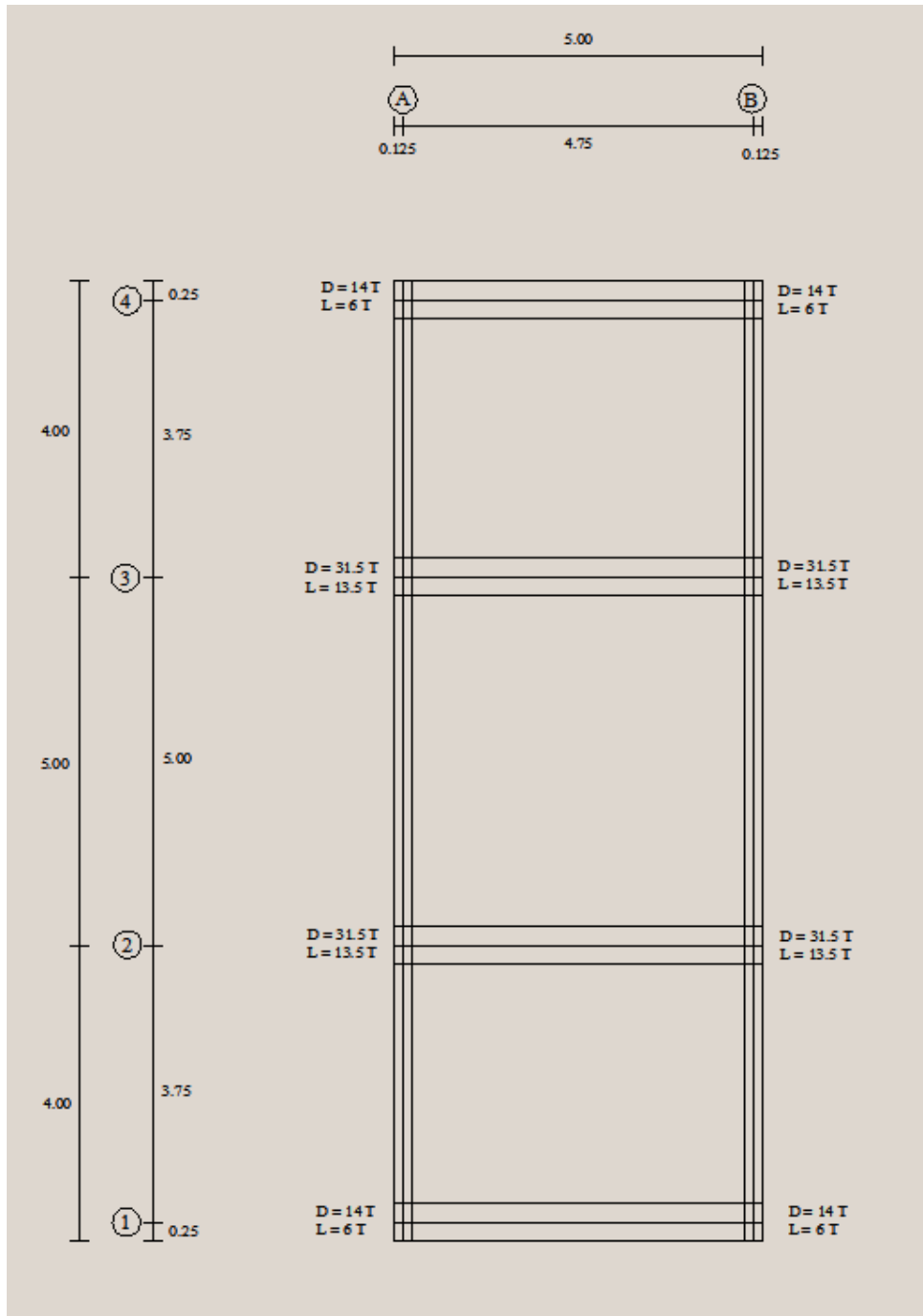
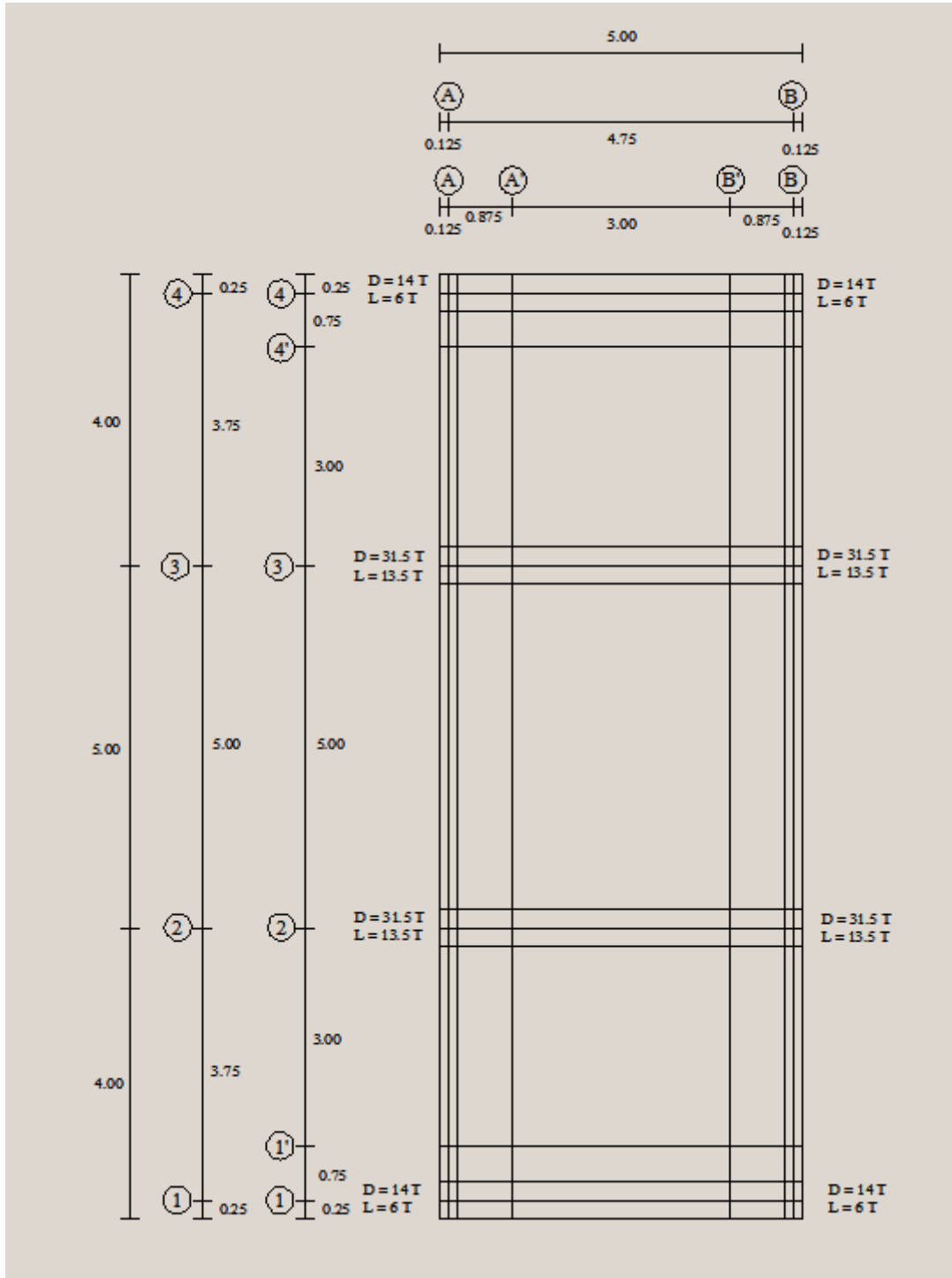


การออกแบบฐานรากชนิดเขตตั้งสี่ด้าน

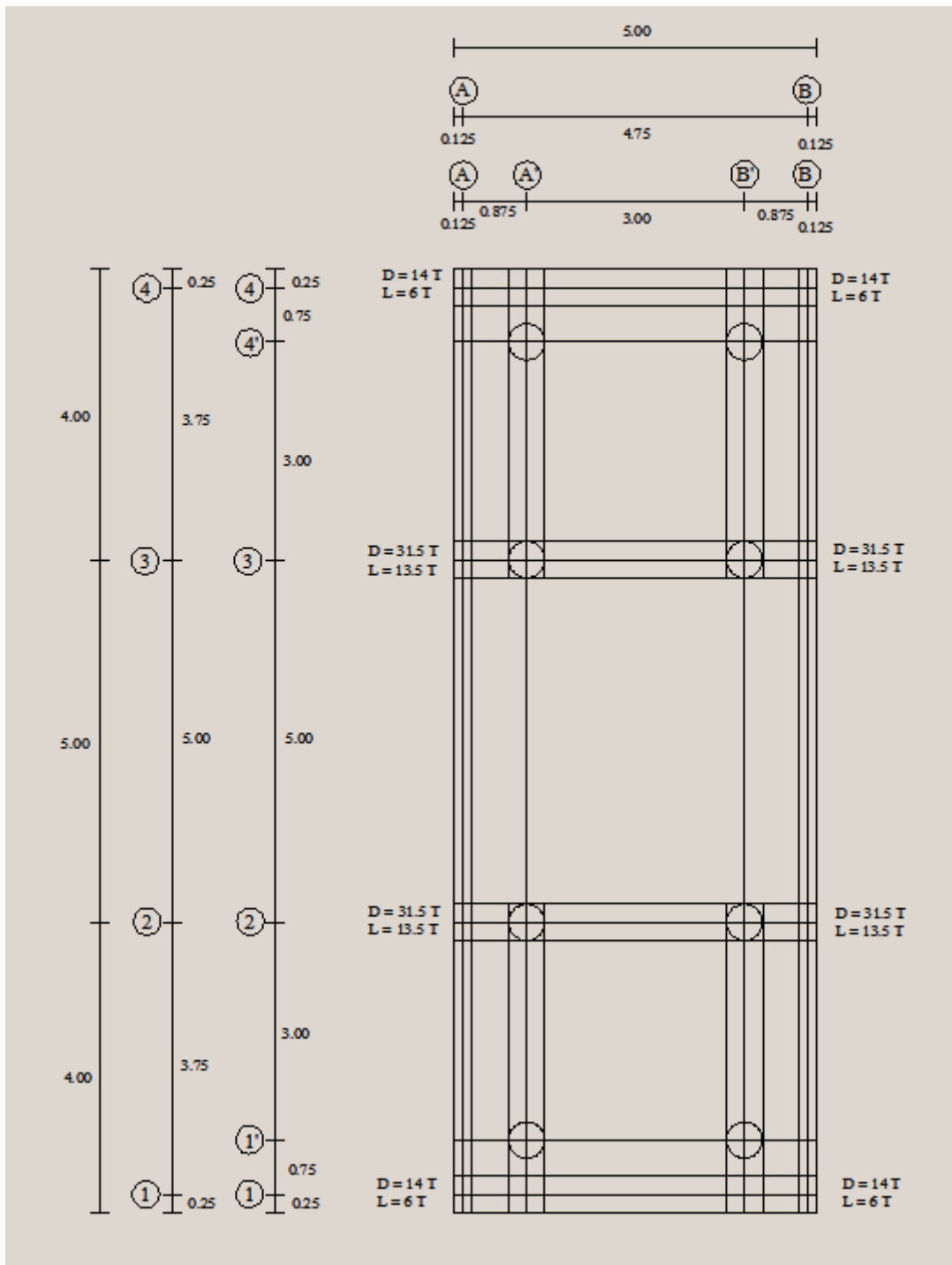
อาคารตามแปลนที่แสดง มีอาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จชิดเขตสามด้านอีกด้านเป็นถนนสาธารณะ มีจำนวน 4 ชั้นรวมคาดฟ้า การประมาณน้ำหนักใช้วิธีแบ่งพื้นที่ และให้น้ำหนักบรรทุกคงที่ 700 kg/m^2 และน้ำหนักบรรทุกจร 300 kg/m^2 จากการตรวจสอบกับบริษัททำเสาเข็มเจาะจะต้องห่างจากเขตที่ดิน 1.00 เมตร



น้ำหนักลงเสาในสูงสุด $31.5 + 13.5 = 45$ ตัน เสาเข็มเจาะที่ใช้บริเวณกรุงเทพมหานครและ
 ปริมาณความยาวประมาณ 21 เมตร จะรับน้ำหนักเป็นต้นเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นเซนติเมตร เช่น
 เสาเข็มขนาด 35 cm รับน้ำหนักได้ 35 ตัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 cm รับน้ำหนักได้ 50 ตัน ดังนั้นกรณีนี้จึงจะ
 เลือกใช้เสาเข็ม 50 cm

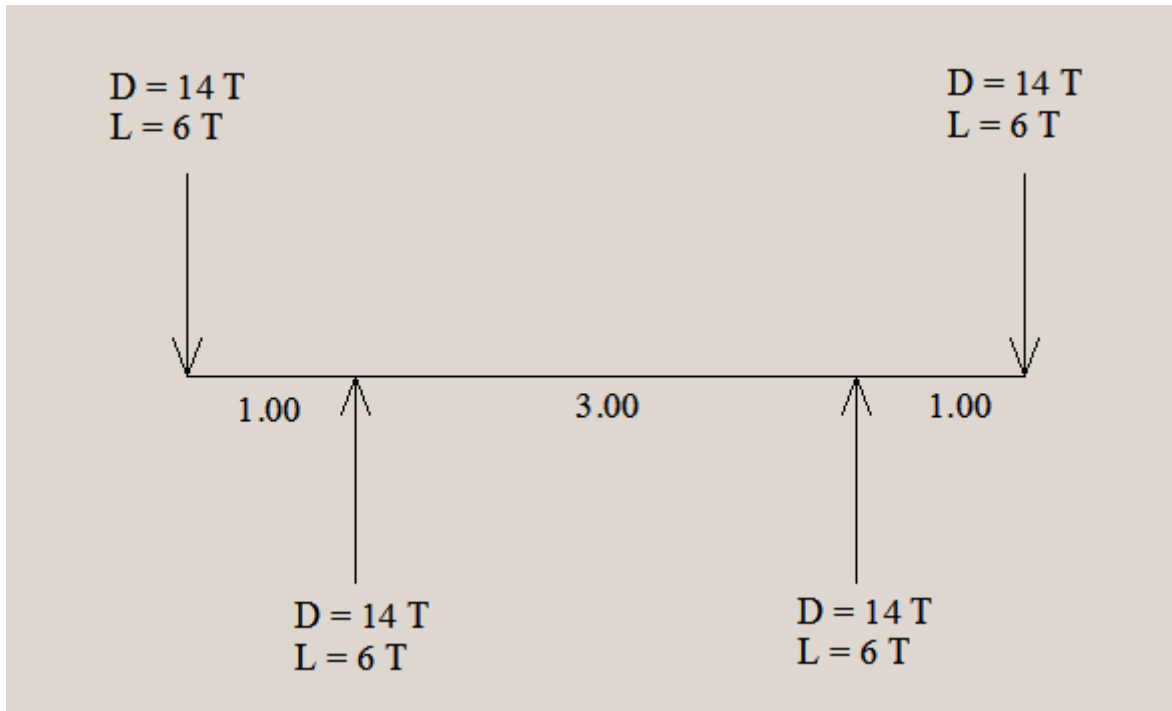


คานแนว A และ B ใช้หน้ากว้าง 0.25 เมตร ดังนั้นแนวศูนย์เสาเข็มจะห่างจากขอบเขตที่ดิน 1.00 เมตร ให้คานแนว A' และ B' เป็นคานหลักไปรองรับคานแนว 1 และแนว 4 ส่วนคานแนว 2 และแนว 3 เป็นคานหลักด้วยตัวเองอยู่แล้ว



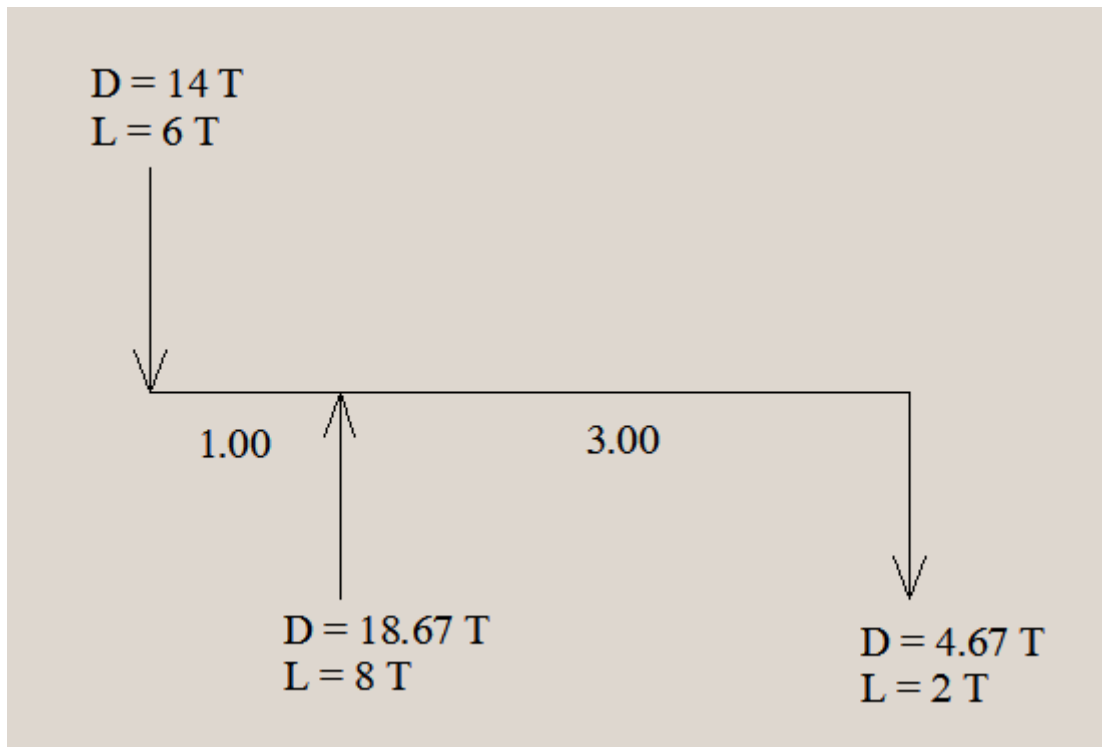
Strap beam แนว A' และ B' จะอยู่ช่วง 1-2 และ 3-4 สำหรับช่วง 2-3 ไม่ต้องมี

พิจารณาคานแนว 1 และแนว 4 ที่ไปฝากคานแนว A' และ B'

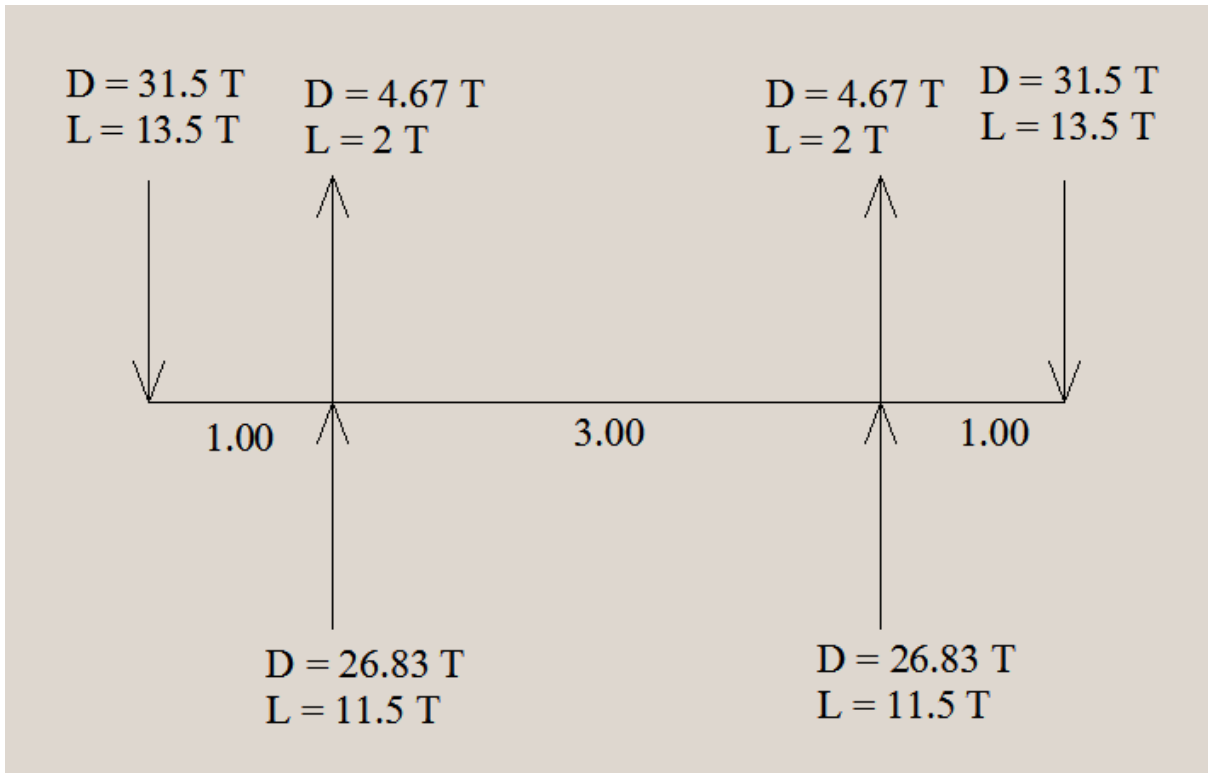


จากความสมมาตร ทำให้แรงปฏิกิริยาของเสาเข็มเท่ากับแรงที่กระทำ

พิจารณาคานแนว A' และ B' ที่รับน้ำหนักจากคานแนว 1 และแนว 4 ใช้สมการโมเมนต์หาแรงปฏิกิริยา สังเกตปลายขวาในรูปเป็นแรงถอน

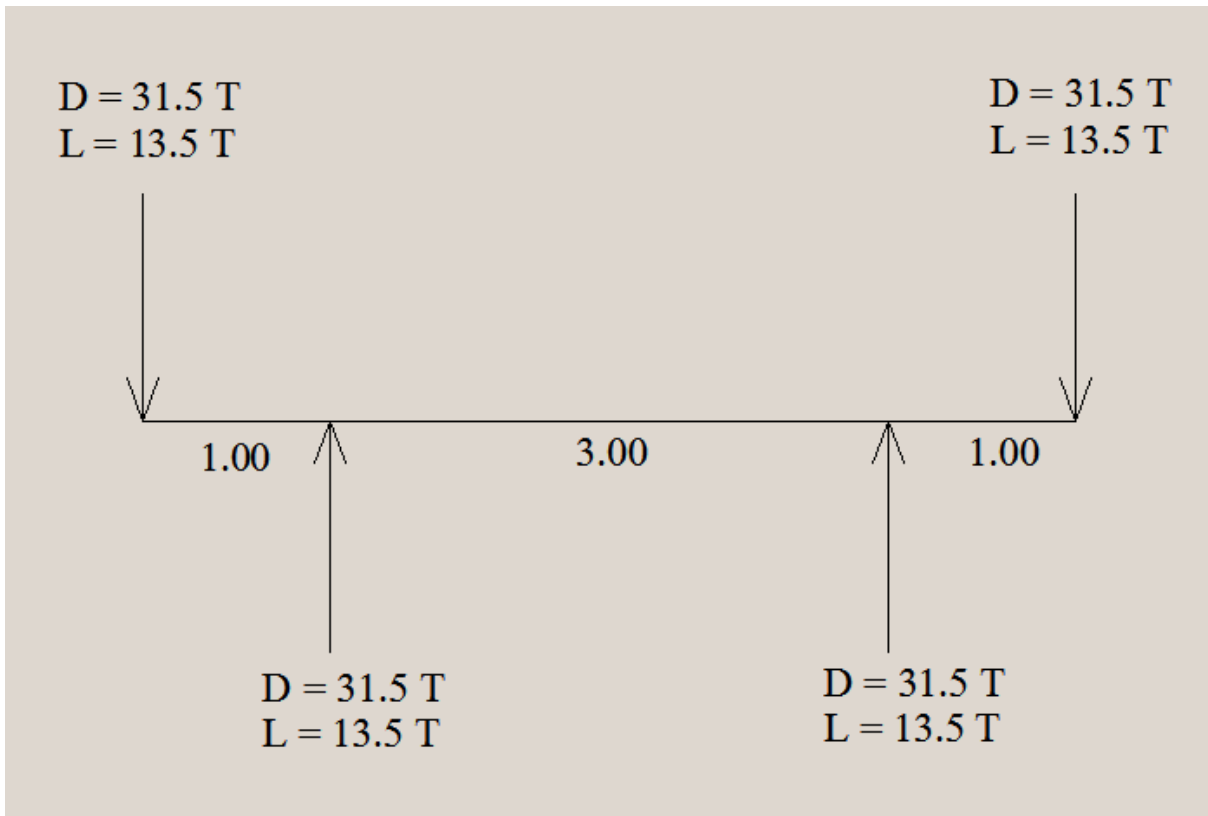


พิจารณาแนว 2 และแนว 3 โดยพิจารณาร่วมกับแรงถอน

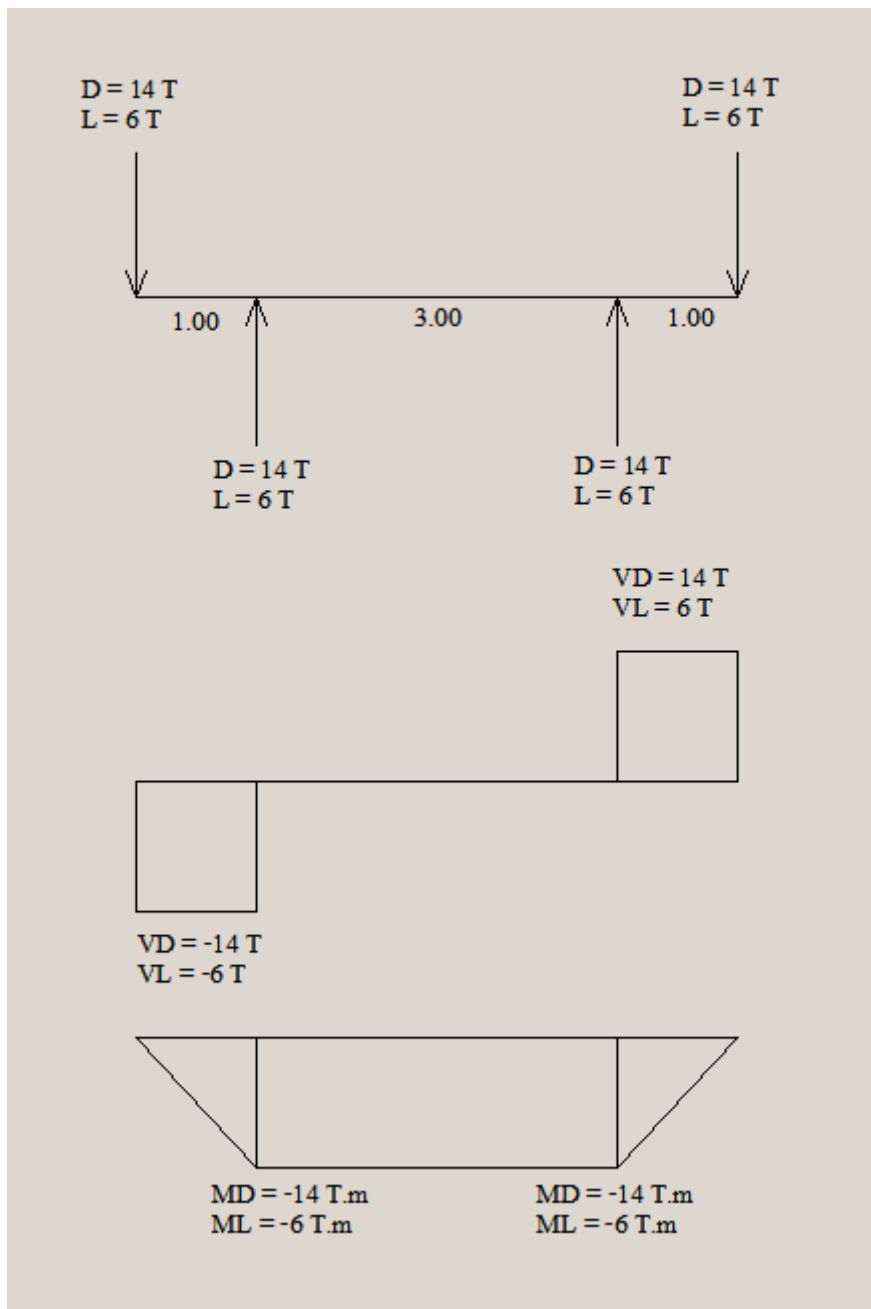


พิจารณาแนว 2 ละแนว 3 โดยไม่สนใจกรณีแรงถอนเนื่องจากไม่มีผลต่อแรงเฉือนและโมเมนต์ตัด

ในคาน



เขียนกราฟแรงเฉือนและโมเมนต์คัตในคานแนว 1 และแนว 4



คานขนาด $0.50 \times 1.00 \text{ m}^2$

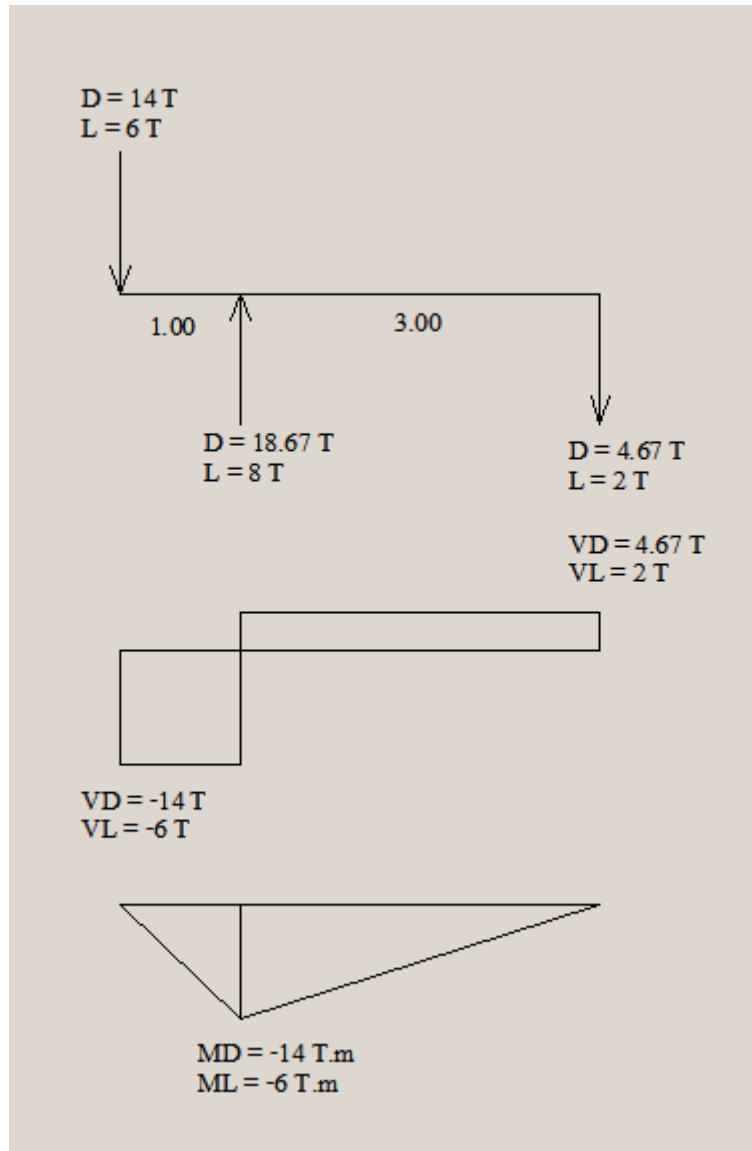
แรงเฉือนที่กระทำ

$$V_u = 1.4V_D + 1.7V_L = 1.4 \times 14 + 1.7 \times 6 = 29.8 \text{ T}$$

โมเมนต์คัตสูงสุด

$$M_u = 1.4M_D + 1.7M_L = 1.4 \times 14 + 1.7 \times 6 = 29.8 \text{ T} \cdot \text{m}$$

พิจารณาคานแนว A' และแนว B'



คานขนาด $0.50 \times 1.00 \text{ m}^2$

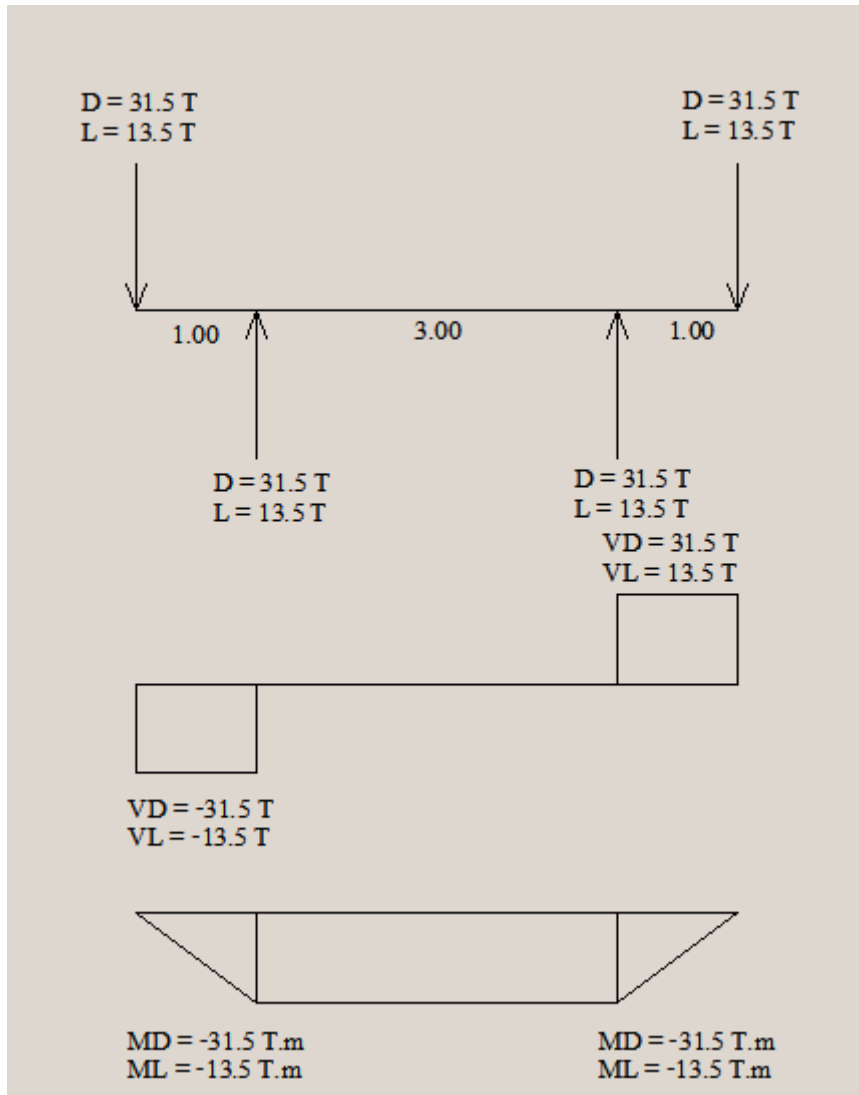
แรงเฉือนที่กระทำ

$$V_u = 1.4V_D + 1.7V_L = 1.4 \times 14 + 1.7 \times 6 = 29.8 \text{ T}$$

โมเมนต์ค้ดสูงสุด

$$M_u = 1.4M_D + 1.7M_L = 1.4 \times 14 + 1.7 \times 6 = 29.8 \text{ T} \cdot \text{m}$$

พิจารณาคานแนว 2 และแนว 3



คานขนาด $0.50 \times 1.00 \text{ m}^2$

แรงเฉือนที่กระทำ

$$V_u = 1.4V_D + 1.7V_L = 1.4 \times 31.5 + 1.7 \times 13.5 = 67.05 \text{ T}$$

โมเมนต์ค้ดสูงสุด

$$M_u = 1.4M_D + 1.7M_L = 1.4 \times 31.5 + 1.7 \times 13.5 = 67.05 \text{ T} \cdot \text{m}$$

จากการเปรียบเทียบพบว่าคานแนว 2 และแนว 3 ต้องรับแรงเฉือนและโมเมนต์ค้ดสูงสุด หากออกแบบคานแนวนี้แล้วใช้แทนทั้งหมด (เฉพาะคานกว้าง 0.50 เมตร) ก็อยู่ในลักษณะปลอดภัย

คาดว่าคานน่าจะเป็นคานล็ก

ข้อมูลจำเป็น

กำลังประลัยของทรงกระบอกคอนกรีตมาตรฐาน $f'_c = 240 \text{ ksc}$

กำลังครากของเหล็กเสริม $f_y = 3000 \text{ ksc}$

ความกว้างคาน $b_w = 0.50 \text{ m} = 50 \text{ cm}$

ความลึกคาน $h = 1.00 \text{ m} = 100 \text{ cm}$

ประมาณความลึกประสิทธิภาพ $d \approx 0.9h = 0.90 \text{ m} = 90 \text{ cm}$

ระยะช่วงแรงเฉือน (shear span) จากเสาที่รับแรงเป็นจุดถึงที่รองรับ (ปลายคานหรือเสาเข็ม) $a = 1.00 \text{ m}$

$$\frac{a}{d} = \frac{1.00}{0.90} = 1.11 < 2.5$$

แสดงว่าคานนี้เป็น คานเล็ก

เตรียมข้อมูลประกอบอื่น

เนื่องจาก $f'_c = 240 \text{ ksc} < 280 \text{ ksc}$ ดังนั้น $\beta_1 = 0.85$

อัตราส่วนปริมาณเหล็กเสริมต่อหน้าตัดประสิทธิภาพคอนกรีต ต่ำสุด

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3000} = 0.004667$$

อัตราส่วนปริมาณเหล็กเสริมต่อหน้าตัดประสิทธิภาพคอนกรีต ที่ภาวะสมดุล

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0.85f'_c}{f_y} \frac{6120}{6120 + f_y}$$
$$\rho_b = 0.85 \times \frac{0.85 \times 240}{3000} \times \frac{6120}{6120 + 3000}$$
$$\rho_b = 0.038786842$$

อัตราส่วนปริมาณเหล็กเสริมต่อหน้าตัดประสิทธิภาพคอนกรีต สูงสุด

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.029090131$$

หาเหล็กเสริมรับแรงดึงซึ่งจัดผิวบนเนื่องจากโมเมนต์ค้ดสูงสุดเป็นลบ

$$M_u = 67.05 \text{ T} \cdot \text{m} = 6,705,000 \text{ kg.cm}$$

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b_w d^2} = \frac{6,705,000}{0.85 \times 50 \times 90^2}$$

$$R_u = 19.47712418 \text{ ksc}$$

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

$$\rho = \frac{0.85 \times 240}{3000} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19.47712418}{0.85 \times 240}} \right)$$

$$\rho = 0.006835982 > \rho_{\min} = 0.004667$$

$$\rho = 0.006835982 < \rho_{\max} = 0.029090131$$

ขนาดของคานมีความเหมาะสมทำให้อัตราส่วนอยู่ระหว่างค่าน้อยและค่ามากที่สุดยอมให้

$$A_s = \rho b_w d = 0.006835982 \times 50 \times 90$$

$$A_s = 30.762 \text{ cm}^2$$

หากใช้ DB 25 mm จะต้องใช้เหล็กจำนวน $\frac{30.762}{4.909} = 6.3 = 7$ เส้น วางชั้นเดียวชิดผิวบน ส่วนชั้นล่างเป็น

เหล็กยึดเกาะใช้ 3-DB 20 mm

หาตำแหน่งหน้าตัดวิกฤตแรงเฉือนเนื่องจากน้ำหนักกระทำเป็นจุด

$$x = 0.5a = 0.5 \times 1.00 = 0.50 \text{ m} < d = 0.90 \text{ m}$$

เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่นน้อยมาก แรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตยังคงเป็น

$$V_u = 67.05 \text{ T} = 67,050 \text{ kg}$$

ที่เปลี่ยนแปลงคือ โมเมนต์คดประลัยที่หน้าตัดวิกฤตแรงเฉือน

$$M_u = 67.05 \times 0.5 = 33.525 \text{ T} \cdot \text{m} = 3,352,500 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

กำลังรับแรงเฉือนสูงสุดเกิดในช่วงคานยื่น $L_n = 1.00 - \frac{0.50}{2} = 0.75 \text{ m}$

$$\phi V_n = 0.18 \phi \left(10 + \frac{L_n}{d} \right) \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$\phi V_n = 0.18 \times 0.85 \times \left(10 + \frac{0.75}{0.90} \right) \sqrt{240} \times 50 \times 90$$

$$\phi V_n = 115,550.4581 \text{ kg} > V_u = 67,050 \text{ kg}$$

หน้าตัดคานที่จะรับแรงเฉือนได้

คำนวณกำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต

$$\phi V_c = \phi \left(3.5 - 2.5 \frac{M_u}{V_u d} \right) \left(0.5 \sqrt{f'_c} + 176 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d$$

$$\phi V_c \leq 1.6 \phi \sqrt{f'_c} b_w d$$

เมื่อ $\rho_w = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{7 \times 4.909}{50 \times 90} = 0.007636222$

$$\frac{M_u}{V_u d} = \frac{3,352,500}{67,050 \times 90} = 0.55555555$$

$$176 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} = \frac{176 \times 0.007636222}{0.55555555} = 2.4191552$$

$$3.5 - 2.5 \frac{M_u}{V_u d} = 3.5 - 2.5 \times 0.55555555 = 2.11111111$$

$$1.6 \phi \sqrt{f'_c} b_w d = 1.6 \times 0.85 \sqrt{240} \times 50 \times 90 = 94,810.63232 \text{ kg}$$

แทนค่าได้

$$\phi V_c = 0.85 \times 2.11111111 \times (0.5 \sqrt{240} + 2.4191552) \times 50 \times 90$$

$$\phi V_c = 82,083.35928 \text{ kg} > V_u = 67,050 \text{ kg}$$

เนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าแรงเฉือนที่คอนกรีตรับได้
มาตรฐาน ว.ส.ท. ดังนี้

จึงเสริมเหล็กรับแรงเฉือนขั้นต่ำตาม

เหล็กทางขวาง เลือกลง 2-DB 12 mm มี $A_v = 2 \times 1.131 = 2.262 \text{ cm}^2$ หาระยะเรียงจากปริมาณขั้นต่ำ

$$s \leq \frac{A_v}{0.0015b_w} = \frac{2.262}{0.0015 \times 50} = 30.16 \text{ cm}$$

$$s \leq \frac{d}{5} = \frac{90}{5} = 18 \text{ cm}$$

$$s \leq 45 \text{ cm}$$

ใช้เหล็กทางขวาง 2-DB 12 mm @ 180 mm

เหล็กตามยาวเลือก 2-DB 12 mm มี $A_v = 2 \times 1.131 = 2.262 \text{ cm}^2$ หาระยะเรียงจากปริมาณขั้นต่ำ

$$s_2 \leq \frac{A_{vh}}{0.0025b_w} = \frac{2.262}{0.0025 \times 50} = 18.096 \text{ cm}$$

$$s_2 \leq \frac{d}{3} = \frac{90}{3} = 30 \text{ cm}$$

$$s_2 \leq 45 \text{ cm}$$

ใช้เหล็กตามยาว 2-DB 12 mm @ 180 mm

เขียนรายละเอียดรูปตัดคานได้ดังนี้

