



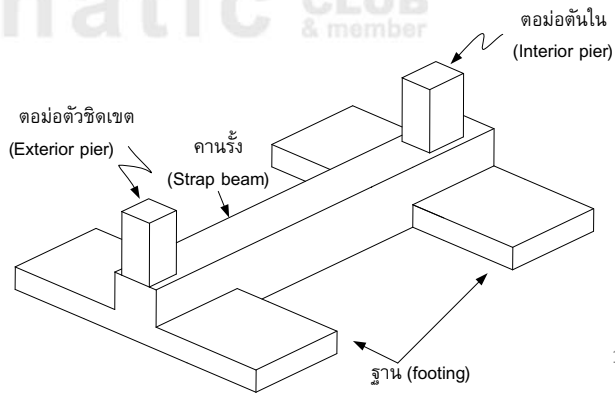
การออกแบบแก้ไขปัญหารากชืดเขตวางบน เสาเข็มโดยใช้คานยึดรั้ง (Strap footing)



รศ. ดร. อมร พิมาณมาศ

ประธานคณะกรรมการวิศวกรรมโครงสร้างและสะพาน วสท.

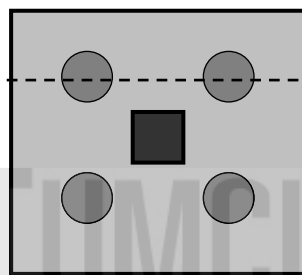
TUMCIVIL.COM
engfanatic CLUB



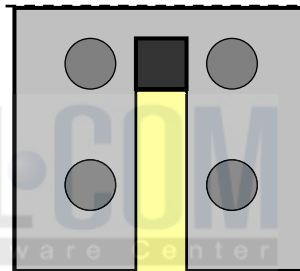
การแก้ปัญหารากชืดเขตโดยใช้คานยึดรั้ง

ก่อนการปรับปรุง

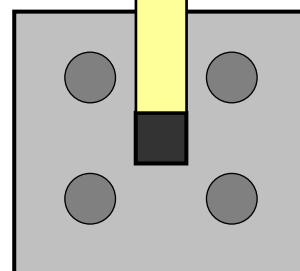
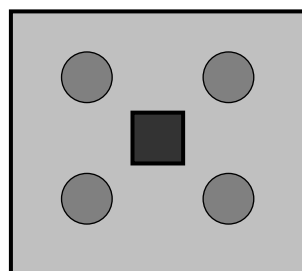
แนวอาคารเดิม
หรือแนวเขตที่ดิน



หลังการปรับปรุง



คานยึดรั้ง



สมมติฐานในการออกแบบ

- ❖ ในกรณีที่ตอม่อวางอยู่ชิดเขตที่ดินทำให้ไม่สามารถก่อสร้างฐานรากให้แนวของตอม่อผ่านจุดศูนย์ถ่วงของฐานได้
- ❖ เป็นเหตุให้แรงดันดินใต้ฐานรากมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมออาจทำให้ฐานเกิดการพลิกคว่ำได้ การแก้ปัญหาดังกล่าวอาจใช้ **ฐานรากร่วม (Combined footing)**
- ❖ ชนิดที่ได้รับความนิยมคือฐานรากร่วมและ **ฐานรากแบบมีคานรั้ง (strap footing)**

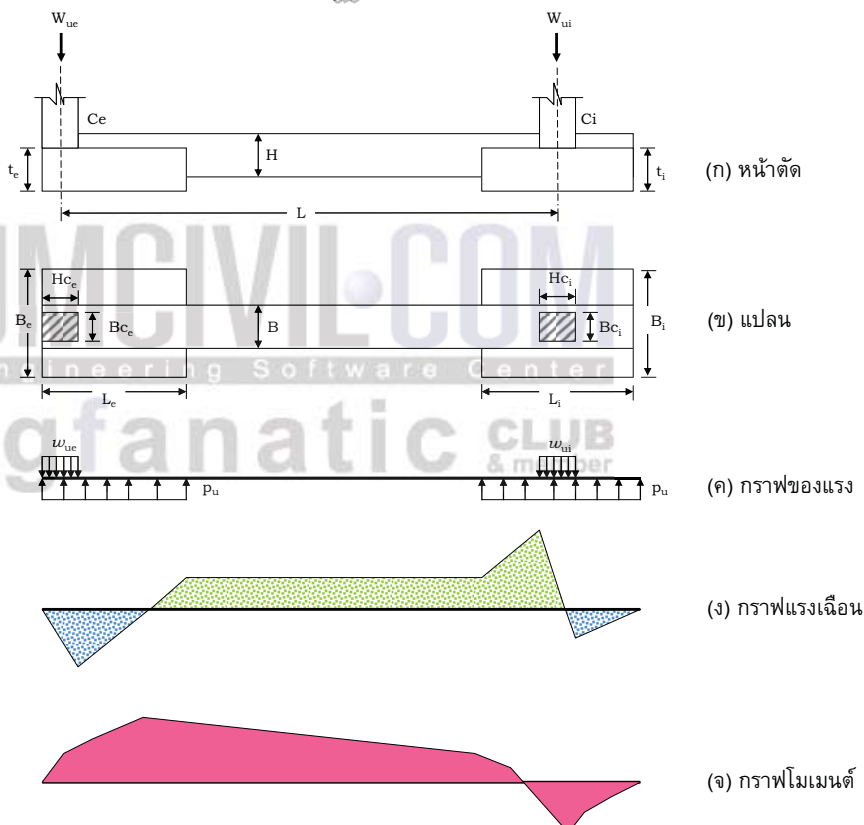


สมมติฐานการออกแบบ

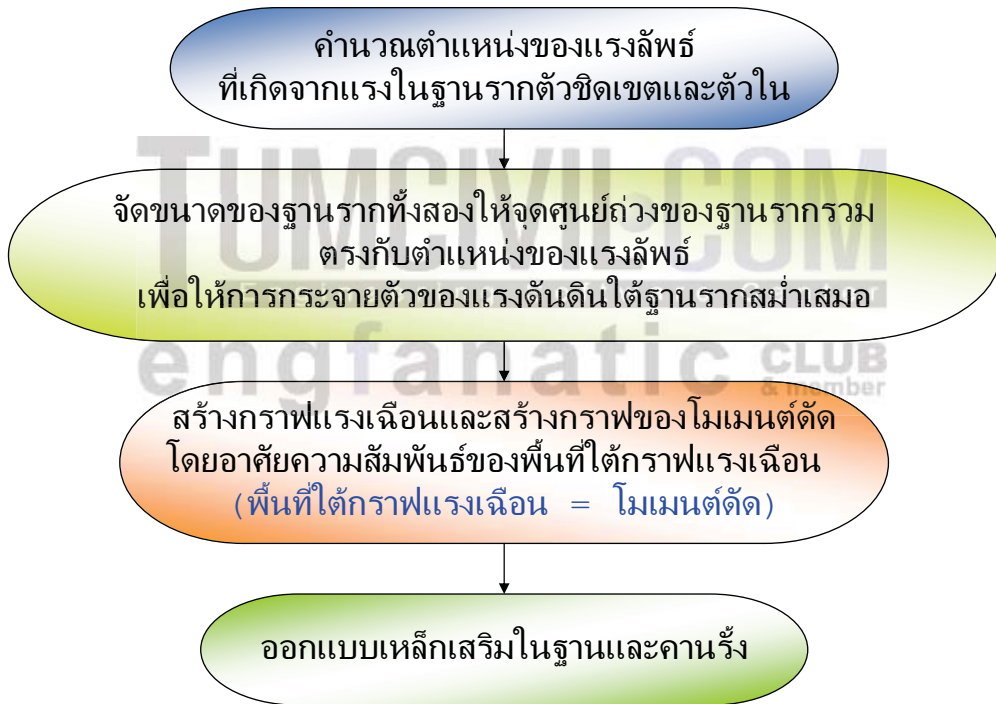
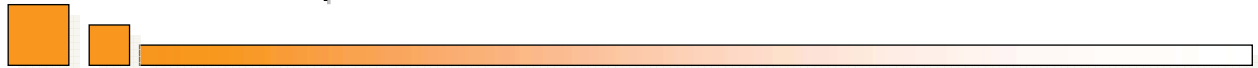
- (1) คานรั้งที่เชื่อมต่อระหว่างฐานรากตัวที่อยู่ชิดเขตและฐานรากตัวในจะถูกยกให้ลอยเหนือพื้น ทำให้ไม่รับแรงดันดิน
- (2) จากข้อที่ (1) ทำให้น้ำหนักบรรทุกที่กระทำจากคานรั้งเกิดจากน้ำหนักของตัวมันเอง และแรงที่ถ่ายมาจากฐานรากตัวที่อยู่ชิดเขตไปยังฐานรากตัวในเท่านั้น

แรงที่เกิดขึ้นในฐานราก

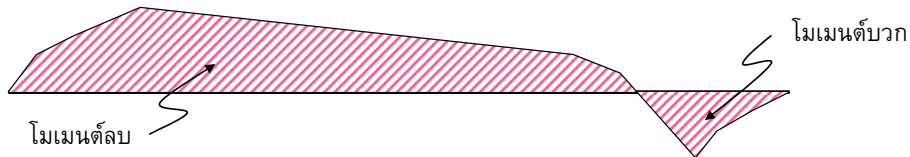
- เมื่อฐานรากรับแรงดันดิน จะเกิดแรงเฉือนและแรงดัดในฐานรากดังแสดง



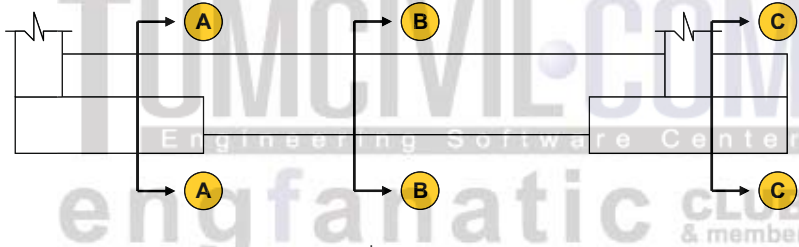
สรุปขั้นตอนการออกแบบ



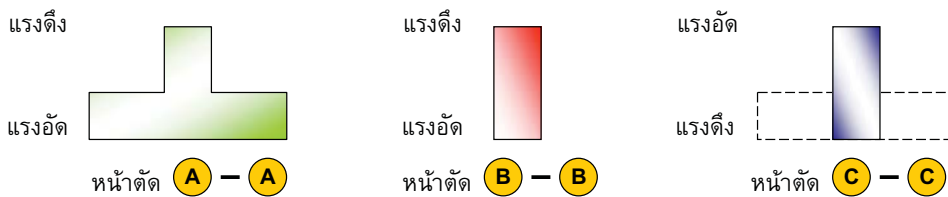
หน้าตัดสำหรับการออกแบบ



(ก) กราฟโมเมนต์ดัด



(ข) รูปคาน



(ค) หน้าตัดคาน

ตัวอย่าง จงออกแบบฐานรากร่วมวางบน เสาเข็มและมีคานยึดรั้ง

ฐานรากตัวชิดเขต

- ❖ เสาขนาด 0.40x0.40 ม.
- ❖ น้ำหนักบรรทุกทุกใช้งาน 70 ตัน
- ❖ น้ำหนักบรรทุกทุกประลัย 105 ตัน

ฐานรากตัวชิดใน

- ❖ ระยะทางของศูนย์กลางเสาตัวในและเสาตัวนอก 5.0 ม.
- ❖ เสาขนาด 0.50x0.50 ม.
- ❖ น้ำหนักบรรทุกทุกใช้งาน 100 ตัน
- ❖ น้ำหนักบรรทุกทุกประลัย 150 ตัน

เงื่อนไขการออกแบบ

- ❖ ความกว้างของฐานเท่ากับ 2.60 ม.
- ❖ กำลังอัดของคอนกรีต (f'_c) = 200 กก./ซม.²
- ❖ กำลังที่จุดดคราก (f_y) = 4,000 กก./ซม.²
 - กำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยของเสาเข็ม $R_a = 12.5$ ตันต่อตัน

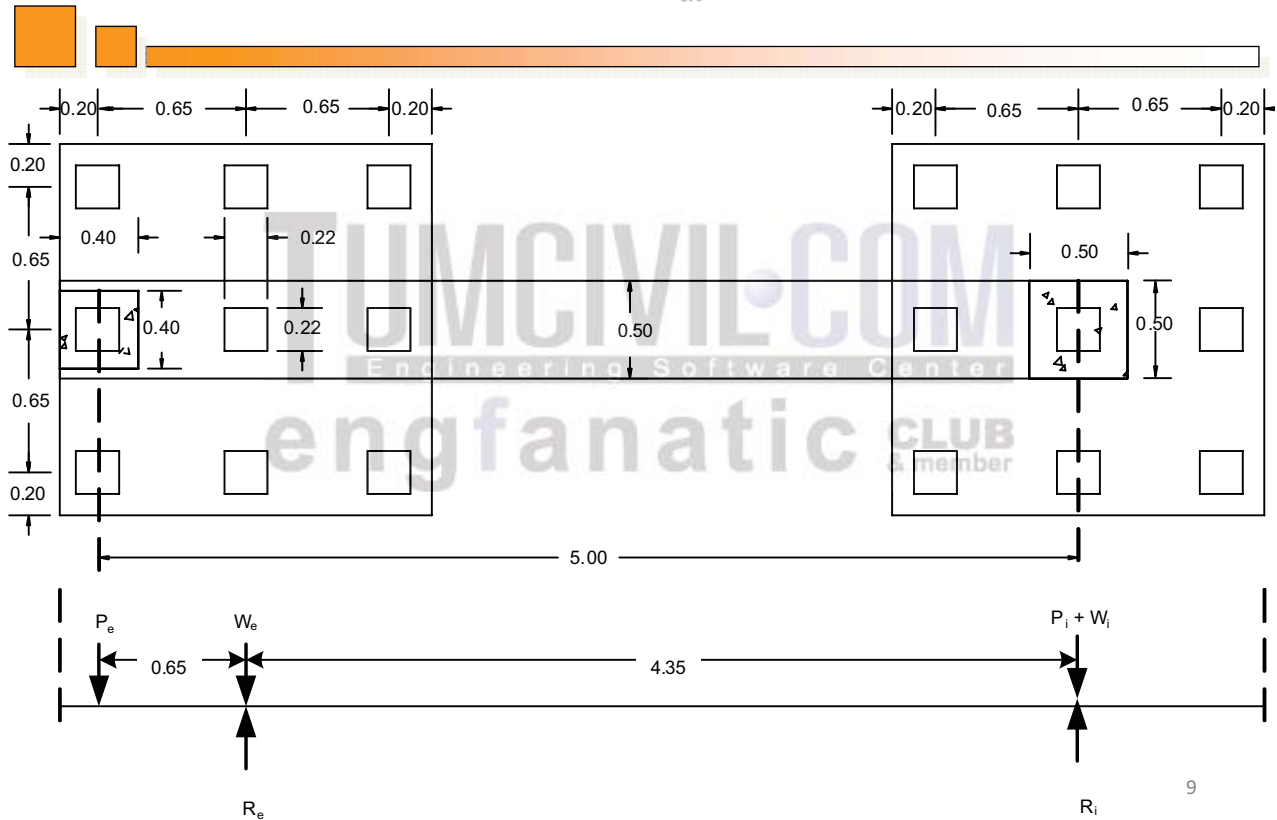
7

- เมื่อ $P_{se} = 70$ ตัน และ $P_{si} = 100$ ตัน $P_{ue} = 105$ ตัน และ $P_{ui} = 150$ ตัน และ Safe load ของเสาเข็มคือ 12.5 ตัน/ตัน

- ประมาณน้ำหนักของฐานรากจาก 10% ของน้ำหนักบรรทุกทุก
- สำหรับฐานตัวใน $100 \times 1.10 / 12.5 = 8.8$ ตัน ใช้ 9 ตัน
- สำหรับฐานตัวชิดเขต $70 \times 1.10 / 12.5 = 6.2$ ใช้ 9 ตัน
- ใช้เข็ม 0.22x0.22 วางห่างกัน 3 เท่าของหน้าตัด (เลือกใช้ 0.65 ม.)

8

แปลนของฐานราก



คำนวณขนาดของฐานราก

- ประมาณน้ำหนักของฐานรากจาก 10% ของน้ำหนักบรรทุก
- นั่นคือ $W_e = 0.1 \times 70 = 7$ ตัน
- และ $W_i = 0.1 \times 100 = 10$ ตัน
- คำนวณโมเมนต์รอบจุดศูนย์ถ่วงของฐานตัวชิดเขต $70 \times 0.65 + 4.35R_i = 4.35(100 + 10)$
- จะได้ $R_i = 99.54$ ตัน
- รวมแรงในแนวตั้ง $R_i + R_e = P_i + P_e + W_i + W_e$ หรือ $R_i + R_e = 100 + 70 + 10 + 7$
- แทน R_i จะได้ $R_e = 187 - 99.54 = 87.46$ ตัน
- **Check** ฐานตัวใน : $99.54/9 = 11.66$ ตัน < 12.5 ตัน **O.K.**
- **Check** ฐานตัวชิดเขต : $87.46/9 = 9.72$ ตัน < 12.5 ตัน **O.K.**

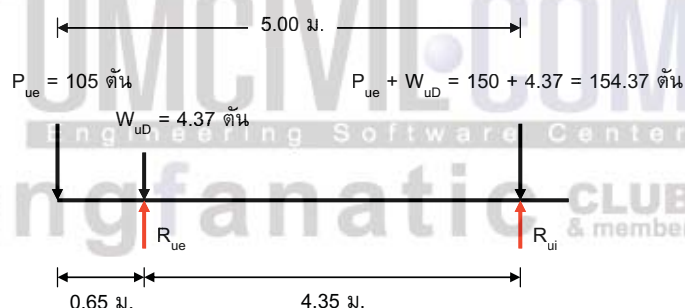
คำนวณขนาดของฐานราก

- กำหนดความลึกฐานเท่ากับ 0.45 ม.
- ดังนั้นขนาดของฐานรากคือ 1.7x1.7x0.45 ม.
- นั่นคือฐานรากหนัก $W_e = W_i = 3.12$ ตัน น้อยกว่า 7 และ 10 ตัน O.K.

11

ผังของแรงเฉือนและโมเมนต์ตัด

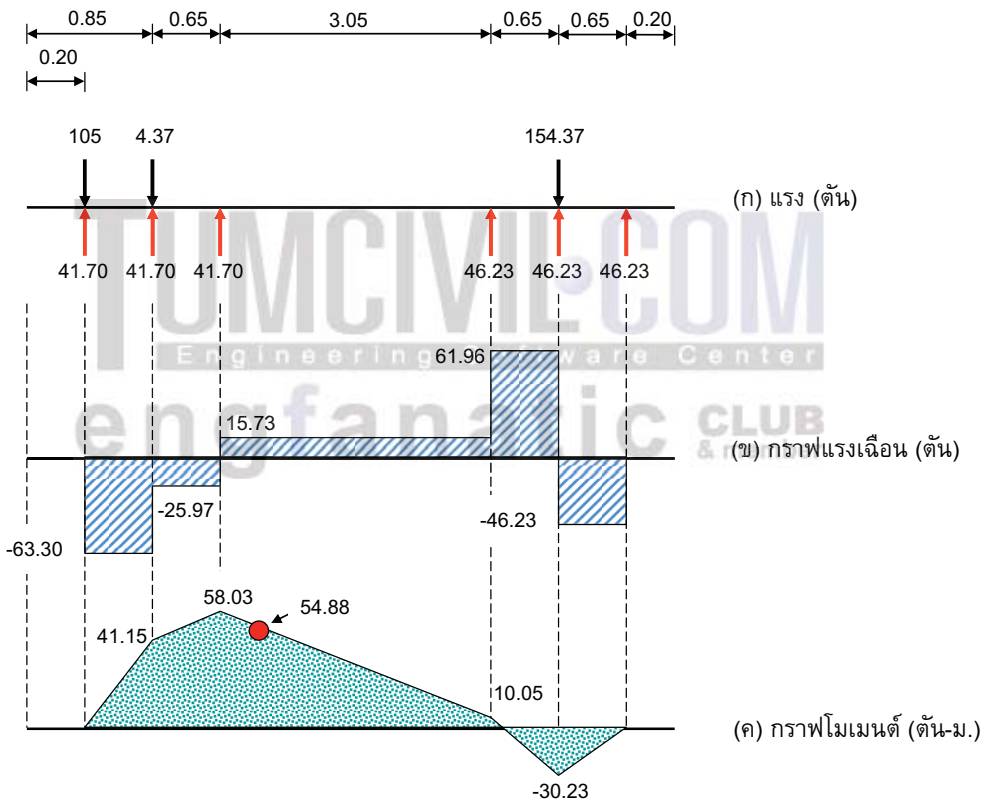
- น้ำหนักประลัยของฐาน $W_{uD} = 1.4 \times 3.12 = 4.37$ ตัน
- คำนวณแรงลัพท์ R_{ue} และ R_{ui} โดยคำนวณโมเมนต์รอบจุด R_{ue} จะได้



- นั่นคือ $105 \times 0.65 + 4.35 R_{ui} - 154.37 \times 4.35 = 0$
- จะได้ $R_{ui} = 138.68$ ตัน เฉลี่ยลงเข็ม $138.68/9 = 15.41$ ตัน
- รวมแรงในแนวตั้ง $105 + 2 \times 4.37 + 150 = 138.68 + R_{ue}$ จะได้ $R_{ue} = 125.06$ ตัน
- เฉลี่ยลงเข็มจะได้ $125.06/9 = 13.90$ ตัน

12

ผังของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

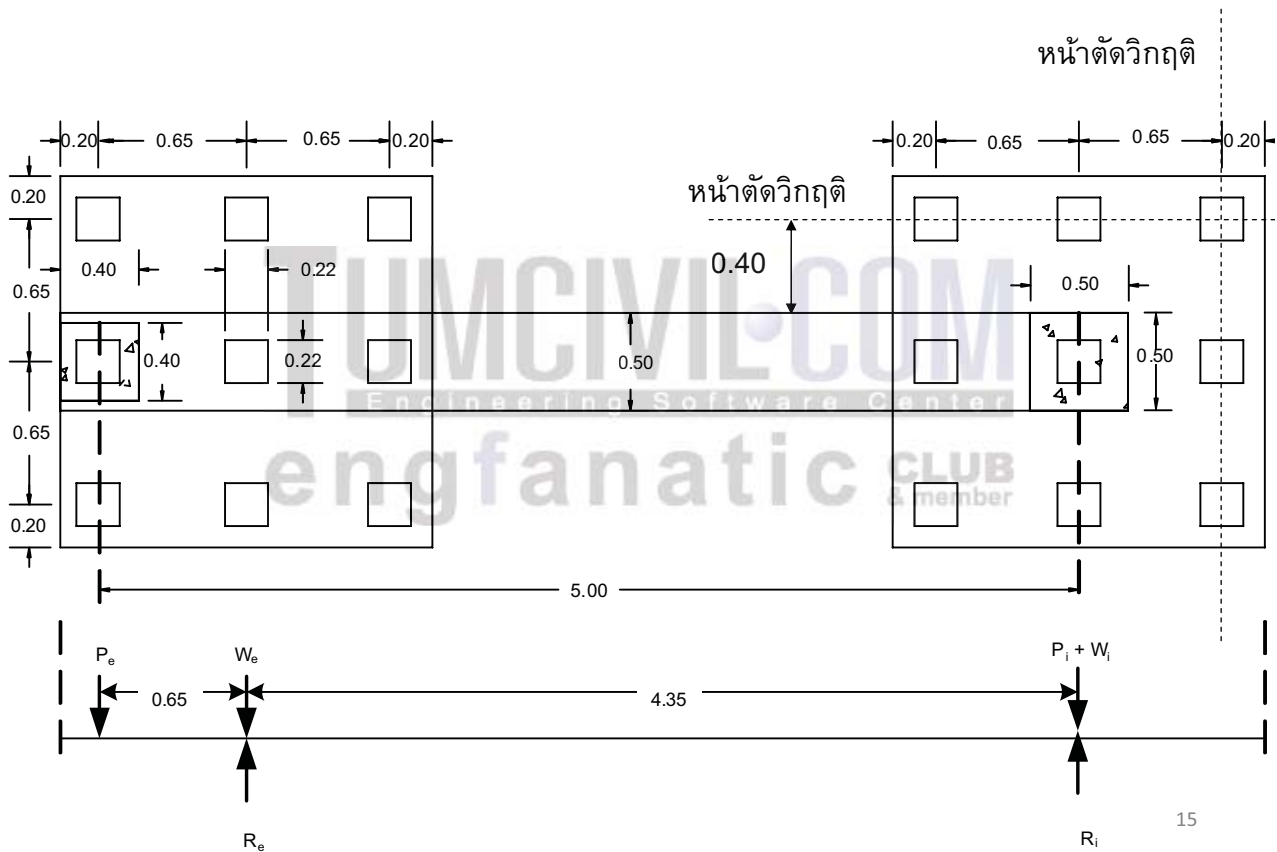


ตรวจสอบแรงเฉือนแบบคานกว้าง



- กำหนดให้ $d = 0.4$ ม. ดังนั้นหน้าตัดวิกฤติอยู่ห่างจากขอบเสาเป็นระยะ d
- สำหรับฐานรากตัวใน** เสาเข็มอยู่ห่างจากหน้าตัดวิกฤติเท่ากับ 0.0 ม.
- ซึ่งน้อยกว่า $d_p/2 = 0.11$ ม. ดังนั้น $R' = R \cdot 0.5 + \frac{x}{d_p} = 15.41 \cdot 0.5 + \frac{0}{0.22} = 7.705$ ตัน
- สำหรับฐานรากตัวชิดเขต** เสาเข็มอยู่ห่างจากหน้าตัดวิกฤติเท่ากับ 0.0 ม.
- ซึ่งน้อยกว่า $d_p/2 = 0.11$ ม. ดังนั้น $R' = R \cdot 0.5 + \frac{x}{d_p} = 13.90 \cdot 0.5 + \frac{0.0}{0.22} = 6.95$ ตัน
- นั่นคือใช้ $V_u = 3 \times 7.705 = 23.115$ ตัน ในการออกแบบ
- กำลังรับแรงเฉือนของฐานราก $V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b d = 0.53 \sqrt{200} \times 170 \times 40 = 50.97$ ตัน
- จาก $\phi = 0.85$ จะได้ $\phi V_c = 0.85 \times 50.97 = 43.32$ ตัน $> V_u$ O.K.

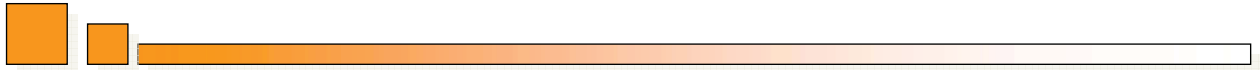
หน้าตัดวิฤกฤติสำหรับแรงเฉือน



เหล็กเสริมในฐาน : ตั้งฉากกับคานรับ

- โมเมนต์ดัดที่หน้าคาน (ตัวใน) $M_u = 3 \times 15.41 \times 0.65 - \frac{0.50}{2} = 18.49$ ตัน-ม.
- โมเมนต์ดัดที่หน้าคาน (ตัวชิดเขต) $M_u = 3 \times 13.90 \times 0.65 - \frac{0.50}{2} = 16.68$ ตัน-ม.
- ดังนั้นใช้ M_u ของฐานตัวในเพื่อออกแบบ
- จาก $A_s = 0.85bd \frac{f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\phi 0.85bd^2 f'_c}} \right]$
- แทนค่า $A_s = 0.85 \cdot 170 \cdot 40 \cdot \frac{200}{4,000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18.49 \times 1,000 \times 100}{0.9 \cdot 0.85 \cdot 170 \cdot 40^2 \cdot 200}} \right] = 13.14$ ซม.²
- เหล็กเสริมน้อยสุด $A_{s,min} = (14/f_y)bd = (14/4,000) \times 170 \times 40 = 23.80$ ซม.²
- หรือ $A_{s,min} = 1.33 \times A_s = 1.33 \times 13.14 = 17.48$ ซม.²

เหล็กเสริมในฐาน : ตั้งฉากกับคานรั้ง



- เหล็กเสริมเพื่อต้านทานการยึดหด
- $A_{s,temp} = 0.0018bt = 0.0018 \times 170 \times 45 = 13.77 \text{ ซม.}^2$
- นั่นคือ $A_s = 17.48 \text{ ซม.}^2 > 13.77/2 = 6.9 \text{ ซม.}^2$ ควบคุมการออกแบบ
- ใช้ DB16 จะได้ $17.48/2.01 = 8.70$ เส้น
- หรือ $s = 170/8.70 = 19.54 \text{ ซม.}$
- ใช้ DB16@0.15 ม. สำหรับเหล็กเสริมเอก

17

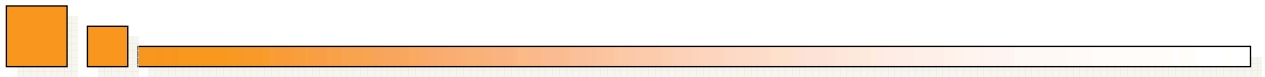
เหล็กเสริมในฐาน : เหล็กเสริมตามขวาง



- ใช้เหล็กเพื่อต้านทานการยึดหดตัว $A_s = 13.77 \text{ ซม.}^2$
- เมื่อใช้ DB12 จะได้ $(13.77/2)/1.13 = 6.1$ เส้น
- หรือ $s = 170/6.10 = 27.86 \text{ ซม.}$
- นั่นคือใช้ DB12@0.25 ม. สำหรับเหล็กตั้งฉากกับเหล็กตามขวาง

18

ตรวจสอบระยะฝังยึด



- สำหรับเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 36 มม. ระยะฝังที่ต้องการคือ

$$l_{db} = \frac{0.06A_b f_y}{\sqrt{f'_c}}$$

- ระยะหุ้ม 5 ซม. แทนค่าจะได้

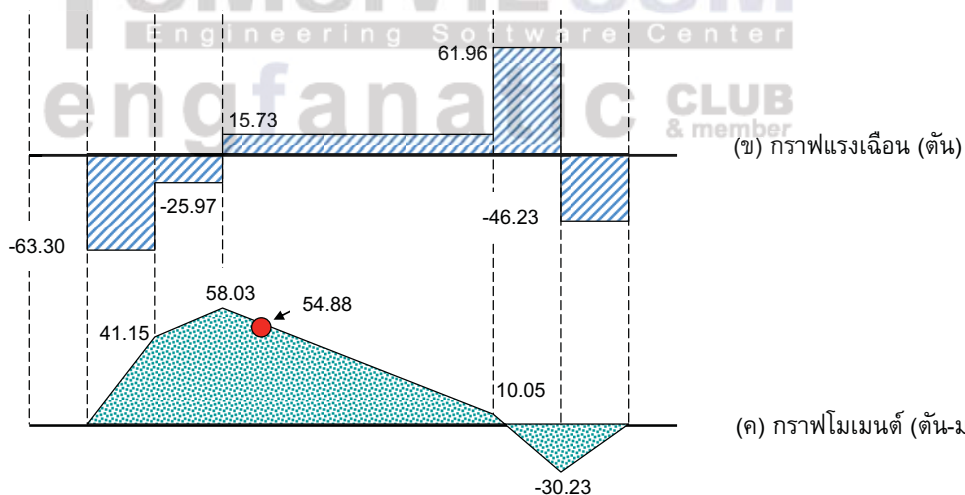
$$l_{db} = \frac{0.06 \times 2.01 \times 4,000}{\sqrt{200}} = 34.11 \text{ ซม.}$$

- น้อยกว่า $0.5 \times (170 - 50) - 5 = 55$ ซม. **O.K.**

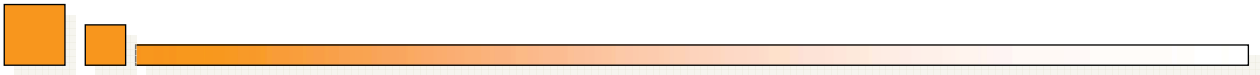
19

ออกแบบคานรั้ง

- หน้าตัดรูปตัวทีค่า $M_u = 58.03$ ตัน-ม. (โมเมนต์ลบ)
- หน้าตัดสี่เหลี่ยม $M_u = 54.88$ ตัน-ม. (โมเมนต์ลบ)
- หน้าตัดรูปตัวทีค่า $M_u = 30.23$ ตัน-ม. (โมเมนต์บวก)
- $V_u = 61.96$ Ton
- ประมาณความลึกคาน 0.95 ม. และมี $d = 0.90$ ม.



ออกแบบคานรั้ง : $M_{u1} = 58.03$ ตัน-ม.



- สำหรับปีกคาน $t_f = 45$ ซม. และ $d = 90$ ซม.
- ตรวจสอบว่าเป็นคานรูปตัวทีจริงหรือไม่?? โดยสมมติว่าเป็นคานรูปเหลี่ยม $b = 170$ ซม.
- ปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการ $A_s = \frac{M_u}{\phi f_y d - \frac{a}{2}} = \frac{58.03 \times 1,000 \times 100}{0.9 \times 4,000 \times 90 - \frac{45}{2}} = 23.88$ ซม.²
- กำหนด $a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{23.88 \times 4,000}{0.85 \times 200 \times 170} = 3.31$ ซม.
- ตำแหน่งแกนสะเทิน $c = a/\beta_1 = 3.31/0.85 = 3.89$ ซม. $< t_f$ คานรูปเหลี่ยม
- จะได้ $A_s = 0.85 \cdot 170 \cdot 90 \frac{200}{4,000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 58.03 \times 1,000 \times 100}{0.9 \cdot 0.85 \cdot 170 \cdot 90^2 \cdot 200}} \right] = 18.16$ ซม.²

21

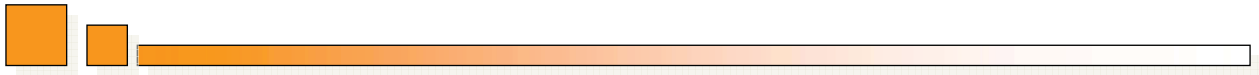
ออกแบบคานรั้ง : $M_{u2} = 54.88$ ตัน-ม.



- แทนค่า $A_s = 0.85 \cdot 50 \cdot 90 \frac{200}{4,000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 54.88 \times 1,000 \times 100}{0.9 \cdot 0.85 \cdot 50 \cdot 90^2 \cdot 200}} \right] = 17.76$ ซม.²
- เปรียบเทียบกับ $A_s = 18.16$ ซม.²
- และ $A_{s,min} = (14/4,000) \times 50 \times 90 = 15.75$ ซม.²
- เลือกใช้ $A_s = 18.16$ ซม.²
- เลือกใช้ DB20 จะได้ $18.16/3.14 = 5.78$ เส้น
- นั่นคือใช้เหล็ก 6DB20

22

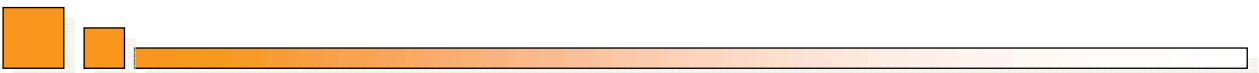
ออกแบบคานรั้ง : $M_{u3} = 30.23$ ตัน-ม.



- พิจารณาเป็นคานรูปเหลี่ยม กว้าง 50 ซม.
- นั่นคือ $A_s = 0.85 \cdot 50 \cdot 90 \frac{200}{4,000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 30.23 \times 1,000 \times 100}{0.9 \cdot 0.85 \cdot 50 \cdot 90^2 \cdot 200}} \right] = 9.57 \text{ ซม.}^2$
- ต้องการเหล็ก DB20 จำนวน $9.57/3.14 = 3.05$ เส้น
- ใช้ 3 เส้นเป็นเหล็กกลางตลอดคานรั้ง

23

ออกแบบแรงเฉือน

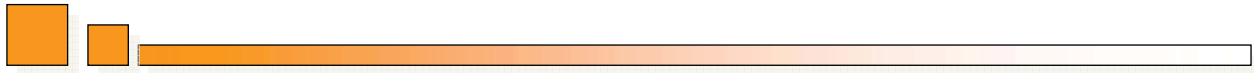


ออกแบบแรงเฉือน $V_u = 61.96$ ตัน พิจารณาเป็นคานสี่เหลี่ยมผืนผ้า

- จำนวนกำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีตล้วน $V_c = 0.53 \times 50 \times 90 \sqrt{200} = 33,728.99 \text{ กก.}$
- เมื่อ $\phi = 0.85$ จะได้ $\phi V_c = 28.67$ ตัน น้อยกว่า V_u ต้องเสริมเหล็กรับแรงเฉือน
- กำลังรับแรงเฉือนสูงสุด $\phi V_{n,max} = 2.1 \times 0.85 \sqrt{200} \times 50 \times 90 = 113,596.70 \text{ กก.}$
- หรือ $\phi V_{n,max} = 113.60$ ตัน มากกว่า V_u ดังนั้นไม่จำเป็นต้องขยายหน้าตัด
- สำหรับ $V_{c1} = 1.1 \phi \sqrt{f'_c} b d = 1.1 \times 0.85 \sqrt{200} \times 50 \times 90 = 59,503.04 \text{ กก.}$
- นั่นคือ $V_u - \phi V_c = 61.96 - 28.67 = 33.29$ ตัน
- พบว่า $\phi V_c < V_u - \phi V_c < \phi V_{c1}$ เสริมเหล็กรับแรงเฉือนเป็นระยะ $s = \frac{A_v \phi f_y d}{V_u - \phi V_c}$

24

ออกแบบแรงเหวี่ยง



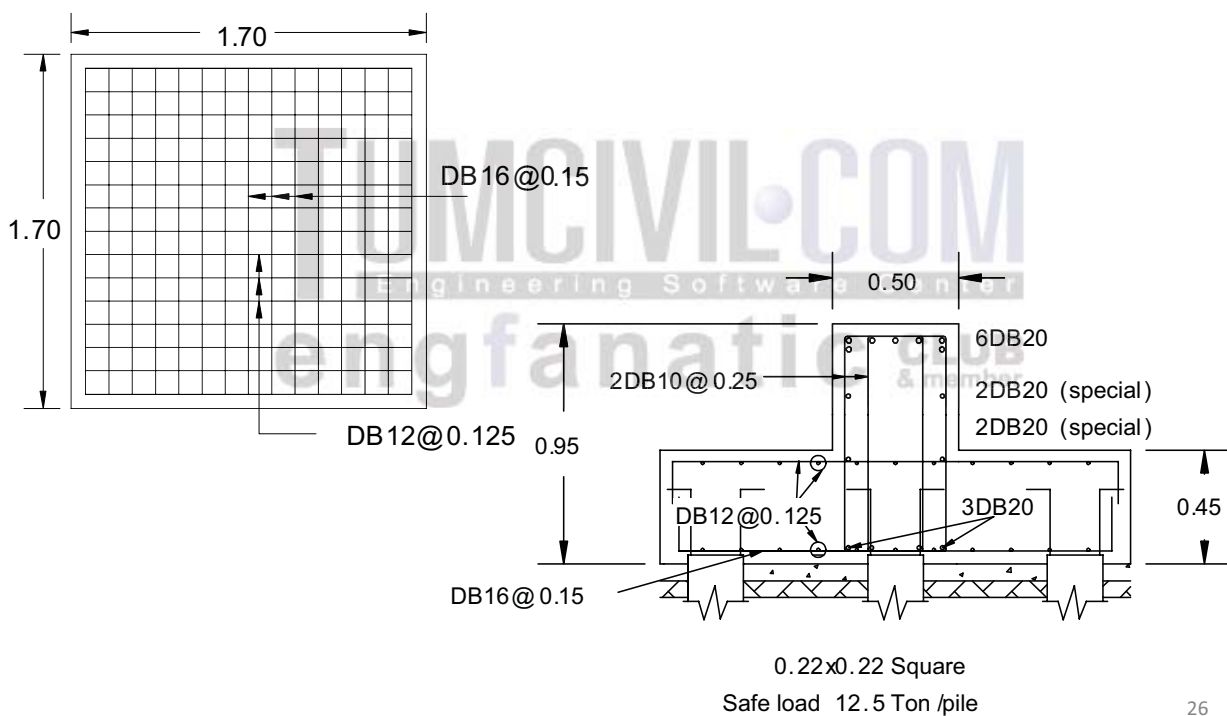
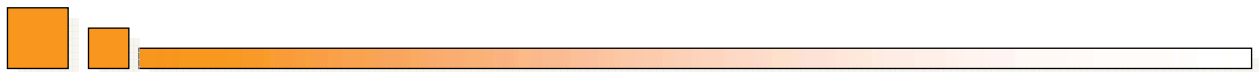
- เลือก DB10 จำนวน 2 เส้น (4 ขา) เป็นเหล็กเสริมตามขวาง จะได้

$$s = \frac{3.14 \times 0.85 \times 4 \times 90}{61.96 - 28.67} = 28.86 \text{ ซม.}$$

- ต้องไม่มากกว่า $0.5d = 45$ ซม. และ 60 ซม.
- เพื่อความสะดวกในการก่อสร้างใช้ 2DB10@0.25 ม.

25

รายละเอียดเหล็กเสริม



26

รายละเอียดเหล็กเสริม

