 130$ ตัน และ $P_L = 98.5$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 280$ กก/ซม² และ $f_y = 4000$ กก/ซม² จงหาเนื้อที่หน้าตัดเสาที่ใหญ่ที่สุด โดยวิธี USD (SDM), $U = 1.7D + 2.0L$

ตัวเลือก

- (1) 1500 ตร.ซม
- (2) 1600 ตร.ซม
- (3) 2100 ตร.ซม
- (4) 2250 ตร.ซม

แนวคิด

ในวิธีกำลัง เสาสั้นปลอกเดี่ยวจะรับน้ำหนักได้

$$\phi P_n = 0.8\phi[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}] = 0.8 \times 0.70[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

$$\phi P_n = 0.56[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

หน้าตัดจะใหญ่ที่สุดเมื่อ $\rho_t = \frac{A_{st}}{A_g} = 0.01$ หรือ $A_{st} = 0.01A_g$

$$(1.7 \times 130 + 2.0 \times 98.5) \times 1000 = 0.56[0.85 \times 280A_g + 4000 \times 0.01A_g]$$

$$A_g = 2684.994861 \text{ cm}^2$$

ไม่มีคำตอบใดถูกต้องเลย หากเปลี่ยนตัวคูณเพิ่มน้ำหนักเป็น $U = 1.4D + 1.7L$

$$(1.4 \times 130 + 1.7 \times 98.5) \times 1000 = 0.56[0.85 \times 280A_g + 4000 \times 0.01A_g]$$

$$A_g = 2244.668551 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (4) 2250 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 160

เสาสั้นปลอกเดี่ยวเสริมเหล็กยื่น $A_s = A'_s$ รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับ ดังนี้ $P_D = 130$ ตัน และ $P_L = 98.5$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 280$ กก/ซม² และ $f_s = 1500$ กก/ซม² ถ้าให้ปริมาณเหล็กยื่นเท่ากับ 4% จงหาเนื้อที่ของหน้าตัดเสา โดยวิธี WSD

ตัวเลือก

- (1) 1800 ตร.ซม
- (2) 1900 ตร.ซม
- (3) 2000 ตร.ซม
- (4) 2100 ตร.ซม

แนวคิด

อัตราส่วนเหล็กยื่นต่อหน้าตัดคอนกรีตต้องอยู่ระหว่าง 1% ถึง 8% หากให้รับน้ำหนักเท่ากัน 1% ต้องใช้หน้าตัดเสาโตที่สุดและ 8% ใช้หน้าตัดเสาเล็กที่สุด

$$P = 0.85A_g(0.25f'_c + f_s\rho_g)$$

โดย A_g = เนื้อที่หน้าตัดเสา

A_{st} = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่น

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \text{อัตราส่วนเนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่นต่อหน้าตัดเสา อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.08}$$

$f_s = 1200$ ksc สำหรับเหล็ก SR24

$f_s = 0.4f_y \leq 2100$ ksc สำหรับเหล็กข้ออ้อย

$$(130 + 98.5) \times 1000 = 0.85A_g(0.25 \times 280 + 1500 \times 0.04)$$

$$A_g = 2067.873303 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 2000 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 161

เสาสั้นปลอกเดี่ยวเสริมเหล็กยื่น $A_s = A'_s$ รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับ ดังนี้ $P_D = 130$ ตัน และ $P_L = 98.5$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 280$ กก/ซม² และ $f_y = 4000$ กก/ซม² ถ้าให้ปริมาณเหล็กยื่นเท่ากับ 3% จงหาเนื้อที่ของหน้าตัดเสา โดยวิธี USD

ตัวเลือก

- (1) 1650 ตร.ซม
- (2) 1750 ตร.ซม
- (3) 1800 ตร.ซม
- (4) 1850 ตร.ซม

แนวคิด

ในวิธีกำลัง เสาสั้นปลอกเดี่ยวจะรับน้ำหนักได้

$$\phi P_n = 0.8\phi[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}] = 0.8 \times 0.70[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

$$\phi P_n = 0.56[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

กำหนดให้ $\rho_t = \frac{A_{st}}{A_g} = 0.03$ หรือ $A_{st} = 0.03A_g$

$$(1.4 \times 130 + 1.7 \times 98.5) \times 1000 = 0.56[0.85 \times 280A_g + 4000 \times 0.03A_g]$$

$$A_g = 1743.06664 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (2) 1800 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 162

เสาสั้นปลอกเกลียว รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับดังนี้ $P_D = 150$ ตัน และ $P_L = 100$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² จงประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าตัดเสาที่เล็กที่สุด โดยวิธี WSD

ตัวเลือก

- (1) 35 ซม
- (2) 45 ซม
- (3) 50 ซม
- (4) 60 ซม

แนวคิด

อัตราส่วนเหล็กยื่นต่อหน้าตัดคอนกรีตต้องอยู่ระหว่าง 1% ถึง 8% หากให้น้ำหนักเท่ากัน 1% ต้องใช้หน้าตัดเสาโตที่สุดและ 8% ใช้หน้าตัดเสาเล็กที่สุด

$$P = A_g (0.25f'_c + f_s \rho_g)$$

โดย A_g = เนื้อที่หน้าตัดเสา

A_{st} = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่น

$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$ = อัตราส่วนเนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่นต่อหน้าตัดเสา อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.08

$f_s = 1200$ ksc สำหรับเหล็ก SR24

$f_s = 0.4f_y \leq 2100$ ksc สำหรับเหล็กข้ออ้อย

$$(150 + 100) \times 1000 = A_g (0.25 \times 280 + 0.4 \times 3000 \times 0.08)$$

$$A_g = 1506.024096 \text{ cm}^2$$

$$A_g = \frac{\pi}{4} D_c^2 = 1506.024096$$

$$D_c = 43.79 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 45 ซม

คำถามข้อที่ 163

เสาสั้นปลอกเกลียว รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับดังนี้ $P_D = 150$ ตัน และ $P_L = 100$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² จงประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าตัดเสาที่เล็กที่สุด โดยวิธี USD

ตัวเลือก

- (1) 35 ซม
- (2) 45 ซม
- (3) 50 ซม
- (4) 60 ซม

แนวคิด

ในวิธีกำลัง เสาสั้นปลอกเกลียวจะรับน้ำหนักได้

$$\phi P_n = 0.85\phi[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}] = 0.85 \times 0.75[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

$$\phi P_n = 0.6375[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

เสาจะเล็กที่สุดเมื่อ $\rho_t = \frac{A_{st}}{A_g} = 0.08$ หรือ $A_{st} = 0.08A_g$

$$(1.4 \times 150 + 1.7 \times 1000) \times 1000 = 0.6375[0.85 \times 280A_g + 3000 \times 0.08A_g]$$

$$A_g = 1247.026007 \text{ cm}^2$$

$$A_g = \frac{\pi}{4} D_c^2 = 1247.026007$$

$$D_c = 39.847 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (2) 45 ซม

คำถามข้อที่ 164

เสาสั้นปลอกเกลียว รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับดังนี้ $P_D = 150$ ตัน และ $P_L = 100$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² จงประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าตัดเสาที่ใหญ่ที่สุด โดยวิธี WSD

ตัวเลือก

- (1) 35 ซม
- (2) 45 ซม
- (3) 50 ซม
- (4) 60 ซม

แนวคิด

อัตราส่วนเหล็กยื่นต่อหน้าตัดคอนกรีตต้องอยู่ระหว่าง 1% ถึง 8% หากให้น้ำหนักเท่ากัน 1% ต้องใช้หน้าตัดเสาโตที่สุดและ 8% ใช้หน้าตัดเสาเล็กที่สุด

$$P = A_g (0.25f'_c + f_s \rho_g)$$

โดย A_g = เนื้อที่หน้าตัดเสา

A_{st} = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่น

$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$ = อัตราส่วนเนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่นต่อหน้าตัดเสา อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.08

$f_s = 1200$ ksc สำหรับเหล็ก SR24

$f_s = 0.4f_y \leq 2100$ ksc สำหรับเหล็กข้ออ้อย

$$(150 + 100) \times 1000 = A_g (0.25 \times 280 + 0.4 \times 3000 \times 0.01)$$

$$A_g = 3048.780488 \text{ cm}^2$$

$$A_g = \frac{\pi}{4} D_c^2 = 3048.780488$$

$$D_c = 62.3 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 65 ซม

คำถามข้อที่ 165

เสาสั้นปลอกเกลียว รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับดังนี้ $P_D = 150$ ตัน และ $P_L = 100$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² จงประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าตัดเสาที่ใหญ่ที่สุด โดยวิธี USD, $U = 1.7D + 2.0L$

ตัวเลือก

- (1) 55 ซม
- (2) 60 ซม
- (3) 65 ซม
- (4) 70 ซม

แนวคิด

การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพิ่มค่าใช้ตาม วสท. คือ $U = 1.4D + 1.7L$

ในวิธีกำลัง เสาสั้นปลอกเกลียวจะรับน้ำหนักได้

$$\phi P_n = 0.85\phi[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}] = 0.85 \times 0.75[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

$$\phi P_n = 0.6375[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

เสาจะใหญ่ที่สุดเมื่อ $\rho_t = \frac{A_{st}}{A_g} = 0.01$ หรือ $A_{st} = 0.01A_g$

$$(1.4 \times 150 + 1.7 \times 1000) \times 1000 = 0.6375[0.85 \times 280A_g + 3000 \times 0.01A_g]$$

$$A_g = 2224.173251 \text{ cm}^2$$

$$A_g = \frac{\pi}{4} D_c^2 = 2224.173251$$

$$D_c = 53.21564937 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (1) 55 ซม

คำถามข้อที่ 166

เสาสั้นปลอกเกลียว รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับดังนี้ $P_D = 150$ ตัน และ $P_L = 100$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² ถ้าใช้ปริมาณเหล็กยื่นเท่ากับ 4% จงหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าตัดเสา โดยวิธี WSD

ตัวเลือก

- (1) 45 ซม
- (2) 50 ซม
- (3) 55 ซม
- (4) 60 ซม

แนวคิด

อัตราส่วนเหล็กยื่นต่อหน้าตัดคอนกรีตต้องอยู่ระหว่าง 1% ถึง 8% หากให้รับน้ำหนักเท่ากัน 1% ต้องใช้หน้าตัดเสาโตที่สุดและ 8% ใช้หน้าตัดเสาเล็กที่สุด

$$P = A_g (0.25f'_c + f_s \rho_g)$$

โดย A_g = เนื้อที่หน้าตัดเสา

A_{st} = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่น

$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$ = อัตราส่วนเนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่นต่อหน้าตัดเสา อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.08

$f_s = 1200$ ksc สำหรับเหล็ก SR24

$f_s = 0.4f_y \leq 2100$ ksc สำหรับเหล็กข้ออ้อย

$$(150 + 100) \times 1000 = A_g (0.25 \times 250 + 0.4 \times 3000 \times 0.04)$$

$$A_g = 2262.443439 \text{ cm}^2$$

$$A_g = \frac{\pi}{4} D_c^2 = 2262.443439$$

$$D_c = 53.6715 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 55 ซม

คำถามข้อที่ 167

เสาสั้นปลอกเกลียว รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับดังนี้ $P_D = 150$ ตัน และ $P_L = 100$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² ถ้าใช้ปริมาณเหล็กยื่นเท่ากับ 4% จงหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าตัดเสา โดยวิธี USD(SDM) , $U = 1.7D + 2.0L$

ตัวเลือก

- (1) 45 ซม
- (2) 50 ซม
- (3) 55 ซม
- (4) 60 ซม

แนวคิด

การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพิ่มค่าใช้ตาม วสท. คือ $U = 1.4D + 1.7L$

ในวิธีกำลัง เสาสั้นปลอกเกลียวจะรับน้ำหนักได้

$$\phi P_n = 0.85\phi[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}] = 0.85 \times 0.75[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

$$\phi P_n = 0.6375[0.85f'_c A_g + f_y A_{st}]$$

$$\text{ใช้ } \rho_t = \frac{A_{st}}{A_g} = 0.04 \text{ หรือ } A_{st} = 0.04A_g$$

$$(1.4 \times 150 + 1.7 \times 1000) \times 1000 = 0.6375[0.85 \times 250A_g + 3000 \times 0.04A_g]$$

$$A_g = 1792.717087 \text{ ซม}^2$$

$$A_g = \frac{\pi}{4} D_c^2 = 1792.717087$$

$$D_c = 47.77612675 \text{ ซม}$$

คำตอบ ข้อ (2) 50 ซม

คำถามข้อที่ 168

เสาสั้นปลอกเดี่ยว รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับ ดังนี้ $P_D = 130$ ตัน และ $P_L = 98.5$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 280$ กก/ซม² และ $f_y = 4000$ กก/ซม² ถ้าเลือกใช้ขนาดเสาเท่ากับ 50×50 ซม ให้ใช้ WSD หาเนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด (A_{st}) ของเหล็กยื่น

ตัวเลือก

- (1) 50 ตร.ซม
- (2) 60 ตร.ซม
- (3) 65 ตร.ซม
- (4) 70 ตร.ซม

แนวคิด

อัตราส่วนเหล็กยื่นต่อหน้าตัดคอนกรีตต้องอยู่ระหว่าง 1% ถึง 8% หากให้รับน้ำหนักเท่ากัน 1% ต้องใช้หน้าตัดเสาโตที่สุดและ 8% ใช้หน้าตัดเสาเล็กที่สุด

$$P = 0.85A_g(0.25f'_c + f_s\rho_g)$$

โดย A_g = เนื้อที่หน้าตัดเสา

A_{st} = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่น

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \text{อัตราส่วนเนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่นต่อหน้าตัดเสา อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.08}$$

$f_s = 1200$ ksc สำหรับเหล็ก SR24

$f_s = 0.4f_y \leq 2100$ ksc สำหรับเหล็กข้ออ้อย

$$(130 + 98.5) \times 1000 = (50 \times 50)(0.25 \times 280 + 0.4 \times 4000\rho_g)$$

$$\rho_g = 0.013375$$

$$A_{st} = \rho_g A_g = 0.013375 \times (50 \times 50) = 33.4375 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ไม่มีข้อใดถูกต้องเลย

เฉลย ข้อ (2) 60 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 169

เสาสั้นปลอกเดี่ยว รับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับ ดังนี้ $P_D = 130$ ตัน และ $P_L = 98.5$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 280$ กก/ซม² และ $f_y = 4000$ กก/ซม² ถ้าเลือกใช้ขนาดเสาเท่ากับ 50×50 ซม ให้ใช้ USD(SDM) หาเนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด (A_{st}) ของเหล็กยื่น $U = 1.7D + 2.0L$

ตัวเลือก

- (1) 10 ตร.ซม
- (2) 20 ตร.ซม
- (3) 25 ตร.ซม
- (4) 30 ตร.ซม

แนวคิด

เสาสั้นปลอกเดี่ยวรับแรงตามแนวแกนอย่างเดียว จะรับน้ำหนักได้

ใช้การเพิ่มน้ำหนักตามมาตรฐาน ว.ส.ท. คือ $U = 1.4DL + 1.7LL$

$$\phi P_n = 0.56(0.85f'_c A_g + f_y A_{st})$$

$$(1.4 \times 130 + 1.7 \times 98.5) \times 1000 = 0.56 \times (0.85 \times 280 \times 50 \times 50 + 4000 A_{st})$$

$$A_{st} = 7.25 \text{ cm}^2$$

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{7.25}{50 \times 50} = 0.002 < 0.01 \text{ Use } 0.01$$

$$A_{st} = \rho_t A_g = 0.01 \times 50 \times 50 = 25 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 25 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 170

เสาสั้นปลอกเกลียวรับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับดังนี้ $P_D = 150$ ตัน , $P_L = 100$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² ถ้าเลือกใช้เสาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ซม ให้ใช้วิธี WSD หาเนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด (A_{st}) ของเหล็ก ยื่น

ตัวเลือก

- (1) 20 ตร.ซม
- (2) 40 ตร.ซม
- (3) 50 ตร.ซม
- (4) 60 ตร.ซม

แนวคิด

เสาสั้นปลอกเกลียว รับน้ำหนักตามแนวแกน

$$P = A_g (0.25f'_c + f_s \rho_g)$$

$$(150 + 100) \times 1000 = \frac{\pi}{4} \times 50^2 \times (0.25 \times 250 + 0.4 \times 3000 \rho_g)$$

$$\rho_g = 0.054019962$$

$$A_{st} = \rho_g A_g = 0.054019962 \times \frac{\pi}{4} \times 50^2 = 106.0679475 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ไม่มีข้อใดถูกต้อง

เฉลย ข้อ (2) 40 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 171

เสาสั้นปลอกเกลียวรับแรงอัดใช้งานตามแนวแกนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับดังนี้ $P_D = 150$ ตัน , $P_L = 100$ ตัน กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² ถ้าเลือกใช้เสาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ซม ให้ใช้วิธี USD หาเนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด (A_{st}) ของเหล็ก ยื่น $U = 1.7D + 2.0L$

ตัวเลือก

- (1) 20 ตร.ซม
- (2) 40 ตร.ซม
- (3) 50 ตร.ซม
- (4) 60 ตร.ซม

แนวคิด

ใช้น้ำหนักเพิ่มค่าตามมาตรฐาน ว.ส.ท

$$\phi P_n = 0.6375(0.85f'_c A_g + f_y A_{st})$$

$$(1.4 \times 150 + 1.7 \times 100) \times 1000 = 0.6375 \times \left(0.85 \times 250 \times \frac{\pi}{4} \times 50^2 + 3000 A_{st} \right)$$

$$A_{st} = 59.61 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (4) 60 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 172

ถ้าเสาสั้นปลอกเดี่ยวสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเท่ากับ $h \times h$ ซม. สามารถรับแรงอัดตามแนวแกนได้ตามมาตรฐานกำหนดของ WSD ซึ่งในที่นี้สมมติว่ามีค่าเท่ากับ P ตัน จงหาค่าโมเมนต์คัตใช้งาน (M) มากที่สุดที่เสานี้สามารถรับได้ ซึ่งเสมือนว่าเสานี้รับแรงอัดตามแนวแกนเพียงอย่างเดียว

ตัวเลือก

- (1) 0.0005hP ตัน.เมตร
- (2) 0.001hP ตัน.เมตร
- (3) 0.01hP ตัน.เมตร
- (4) 0.05hP ตัน.เมตร

แนวคิด

ในช่วงแรงอัดเป็นหลัก แม้ว่าจะคิดการรับน้ำหนักตามแนวแกน แต่ก็จะต้องคิดว่ามีโมเมนต์คัตโดยระยะเยื้องศูนย์กลาง $0.10h$ หากเป็นเสาปลอกเดี่ยว และ $0.05h$ เมื่อเป็นเสาปลอกเกลียว แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2.5

ซม

ดังนั้น โมเมนต์คัตที่เสาจะรับได้สูงสุด $M = 0.10hP$ ตัน.ซม $= 0.001hP$ ตัน.เมตร

คำตอบ ข้อ (2) 0.001hP ตันเมตร

คำถามข้อที่ 173

ถ้าเสาสั้นปลอกเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง h ซม. สามารถรับแรงอัดตามแนวแกนได้ตามมาตรฐานของ WSD ซึ่งในที่นี้สมมติว่ามีค่าเท่ากับ P ตัน จงหาค่าโมเมนต์ดัดใช้งาน (M) มากที่สุดที่เสานี้สามารถรับได้ ซึ่งเสมือนว่าเสานี้รับแรงอัดตามแนวแกนอย่างเดียว

ตัวเลือก

- (1) 0.0005hP ตัน.เมตร
- (2) 0.001hP ตัน.เมตร
- (3) 0.01hP ตัน.เมตร
- (4) 0.05hP ตัน.เมตร

แนวคิด

ในช่วงแรงอัดเป็นหลัก แม้ว่าจะคิดการรับน้ำหนักตามแนวแกน แต่ก็จะมีโมเมนต์ดัดโดยระยะเยื้องศูนย์กลาง $0.10h$ หากเป็นเสาปลอกเดี่ยว และ $0.05h$ เมื่อเป็นเสาปลอกเกลียว แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2.5

ซม

ดังนั้น โมเมนต์ดัดที่เสาจะรับได้สูงสุด $M = 0.05hP$ ตัน.ซม $= 0.0005hP$ ตัน.เมตร

คำตอบ ข้อ (1) 0.0005hP ตัน.เมตร

คำถามข้อที่ 174

การคำนวณออกแบบเสาในช่วงแรงอัดเป็นหลักตามวิธี WSD จะพบว่า

ตัวเลือก

- (1) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะสามารถรับโมเมนต์ดัดได้มากขึ้นและเป็นสัดส่วนกัน
- (2) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะสามารถรับโมเมนต์ดัดได้เท่าเดิม
- (3) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะสามารถรับโมเมนต์ดัดได้น้อยลง
- (4) เมื่อเพิ่มค่าแรงอัดตามแนวแกนมากขึ้น เสาจะสามารถรับโมเมนต์ดัดได้มากขึ้นกว่าเดิม

แนวคิด

ดูกราฟออกแบบ เช่นรูปที่ 8.12 หน้า 241 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร ในช่วงแรงอัดเป็นหลัก เส้นกราฟจะเอียงลงทางขวา เมื่อลดแรงตามแนวแกน ค่าโมเมนต์จะมากขึ้น

คำตอบ (4) เมื่อเพิ่มค่าแรงอัดตามแนวแกนมากขึ้น เสาจะสามารถรับโมเมนต์ดัดได้มากขึ้นกว่าเดิม



คำถามข้อที่ 175

การคำนวณออกแบบเสาในช่วงแรงดึงเป็นหลักตามวิธี WSD จะพบว่า

ตัวเลือก

- (1) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะรับโมเมนต์คดได้มากขึ้น
- (2) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะรับโมเมนต์คดได้เท่าเดิม
- (3) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะรับโมเมนต์คดได้น้อยลงและเป็นสัดส่วนกัน
- (4) เมื่อเพิ่มค่าแรงอัดตามแนวแกนมากขึ้น เสาจะรับโมเมนต์คดได้มากขึ้นแต่ไม่เป็นสัดส่วนกัน

แนวคิด

ดูกราฟออกแบบ เช่นรูปที่ 8.12 หน้า 241 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร ในช่วงแรงดึงเป็นหลัก เส้นกราฟจะเอียงลงทางซ้าย เมื่อลดแรงตามแนวแกน ค่าโมเมนต์จะน้อยลง (ในความเป็นจริงกราฟจะไม่เป็นเส้นตรงหรือไม่เป็นสัดส่วนกัน) ที่เห็นเป็นเส้นตรงเพื่อสะดวกในการประมาณค่า

คำตอบ ข้อ (3)เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะรับโมเมนต์คดได้น้อยลงและเป็นสัดส่วนกัน

คำถามข้อที่ 176

พฤติกรรมจริงของเสาในช่วงแรงอัดเป็นหลัก จะพบว่า

ตัวเลือก

- (1) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะสามารถรับโมเมนต์คดได้มากขึ้นแต่ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรง
- (2) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะสามารถรับโมเมนต์คดได้เท่าเดิม
- (3) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะสามารถรับโมเมนต์คดตามแนวแกนได้น้อยลง
- (4) เมื่อเพิ่มค่าแรงอัดตามแนวแกนมากขึ้น เสาจะสามารถรับโมเมนต์คดได้มากขึ้นกว่าเดิม

แนวคิด

ดูกราฟออกแบบ เช่นรูปที่ 8.12 หน้า 226 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร ในช่วงแรงอัดเป็นหลัก เส้นกราฟจะเอียงลงทางขวา เมื่อลดแรงตามแนวแกน ค่าโมเมนต์จะมากขึ้น แต่เส้นกราฟจะโค้งน้อยๆ จึงไม่เป็นสัดส่วนกัน

คำตอบ ข้อ (1) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะสามารถรับโมเมนต์คดได้มากขึ้นแต่ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรง

คำถามข้อที่ 177

พฤติกรรมจริงของเสาในช่วงแรงดึงเป็นหลัก จะพบว่า

ตัวเลือก

- (1) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะรับโมเมนต์คดได้มากขึ้น
- (2) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะรับโมเมนต์คดได้เท่าเดิม
- (3) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะรับโมเมนต์คดได้น้อยลงแต่ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรง
- (4) เมื่อเพิ่มค่าแรงอัดตามแนวแกนมากขึ้น เสาจะรับโมเมนต์คดได้มากขึ้นและเป็นสัดส่วนโดยตรง

แนวคิด

ดูกราฟออกแบบ เช่นรูปที่ 8.12 หน้า 226 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร ในช่วงแรงดึงเป็นหลัก เส้นกราฟจะเอียงลงทางซ้าย เมื่อลดแรงตามแนวแกน ค่าโมเมนต์จะลดลง แต่เส้นกราฟจะโค้ง จึงไม่เป็นสัดส่วนกัน

คำตอบ ข้อ (3) เมื่อลดค่าแรงอัดตามแนวแกนลง เสาจะรับโมเมนต์คดได้น้อยลงแต่ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรง

คำถามข้อที่ 178

เสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด 6 เส้น ขนาด 25 มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี WSD ประมาณค่าหน่วยแรงดัด (F_b) ที่ยอมให้ของเสา คอนกรีตที่จะใช้ในสมการ interaction กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม², $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 100 กก/ตร.ซม
- (2) 115 กก/ตร.ซม
- (3) 130 กก/ตร.ซม
- (4) 150 กก/ตร.ซม

แนวคิด

กรณีเสารับแรงตามแนวแกนและแรงดัดร่วมกัน

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

โดยที่ $F_b = F_{bx} = F_{by} = 0.45f'_c = 0.45 \times 250 = 112.5$ ksc

คำตอบ ข้อ (2) 115 กก/ตร.ซม

คำถามข้อที่ 179

เสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด 6 เส้น ขนาด 25 มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี WSD ประมาณค่าโมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัดเสาเมื่อแรงอัดเป็นหลัก กำหนดให้ $n = 9$

ตัวเลือก

- (1) 520000 ซม⁴
- (2) 580000 ซม⁴
- (3) 680000 ซม⁴
- (4) 720000 ซม⁴

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร หน้า

238

$$I_x = \frac{bh^3}{12} + (2n-1)A_{st} \frac{(gh)^2}{4}$$

$$I_x = \frac{50 \times 50^3}{12} + (2 \times 9 - 1) \times 29.45 \times \frac{(50 - 5 - 5)^2}{4}$$

$$I_x = 721093.3333 \text{ cm}^4$$

คำตอบ ข้อ (4) 720000 ซม⁴

คำถามข้อที่ 180

เสาสั้นปลอกเดี่ยวนขนาดเท่ากับ 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด 6 เส้น ขนาด 25 มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี USD ประมาณค่าตำแหน่งแกนสะเทินที่สภาวะสมดุล (Balanced Condition) ซึ่งอยู่ห่างจากด้านรับแรงอัด กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม², $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 22 ซม
- (2) 25 ซม
- (3) 28 ซม
- (4) 30 ซม

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ระยะ c_b = ตำแหน่งแกนสะเทินวัดจากผิวรับแรงอัด หาได้จาก

$$c_b = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} d = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} d = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} d$$

$$c_b = \frac{0.003 \times 2 \times 10^6}{0.003 \times 2 \times 10^6 + f_y} d = \frac{6000}{6000 + f_y} d$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + 3000} (50 - 5) = 30 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (4) 30 ซม

คำถามข้อที่ 181

เสาสั้นปลอกเดี่ยวนขนาดเท่ากับ 25×45 ซม เสริมเหล็กชั้น 6 เส้น เส้นละ 25 มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 3 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid .ให้ใช้วิธี USD ประมาณตำแหน่งแกนสะเทินที่สภาวะสมดุล (Balanced Condition) ซึ่งอยู่ห่างจากด้านรับแรงอัด กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² , $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 22 ซม
- (2) 25 ซม
- (3) 28 ซม
- (4) 30 ซม

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ระยะ c_b = ตำแหน่งแกนสะเทินวัดจากผิวรับแรงอัด หาได้จาก

$$c_b = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} d = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} d = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} d$$

$$c_b = \frac{0.003 \times 2 \times 10^6}{0.003 \times 2 \times 10^6 + f_y} d = \frac{6000}{6000 + f_y} d$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + 3000} (45 - 3) = 28 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 28 ซม

คำถามข้อที่ 182

เสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด 6 เส้น ขนาด 25 มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี USD ประมาณค่าหน่วยการยึดหดตัวของเหล็กเสริมรับแรงอัด ณ สภาวะสมดุล (Balanced Condition) กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม², $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 0.0015 มม/มม
- (2) 0.0020 มม/มม
- (3) 0.0025 มม/มม
- (4) 0.0030 มม/มม

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ระยะ c_b = ตำแหน่งแกนสะเทินวัดจากผิวรับแรงอัด หาได้จาก

$$c_b = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} d = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} d = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} d$$

$$c_b = \frac{0.003 \times 2 \times 10^6}{0.003 \times 2 \times 10^6 + f_y} d = \frac{6000}{6000 + f_y} d$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + 3000} (50 - 5) = 30 \text{ cm}$$

จากสามเหลี่ยมคล้าย

$$\frac{\epsilon_u}{c_b} = \frac{\epsilon'_s}{c_b - d'}$$

$$\epsilon'_s = \frac{c_b - d'}{c_b} \epsilon_u = \left(1 - \frac{d'}{c_b}\right) \epsilon_u = \left(1 - \frac{5}{30}\right) \times 0.003 = 0.0025 \text{ mm/mm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.0025 มม/มม

คำถามข้อที่ 183

เสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 25×45 ซม เสริมเหล็กชั้น 6 เส้น เส้นละ 25 มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 3 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid .ให้ใช้วิธี USD ประมาณค่าหน่วยการยึดหดตัวของเหล็กเสริมรับแรงอัด ณ สภาวะสมดุล (Balanced Condition) กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² , $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 0.0015 มม/มม
- (2) 0.0020 มม/มม
- (3) 0.0025 มม/มม
- (4) 0.0030 มม/มม

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ระยะ c_b = ตำแหน่งแกนสะเทินวัดจากผิวรับแรงอัด หาได้จาก

$$c_b = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} d = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} d = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} d$$

$$c_b = \frac{0.003 \times 2 \times 10^6}{0.003 \times 2 \times 10^6 + f_y} d = \frac{6000}{6000 + f_y} d$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + 3000} (45 - 3) = 28 \text{ cm}$$

จากสามเหลี่ยมคล้าย

$$\frac{\epsilon_u}{c_b} = \frac{\epsilon'_s}{c_b - d'}$$

$$\epsilon'_s = \frac{c_b - d'}{c_b} \epsilon_u = \left(1 - \frac{d'}{c_b}\right) \epsilon_u = \left(1 - \frac{3}{28}\right) \times 0.003 = 0.002678571 \text{ mm/mm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.0025 มม/มม ใกล้เคียงที่สุด

คำถามข้อที่ 184

เสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด 6 เส้น ขนาด 25 มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี USD ประมาณกำลังต้านทานแรงอัดประลัย (P_{nb}) ณ สภาวะสมดุล (Balanced Condition) กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม², $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 225 ตัน
- (2) 250 ตัน
- (3) 270 ตัน
- (4) 360 ตัน

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ระยะ c_b = ตำแหน่งแกนสะเทินวัดจากผิวรับแรงอัด หาได้จาก

$$c_b = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} d = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} d = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} d$$

$$c_b = \frac{0.003 \times 2 \times 10^6}{0.003 \times 2 \times 10^6 + f_y} d = \frac{6000}{6000 + f_y} d$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + 3000} (50 - 5) = 30 \text{ cm}$$

$$f'_c = 250 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$a_b = \beta_1 c_b = 0.85 \times 30 = 25.5 \text{ cm}$$

$$f'_s = 0.003 E_s \left(1 - \frac{d'}{c_b} \right) = 6000 \left(1 - \frac{d'}{c_b} \right) = 6000 \left(1 - \frac{5}{30} \right) = 5000 \text{ ksc} > f_y$$

$$f'_s = f_y = 3000 \text{ ksc}$$

$$P_{nb} = 0.85 f'_c b a_b + A'_s f'_s - A_s f_y$$

$$P_{nb} = 0.85 \times 250 \times 50 \times 25.5 + \frac{29.45}{2} \times 3000 - \frac{29.45}{2} \times 3000$$

$$P_{nb} = 270937.5 \text{ kg} = 271 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (3) 270 ตัน

คำถามข้อที่ 185

เสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 25×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด 6 เส้น ขนาด 25 มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 3 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี USD ประมาณกำลังต้านทานแรงอัดประลัย (P_{nb}) ณ สภาวะสมดุล (Balanced Condition) กำหนดให้ $f'_c = 280$ กก/ซม², $f_y = 4000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 140 ตัน
- (2) 180 ตัน
- (3) 220 ตัน
- (4) 260 ตัน

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ระยะ c_b = ตำแหน่งแกนสะเทินวัดจากผิวรับแรงอัด หาได้จาก

$$c_b = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} d = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} d = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} d$$

$$c_b = \frac{0.003 \times 2 \times 10^6}{0.003 \times 2 \times 10^6 + f_y} d = \frac{6000}{6000 + f_y} d$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + 4000} (50 - 3) = 28.2 \text{ cm}$$

$$f'_c = 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$a_b = \beta_1 c_b = 0.85 \times 28.2 = 23.97 \text{ cm}$$

$$f'_s = 0.003 E_s \left(1 - \frac{d'}{c_b} \right) = 6000 \left(1 - \frac{d'}{c_b} \right) = 6000 \left(1 - \frac{3}{28.2} \right) = 5362 \text{ ksc} > f_y$$

$$f'_s = f_y = 4000 \text{ ksc}$$

$$P_{nb} = 0.85 f'_c b a_b + A'_s f'_s - A_s f_y$$

$$P_{nb} = 0.85 \times 280 \times 25 \times 23.97 + \frac{29.45}{2} \times 4000 - \frac{29.45}{2} \times 4000$$

$$P_{nb} = 142621.5 \text{ kg} = 143 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (1) 140 ตัน ใกล้เคียงที่สุด

คำถามข้อที่ 186

เสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด 6 เส้น ขนาด 25 มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และ โมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี USD ประมาณกำลังต้านทานโมเมนต์ดัดประลัย (M_{nb}) ณ สภาวะสมดุล (Balanced Condition) กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม², $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 40 คม.เมตร
- (2) 45 คม.เมตร
- (3) 50 คม.เมตร
- (4) 55 คม.เมตร

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ระยะ c_b = ตำแหน่งแกนสะเทินวัดจากผิวรับแรงอัด หาได้จาก

$$c_b = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} d = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} d = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} d$$

$$c_b = \frac{0.003 \times 2 \times 10^6}{0.003 \times 2 \times 10^6 + f_y} d = \frac{6000}{6000 + f_y} d$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + 3000} (50 - 5) = 30 \text{ cm}$$

$$f'_c = 250 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$a_b = \beta_1 c_b = 0.85 \times 30 = 225.5 \text{ cm}$$

$$f'_s = 0.003 E_s \left(1 - \frac{d'}{c_b} \right) = 6000 \left(1 - \frac{d'}{c_b} \right) = 6000 \left(1 - \frac{5}{30} \right) = 5000 \text{ ksc} > f_y$$

$$f'_s = f_y = 3000 \text{ ksc}$$

$$P_{nb} = 0.85 f'_c b a_b + A'_s f'_s - A_s f_y$$

$$P_{nb} = 0.85 \times 250 \times 50 \times 25.5 + \frac{29.45}{2} \times 3000 - \frac{29.45}{2} \times 3000$$

$$P_{nb} = 270,937.5 \text{ kg}$$

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

$$M_{nb} = 0.85 \times 250 \times 50 \times 25.5 \times \left(\frac{50}{2} - \frac{25.5}{2} \right) + \frac{29.45}{2} \times 3000 \times \left(\frac{50}{2} - 5 \right) \\ + \frac{29.45}{2} \times 3000 \times \left(45 - \frac{50}{2} \right)$$

$$M_{nb} = 5,085,984.375 \text{ kg.cm} = 50,859.84375 \text{ kg.m} = 50.9 \text{ t.m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 50 ตัน.เมตร ใกล้เคียงที่สุด



คำถามข้อที่ 187

เสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 25×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด 6 เส้น ขนาด 25 มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และ โมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี USD ประมาณกำลังต้านทานโมเมนต์ดัดประลัย (M_{nb}) ณ สภาวะสมดุล (Balanced Condition) กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม², $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

ตัวเลือก

- (1) 35 ตัน.เมตร
- (2) 40 ตัน.เมตร
- (3) 45 ตัน.เมตร
- (4) 50 ตัน.เมตร

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ระยะ c_b = ตำแหน่งแกนสะเทินวัดจากผิวรับแรงอัด หาได้จาก

$$c_b = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} d = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} d = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} d$$

$$c_b = \frac{0.003 \times 2 \times 10^6}{0.003 \times 2 \times 10^6 + f_y} d = \frac{6000}{6000 + f_y} d$$

$$c_b = \frac{6000}{6000 + 3000} (50 - 5) = 30 \text{ cm}$$

$$f'_c = 250 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$a_b = \beta_1 c_b = 0.85 \times 30 = 225.5 \text{ cm}$$

$$f'_s = 0.003 E_s \left(1 - \frac{d'}{c_b} \right) = 6000 \left(1 - \frac{d'}{c_b} \right) = 6000 \left(1 - \frac{5}{30} \right) = 5000 \text{ ksc} > f_y$$

$$f'_s = f_y = 3000 \text{ ksc}$$

$$P_{nb} = 0.85 f'_c b a_b + A'_s f'_s - A_s f_y$$

$$P_{nb} = 0.85 \times 250 \times 25 \times 25.5 + \frac{29.45}{2} \times 3000 - \frac{29.45}{2} \times 3000$$

$$P_{nb} = 135,468.75 \text{ kg}$$

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

$$M_{nb} = 0.85 \times 250 \times 25 \times 25.5 \times \left(\frac{50}{2} - \frac{25.5}{2} \right) + \frac{29.45}{2} \times 3000 \times \left(\frac{50}{2} - 5 \right) + \frac{29.45}{2} \times 3000 \times \left(45 - \frac{50}{2} \right)$$

$$M_{nb} = 3,426,492.188 \text{ kg.cm} = 34,264.92188 \text{ kg.m} = 34.3 \text{ t.m}$$

คำตอบ ข้อ (1) 35 ตัน.เมตร ใกล้เคียงที่สุด



คำถามข้อที่ 188

เสาสั้นปลอกเดือยขนาดเท่ากับ 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นขนาด 25 มม โดยที่ $A_s = A'_s$ ดังนั้นต้อง
ใช้เหล็กปลอกเดือยสำหรับเสานี้คือ

ตัวเลือก

- (1) 9 มม @ 0.40 ม
- (2) 6 มม @ 0.40 ม
- (3) 9 มม @ 0.45 ม
- (4) 6 มม @ 0.30 ม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดระยะเรียงของเหล็กปลอกเดือยในเสาว่าไม่เกินค่าต่อไปนี้

$$16 \text{ เท่าของเหล็กยื่น} = 16 \times 2.5 = 40 \text{ cm}$$

$$48 \text{ เท่าของเหล็กปลอก} = 48 \times 0.6 = 28.8 \text{ cm สำหรับเหล็กปลอก RB 6 mm}$$

$$\text{และ} = 48 \times 0.9 = 43.2 \text{ cm สำหรับเหล็กปลอก RB 9 mm}$$

$$\text{ด้านแคบของหน้าตัดเสา} = 50 \text{ cm}$$

ดูตามตัวเลือก ถ้าเป็น RB 6 มม @ 0.288 m และถ้าเป็น RB 9 มม @ 0.40 m ดังนั้น

คำตอบ ข้อ (1) 9 มม @ 0.40 ม

คำถามข้อที่ 189

เสาสั้นปลอกเดี่ยวนขนาดเท่ากับ 45×45 ซม เสริมเหล็กยื่นขนาด 28 มม โดยที่ $A_s = A'_s$ ดังนั้นต้อง
ใช้เหล็กปลอกเดี่ยวสำหรับเสานี้คือ

ตัวเลือก

- (1) 9 มม @ 0.40 ม
- (2) 9 มม @ 0.45 ม
- (3) 6 มม @ 0.30 ม
- (4) 6 มม @ 0.45 ม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดระยะเรียงของเหล็กปลอกเดี่ยวในเสาว่าไม่เกินค่าต่อไปนี้

$$16 \text{ เท่าของเหล็กยื่น} = 16 \times 2.8 = 44.8 \text{ cm}$$

$$48 \text{ เท่าของเหล็กปลอก} = 48 \times 0.6 = 28.8 \text{ cm สำหรับเหล็กปลอก RB 6 mm}$$

$$\text{และ} = 48 \times 0.9 = 43.2 \text{ cm สำหรับเหล็กปลอก RB 9 mm}$$

$$\text{ด้านแคบของหน้าตัดเสา} = 45 \text{ cm}$$

ดูตามตัวเลือก ถ้าเป็น RB 6 มม @ 0.288 m และถ้าเป็น RB 9 มม @ 0.432 m ดังนั้น

คำตอบ ข้อ (1) 9 มม @ 0.40 ม

คำถามข้อที่ 190

เสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 30×40 ซม เสริมเหล็กขึ้นขนาด 20 มม โดยที่ $A_s = A'_s$ ดังนั้นต้อง
ใช้เหล็กปลอกเดี่ยวสำหรับเสานี้คือ

ตัวเลือก

- (1) 9 มม @ 0.30 ม
- (2) 6 มม @ 0.30 ม
- (3) 9 มม @ 0.40 ม
- (4) 6 มม @ 0.25 ม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดระยะเรียงของเหล็กปลอกเดี่ยวในเสาว่าไม่เกินค่าต่อไปนี้

$$16 \text{ เท่าของเหล็กขึ้น} = 16 \times 2.0 = 32 \text{ cm}$$

$$48 \text{ เท่าของเหล็กปลอก} = 48 \times 0.6 = 28.8 \text{ cm สำหรับเหล็กปลอก RB 6 mm}$$

$$\text{และ} = 48 \times 0.9 = 43.2 \text{ cm สำหรับเหล็กปลอก RB 9 mm}$$

$$\text{ด้านแคบของหน้าตัดเสา} = 30 \text{ cm}$$

ดูตามตัวเลือก ถ้าเป็น RB 6 มม @ 0.288 m และถ้าเป็น RB 9 มม @ 0.30 m ดังนั้น

คำตอบ ข้อ (4) 6 มม @ 0.25 ม

คำถามข้อที่ 191

เสาสั้นปลอกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 30×30 ซม เสริมเหล็กชั้นขนาด 15 มม โดยที่ $A_s = A'_s$ ดังนั้นต้อง
ใช้เหล็กปลอกเดี่ยวสำหรับเสานี้คือ

ตัวเลือก

- (1) 9 มม @ 0.25 ม
- (2) 6 มม @ 0.20 ม
- (3) 9 มม @ 0.30 ม
- (4) 6 มม @ 0.30 ม

แนวคิด

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดระยะเรียงของเหล็กปลอกเดี่ยวในเสาว่าไม่เกินค่าต่อไปนี้

$$16 \text{ เท่าของเหล็กชั้น} = 16 \times 1.5 = 24 \text{ cm}$$

$$48 \text{ เท่าของเหล็กปลอก} = 48 \times 0.6 = 28.8 \text{ cm} \text{ สำหรับเหล็กปลอก RB 6 mm}$$

$$\text{และ} = 48 \times 0.9 = 43.2 \text{ cm} \text{ สำหรับเหล็กปลอก RB 9 mm}$$

$$\text{ด้านแคบของหน้าตัดเสา} = 30 \text{ cm}$$

ดูตามตัวเลือก ถ้าเป็น RB 6 mm @ 0.24 m และถ้าเป็น RB 9 mm @ 0.24 m ดังนั้น

คำตอบ ข้อ (2) 6 มม @ 0.20 ม

คำถามข้อที่ 192

เสาสั้นปลอกเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ซม ระยะคอนกรีตหุ้มเท่ากับ 3 ซม กำหนดให้ $f'_c = 200$ กก/ซม² $f_y = 2400$ กก/ซม² ดังนั้นต้องใช้เหล็กปลอกเกลียวสำหรับเสานี้คือ

ตัวเลือก

- (1) 9 มม @ 0.03 ม
- (2) 6 มม @ 0.03 ม
- (3) 9 มม @ 0.04 ม
- (4) 6 มม @ 0.025 ม

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

$$\rho_s \approx \frac{4A_{sp}}{D_c s} \geq 0.45 \frac{f'_c}{f_{sy}} \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] = 0.45 \frac{f'_c}{f_{sy}} \left[\frac{D^2}{D_c^2} - 1 \right]$$

โดยกำหนด $D = 25$ cm ระยะหุ้ม 3 cm ดังนั้น $D_c = 25 - 3 - 3 = 19$ cm

เมื่อใช้ RB 6 mm มี $A_{sp} = 0.283$ cm² ดังนั้น

$$\frac{4 \times 0.283}{19s} \geq 0.45 \times \frac{200}{2400} \left[\frac{25^2}{19^2} - 1 \right]$$

$$s \leq 2.17 \text{ cm}$$

เมื่อใช้ RB 9 mm มี $A_{sp} = 0.636$ cm² ดังนั้น

$$\frac{4 \times 0.636}{19s} \geq 0.45 \times \frac{200}{2400} \left[\frac{25^2}{19^2} - 1 \right]$$

$$s \leq 4.88 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 9 มม @ 0.04 ม

เฉลย ข้อ (1) 9 มม @ 0.03 ม

คำถามข้อที่ 193

เสาต้นปดกลีขขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 ซม ระยะคอนกรีตหุ้มเท่ากับ 3 ซม กำหนดให้ $f'_c = 200$ กก/ซม² $f_y = 2400$ กก/ซม² ดังนั้นต้องใช้เหล็กปดกลีขสำหรับเสานี้คือ

ตัวเลือก

- (1) 9 มม @ 0.03 ม
- (2) 6 มม @ 0.025 ม
- (3) 9 มม @ 0.05 ม
- (4) 6 มม @ 0.05 ม

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

$$\rho_s \approx \frac{4A_{sp}}{D_c s} \geq 0.45 \frac{f'_c}{f_{sy}} \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] = 0.45 \frac{f'_c}{f_{sy}} \left[\frac{D^2}{D_c^2} - 1 \right]$$

โดยกำหนด $D = 40$ cm ระยะหุ้ม 3 ซม ดังนั้น $D_c = 40 - 3 - 3 = 34$ cm

เมื่อใช้ RB 6 มม มี $A_{sp} = 0.283$ cm² ดังนั้น

$$\frac{4 \times 0.283}{34s} \geq 0.45 \times \frac{200}{2400} \left[\frac{40^2}{34^2} - 1 \right]$$

$$s \leq 2.31 \text{ cm}$$

เมื่อใช้ RB 9 มม มี $A_{sp} = 0.636$ cm² ดังนั้น

$$\frac{4 \times 0.636}{34s} \geq 0.45 \times \frac{200}{2400} \left[\frac{40^2}{34^2} - 1 \right]$$

$$s \leq 5.19 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 9 มม @ 0.05 ม

คำถามข้อที่ 194

เสาปลูกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 30×30 ซม อยู่ในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ จากผลของแรงอัดและโมเมนต์ดัด เสานี้จะโค้งสองทาง และอยู่ในช่วงแรงอัดเป็นหลัก ถ้าช่วงความยาวของเสาด้านนี้ที่ปราศจากค้ำยันเท่ากับ 6.00 ม ให้ใช้วิธี WSD ประมาณตัวคูณลดค่า R

ตัวเลือก

- (1) 0.90
- (2) 0.92
- (3) 0.94
- (4) 0.96

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

เสายาว กรณีแรงอัดเป็นหลัก ($e_a < e < e_b$)

(ก) เสาในโครงเฟรมที่ไม่ยอมให้เซ (braced frames) นั่นคือ ปลายเสาไม่เคลื่อนที่ ใช้ค่า $k = 1$

- เมื่อเสาโค้งสองทาง (double curvature)

เมื่อ $\frac{\ell_u}{r} < 60$ ตัวคูณลดกำลังเนื่องจากความชะลูด $R = 1.00$

เมื่อ $60 \leq \frac{\ell_u}{r} \leq 100$ ตัวคูณลดกำลังเนื่องจากความชะลูด

$$R = 1.32 - 0.006 \frac{\ell_u}{r} \leq 1.00$$

เมื่อ $\frac{\ell_u}{r} > 100$ ให้ทำการวิเคราะห์โดยคำนึงถึงผลของการ โค้งตัวที่มีต่อโมเมนต์ดัดใน

เสา

- เมื่อเสาโค้งทางเดียว (single curvature)

$$R = 1.07 - 0.008 \frac{\ell_u}{r} \leq 1.00$$

เสาสี่เหลี่ยมผืนผ้า $r = 0.3h$ เสากลม $r = 0.25D$

ข้อนี้กำหนด $\ell_u = 600$ cm, $h = 30$ cm, $r = 0.3 \times 30 = 9$ cm

$$\frac{\ell_u}{r} = \frac{600}{9} = 66.67 \text{ อยู่ระหว่าง 60 กับ 100 ดังนั้น}$$

$$R = 1.32 - 0.006 \frac{\ell_u}{r} = 1.32 - 0.006 \times \frac{600}{9} = 0.92$$

คำตอบ ข้อ (2) 0.92

คำถามข้อที่ 195

เสาปลูกเดี่ยวขนาดเท่ากับ 40×40 ซม อยู่ในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ จากผลของแรงอัดและโมเมนต์ดัด เสานี้จะโค้งสองทาง และอยู่ในช่วงแรงอัดเป็นหลัก ถ้าช่วงความยาวของเสาด้านนี้ที่ปราศจากค้ำยันเท่ากับ 6.00 ม ให้ใช้วิธี WSD ประมาณตัวคูณลดค่า R

ตัวเลือก

- (1) 0.93
- (2) 0.95
- (3) 1.00
- (4) 1.02

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

เสายาว กรณีแรงอัดเป็นหลัก ($e_a < e < e_b$)

(ก) เสาในโครงเฟรมที่ไม่ยอมให้เซ (braced frames) นั่นคือ ปลายเสาไม่เคลื่อนที่ ใช้ค่า $k = 1$

- เมื่อเสาโค้งสองทาง (double curvature)

เมื่อ $\frac{\ell_u}{r} < 60$ ตัวคูณลดค่าตั้งเนื่องจากความชะลูด $R = 1.00$

เมื่อ $60 \leq \frac{\ell_u}{r} \leq 100$ ตัวคูณลดค่าตั้งเนื่องจากความชะลูด

$$R = 1.32 - 0.006 \frac{\ell_u}{r} \leq 1.00$$

เมื่อ $\frac{\ell_u}{r} > 100$ ให้ทำการวิเคราะห์โดยคำนึงถึงผลของการ โค้งตัวที่มีต่อโมเมนต์ดัดใน

เสา

- เมื่อเสาโค้งทางเดียว (single curvature)

$$R = 1.07 - 0.008 \frac{\ell_u}{r} \leq 1.00$$

เสาสี่เหลี่ยมผืนผ้า $r = 0.3h$ เสากลม $r = 0.25D$

ข้อนี้กำหนด $\ell_u = 600$ cm, $h = 40$ cm, $r = 0.3 \times 40 = 12$ cm

$$\frac{\ell_u}{r} = \frac{600}{12} = 50 \text{ น้อยกว่า } 60 \text{ ดังนั้น}$$

$$R = 1.00$$

คำตอบ ข้อ (3) 1.00

คำถามข้อที่ 196

เสาปลูกเดือวสี่เหลี่ยมจัตุรัสอยู่ในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ จากผลของแรงอัดและโมเมนต์ค้ด เสานี้จะโก่งสองทาง และอยู่ในช่วงแรงอัดเป็นหลัก ถ้าช่วงความยาวของเสาดันนี้ที่ปราศจากค้ำยันเท่ากับ 8.00 ม ให้ใช้วิธี WSD ประมาณขนาดอย่างน้อยของเสาดันนี้ที่จะถือว่าเป็นเสาสั้น

ตัวเลือก

- (1) 45×45 ซม
- (2) 50×50 ซม
- (3) 55×55 ซม
- (4) 60×60 ซม

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

เสายาว กรณีแรงอัดเป็นหลัก ($e_a < e < e_b$)

(ก) เสาในโครงเฟรมที่ไม่ยอมให้เซ (braced frames) นั่นคือ ปลายเสาไม่เคลื่อนที่ ใช้ค่า $k = 1$

- เมื่อเสาโก่งสองทาง (double curvature)

เมื่อ $\frac{\ell_u}{r} < 60$ ตัวคูณลดกำลังเนื่องจากความชะลูด $R = 1.00$ เป็นเสาสั้น

เมื่อ $60 \leq \frac{\ell_u}{r} \leq 100$ ตัวคูณลดกำลังเนื่องจากความชะลูด

$$R = 1.32 - 0.006 \frac{\ell_u}{r} \leq 1.00 \text{ เป็นเสายาว}$$

เมื่อ $\frac{\ell_u}{r} > 100$ ให้ทำการวิเคราะห์โดยคำนึงถึงผลของการโก่งตัวที่มีต่อโมเมนต์ค้ดใน

เสา

- เมื่อเสาโก่งทางเดียว (single curvature)

$$R = 1.07 - 0.008 \frac{\ell_u}{r} \leq 1.00 \text{ เป็นเสายาว}$$

เสาสี่เหลี่ยมผืนผ้า $r = 0.3h$ เสากลม $r = 0.25D$

ข้อนี้กำหนด $\ell_u = 800 \text{ cm}$, $h = ? \text{ cm}$, $r = 0.3h \text{ cm}$

$$\frac{\ell_u}{r} = \frac{800}{0.3h} = 60$$

$$h = \frac{800}{0.3 \times 60} = 44.44 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (1) 45×45 ซม

เฉลย ข้อ (2) 50×50 ซม

คำถามข้อที่ 197

เสาปลอกเดี่ยวขนาด 30×30 ซม อยู่ในโครงเฟรมแบบ Portal ช่วงเดียวและชั้นเดียวซึ่งเซไม่ได้ โดยที่ปลายเสาเป็นแบบยึดแน่น (fixed) และที่หัวเสายึดติดกับคานซึ่งมีค่า $I/L = 200$ ซม³ จากผลของแรงอัดและโมเมนต์ดัด เสาต้นนี้จะโก่งสองทาง และอยู่ในช่วงแรงอัดเป็นหลัก ถ้าช่วงความยาวของเสาต้นนี้ที่ปราศจากค้ำยันเท่ากับ 8.00 เมตร จงใช้วิธี WSD ประมาณค่าความยาวประสิทธิผลของเสาต้นนี้

ตัวเลือก

- (1) 6.00 เมตร
- (2) 8.00 เมตร
- (3) 8.30 เมตร
- (4) 8.50 เมตร

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร ความยาวประสิทธิผล มาตรฐาน ACI หรือ ว.ส.ท. ให้พิจารณาความยาวประสิทธิผล (effective length : $k\ell_u$) ของเสาดังนี้

(ก) เสาในโครงเฟรมที่ไม่ยอมให้เซ โดยมีสิ่งยันหรือยึดทางข้างอย่างพอเพียง เช่น โดยกำแพง คสล. รับแรงเฉือน ให้ใช้ความยาวประสิทธิผล $k\ell_u$ เท่ากับความยาวอิสระ ℓ_u นั่นคือใช้ค่า

$$k = 1$$

(ข) เสาในโครงเฟรมที่เซได้ เนื่องจากไม่มีสิ่งยันหรือยึดทางข้างอย่างพอเพียง ความยาวประสิทธิผล $k\ell_u$ จะขึ้นกับการยึดรั้งของปลายเสาซึ่งคำนวณจากตัวคูณของจุดต่อ (Joint Factor : r'_j) โดยที่ r'_j เป็นอัตราส่วนระหว่างผลรวมของสติฟเนสของเสา $\sum \frac{EI_c}{L_c}$ ต่อผลรวมของสติฟเนส

ของคาน $\sum \frac{EI_g}{L_g}$ ที่จุดต่อ j ใดๆ ในระนาบเดียวกันกับที่จะเกิดการโก่งเดาะ นั่นคือ

$$r'_j = \frac{\sum \frac{EI_c}{L_c}}{\sum \frac{EI_g}{L_g}} = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{column}}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{beam}}}$$

ทั้งนี้ให้พิจารณาหาความยาวประสิทธิผล $k\ell_u$ ทั้งสองระนาบ และใช้ค่าที่มากกว่า โดยมาตรฐาน ACI หรือ ว.ส.ท. กำหนดว่า

- (1) ถ้าปลายเสาเป็นแบบยึดหมุน (pinned end) ให้ถือว่า r' เท่ากับ 25 หรือเมื่อค่า r' เกินกว่า 25 ให้ถือว่าปลายเสาเป็นแบบยึดแน่น
- (2) ถ้าปลายเสาเป็นแบบยึดแน่น (fixed end) ให้ถือว่าค่า $r' = 1.0$

- (3) ถ้าปลายเสาถูกยึดรั้งไม่ให้หมุนทั้งสองปลาย ความยาวประสิทธิภาพ

$$k\ell_u = \ell_u(0.78 + 0.22r') \geq \ell_u$$

โดยที่ $r' = \frac{r'_T + r'_B}{2}$ = ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนสตีฟเนสของปลายบน r'_T กับปลายล่าง r'_B

- (4) ถ้าปลายเสาข้างหนึ่งถูกยึดรั้งไม่ให้หมุน และอีกปลายหนึ่งเป็นแบบยึดหมุน ความยาวประสิทธิภาพ

$$k\ell_u = 2\ell_u(0.78 + 0.22r') \geq 2\ell_u$$

โดยที่ r' เป็นอัตราส่วนสตีฟเนสของปลายเสาที่ถูกยึดรั้งไว้

- (5) ถ้าปลายเสาข้างหนึ่งเป็นแบบยึดแน่นไม่ให้หมุน และอีกปลายหนึ่งปล่อยอิสระ (free end) ความยาวประสิทธิภาพ $k\ell_u = 2\ell_u$ นั่นคือใช้ค่า $k = 2$

ยังหาเหตุผลไม่ได้ว่าเหตุใดจึงตอบ 8.30 เมตร

คำตอบ ข้อ (3) 8.30 เมตร

คำถามข้อที่ 198

เสาปลอกเดี่ยวขนาด 30×30 ซม. อยู่ในโครงเฟรมแบบ Portal ช่วงเดียวและชั้นเดียวซึ่งเซไม่ได้ โดยที่ปลายเสาเป็นแบบยึดแน่น (fixed) และที่หัวเสายึดติดกับคานซึ่งมีค่า $I/L = 200 \text{ ซม.}^3$ จากผลของแรงอัดและโมเมนต์ดัด เสาต้นนี้จะโก่งสองทาง และอยู่ในช่วงแรงอัดเป็นหลัก ถ้าช่วงความยาวของเสาต้นนี้ที่ปราศจากค้ำยันเท่ากับ 6.00 เมตร จงใช้วิธี WSD ประมาณค่าตัวคูณลดค่า R ของเสาต้นนี้

ตัวเลือก

- (1) 0.50
- (2) 0.52
- (3) 0.54
- (4) 0.56

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

เสายาว กรณีแรงอัดเป็นหลัก ($e_a < e < e_b$)

(ก) เสาในโครงเฟรมที่ไม่ยอมให้เซ (braced frames) นั่นคือ ปลายเสาไม่เคลื่อนที่ ใช้ค่า $k = 1$

- เมื่อเสาโก่งสองทาง (double curvature)

เมื่อ $\frac{l_u}{r} < 60$ ตัวคูณลดกำลังเนื่องจากความชะลูด $R = 1.00$ เป็นเสาสั้น

เมื่อ $60 \leq \frac{l_u}{r} \leq 100$ ตัวคูณลดกำลังเนื่องจากความชะลูด

$$R = 1.32 - 0.006 \frac{l_u}{r} \leq 1.00 \text{ เป็นเสายาว}$$

เมื่อ $\frac{l_u}{r} > 100$ ให้ทำการวิเคราะห์โดยคำนึงถึงผลของการโก่งตัวที่มีต่อโมเมนต์ดัดใน

เสา

- เมื่อเสาโก่งทางเดียว (single curvature)

$$R = 1.07 - 0.008 \frac{l_u}{r} \leq 1.00 \text{ เป็นเสายาว}$$

เสาสี่เหลี่ยมผืนผ้า $r = 0.3h$ เสากลม $r = 0.25D$

ในโจทย์ข้อนี้จะเป็นการโก่งทางเดียว ไม่ใช่โก่งสองทาง

$$R = 1.07 - 0.008 \frac{l_u}{r} = 1.07 - 0.008 \times \frac{600}{0.3 \times 30} = 0.537$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.54

คำถามข้อที่ 199

เสาปลอกเดี่ยวขนาด 30×30 ซม อยู่ในโครงเฟรมแบบ Portal ช่วงเดียวและชั้นเดียวซึ่งเซไม่ได้ โดยที่ปลายเสาเป็นแบบยึดแน่น (fixed) และที่หัวเสายึดติดกับคานซึ่งมีค่า $I/L = 200$ ซม³ จากผลของแรงอัดและโมเมนต์ดัด เสาต้นนี้จะโก่งสองทาง และอยู่ในช่วงแรงอัดเป็นหลัก ถ้าช่วงความยาวของเสาต้นนี้ที่ปราศจากค้ำยันเท่ากับ 8.00 เมตร จงใช้วิธี WSD ประมาณค่าตัวคูณลดค่า R ของเสาต้นนี้

ตัวเลือก

- (1) 0.30
- (2) 0.33
- (3) 0.36
- (4) 0.40

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

เสายาว กรณีแรงอัดเป็นหลัก ($e_a < e < e_b$)

(ก) เสาในโครงเฟรมที่ไม่ยอมให้เซ (braced frames) นั่นคือ ปลายเสาไม่เคลื่อนที่ ใช้ค่า $k = 1$

- เมื่อเสาโก่งสองทาง (double curvature)

เมื่อ $\frac{l_u}{r} < 60$ ตัวคูณลดกำลังเนื่องจากความชะลูด $R = 1.00$ เป็นเสาสั้น

เมื่อ $60 \leq \frac{l_u}{r} \leq 100$ ตัวคูณลดกำลังเนื่องจากความชะลูด

$$R = 1.32 - 0.006 \frac{l_u}{r} \leq 1.00 \text{ เป็นเสายาว}$$

เมื่อ $\frac{l_u}{r} > 100$ ให้ทำการวิเคราะห์โดยคำนึงถึงผลของการโก่งตัวที่มีต่อโมเมนต์ดัดใน

เสา

- เมื่อเสาโก่งทางเดียว (single curvature)

$$R = 1.07 - 0.008 \frac{l_u}{r} \leq 1.00 \text{ เป็นเสายาว}$$

เสาสี่เหลี่ยมผืนผ้า $r = 0.3h$ เสากลม $r = 0.25D$

ในโจทย์ข้อนี้จะเป็นการโก่งทางเดียว ไม่ใช่โก่งสองทาง และ $kl_u = 8.30$ m ซึ่งยังไม่ทราบว่ามาได้อย่างไรนั้น

$$R = 1.07 - 0.008 \frac{kl_u}{r} = 1.07 - 0.008 \times \frac{8.30}{0.3 \times 30} = 0.33222$$

คำตอบ ข้อ (2) 0.33

คำถามข้อที่ 200

เสาปลอกเดี่ยวขนาด 50×50 ซม. อยู่ในโครงเฟรมที่เซได้ ถ้าพบว่าค่า effective length factor เท่ากับ 1.5 ดังนั้น ช่วงความยาวของเสาด้านนี้ที่ปราศจากค้ำยันมีค่าเท่าใดตามวิธี USD จึงจะถือว่าเป็นเสาสั้น

ตัวเลือก

- (1) 4.00 เมตร
- (2) 3.00 เมตร
- (3) 2.50 เมตร
- (4) 2.00 เมตร

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร เป็นเสาสั้นเมื่อ

(ก) เสาในโครงข้อแข็งที่ไม่มีการเซ

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

โดยที่ $M_{1b} \leq M_{2b}$ และ $\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ เป็นบวกเมื่อโก่งทางเดียว และเป็นลบเมื่อ โก่งสองทาง

(ข) เสาในโครงข้อแข็งที่เซได้

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

ในกรณีนี้เป็นโครงข้อแข็งที่เซได้ $k = 1.5$ ค่า $r = 0.3h = 0.3 \times 50 = 15$ ดังนั้น

$$\frac{1.5\ell_u}{15} < 22$$

$$\ell_u < 22 \times \frac{15}{1.5} = 220 \text{ cm} = 2.20 \text{ m}$$

คำตอบ ข้อ (4) 2.00 เมตร ใกล้เคียงที่สุด

คำถามข้อที่ 201

เสาปลูกเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 50 ซม อยู่ในโครงเฟรมที่เซได้ ถ้าพบว่าค่า effective length factor เท่ากับ 1.50 ดังนั้น ช่วงความยาวของเสาด้านนี้ที่ปราศจากค้ำยันควรมีค่าเท่าใดตามวิธีกำลัง (USD) จึงจะถือว่าเป็นเสาสั้น

ตัวเลือก

- (1) 1.50 เมตร
- (2) 1.80 เมตร
- (3) 2.00 เมตร
- (4) 2.50 เมตร

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร เป็นเสาสั้นเมื่อ

(ก) เสาในโครงข้อแข็งที่ไม่มีการเซ

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

โดยที่ $M_{1b} \leq M_{2b}$ และ $\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ เป็นบวกเมื่อโค้งทางเดียว และเป็นลบเมื่อโค้งสองทาง

(ข) เสาในโครงข้อแข็งที่เซได้

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

ในกรณีนี้เป็นโครงข้อแข็งที่เซได้ $k = 1.5$ ค่า $r = 0.25D = 0.25 \times 50 = 12.5$ ดังนั้น

$$\frac{1.5\ell_u}{12.5} < 22$$

$$\ell_u < 22 \times \frac{12.5}{1.5} = 183.3 \text{ cm} = 1.833 \text{ m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 1.80 เมตร

คำถามข้อที่ 202

ฐานรากขนาด 3×3 เมตร รองรับเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร ถ้าความหนาของฐานรากเท่ากับ 40 ซม. โดยมีความลึกสุทธิ $d = 30$ ซม. และให้หน่วยแรงกดได้ฐานรากเท่ากับ 10 ตัน/เมตร² จงหาจำนวนอย่างน้อยของเหล็กเสริม DB 25 มม. ในแต่ละทิศทางเนื่องจากโมเมนต์ดัด โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน กำหนดค่า $j = 0.88$, $f_s = 1500$ กก/ชม²

ตัวเลือก

- (1) 6 เส้น
- (2) 12 เส้น
- (3) 14 เส้น
- (4) 20 เส้น

แนวคิด

โมเมนต์ที่ขอบตอม่อ $M = pB \left(\frac{A-a}{2} \right) \left(\frac{A-a}{4} \right) = pB \frac{(A-a)^2}{8}$

$$M = 10 \times 3 \times \frac{(3 - 0.30)^2}{8} = 27.3375 \text{ t.m} = 27,337.5 \text{ kg.m}$$
$$M = 2,733,750 \text{ kg.cm}$$
$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{2,733,750}{1500 \times 0.88 \times 30} = 69.034 \text{ cm}^2$$

ใช้ DB 25 มม จำนวน $= \frac{69.034}{4.909} = 14.06 \Rightarrow 15$ เส้น

คำตอบ ใช้ 15-DB 25 มม

เฉลย ข้อ (3) 14 เส้น

คำถามข้อที่ 203

ฐานรากขนาด 3×3 เมตร รองรับเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร ถ้าใช้ความหนาของฐานรากเท่ากับ 40 ซม. โดยมีความลึกสุทธิ $d = 30$ ซม. จงหาเนื้อที่ของหน้าตัดวิกฤตสำหรับต้านแรงเฉือนทางเดียวแบบคาน

ตัวเลือก

- (1) 7500 ตร.ซม
- (2) 9000 ตร.ซม
- (3) 10000 ตร.ซม
- (4) 12000 ตร.ซม

แนวคิด

หน้าตัดวิกฤตของแรงเฉือนแบบคานห่างจากขอบของเสาตอม่อเท่ากับความลึกประสิทธิผล

เนื้อที่หน้าตัดวิกฤต $A_{vb} = Bd = 300 \times 30 = 9000 \text{ cm}^2$

คำตอบ ข้อ (2) 9000 ตร.ซม



คำถามข้อที่ 204

ฐานรากขนาด 3×3 เมตร รองรับเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร ถ้าใช้ความหนาของฐานรากเท่ากับ 40 ซม. โดยมีความลึกสุทธิ $d = 30$ ซม. จงหาเนื้อที่ของหน้าตัดวิกฤตสำหรับต้านแรงเฉือน

ทะลุ

- ตัวเลือก
- (1) 3600 ตร.ซม
 - (2) 5400 ตร.ซม
 - (3) 7200 ตร.ซม
 - (4) 10800 ตร.ซม

แนวคิด

หน้าตัดวิกฤตของแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ จะห่างจากขอบตอม่อโดยรอบเท่ากับครึ่งหนึ่งของความลึกประสิทธิผล

เนื้อที่รับแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ

$$A_{vp} = 2d(a + b + 2d) = 2 \times 30 \times (30 + 30 + 2 \times 30) = 7200 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) 7200 ตร.ซม

คำถามข้อที่ 205

ฐานรากแผ่นขนาด 3×3 เมตร รองรับแรงอัดประลัย $P_u = 135$ ตัน และโมเมนต์ดัดประลัย $M_u = 22.5$ ตัน.เมตร จากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร ถ้าใช้ความหนาของฐานรากเท่ากับ 40 ซม โดยมี ความลึกสุทธิ $d = 30$ ซม จงประมาณหน่วยแรงเฉือนประลัยแบบคานกว้างตรงหน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 5.8 กก/ตร.ซม
- (2) 6.0 กก/ตร.ซม
- (3) 6.4 กก/ตร.ซม
- (4) 6.8 กก/ตร.ซม

แนวคิด

แรงดันจากดินในฐานรากที่รับโมเมนต์จะสมมติให้กระจายแบบเชิงเส้น

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{135}{3 \times 3} \pm \frac{22.5 \times \frac{3}{2}}{\frac{3 \times 3^3}{12}} = 15 \pm 5$$

ให้ขอบทางซ้ายแรงดันน้อย $\sigma_1 = 15 - 5 = 10 \text{ t/m}^2$ และขอบทางขวาแรงดันมาก $\sigma_2 = 15 + 5 = 20 \text{ t/m}^2$

หน้าตัดวิกฤตแรงเฉือนแบบคานห้ขอบซ้ายฐานรากเป็นระยะ

$$x = \frac{A - a}{2} + a + d = \frac{3 - 0.30}{2} + 0.30 + 0.30 = 1.95 \text{ m}$$

ใช้สามเหลี่ยมคล้ายหาแรงดันของดินตรงหน้าตัดวิกฤต

$$\sigma_x = 10 + \frac{1.95}{3}(20 - 10) = 16.5 \text{ t/m}^2$$

แรงเฉือนแบบคาน

$$V_b = \frac{\sigma_x + \sigma_2}{2} B(A - x) = \frac{16.5 + 20}{2} \times 3 \times (3 - 1.95) = 57.4875 \text{ t}$$

$$A_{vb} = Bd = 300 \times 30 = 9000 \text{ cm}^2$$

$$v_b = \frac{V_b}{A_{vb}} = \frac{57.4875 \times 1000}{9000} = 6.3875 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (3) 6.4 กก/ตร.ซม

คำถามข้อที่ 206

ฐานรากแผ่นขนาด 3×3 เมตร รองรับแรงอัดประลัย $P_u = 135$ ตัน และโมเมนต์ดัดประลัย $M_u = 22.5$ ตัน.เมตร จากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร ถ้าใช้ความหนาของฐานรากเท่ากับ 40 ซม โดยมี ความลึกสุทธิ $d = 30$ ซม จงประมาณหน่วยแรงเฉือนประลัยแบบทะลุตรงหน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 15 กก/ตร.ซม
- (2) 18 กก/ตร.ซม
- (3) 21 กก/ตร.ซม
- (4) 24 กก/ตร.ซม

แนวคิด

แรงดันจากดินในฐานรากที่รับโมเมนต์จะสมมติให้กระจายแบบเชิงเส้น

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{135}{3 \times 3} \pm \frac{22.5 \times \frac{3}{2}}{\frac{3 \times 3^3}{12}} = 15 \pm 5$$

ให้ขอบทางซ้ายแรงดันน้อย $\sigma_1 = 15 - 5 = 10 \text{ t/m}^2$ และขอบทางขวาแรงดันมาก $\sigma_2 = 15 + 5 = 20 \text{ t/m}^2$

หน้าตัดวิกฤตแรงเฉือนแบบเจาะทะลุห่างขอบตอม่อระยะ $d/2$
ขอบซ้ายของหน้าตัดวิกฤตห่างจากขอบซ้ายฐานรากเป็นระยะ

$$x_1 = \frac{A - a}{2} - \frac{d}{2} = \frac{3 - 0.30}{2} - \frac{0.30}{2} = 1.20 \text{ m}$$

ขอบขวาของหน้าตัดวิกฤตห่างจากขอบซ้ายของฐานรากเป็นระยะ

$$x_2 = \frac{A - a}{2} + a + \frac{d}{2} = \frac{3 - 0.30}{2} + 0.30 + \frac{0.30}{2} = 1.80 \text{ m}$$

ใช้สามเหลี่ยมคล้ายหาแรงดันของดินตรงหน้าตัดวิกฤต

$$\sigma_{x1} = 10 + \frac{1.20}{3}(20 - 10) = 14 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{x2} = 10 + \frac{1.80}{3}(20 - 10) = 16 \text{ t/m}^2$$

แรงดันของดินเต็มเนื้อที่ฐานราก

$$V_{p1} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} AB = \frac{10 + 20}{2} \times 3 \times 3 = 135 \text{ tonne}$$

แรงดันของดินภายในกรอบของหน้าตัดวิกฤตที่ต้องหักออก

$$V_{p2} = \frac{\sigma_{x1} + \sigma_{x2}}{2}(a + d)(b + d) = \frac{14 + 16}{2} \times (0.30 + 0.30) \times (0.30 + 0.30)$$

$$V_{p2} = 5.4 \text{ tonne}$$

แรงเฉือนแบบเจาะทะลุ

$$V_p = V_{p1} - V_{p2} = 135 - 5.4 = 129.6 \text{ tonne}$$

$$A_{vp} = 2d(a + b + 2d) = 2 \times 30 \times (30 + 30 + 2 \times 30) = 7200 \text{ cm}^2$$

$$v_p = \frac{129.6 \times 1000}{7200} = 18 \text{ ksc}$$

สังเกตว่าค่าที่ได้นี้เป็นหน่วยแรงเฉือนเฉลี่ย ต้องนำผลของโมเมนต์มาพิจารณาเพิ่มทางขวาและลดทางซ้าย

*** ยังไม่สมบูรณ์ ***

คำตอบ ข้อ (3) 21 กก/ตร.ซม



คำถามข้อที่ 207

ฐานรากแผ่นขนาด 3×3 เมตร รองรับแรงอัดประลัย $P_u = 135$ ตัน และโมเมนต์ดัดประลัย $M_u = 22.5$ ตัน.เมตร จากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร ถ้าใช้ความหนาของฐานรากเท่ากับ 40 ซม โดยมี ความลึกสุทธิ $d = 30$ ซม จงประมาณค่าโมเมนต์ดัดประลัยตรงหน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 40 ตัน.เมตร
- (2) 50 ตัน.เมตร
- (3) 60 ตัน.เมตร
- (4) 70 ตัน.เมตร

แนวคิด

แรงดันจากดินในฐานรากที่รับโมเมนต์จะสมมติให้กระจายแบบเชิงเส้น

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{Mc}{I}$$
$$\sigma = \frac{135}{3 \times 3} \pm \frac{22.5 \times \frac{3}{2}}{\frac{3 \times 3^3}{12}} = 15 \pm 5$$

ให้ขอบทางซ้ายแรงดันน้อย $\sigma_1 = 15 - 5 = 10 \text{ t/m}^2$ และขอบทางขวาแรงดันมาก $\sigma_2 = 15 + 5 = 20 \text{ t/m}^2$ เขียนรูปหน่วยแรงดันดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู หา σ ที่ขอบตอม่อซึ่งเป็นหน้าตัดวิกฤตของ

โมเมนต์ดัด โดยพิจารณาด้านมาก จากสามเหลี่ยมคล้าย

$$\frac{\sigma - 10}{20 - 10} = \frac{1.35 + 0.30}{3.00}$$
$$\sigma = 10 + \frac{1.35 + 0.30}{3.00} (20 - 10) = 15.5 \text{ t/m}^2$$

แบ่ง σ เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ากับสามเหลี่ยม แรงในส่วนสี่เหลี่ยม

$$P_1 = \sigma \times 1.35 \times 3.00 = 15.5 \times 1.35 \times 3.00 = 62.775 \text{ tonne}$$

$$\text{ห่างจากขอบตอม่อ ระยะ } x_1 = \frac{1.35}{2} = 0.675 \text{ m}$$

แรงในส่วนสามเหลี่ยม

$$P_2 = \frac{1}{2} (20 - \sigma) \times 1.35 \times 3.00 = \frac{1}{2} \times (20 - 15.5) \times 1.35 \times 3.00 = 9.1125 \text{ tonne}$$

$$\text{ห่างจากขอบตอม่อ ระยะ } x_2 = \frac{2}{3} \times 1.35 = 0.9 \text{ m}$$

โมเมนต์รอบขอบตอม่อ

$$M = P_1 x_1 + P_2 x_2 = 62.775 \times 0.675 + 9.1125 \times 0.9 = 50.574375 \text{ t.m}$$

คำตอบ ข้อ (2) 50 ตัน.เมตร

คำถามข้อที่ 208

ฐานรากเสาเข็มขนาด 2.70×3.60 ม รองรับแรงอัดใช้งาน $P_D = 55$ ตัน, $P_L = 30$ ตัน และโมเมนต์ดัดใช้งาน $M_D = 10.5$ ตัน.เมตร $M_L = 5.5$ ตัน.เมตร จากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร สมมติใช้เสาเข็มขนาด ϕ 0.30 ม จำนวน 12 ต้น เรียงเป็น 3 แถว ขนานกับด้านยาวของฐาน แต่ละแถวใช้เสาเข็ม 4 ต้น โดยให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 90 ซม และระยะขอบของฐานรากที่ห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 45 ซม สมมติความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม โดยมีระยะ $d = 45$ ซม ถ้าต้องออกแบบตามวิธี USD จากการกระทำของแรงและโมเมนต์ดัดประลัย จงหาแรงต้านสุทธิของเสาเข็มด้านที่รับโมเมนต์ดัด

ตัวเลือก

- (1) $R_3 = 12.6$ ตัน $R_4 = 13.0$ ตัน
- (2) $R_3 = 11.6$ ตัน $R_4 = 13.4$ ตัน
- (3) $R_3 = 12.6$ ตัน $R_4 = 13.6$ ตัน
- (4) $R_3 = 11.6$ ตัน $R_4 = 13.7$ ตัน

แนวคิด

วิธี USD (Ultimate Strength Design) เป็นชื่อเริ่มแรก ปัจจุบันเรียก SDM (Strength Design Method) แรงต้านสุทธิหมายถึงแรงต้านของเสาเข็มด้านทานแรงและโมเมนต์บนตอม่อ ไม่รวมถึงแรงต้านจากน้ำหนักฐานราก ตอม่อ ดินถม

กรณีฐานรากเสาเข็มที่รับโมเมนต์ดัดด้วย หาแรงต้านสุทธิได้จาก

$$R_i = \frac{P}{n} \pm \frac{M d}{\sum d^2}$$

โดยที่ $P = P_u = 1.4P_D + 1.7P_L = 1.4 \times 55 + 1.7 \times 30 = 128$ tonne = น้ำหนักลงตอม่อ

$$M = M_u = 1.4M_D + 1.7M_L = 1.4 \times 10.5 + 1.7 \times 5.5 = 24.05 \text{ t.m} = \text{โมเมนต์ดัด}$$

$n = 12 =$ จำนวนเสาเข็ม

$$d_1 = d_1 = d_1 = d_4 = d_4 = d_4 = \frac{0.9}{2} + 0.9 = 1.35 \text{ m} \text{ เสาเข็มริมนอก}$$

$$d_2 = d_2 = d_2 = d_3 = d_3 = d_3 = \frac{0.90}{2} = 0.45 \text{ m} \text{ เสาเข็มชุดใน}$$

$$\sum d^2 = 6 \times 1.35^2 + 6 \times 0.45^2 = 12.15$$

$$R_1 = \frac{128}{12} - \frac{24.05 \times 1.35}{12.15} = 7.994 \text{ tonne}$$

$$R_2 = \frac{128}{12} - \frac{24.05 \times 0.45}{12.15} = 9.776 \text{ tonne}$$

$$R_3 = \frac{128}{12} + \frac{24.05 \times 0.45}{12.15} = 11.557 \text{ tonne}$$

$$R_4 = \frac{128}{12} + \frac{24.05 \times 1.35}{12.15} = 13.339 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (2) $R_3 = 11.6$ ตัน $R_4 = 13.4$ ตัน



คำถามข้อที่ 209

ฐานรากเสาเข็มขนาด 2.70×3.60 ม รองรับแรงอัดใช้งาน $P_D = 55$ ตัน, $P_L = 30$ ตัน และโมเมนต์ดัดใช้งาน $M_D = 10.5$ ตัน.เมตร $M_L = 5.5$ ตัน.เมตร จากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร สมมติใช้เสาเข็มขนาด ϕ 0.30 ม จำนวน 12 ต้น เรียงเป็น 3 แถว ขนานกับด้านยาวของฐาน แต่ละแถวใช้เสาเข็ม 4 ต้น โดยให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 90 ซม และระยะขอบของฐานรากที่ห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 45 ซม สมมติความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม โดยมีระยะ $d = 45$ ซม ถ้าต้องออกแบบตามวิธี USD จากการกระทำของแรงและโมเมนต์ดัดประลัย ซึ่งพบว่าแรงต้านสุดท้ายของเสาเข็มด้านที่รับโมเมนต์มีค่า $R_3 = 11.6$ ตัน และ $R_4 = 13.4$ ตัน จงประมาณค่าแรงเฉือนประลัยแบบคานกว้าง (one-way shear) ที่หน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 39000 กก
- (2) 40500 กก
- (3) 41000 กก
- (4) 41500 กก

แนวคิด

หน้าตัดวิกฤตแบบคานกว้างห่างขอบตอม่อ $= d = 0.45$ m ห่างศูนย์กลางตอม่อระยะ $\frac{0.30}{2} + 0.45 = 0.60$ เมตร ดังนั้น $x = 0.45 - 0.60 = -0.15$ m ดังนั้น แรงจาก R_3 จะทำให้เกิดแรงเฉือน

$$V_{ub} = 3R_3 \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{D_p} \right) = 3 \times 11.6 \times \left(\frac{1}{2} + \frac{-0.15}{0.30} \right) = 0$$

และ R_4 จะห่างจากหน้าตัดวิกฤต $x = 0.45 + 0.90 - 0.60 = 0.75$ m = 75 cm มากกว่า

$$\frac{D_p}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm} \text{ ดังนั้นผลของ } R_4 \text{ จึงมีเต็มที่}$$

$$V_{ub} = 3R_4 = 3 \times 13.4 = 40.2 \text{ tonne} = 40,200 \text{ kg}$$

คำตอบ ข้อ (2) 40500 กก

คำถามข้อที่ 210

ฐานรากเสาเข็มขนาด 2.70×3.60 ม รองรับแรงอัดใช้งาน $P_D = 55$ ตัน, $P_L = 30$ ตัน และโมเมนต์ดัดใช้งาน $M_D = 10.5$ ตัน.เมตร $M_L = 5.5$ ตัน.เมตร จากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร สมมติใช้เสาเข็มขนาด ϕ 0.30 ม จำนวน 12 ต้น เรียงเป็น 3 แถว ขนานกับด้านยาวของฐาน แต่ละแถวใช้เสาเข็ม 4 ต้น โดยให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 90 ซม และระยะขอบของฐานรากที่ห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 45 ซม สมมติความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม โดยมีระยะ $d = 45$ ซม ถ้าต้องออกแบบตามวิธี USD จากการกระทำของแรงและโมเมนต์ดัดประลัย ซึ่งพบว่าแรงต้านสุดท้ายของเสาเข็มด้านที่รับโมเมนต์มีค่า $R_3 = 11.6$ ตัน และ $R_4 = 13.4$ ตัน จงประมาณค่าหน่วยแรงเฉือนประลัยแบบทะลุที่หน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 8.50 กก/ตร.ซม
- (2) 9.50 กก/ตร.ซม
- (3) 10.5 กก/ตร.ซม
- (4) 12.5 กก/ตร.ซม

แนวคิด

ในขั้นแรกต้องหาแรงต้านเสาเข็มอีกสองแนวทางด้านน้อย โดยใช้สามเหลี่ยมคล้าย

$$\tan \theta = \frac{11.6 - R_1}{1.80} = \frac{11.6 - R_2}{0.90} = \frac{13.4 - 11.6}{0.90}$$

$$R_2 = 11.6 + 11.6 - 13.4 = 9.8 \text{ tonne}$$

$$R_1 = 11.6 - \frac{1.80}{0.90}(13.4 - 11.6) = 8 \text{ tonne}$$

ให้เขียนแปลนฐานรากตามข้อมูลที่ให้ หน้าตัดวิกฤตรอบๆ ตอม่อห่างตอม่อระยะ $\frac{d}{2} = \frac{0.45}{2} =$

0.225 เมตร จะพบว่ามีเสาเข็มสองต้นที่ใกล้หน้าตัดวิกฤต ระยะห่าง $x = 0.45 - 0.15 - 0.225 = 0.075$ m

$= 7.5 \text{ cm} < \frac{D_p}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$ ที่เหลืออีก 10 ต้นห่างหน้าตัดวิกฤตเกิน $\frac{D_p}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$ จึงคิด

เต็มที่

$$V_{up} = 3R_1 + 2R_2 + 2R_3 + 3R_4 + R_2 \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{D_p} \right) + R_3 \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{D_p} \right)$$

$$V_{up} = 3 \times 8 + 2 \times 9.8 + 2 \times 11.6 + 3 \times 13.4 + 9.8 \left(\frac{1}{2} + \frac{7.5}{30} \right) + 11.6 \left(\frac{1}{2} + \frac{7.5}{30} \right)$$

$$V_{up} = 123.05 \text{ tonne}$$

หน่วยแรงเฉือนแบบเจาะทะลุเฉลี่ย

$$v_{up} = \frac{V_{up}}{2d(a + b + 2d)} = \frac{123.05 \times 1000}{2 \times 45 \times (30 + 30 + 2 \times 45)} = 9.115 \text{ ksc}$$

ซึ่งจะเห็นว่าไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ของ ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร เรื่องแผ่นพื้นสองทาง

$$\text{หน่วยแรงเฉือนด้านมาก } v_{uAB} = \frac{V_{up}}{A_v} + \frac{M_u c_{AB}}{J_c}$$

$$\text{หน่วยแรงเฉือนด้านน้อย } v_{uCD} = \frac{V_{up}}{A_v} - \frac{M_u c_{CD}}{J_c}$$

โดยที่ $V_{up} = 1.4DL + 1.7LL = 1.4 \times 55 + 1.7 \times 30 = 128 \text{ tonne} = 128,000 \text{ kg}$

$$M_u = 1.4M_D + 1.7M_L = 1.4 \times 10.5 + 1.7 \times 5.5 = 24.05 \text{ t.m}$$

$$M_u = 2,405,000 \text{ kg.cm}$$

$$A_v = 2d(a + b + 2d) = 2 \times 45 \times (30 + 30 + 2 \times 45) = 13,500 \text{ cm}^2$$

$$c_{AB} = c_{CD} = \frac{a + d}{2} = \frac{30 + 45}{2} = 37.5 \text{ cm}$$

$$J_c = \frac{2d(a + d)^3}{12} + \frac{2(a + d)d^3}{12} + 2d(b + d) \left(\frac{a + d}{2} \right)^2$$

$$J_c = \frac{2 \times 45 \times (30 + 45)^3}{12} + \frac{2 \times (30 + 45) \times 45^3}{12} + 2 \times 45 \times (30 + 45) \times \left(\frac{30 + 45}{2} \right)^2$$

$$J_c = 13,795,312.5 \text{ cm}^4$$

หน่วยแรงเฉือนทะลุสูงสุดคือ

$$v_{uAB} = \frac{V_{up}}{A_v} + \frac{M_u c_{AB}}{J_c} = \frac{128,000}{13,500} + \frac{2,405,000 \times 37.5}{13,795,312.5}$$

$$v_{uAB} = 16.0190282 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (2) 9.50 กก/ตร.ซม

คำถามข้อที่ 211

ฐานรากเสาเข็มขนาด 2.70×3.60 ม รองรับแรงอัดใช้งาน $P_D = 55$ ตัน, $P_L = 30$ ตัน และโมเมนต์ดัดใช้งาน $M_D = 10.5$ ตัน.เมตร $M_L = 5.5$ ตัน.เมตร จากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร สมมติใช้เสาเข็มขนาด ϕ 0.30 ม จำนวน 12 ต้น เรียงเป็น 3 แถว ขนานกับด้านยาวของฐาน แต่ละแถวใช้เสาเข็ม 4 ต้น โดยให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 90 ซม และระยะขอบของฐานรากที่ห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 45 ซม สมมติความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม โดยมีระยะ $d = 45$ ซม ถ้าต้องออกแบบตามวิธี USD จากการกระทำของแรงและโมเมนต์ดัดประลัย ซึ่งพบว่าแรงต้านสุดท้ายของเสาเข็มด้านที่รับโมเมนต์มีค่า $R_3 = 11.6$ ตัน และ $R_4 = 13.4$ ตัน จงประมาณค่าแรงเฉือนประลัยแบบทะลุที่หน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 85 ตัน
- (2) 95 ตัน
- (3) 105 ตัน
- (4) 125 ตัน

แนวคิด

ในขั้นแรกต้องหาแรงต้านเสาเข็มอีกสองแนวทางด้านน้อย โดยใช้สามเหลี่ยมคล้าย

$$\tan \theta = \frac{11.6 - R_1}{1.80} = \frac{11.6 - R_2}{0.90} = \frac{13.4 - 11.6}{0.90}$$

$$R_2 = 11.6 + 11.6 - 13.4 = 9.8 \text{ tonne}$$

$$R_1 = 11.6 - \frac{1.80}{0.90}(13.4 - 11.6) = 8 \text{ tonne}$$

ให้เขียนแปลนฐานรากตามข้อมูลที่ให้ หน้าตัดวิกฤตรอบๆ ตอม่อห่างตอม่อระยะ $\frac{d}{2} = \frac{0.45}{2} =$

0.225 เมตร จะพบว่ามีเสาเข็มสองต้นที่ใกล้หน้าตัดวิกฤต ระยะห่าง $x = 0.45 - 0.15 - 0.225 = 0.075$ m

$= 7.5 \text{ cm} < \frac{D_p}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$ ที่เหลืออีก 10 ต้นห่างหน้าตัดวิกฤตเกิน $\frac{D_p}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$ จึงคิด

เต็มที่

$$V_{up} = 3R_1 + 2R_2 + 2R_3 + 3R_4 + R_2 \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{D_p} \right) + R_3 \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{D_p} \right)$$

$$V_{up} = 3 \times 8 + 2 \times 9.8 + 2 \times 11.6 + 3 \times 13.4 + 9.8 \left(\frac{1}{2} + \frac{7.5}{30} \right) + 11.6 \left(\frac{1}{2} + \frac{7.5}{30} \right)$$

$$V_{up} = 123.05 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (4) 125 ตัน

คำถามข้อที่ 212

ฐานรากเสาเข็มขนาด 2.70×3.60 ม รองรับแรงอัดใช้งาน $P_D = 55$ ตัน, $P_L = 30$ ตัน และโมเมนต์ดัดใช้งาน $M_D = 10.5$ ตัน.เมตร $M_L = 5.5$ ตัน.เมตร จากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร สมมติใช้เสาเข็มขนาด ϕ 0.30 ม จำนวน 12 ต้น เรียงเป็น 3 แถว ขนานกับด้านยาวของฐาน แต่ละแถวใช้เสาเข็ม 4 ต้น โดยให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 90 ซม และระยะขอบของฐานรากที่ห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 45 ซม สมมติความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม โดยมีระยะ $d = 45$ ซม ถ้าต้องออกแบบตามวิธี USD จากการกระทำของแรงและโมเมนต์ดัดประลัย ซึ่งพบว่าแรงต้านสุทธิของเสาเข็มด้านที่รับโมเมนต์มีค่า $R_3 = 11.6$ ตัน และ $R_4 = 13.4$ ตัน จงประมาณค่าโมเมนต์ดัดประลัยที่หน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 45 ตัน.เมตร
- (2) 50 ตัน.เมตร
- (3) 55 ตัน.เมตร
- (4) 60 ตัน.เมตร

แนวคิด

หน้าตัดวิกฤตของโมเมนต์อยู่ที่ขอบตอม่อ

$$M_u = 3R_3 \left(0.45 - \frac{0.30}{2} \right) + 3R_4 \left(0.90 + 0.45 - \frac{0.30}{2} \right)$$

$$M_u = 3 \times 11.6 \times 0.30 + 3 \times 13.4 \times 1.2$$

$$M_u = 58.68 \text{ t.m}$$

คำตอบ ข้อ (4) 60 ตัน.เมตร

คำถามข้อที่ 213

ฐานรากเสาเข็มขนาด 2.70×3.60 ม รองรับแรงอัดใช้งาน $P = 120$ ตัน อย่างเดียวจากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร สมมติใช้เสาเข็มขนาด ϕ 0.30 ม จำนวน 12 ต้น เรียงเป็น 3 แถว ขนานกับด้านยาวของฐาน แต่ละแถวใช้เสาเข็ม 4 ต้น โดยให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 90 ซม และระยะขอบของฐานรากที่ห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 45 ซม สมมติความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม โดยมีระยะ $d = 45$ ซม ดังนั้น ถ้าต้องออกแบบตามวิธี WSD จงหาแรงต้านสุทธิของเสาเข็ม

ตัวเลือก

- (1) 10000 กก
- (2) 11500 กก
- (3) 12000 กก
- (4) 12500 กก

แนวคิด

$$\text{แรงต้านสุทธิ } R = \frac{P}{n_p} = \frac{120}{12} = 10 \text{ tonne} = 10,000 \text{ kg}$$

คำตอบ ข้อ (1) 10000 กก

คำถามข้อที่ 214

ฐานรากเสาเข็มขนาด 2.70×3.60 ม รองรับแรงอัดใช้งาน $P = 120$ ตันอย่างเดียวกจากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร สมมติใช้เสาเข็มขนาด ϕ 0.30 ม จำนวน 12 ต้น เรียงเป็น 3 แถว ขนานกับด้านยาวของฐาน แต่ละแถวใช้เสาเข็ม 4 ต้น โดยให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 90 ซม และระยะขอบของฐานรากที่ห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 45 ซม สมมติความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม โดยมีระยะ $d = 45$ ซม ดังนั้น ถ้าต้องออกแบบตามวิธี WSD จงประมาณค่าแรงเฉือนแบบคานกว้าง (one-way shear) ที่หน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 25000 กก
- (2) 30000 กก
- (3) 35000 กก
- (4) 40000 กก

แนวคิด

เนื่องจากแรงดันเฉลี่ยของเสาเข็ม $R = \frac{120}{12} = 10 \text{ t/pile} = 10,000 \text{ kg/pile}$

เขียนแปลนฐานราก หน้าตัดวิกฤตแบบคานกว้างห่างขอบตอม่อ $= d = 45 \text{ cm} = 0.45 \text{ m}$

แนวเสาเข็มใกล้หน้าตัดวิกฤตที่สุดห่าง $x = 0.45 - 0.45 - \frac{0.30}{2} = -0.15 \text{ m} = -15 \text{ cm}$

เมื่อ $x \leq -\frac{D_p}{2}$ แรงเฉือนจากเสาเข็มเป็น 0

แนวเสาเข็มริมสุดห่างหน้าตัดวิกฤต $x = 0.45 + 0.90 - 0.45 - \frac{0.30}{2} = 0.75 \text{ m} = 75 \text{ cm}$

เมื่อ $x \geq \frac{D_p}{2}$ แรงเฉือนจากเสาเข็มคิดเต็มที่

$$V_b = 3R_4 = 3 \times 10,000 = 30,000 \text{ kg}$$

คำตอบ ข้อ (2) 30000 กก

คำถามข้อที่ 215

ฐานรากเสาเข็มขนาด 2.70×3.60 ม รองรับแรงอัดใช้งาน $P = 120$ ตันอย่างเดียวกจากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร สมมติใช้เสาเข็มขนาด ϕ 0.30 ม จำนวน 12 ต้น เรียงเป็น 3 แถว ขนานกับด้านยาวของฐาน แต่ละแถวใช้เสาเข็ม 4 ต้น โดยให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 90 ซม และระยะขอบของฐานรากที่ห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 45 ซม สมมติความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม โดยมีระยะ $d = 45$ ซม ดังนั้น ถ้าต้องออกแบบตามวิธี WSD จงประมาณค่าแรงเฉือนแบบทะลุที่หน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 100000 กก
- (2) 115000 กก
- (3) 120000 กก
- (4) 125000 กก

แนวคิด

แรงต้านทานเฉลี่ยของเสาเข็ม $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = \frac{120}{12} = 10 \text{ tonne} = 10,000 \text{ kg}$

เขียนแปลนฐานราก หน้าตัดวิกฤตแรงเฉือนแบบเจาะทะลุห่างขอบตอม่อระยะ $\frac{d}{2} = \frac{0.45}{2} = 0.225$

เมตร จะมีเสาเข็ม 2 ต้นที่อยู่ใกล้หน้าตัดวิกฤต หาระยะห่าง

$$x = \frac{0.90 - 0.30 - 0.45}{2} = 0.075 \text{ m} = 7.5 \text{ cm} < \frac{D_p}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

$$V_p = (12 - 2) \times 10000 + 2 \times 10000 \times \left(\frac{1}{2} + \frac{7.5}{30} \right) = 115,000 \text{ kg}$$

คำตอบ ข้อ (2) 115000 กก

คำถามข้อที่ 216

ฐานรากเสาเข็มขนาด 2.70×3.60 ม รองรับแรงอัดใช้งาน $P = 120$ ตันอย่างเดียวกจากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร สมมติใช้เสาเข็มขนาด ϕ 0.30 ม จำนวน 12 ต้น เรียงเป็น 3 แถว ขนานกับด้านยาวของฐาน แต่ละแถวใช้เสาเข็ม 4 ต้น โดยให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 90 ซม และระยะขอบของฐานรากที่ห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มเท่ากับ 45 ซม สมมติความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม โดยมีระยะ $d = 45$ ซม ดังนั้น ถ้าต้องออกแบบตามวิธี WSD จงประมาณค่าโมเมนต์คัตที่หน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 35 ตัน.เมตร
- (2) 40 ตัน.เมตร
- (3) 45 ตัน.เมตร
- (4) 50 ตัน.เมตร

แนวคิด

แรงต้านทานเฉลี่ยของเสาเข็ม $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = \frac{120}{12} = 10 \text{ tonne} = 10,000 \text{ kg}$

เขียนแปลนฐานราก หน้าตัดวิกฤตของโมเมนต์อยู่ที่ขอบตอม่อ

$$M = 3R_3 \left(0.45 - \frac{0.30}{2} \right) + 3R_4 \left(0.45 + 0.90 - \frac{0.30}{2} \right) = 3R_3 \times 0.30 + 3R_4 \times 1.20$$

$$M = 3 \times 10000 \times 0.30 + 3 \times 10000 \times 1.20 = 45000 \text{ kg.m} = 45 \text{ t.m}$$

คำตอบ ข้อ (3) 45 ตัน.เมตร

คำถามข้อที่ 217

เสาปลอกเดี่ยวต้นหนึ่งในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ มีขนาด 35×35 ซม ยาวเท่ากับ 5 เมตร ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน $P_D = 15$ ตัน $P_L = 8.5$ ตัน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid โดยที่ปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 10$ ตัน.เมตร $M_L = 6$ ตัน.เมตร และอีกปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 5$ ตัน.เมตร $M_L = 3$ ตัน.เมตร ซึ่งทำให้เสาโก่งสองทาง ถ้าให้ effective length factor k_b มีค่าเท่ากับ 0.9 จงหาอัตราส่วนความชะลูดของเสาด้านนี้ตามวิธี USD

ตัวเลือก

$$(1) \quad \frac{k_b \ell_u}{r} = 43 > 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 28$$

$$(2) \quad \frac{k_b \ell_u}{r} = 43 > 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 40$$

$$(3) \quad \frac{k_b \ell_u}{r} = 51 > 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 28$$

$$(4) \quad \frac{k_b \ell_u}{r} = 51 > 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 28$$

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดว่าเสาที่พิจารณาจะเป็นเสาสั้นเมื่อ

(ก) เสาในโครงข้อแข็งที่ไม่มีการเซ

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

(ข) เสาในโครงข้อแข็งที่มีการเซ

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

โจทย์กำหนด $k_b = 0.9$ ความยาวที่ไม่มีคานยึดรั้ง $\ell_u = 500$ cm และรัศมีจายเรชัน $r = 0.3h = 0.3 \times 35 = 10.5$ cm และไม่มีการเซ

$$\frac{k_b \ell_u}{r} = \frac{0.9 \times 500}{10.5} = 42.86 \Rightarrow 43 > 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}}$$

ค่า M_{1b} = โมเมนต์ที่ปลายเสาค่าน้อย

M_{2b} = โมเมนต์ที่ปลายเสาค่ามาก

$\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ เป็น+ เมื่อเสาโก่งทางเดียว เป็น - เมื่อเสาโก่งสองทาง

ถ้าปลายเสาไม่มีโมเมนต์เลย ให้ใช้ $\frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 1.0$

คำตอบ ข้อ (2) $\frac{k_b \ell_u}{r} = 43 > 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 40$

คำถามข้อที่ 218

เสาปลูกเดี่ยวต้นหนึ่งอยู่ในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ มีขนาด 35×35 ซม ยาวเท่ากับ 5 เมตร ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน $P_D = 15$ ตัน $P_L = 8.5$ ตัน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid โดยที่ปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 10$ ตัน.เมตร $M_L = 6$ ตัน.เมตร และอีกปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 5$ ตัน.เมตร $M_L = 3$ ตัน.เมตร ซึ่งทำให้เสาโก่งสองทาง จงหาค่า creep factor β_d ของเสาด้านนี้ตามวิธี USD

ตัวเลือก

- (1) 0.45
- (2) 0.58
- (3) 0.65
- (4)
- (5) 3

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ค่า creep factor $\beta_d = \frac{P_{Du}}{P_u}$ มีค่า $0 \leq \beta_d \leq 1$

โดย $P_{Du} =$ น้ำหนักบรรทุกคงที่สูงสุดเพิ่มค่า

$P_u =$ น้ำหนักบรรทุกรวมเพิ่มค่า

ดังนั้น

$$P_{Du} = 1.4P_D = 1.4 \times 15 = 21 \text{ tonne}$$

$$P_u = 1.4P_D + 1.7P_L = 1.4 \times 15 + 1.7 \times 8.5 = 35.45 \text{ tonne}$$

$$\beta_d = \frac{P_{Du}}{P_u} = \frac{21}{35.45} = 0.5924$$

คำตอบ ข้อ (2) 0.58 ใกล้เคียงที่สุด

คำถามข้อที่ 219

เสาปลอกเดี่ยวด้านหนึ่งอยู่ในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ มีขนาด 25×40 ซม ยาวเท่ากับ 7.20 เมตร ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน $P_D = 24$ ตัน $P_L = 12$ ตัน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid โดยที่ปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 4.70$ ตัน.เมตร $M_L = 2.35$ ตัน.เมตร และอีกปลายหนึ่งไม่มีโมเมนต์กระทำ ถ้าให้ effective length factor k_b มีค่าเท่ากับ 1.0 จงหาอัตราส่วนความชะลูดของเสาด้านนี้ตามวิธี USD

ตัวเลือก

(1) $\frac{k_b \ell_u}{r} = 40$

(2) $\frac{k_b \ell_u}{r} = 50$

(3) $\frac{k_b \ell_u}{r} = 60$

(4) $\frac{k_b \ell_u}{r} = 96$

แนวคิด

อัตราส่วนความชะลูด $\frac{k \ell_u}{r} = \frac{1.0 \times 720}{0.3 \times 40} = 60$

คำตอบ ข้อ (3) $\frac{k_b \ell_u}{r} = 60$

คำถามข้อที่ 220

เสาปลอกเดี่ยวต้นหนึ่งอยู่ในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ มีขนาด 25×40 ซม ยาวเท่ากับ 7.20 เมตร ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน $P_D = 24$ ตัน $P_L = 12$ ตัน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid โดยที่ปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 4.70$ ตัน.เมตร $M_L = 2.35$ ตัน.เมตร และอีกปลายหนึ่งไม่มีโมเมนต์กระทำ ถ้าให้ effective length factor k_b มีค่าเท่ากับ 1.0 จงหา creep factor β_d ของเสาดังนี้ตามวิธี USD

ตัวเลือก

- (1) 0.50
- (2) 0.55
- (3) 0.62
- (4) 0.65

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ค่า creep factor $\beta_d = \frac{P_{Du}}{P_u}$ มีค่า $0 \leq \beta_d \leq 1$

โดย $P_{Du} =$ น้ำหนักบรรทุกคงที่สูงสุดเพิ่มค่า

$P_u =$ น้ำหนักบรรทุกรวมเพิ่มค่า

ดังนั้น

$$P_{Du} = 1.4P_D = 1.4 \times 24 = 33.6 \text{ tonne}$$

$$P_u = 1.4P_D + 1.7P_L = 1.4 \times 24 + 1.7 \times 12 = 54 \text{ tonne}$$

$$\beta_d = \frac{P_{Du}}{P_u} = \frac{33.6}{54} = 0.622$$

คำตอบ ข้อ (3) 0.62

คำถามข้อที่ 221

เสาปลอกเดี่ยวด้านหนึ่งอยู่ในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ มีขนาด 35×35 ซม ยาวเท่ากับ 5 เมตร ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน $P_D = 15$ ตัน $P_L = 8.5$ ตัน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid โดยที่ปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 10$ ตัน.เมตร $M_L = 6$ ตัน.เมตร และอีกปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 5$ ตัน.เมตร $M_L = 3$ ตัน.เมตร ซึ่งทำให้เสาโก่งสองทาง ถ้าให้ effective length factor k_u มีค่าเท่ากับ 0.9 ค่า creep factor β_d เท่ากับ 0.58 และให้ $E_c = 2.5 \times 10^5$ กก/ซม² จงหาค่าแรงอัดวิกฤต (critical load : P_c) ของเสาด้านนี้ตามวิธี USD

ตัวเลือก

- (1) 380 ตัน
- (2) 420 ตัน
- (3) 510 ตัน
- (4) 610 ตัน

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

แรงอัดวิกฤต $P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k l_u)^2}$

ประมาณว่ามีเหล็กเสริมน้อย เพราะไม่ทราบเลย ดังนั้น

$$EI = \frac{E_c I_g}{2.5(1 + \beta_d)} = \frac{2.5 \times 10^5 \times \frac{35 \times 35^3}{12}}{2.5(1 + 0.58)} = 7,914,688,819$$
$$P_c = \frac{\pi^2 \times 7,914,688,819}{(0.9 \times 500)^2} = 385,752.3338 \text{ kg} = 385.8 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (1) 380 ตัน

คำถามข้อที่ 222

เสาปลอกเดี่ยวต้นหนึ่งอยู่ในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ มีขนาด 35×35 ซม ยาวเท่ากับ 5 เมตร ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน $P_D = 15$ ตัน $P_L = 8.5$ ตัน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid โดยที่ปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 10$ ตัน.เมตร $M_L = 6$ ตัน.เมตร และอีกปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 5$ ตัน.เมตร $M_L = 3$ ตัน.เมตร ซึ่งทำให้เสาโก่งสองทาง ถ้าให้แรงอัดวิกฤต (critical load : P_c) มีค่าเท่ากับ 380 ตัน จงหาค่า moment magnification factor δ_b สำหรับใช้ออกแบบเสาด้านนี้ตามวิธี USD

ตัวเลือก

- (1) 0.46
- (2) 1.00
- (3) 1.15
- (4) 1.30

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1.0$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 0.6 + 0.4 \times (-) \frac{1.4 \times 5 + 1.7 \times 3}{1.4 \times 10 + 1.7 \times 6} = 0.4$$

$$P_u = 1.4 \times 15 + 1.7 \times 8.5 = 35.45 \text{ tonne}$$

$$\delta_b = \frac{0.4}{1 - \frac{35.45}{0.7 \times 180}} = 0.556598564 < 1.0 \quad \text{Use } \delta_b = 1.0$$

คำตอบ ข้อ (2) 1.00

คำถามข้อที่ 223

เสาปลูกเดี่ยวต้นหนึ่งอยู่ในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ มีขนาด 25×40 ซม ยาวเท่ากับ 7.20 เมตร ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน $P_D = 24$ ตัน $P_L = 12$ ตัน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid โดยที่ปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 4.70$ ตัน.เมตร $M_L = 2.35$ ตัน.เมตร และอีกปลายหนึ่งไม่มีโมเมนต์กระทำ ถ้าให้ effective length factor k_b มีค่าเท่ากับ 1.0 ค่า creep factor β_d เท่ากับ 0.6 และให้ $E_c = 2.4 \times 10^5$ กก/ซม² จงหาค่าแรงอัดวิกฤต (critical load : P_c) ของเสาต้นนี้ตามวิธี USD

ตัวเลือก

- (1) 125 ตัน
- (2) 150 ตัน
- (3) 170 ตัน
- (4) 200 ตัน

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

แรงอัดวิกฤต $P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k\ell_u)^2}$

ประมาณว่ามีเหล็กเสริมน้อย เพราะไม่ทราบเลย ดังนั้น

$$EI = \frac{E_c I_g}{2.5(1 + \beta_d)} = \frac{2.4 \times 10^5 \times \frac{25 \times 40^3}{12}}{2.5(1 + 0.6)} = 8,000,000,000$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times 8,000,000,000}{(1.0 \times 720)^2} = 152,308.7099 \text{ kg} = 152.3 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (2) 150 ตัน

คำถามข้อที่ 224

เสาปลอกเดี่ยวต้นหนึ่งอยู่ในโครงเฟรมที่เซไม่ได้ มีขนาด 25×40 ซม ยาวเท่ากับ 7.20 เมตร ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน $P_D = 24$ ตัน $P_L = 12$ ตัน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid โดยที่ปลายหนึ่งรับโมเมนต์ $M_D = 4.70$ ตัน.เมตร $M_L = 2.35$ ตัน.เมตร และอีกปลายหนึ่งไม่มีโมเมนต์กระทำ ถ้าให้แรงอัดวิกฤต (critical load : P_c) มีค่าเท่ากับ 150 ตัน จงหาค่า moment magnification factor δ_b สำหรับใช้ออกแบบเสาด้านนี้ตามวิธี USD

ตัวเลือก

- (1) 0.65
- (2) 1.00
- (3) 1.12
- (4) 1.24

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1.0$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 0.6 + 0.4 \times \frac{1.4 \times 0 + 1.7 \times 0}{1.4 \times 4.70 + 1.7 \times 2.35} = 0.6$$

$$P_u = 1.4 \times 24 + 1.7 \times 12 = 54 \text{ tonne}$$

$$\delta_b = \frac{0.6}{1 - \frac{54}{0.7 \times 150}} = 1.235$$

คำตอบ ข้อ (4) 1.24

คำถามข้อที่ 225

เสาปล็อกเดี่ยวขนาด 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด $6 \phi 25$ มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี WSD ประมาณค่าหน่วยแรงอัด (F_u) ที่ยอมให้ของเสาคอนกรีตที่จะใช้ใน สมการ interaction กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

$$\text{สูตร } F_a = 0.34(1 + \rho_g m)f'_c$$

ตัวเลือก

- (1) 100 กก/ตร.ซม
- (2) 125 กก/ตร.ซม
- (3) 150 กก/ตร.ซม
- (4) 200 กก/ตร.ซม

แนวคิด

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{bh} = \frac{29.45}{50 \times 50} = 0.01178$$

$$m = \frac{f_y}{0.85f'_c} = \frac{3000}{0.85 \times 250} = 14.11764706$$

$$F_a = 0.34 \times (1 + 0.01178 \times 14.11764706) \times 250$$

$$F_a = 99.136 \text{ ksc}$$

คำตอบ ข้อ (1) 100 กก/ตร.ซม

คำถามข้อที่ 226

เสาปอลกเดีวขนาด 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด $6 \phi 25$ มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี WSD ประมาณค่าโมเมนต์ดัดปลอดภัยที่ยอมให้ของเสา กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

สูตร $M_0 = 0.4A_s f_y (d - d')$

ตัวเลือก

- (1) 10000 กก.ม
- (2) 9000 กก.ม
- (3) 8000 กก.ม
- (4) 7000 กก.ม

แนวคิด

$$M_0 = 0.4A_s f_y (d - d') = 0.4 \times \frac{29.45}{2} \times 3000 \times (45 - 5)$$

$$M_0 = 706,800 \text{ kg.cm} = 7068 \text{ kg.m}$$

คำตอบ ข้อ (4) 7000 กก.ม

คำถามข้อที่ 227

เสาปัลลอสี่เหลี่ยมขนาด 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด $6 \phi 25$ มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม เสานี้ต้องรับแรงอัดตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดรอบ plastic centroid ให้ใช้วิธี WSD ประมาณค่าระยะเยื้องศูนย์กลางสมมูล กำหนดให้ $f'_c = 250$ กก/ซม² $f_y = 3000$ กก/ซม² และ $E_s = 2 \times 10^6$ กก/ซม²

$$\text{สูตร } e_b = (0.67\rho_g m + 0.17)(h - d')$$

ตัวเลือก

- (1) 10 ซม
- (2) 12 ซม
- (3) 13 ซม
- (4) 15 ซม

แนวคิด

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{bh} = \frac{29.45}{50 \times 50} = 0.01178$$

$$m = \frac{f_y}{0.85f'_c} = \frac{3000}{0.85 \times 250} = 14.11764706$$

$$e_b = (0.67\rho_g m + 0.17)(h - d')$$

$$e_b = (0.67 \times 0.01178 \times 14.11764706 + 0.17) \times (50 - 5)$$

$$e_b = 12.66412235 \text{ cm}$$

คำตอบ ข้อ (3) 13 ซม

คำถามข้อที่ 228

เสาปลอกเดี่ยวขนาด 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด $6 \phi 25$ มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม ให้ใช้วิธี WSD ประมาณกำลังต้านแรงอัดใช้งาน (P_b) ที่สถานะสมดุล (Balanced condition) สมมติค่าน้ำหนักแรงอัดที่ยอมให้ของเสาคอนกรีต = 100 กก/ซม² หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ของเสา = 115 กก/ซม² ระยะเยื้องศูนย์กลางสมดุล = 12.7 ซม และโมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัด = 720000 ซม⁴

ตัวเลือก

- (1) 170 ตัน
- (2) 190 ตัน
- (3) 210 ตัน
- (4) 230 ตัน

แนวคิด

หาค่า P_b จากความสัมพันธ์ $\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} = 1$

นั่นคือ
$$\frac{\frac{P_b}{A}}{F_a} + \frac{\frac{P_b e c}{I}}{F_b} = \frac{P_b}{A F_a} + \frac{P_b e c}{I F_b} = P_b \left(\frac{1}{A F_a} + \frac{e c}{I F_b} \right) = 1$$

โดยที่ $A = 50 \times 50 = 2500 \text{ ซม}^2$
 $e = 12.7 \text{ ซม}$

$$F_a = 100 \text{ ksc}$$

$$F_b = 115 \text{ ksc}$$

$$c = \frac{50}{2} = 25 \text{ ซม}$$

$$I = \frac{b h^3}{12} + (2n - 1) A_{st} \frac{(g h)^2}{4}$$

$$I = 720000 \text{ ซม}^4$$

แทนค่าได้

$$P_b \left(\frac{1}{2500 \times 100} + \frac{12.7 \times 25}{720000 \times 115} \right) = 1$$

$$P_b = 127,639.8952 \text{ kg} = 127.6398952 \text{ tonne}$$

คำตอบ 128 ตัน

เฉลย ข้อ (1) 170 ตัน

คำถามข้อที่ 229

เสาปลอกเดี่ยวขนาด 25×25 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด $6 \phi 20$ มม ($A_{st} = 18.84$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 4 ซม ให้ใช้วิธี WSD ประมาณกำลังต้านแรงอัดใช้งาน (P_b) ที่สถานะสมดุล (Balanced condition) สมมติค่าน้ำหนักแรงอัดที่ยอมให้ของเสาคอนกรีต = 120 กก/ซม² หน่วยแรงคดที่ยอมให้ของเสา = 112.5 กก/ซม² ระยะเยื้องศูนย์กลางสมดุล = 8.50 ซม และโมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัด = 55700 ซม⁴

ตัวเลือก

- (1) 33 ตัน
- (2) 47 ตัน
- (3) 60 ตัน
- (4) 75 ตัน

แนวคิด

หาค่า P_b จากความสัมพันธ์ $\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} = 1$

นั่นคือ
$$\frac{\frac{P_b}{A}}{F_a} + \frac{\frac{P_b e c}{I}}{F_b} = \frac{P_b}{A F_a} + \frac{P_b e c}{I F_b} = P_b \left(\frac{1}{A F_a} + \frac{e c}{I F_b} \right) = 1$$

โดยที่ $A = 25 \times 25 = 625 \text{ cm}^2$
 $e = 8.50 \text{ cm}$

$$F_a = 120 \text{ ksc}$$

$$F_b = 112.5 \text{ ksc}$$

$$c = \frac{25}{2} = 12.5 \text{ cm}$$

$$I = \frac{b h^3}{12} + (2n - 1) A_{st} \frac{(g h)^2}{4}$$

$$I = 55700 \text{ cm}^4$$

แทนค่าได้

$$P_b \left(\frac{1}{625 \times 120} + \frac{8.50 \times 12.5}{55700 \times 112.5} \right) = 1$$

$$P_b = 33,015.01581 \text{ kg} = 33.01501581 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (1) 33 ตัน

คำถามข้อที่ 230

เสาปลอกเดี่ยวขนาด 50×50 ซม เสริมเหล็กยื่นทั้งหมด $6 \phi 25$ มม ($A_{st} = 29.45$ ตร.ซม) โดยที่ $A_s = A'_s$ และระยะคอนกรีตหุ้ม = 5 ซม ให้ใช้วิธี WSD ประมาณกำลังต้านโมเมนต์ดัดใช้งาน (M_b) ที่สภาวะสมดุล (Balanced condition) สมมติค่าหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเสาคอนกรีต = 100 กก/ซม² หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ของเสา = 115 กก/ซม² ระยะเยื้องศูนย์กลางสมดุล = 12.7 ซม และโมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัด = 720000 ซม⁴

ตัวเลือก

- (1) 20 ตัน.เมตร
- (2) 22 ตัน.เมตร
- (3) 25 ตัน.เมตร
- (4) 30 ตัน.เมตร

แนวคิด

หาค่า P_b จากความสัมพันธ์ $\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} = 1$

นั่นคือ
$$\frac{\frac{P_b}{A}}{F_a} + \frac{\frac{P_b e c}{I}}{F_b} = \frac{P_b}{A F_a} + \frac{P_b e c}{I F_b} = P_b \left(\frac{1}{A F_a} + \frac{e c}{I F_b} \right) = 1$$

โดยที่ $A = 50 \times 50 = 2500 \text{ cm}^2$
 $e = 12.7 \text{ cm}$

$$F_a = 100 \text{ ksc}$$

$$F_b = 115 \text{ ksc}$$

$$c = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$$

$$I = \frac{b h^3}{12} + (2n - 1) A_{st} \frac{(gh)^2}{4}$$

$$I = 720000 \text{ cm}^4$$

แทนค่าได้

$$P_b \left(\frac{1}{2500 \times 100} + \frac{12.7 \times 25}{720000 \times 115} \right) = 1$$

$$P_b = 127,639.8952 \text{ kg} = 127.6398952 \text{ tonne}$$

$$M_b = P_b e_b = 127.6398952 \times \frac{12.7}{100} = 16.21026669 \text{ t.m}$$

คำตอบ 16.21 ตัน.เมตร

เฉลย ข้อ (2) 22 ตัน.เมตร

คำถามข้อที่ 231

คานารูปตั้ดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.15×0.30 ม เสริมเหล็กรับแรงดิ่งที่ระยะ $d = 0.25$ ม โดยใช้ $f'_c = 200$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² ต้องรับโมเมนต์ดัดประลัย (M_u) ที่หน้าตัดวิกฤตเท่ากับ 3500 กก.เมตร ซึ่งสามารถหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดิ่งได้ทันทีตามวิธี USD แต่ในที่นี้ต้องการเพิ่มความเหนียวและลดระยะโก่งตัวของคาน จึงพิจารณาออกแบบคานนี้ให้มีเหล็กเสริมรับแรงอัดด้วย โดยสมมติว่าใช้อัตราส่วน $\rho - \rho' = 0.01$ ซึ่งมีค่ากำลังรับโมเมนต์ดัดประลัย (M_u) เท่ากับ 2300 กก.เมตร ดังนั้น จงหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดิ่ง (A_s) และรับแรงอัด (A'_s) ที่ต้องใช้ตามทฤษฎีสำหรับคานนี้ สมมติให้ระยะ $d' = 5$ ซม

ตัวเลือก

- (1) $A'_s = 2.00$ ซม² $A_s = 5.75$ ซม²
- (2) $A'_s = 2.22$ ซม² $A_s = 5.97$ ซม²
- (3) $A'_s = 2.50$ ซม² $A_s = 6.25$ ซม²
- (4) $A'_s = 3.00$ ซม² $A_s = 6.75$ ซม²

แนวคิด

กำหนด $M_u = 3500$ kg.m = 350,000 kg.cm

$$f'_c = 200 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$f_y = 3000 \text{ ksc}$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 200}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000} = 0.032181222$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.024135917$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.00466666667$$

ให้ $\rho = 0.75\rho_b = 0.024135917$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.024135917 \times 3000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.024135917 \times \frac{3000}{200} \right)$$

$$R_u = 56.94124796$$

$$M_R = \phi R_u b d^2 = 0.9 \times 56.94124796 \times 15 \times 25^2$$

$$M_R = 480,441.7796 \text{ kg.cm} = 4804.417796 \text{ kg.m} > M_u = 3500 \text{ kg.m}$$

แสดงว่าหน้าตัดนี้สามารถรับโมเมนต์ดัดโดยต้องการเฉพาะเหล็กรับแรงดิ่งเท่านั้น

เมื่อกำหนด $\rho - \rho' = \frac{A_s - A'_s}{bd} = \frac{A_s - A'_s}{15 \times 25} = \frac{A_s - A'_s}{375} = 0.01$ ดังนั้น

$$A_s - A'_s = 3.75 \text{ cm}^2$$

สมมติให้ $f'_s = f_y = 3000 \text{ ksc}$

$$a = \frac{(\rho - \rho')f_y d}{0.85f'_c} = \frac{0.01 \times 3000 \times 25}{0.85 \times 200} = 4.411764706 \text{ cm}$$

$$M_n = 0.85f'_c b a \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d')$$

$$\frac{350000}{0.9} = 0.85 \times 200 \times 15 \times 4.411764706 \times \left(25 - \frac{4.411764706}{2} \right)$$

$$A'_s \times 3000 \times (25 - 5)$$

$$A'_s = 2.2 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 2.2 + 3.75 = 5.95 \text{ cm}^2$$

คำตอบ $A'_s = 2.2 \text{ cm}^2, A_s = 5.95 \text{ cm}^2$

เฉลย ข้อ (1) $A'_s = 2.00 \text{ ซม}^2 \quad A_s = 5.75 \text{ ซม}^2$

คำถามข้อที่ 232

คานารูปคัสดีเหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20×0.35 ม เสริมเหล็กรับแรงดิ่งที่ระยะ $d = 0.30$ ม โดยใช้ $f'_c = 200$ กก/ซม² และ $f_y = 4000$ กก/ซม² ต้องรับโมเมนต์คดปลาย (M_u) ที่หน้าคดวิกฤตเท่ากับ 6000 กก.เมตร ซึ่งสามารถหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดิ่งได้ทันทีตามวิธี USD แต่ในที่นี้ต้องการเพิ่มความเหนียวและลดระยะโก่งตัวของคาน จึงพิจารณาออกแบบคานนี้ให้มีเหล็กเสริมรับแรงอัดด้วย โดยสมมติว่าใช้อัตราส่วน $\rho - \rho' = 0.006$ ซึ่งมีค่ากำลังรับโมเมนต์คดปลาย (M_u) เท่ากับ 3610 กก.เมตร ดังนั้น จงหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดิ่ง (A_s) และรับแรงอัด (A'_s) ที่ต้องใช้ตามทฤษฎี สำหรับคานนี้ สมมติให้ระยะ $d' = 3$ ซม

ตัวเลือก

- (1) $A'_s = 1.50$ ซม² $A_s = 5.10$ ซม²
- (2) $A'_s = 2.00$ ซม² $A_s = 5.60$ ซม²
- (3) $A'_s = 2.50$ ซม² $A_s = 6.10$ ซม²
- (4) $A'_s = 2.75$ ซม² $A_s = 6.35$ ซม²

แนวคิด

กำหนด $M_u = 6000$ kg.m = 600,000 kg.cm

$$f'_c = 200 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$f_y = 4000 \text{ ksc}$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 200}{4000} \times \frac{6120}{6120 + 4000} = 0.021846343$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.016384757$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4000} = 0.0035$$

ให้ $\rho = 0.75\rho_b = 0.016384757$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.016384757 \times 4000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.016384757 \times \frac{4000}{200} \right)$$

$$R_u = 52.86770586$$

$$M_R = \phi R_u b d^2 = 0.9 \times 52.86770586 \times 20 \times 30^2$$

$$M_R = 856,456.8349 \text{ kg.cm} = 8564.568349 \text{ kg.m} > M_u = 6000 \text{ kg.m}$$

แสดงว่าหน้าคดนี้สามารถรับโมเมนต์คดโดยต้องการเฉพาะเหล็กรับแรงดิ่งเท่านั้น

เมื่อกำหนด $\rho - \rho' = \frac{A_s - A'_s}{bd} = \frac{A_s - A'_s}{20 \times 30} = \frac{A_s - A'_s}{600} = 0.006$ ดังนั้น

$$A_s - A'_s = 3.6 \text{ cm}^2$$

สมมติให้ $f'_s = f_y = 4000 \text{ ksc}$

$$a = \frac{(\rho - \rho')f_y d}{0.85f'_c} = \frac{0.006 \times 4000 \times 30}{0.85 \times 200} = 4.235294118 \text{ cm}$$

$$M_n = 0.85f'_c b a \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d')$$

$$\frac{600000}{0.9} = 0.85 \times 200 \times 20 \times 4.235294118 \times \left(30 - \frac{4.235294118}{2} \right)$$

$$A'_s \times 4000 \times (30 - 3)$$

$$A'_s = 2.455192447 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 2.46 + 3.6 = 6.055 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (3) $A'_s = 2.50 \text{ ซม}^2$ $A_s = 6.10 \text{ ซม}^2$

คำถามข้อที่ 233

คานารูปตั้ดสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 0.20×0.45 ม เสริมเหล็กรับแรงดิ่งที่ระยะ $d = 0.40$ ม โดยใช้ $f'_c = 200$ กก/ซม² และ $f_y = 3000$ กก/ซม² ต้องรับโมเมนต์ดัดประลัย (M_u) ที่หน้าตัดวิกฤตเท่ากับ 15000 กก.เมตร ซึ่งสามารถหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดิ่งได้ทันทีตามวิธี USD แต่ในที่นี้ต้องการเพิ่มความเหนียวและลดระยะโก่งตัวของคาน จึงพิจารณาออกแบบคานนี้ให้มีเหล็กเสริมรับแรงอัดด้วย โดยสมมติว่าใช้อัตราส่วน $\rho - \rho' = 0.016$ ซึ่งมีค่ากำลังรับโมเมนต์ดัดประลัย (M_u) เท่ากับ 11800 กก.เมตร ดังนั้น จงหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดิ่ง (A_s) และรับแรงอัด (A'_s) ที่ต้องใช้ตามทฤษฎี สำหรับคานนี้ สมมติให้ระยะ $d' = 3$ ซม

ตัวเลือก

- (1) $A'_s = 3.20$ ซม² $A_s = 16.0$ ซม²
- (2) $A'_s = 3.77$ ซม² $A_s = 15.8$ ซม²
- (3) $A'_s = 4.20$ ซม² $A_s = 17.0$ ซม²
- (4) $A'_s = 5.74$ ซม² $A_s = 15.3$ ซม²

แนวคิด

กำหนด $M_u = 15000$ กก.ม = 1,500,000 กก.ซม

$$f'_c = 200 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc} \Rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$f_y = 3000 \text{ ksc}$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y} = 0.85 \times \frac{0.85 \times 200}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000} = 0.032181222$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.024135917$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.00466666667$$

ให้ $\rho = 0.75\rho_b = 0.024135917$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.024135917 \times 3000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.024135917 \times \frac{3000}{200} \right)$$

$$R_u = 56.94124796$$

$$M_R = \phi R_u b d^2 = 0.9 \times 56.94124796 \times 20 \times 40^2$$

$$M_R = 1,639,907.941 \text{ กก.ซม} = 16,399.07941 \text{ กก.ม} > M_u = 15,000 \text{ กก.ม}$$

แสดงว่าหน้าตัดนี้สามารถรับโมเมนต์ดัดโดยต้องการเฉพาะเหล็กรับแรงดิ่งเท่านั้น

เมื่อกำหนด $\rho - \rho' = \frac{A_s - A'_s}{bd} = \frac{A_s - A'_s}{20 \times 40} = \frac{A_s - A'_s}{800} = 0.016$ ดังนั้น

$$A_s - A'_s = 12.8 \text{ ซม}^2$$

สมมติให้ $f'_s = f_y = 3000 \text{ ksc}$

$$a = \frac{(\rho - \rho')f_y d}{0.85f'_c} = \frac{0.016 \times 3000 \times 40}{0.85 \times 200} = 11.29411765 \text{ cm}$$

$$M_n = 0.85f'_c b a \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d')$$

$$\frac{1500000}{0.9} = 0.85 \times 200 \times 20 \times 11.29411765 \times \left(40 - \frac{11.29411765}{2} \right)$$

$$A'_s \times 3000 \times (40 - 3)$$

$$A'_s = 3.130754284 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 3.13 + 12.8 = 15.93 \text{ cm}^2$$

คำตอบ ข้อ (1) $A'_s = 3.20 \text{ ซม}^2$ $A_s = 16.0 \text{ ซม}^2$



คำถามข้อที่ 234

ฐานรากแผ่นขนาด 3×3 เมตร รองรับแรงอัดตามแนวแกนจากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร ถ้าใช้ความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม. โดยมีความลึกสุทธิ $d = 60$ ซม. จงหากำลังรับแรงเฉือนประลัยสูงสุด (ϕV_c) แบบทะลุตรงหน้าตัดวิกฤต ถ้าคอนกรีตของฐานรากมีค่า $f'_c = 150$ กก./ตร.ซม

ตัวเลือก

- (1) 100 ตัน
- (2) 150 ตัน
- (3) 200 ตัน
- (4) 240 ตัน

แนวคิด

ดูการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

$$\beta_c = \frac{b}{a} = \frac{30}{30} = 1 < 2$$

$$\alpha_s = 40$$

$$b_o = 2(a + b + 2d) = 2 \times (30 + 30 + 2 \times 60) = 360 \text{ cm}$$

ทุกค่าของ β_c

$$V_c = 0.27 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \sqrt{f'_c} b_o d = 0.27 \left(\frac{40 \times 60}{360} + 2 \right) \sqrt{150} \times 360 \times 60$$

$$V_c = 619,035.0478 \text{ kg}$$

เมื่อ $\beta_c < 2$

$$V_c = 1.06 \sqrt{f'_c} b_o d = 1.06 \sqrt{150} \times 360 \times 60 = 280,417.5858 \text{ kg}$$

เลือกค่าน้อยแล้วคูณด้วยตัวคูณลดกำลัง

$$\phi V_c = 0.85 \times 280,417.5858 = 238,354.9479 \text{ kg} \Rightarrow 238 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (4) 240 ตัน

คำถามข้อที่ 235

ฐานรากแผ่นขนาด 3×3 เมตร รองรับแรงอัดตามแนวแกนจากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร ถ้าใช้ความหนาของฐานรากเท่ากับ 70 ซม. โดยมีความลึกสุทธิ $d = 60$ ซม. จงหาค่าลึงรับแรงเฉือนประลัยสูงสุด (ϕV_c) แบบคานกว้างตรงหน้าตัดวิกฤต ถ้าคอนกรีตของฐานรากมีค่า $f'_c = 150$ กก./ตร.ซม

ตัวเลือก

- (1) 100 ตัน
- (2) 150 ตัน
- (3) 200 ตัน
- (4) 240 ตัน

แนวคิด

ดูการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}Bd = 0.53\sqrt{150} \times 300 \times 60 = 116,840.6607 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0.85 \times 116,840.6607 = 99,314.56162 \text{ kg} = 99.3 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (1) 100 ตัน

TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member

คำถามข้อที่ 236

ฐานรากแผ่นขนาด 3×3 เมตร รองรับแรงอัดตามแนวแกนจากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร ถ้าใช้ความหนาของฐานรากเท่ากับ 40 ซม. โดยมีความลึกสุทธิ $d = 30$ ซม. ค่า f'_c ของฐานราก = 150 กก./ตร.ซม. จงประมาณค่าแรงอัดประลัยตามแนวแกนสูงสุด (P_u) ที่เสาตอม่อจะถ่ายให้ฐานราก หากฐานรากนี้ถูกควบคุมด้วยแรงเฉือนประลัยสูงสุด (ϕV_c) แบบคานกว้างตรงหน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 80 ตัน
- (2) 100 ตัน
- (3) 120 ตัน
- (4) 140 ตัน

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}Bd = 0.53\sqrt{150} \times 300 \times 30 = 58,420.33037 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0.85 \times 58,420.33037 = 49,657.28081 \text{ kg} = 49.6 \text{ tonne}$$

แต่ $V_{ub} = qB\left(\frac{L}{2} - \frac{a}{2} - d\right)$

$$49,657.28081 = q \times 3.00 \times \left(\frac{3.00}{2} - \frac{0.30}{2} - 0.30\right)$$

$$q = 15,764.21613 \text{ kg/m}^2$$

$$P = qBL = 15,764.21613 \times 3.00 \times 3.00 = 141,877.9452 \text{ kg} = 142 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (4) 140 ตัน

คำถามข้อที่ 237

ฐานรากแผ่นขนาด 3×3 เมตร รองรับแรงอัดตามแนวแกนจากเสาตอม่อขนาด 0.30×0.30 เมตร ถ้าใช้ความหนาของฐานรากเท่ากับ 40 ซม. โดยมีความลึกสุทธิ $d = 30$ ซม. ค่า f'_c ของฐานราก = 150 กก./ตร.ซม. จงประมาณค่าแรงอัดประลัยตามแนวแกนสูงสุด (P_u) ที่เสาตอม่อจะถ่ายให้ฐานราก หากฐานรากนี้ถูกควบคุมด้วยแรงเฉือนประลัยสูงสุด (ϕV_c) แบบทะลุตรงหน้าตัดวิกฤต

ตัวเลือก

- (1) 80 ตัน
- (2) 100 ตัน
- (3) 120 ตัน
- (4) 140 ตัน

แนวคิด

ดู การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร

$$\beta_c = \frac{b}{a} = \frac{30}{30} = 1 < 2$$

$$\alpha_s = 40$$

$$b_o = 2(a + b + 2d) = 2 \times (30 + 30 + 2 \times 30) = 240 \text{ cm}$$

ทุกค่าของ β_c

$$V_c = 0.27 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \sqrt{f'_c} b_o d = 0.27 \left(\frac{40 \times 30}{240} + 2 \right) \sqrt{150} \times 240 \times 30$$

$$V_c = 166,663.2821 \text{ kg}$$

เมื่อ $\beta_c < 2$

$$V_c = 1.06 \sqrt{f'_c} b_o d = 1.06 \sqrt{150} \times 240 \times 30 = 93,472.52858 \text{ kg}$$

เลือกค่าน้อยแล้วคูณด้วยตัวคูณลดกำลัง

$$\phi V_c = 0.85 \times 93,472.52858 = 79,451.6493 \text{ kg}$$

$$V_{up} = q[BL - (a + d)(b + d)]$$

$$79,451.6493 = q[3.00 \times 3.00 - (0.30 + 0.30)(0.30 + 0.30)]$$

$$q = 9,195.792743 \text{ kg/m}^2$$

$$P = qBL = 9,195.792743 \times 3.00 \times 3.00 = 82,762.13468 \text{ kg} = 82.8 \text{ tonne}$$

คำตอบ ข้อ (1) 80 ตัน

คำถามข้อที่ 238

คานคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 25×50 cm ซึ่ง $d = 41$ cm จงหา 75% ของโมเมนต์ที่สภาวะสมดุล ($0.75M_{nb}$) เมื่อ $f'_c = 350$ ksc และ $f_y = 4000$ ksc

ตัวเลือก

- (1) 20.47 t.m
- (2) 27.25 t.m
- (3) 30.24 t.m
- (4) 37.04 t.m
- (5) 45.22 t.m

แนวคิด

$$f'_c = 350 \text{ ksc} > 280 \text{ ksc}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{70}(f'_c - 280) = 0.85 - \frac{0.05}{70}(350 - 280) = 0.80$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y}$$

$$\rho_b = 0.80 \times \frac{0.85 \times 350}{4000} \times \frac{6120}{6120 + 4000} = 0.038231101$$

$$R_u = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$R_u = 0.038231101 \times 4000 \times \left(1 - 0.59 \times 0.038231101 \times \frac{4000}{350} \right)$$

$$R_u = 113.5025047$$

$$M_{nb} = R_u b d^2 = 113.5025047 \times 25 \times 41^2 = 4,769,942.762 \text{ kg.cm}$$

$$0.75M_{nb} = 0.75 \times 4,769,942.762 = 3,577,457.071 \text{ kg.m}$$

$$0.75M_{nb} = 3,577.457071 \text{ kg.m} = 35.775 \text{ t.m}$$

คำตอบ ข้อ (4) 37.04 t.m ใกล้เคียงที่สุด