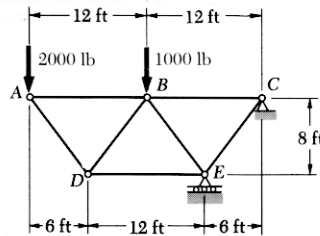


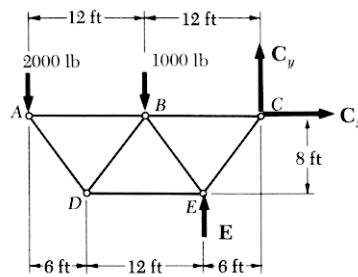
ตัวอย่าง 5.1

ใช้วิธีจุดต่อ (method of joint) หาแรงในแต่ละชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนดังรูป



(Beer, 1988: 232)

วิธีทำ



(Beer, 1988: 232)

เขียนแผนภาพวัตถุอิสระของทั้งโครงข้อหมุน แรงภายนอกที่กระทำต่อโครงข้อหมุน ได้แก่แรง 2000, 1000 lb และแรงปฏิกิริยาที่ C และ E

ใช้สมการสมดุลของทั้งโครงข้อหมุน

$$\sum M_C = 0: (2000 \text{ lb})(24 \text{ ft}) + (1000 \text{ lb})(12 \text{ ft}) - E(6 \text{ ft}) = 0$$

$$E = +10,000 \text{ lb} \quad \mathbf{E = 10,000 \text{ lb} \uparrow}$$

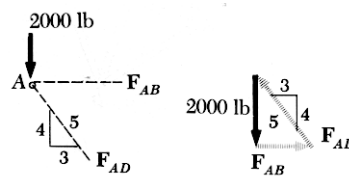
$$\sum F_x = 0: \quad \mathbf{C_x = 0}$$

$$\sum F_y = 0: -2000 \text{ lb} - 1000 \text{ lb} + 10,000 \text{ lb} + C_y = 0$$

$$C_y = -7000 \text{ lb} \quad \mathbf{C_y = 7000 \text{ lb} \downarrow}$$

พิจารณาสมดุลของจุดต่อต่าง ๆ โดยเริ่มที่จุดต่อ A ซึ่งมีตัวไม่รู้ค่าเพียง 2 ตัว แล้วพิจารณาจุดต่อ D, B, E และ C ตามลำดับ

จุดต่อ A



(Beer, 1988: 232)

จุดต่อนี้มีตัวไม่รู้ค่า ซึ่งเกิดจากชิ้นส่วน AB และ AD สมมติให้เป็นแรง F_{AB} และ F_{AD} ตามลำดับ แรงทั้งหมดที่กระทำต่อจุด A มี 3 แรง จากเงื่อนไขของสมดุล $\sum \mathbf{F} = 0$ แรงทั้ง 3 เมื่อนำมารวมกันด้วยวิธีหัวต่อท้ายต้องเป็นรูปสามเหลี่ยม จะได้ทิศทาง F_{AB} พุ่งออกจากจุดต่อ ดังนั้นแรงในชิ้นส่วน AB เป็นแรงดึง ส่วนทิศทาง F_{AD} พุ่งเข้าหาจุดต่อ ดังนั้นแรงในชิ้นส่วน AD เป็นแรงอัด ขนาดของแรงทั้ง 2 หาได้จากความสัมพันธ์ของแรงและด้านของสามเหลี่ยมซึ่งเป็นสัดส่วนกัน

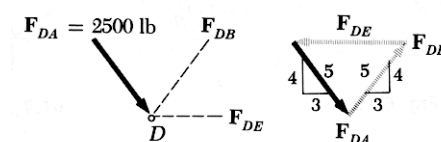
$$\frac{F_{AB}}{3} = \frac{F_{AD}}{5} = \frac{2000 \text{ lb}}{4}$$

ได้

$$F_{AB} = 1500 \text{ lb } T \quad \text{ตอบ}$$

$$F_{AD} = 2500 \text{ lb } C \quad \text{ตอบ}$$

จุดต่อ D



(Beer, 1988: 232)

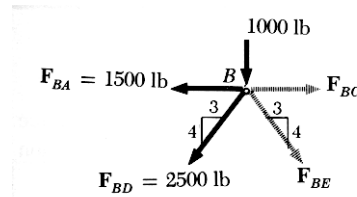
แรงซึ่งกระทำต่อจุด D มี 3 แรง คือ แรงจากชิ้นส่วน AD ซึ่งรู้ขนาดและรู้ว่าเป็นแรงอัด ดังนั้นมีทิศทางพุ่งเข้าหา D ส่วนอีก 2 แรงซึ่งยังไม่รู้ค่าได้แก่ แรงจากชิ้นส่วน DB และ DE

มีแรง 3 แรงกระทำต่อจุดต่อ (อนุภาค) ซึ่งอยู่ในสภาวะสมดุลต้องเขียนรูปสามเหลี่ยมแทนแรงได้เช่นเดียวกับจุดต่อ A ได้ทิศทางของแรง F_{DB} ที่พุ่งออกจากจุด D ดังนั้นแรงในชิ้นส่วน DE เป็นแรงดึง ส่วนทิศทางของแรง F_{DE} ที่พุ่งเข้าหาจุด D ดังนั้นแรงในชิ้นส่วน DE เป็นแรงอัด ขนาดของแรงทั้งสองหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกับด้านของสามเหลี่ยมแทนแรงพบว่าสามเหลี่ยมแทนแรงเป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ได้

$$F_{DB} = F_{DA} \quad F_{DB} = 2500 \text{ lb } T \quad \text{ตอบ}$$

$$F_{DE} = 2\left(\frac{3}{5}\right)F_{DA} \quad F_{DE} = 3000 \text{ lb } C \quad \text{ตอบ}$$

จุดต่อ B



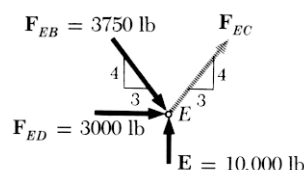
(Beer, 1988: 233)

เนื่องจากมีแรงที่กระทำต่อจุดนี้มากกว่า 3 แรง จะเป็นสะดวกกว่าถ้าใช้สมการสมดุล $\sum F_x = 0$ และ $\sum F_y = 0$ ในการแก้ปัญหาหาตัวไม่รู้ค่า ซึ่งได้แก่ แรง F_{BC} และ F_{BE} โดยสมมติให้แรงทั้งสองนี้เป็นแรงดึงก่อน ถ้าผลที่ได้ออกมาเป็นบวกแสดงว่าสมมติถูกแล้ว แต่ถ้าเป็นลบแสดงว่าสมมติผิดแรงในชิ้นส่วนนั้นต้องเป็นแรงอัด

$$\begin{aligned} \uparrow \sum F_y = 0: \quad & -1000 - \frac{4}{5}(2500) - \frac{4}{5}F_{BE} = 0 \\ & F_{BE} = -3750 \text{ lb} \quad F_{BE} = 3750 \text{ lb } C \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \sum F_x = 0: \quad & F_{BC} - 1500 - \frac{3}{5}(2500) - \frac{3}{5}(3750) = 0 \\ & F_{BC} = +5250 \text{ lb} \quad F_{BC} = 5250 \text{ lb } T \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

จุดต่อ E



(Beer, 1988: 233)

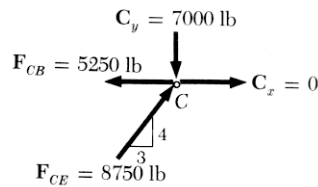
เหลือตัวไม่รู้ค่าเพียง 1 ตัวคือ แรง F_{EC} โดยสมมติให้เป็นแรงดึงก่อน และเนื่องจากมีแรงมากระทำต่อจุด E มากกว่า 3 แรง จะเป็นการสะดวกกว่าถ้าใช้สมการสมดุลในการแก้ปัญหา

$$\begin{aligned} \rightarrow \sum F_x = 0: \quad & \frac{3}{5}F_{EC} + 3000 + \frac{3}{5}(3750) = 0 \\ & F_{EC} = -8750 \text{ lb} \quad F_{EC} = 8750 \text{ lb } C \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

หาผลรวมของแรงองค์ประกอบในแนวแกน y เพื่อตรวจสอบคำตอบ

$$\begin{aligned}
 +\uparrow \sum F_y &= 10,000 - \frac{4}{5}(3750) - \frac{4}{5}(8750) \\
 \sum F_y &= 10,000 - 3000 - 7000 = 0 \quad \text{ตรวจสอบ} \checkmark
 \end{aligned}$$

จุดต่อ C



(Beer, 1988: 233)

อาจใช้แรง F_{CB} และ F_{CE} ที่คำนวณได้แล้ว คำนวณหาแรงปฏิกิริยา C_x และ C_y โดยใช้เงื่อนไขการสมดุลของจุดต่อ C ก็ได้ แต่เนื่องจากค่า C_x และ C_y หาได้จากคำนวณโดยเงื่อนไขการสมดุลของทั้งโครงแล้ว ทำให้รู้ค่าต่าง ๆ หมดแล้ว ดังนั้นควรนำค่าแรงทั้งหมดที่คำนวณได้เหล่านั้นมาตรวจสอบเงื่อนไขการสมดุลของจุดต่อ C ถ้าค่าที่คำนวณได้นั้นถูกต้องเมื่อนำมาเข้าสมการสมดุลแล้วผลที่ได้จะต้องเป็นจริงตามเงื่อนไขของการสมดุลของจุดต่อ C นั่นคือ $\sum F_x = 0$ และ $\sum F_y = 0$

$$\begin{aligned}
 \rightarrow \sum F_x &= -5250 + \frac{3}{5}(8750) = -5250 + 5250 = 0 \quad \text{ตรวจสอบ} \checkmark \\
 +\uparrow \sum F_y &= -7000 + \frac{4}{5}(8750) = -7000 + 7000 = 0 \quad \text{ตรวจสอบ} \checkmark
 \end{aligned}$$

สรุปขั้นตอนการแก้ปัญหา

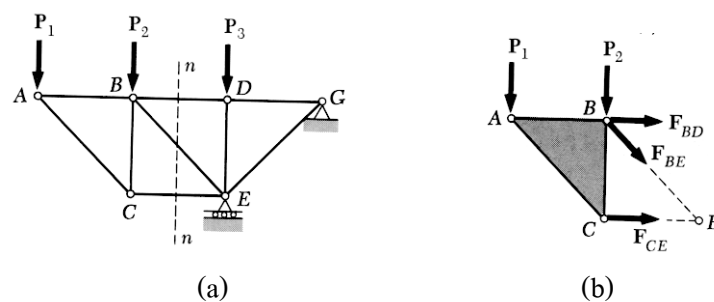
1. คำนวณหาแรงปฏิกิริยาทั้งหมดก่อน โดยใช้สมการสมดุลของทั้งโครง
2. เริ่มใช้สมการสมดุลของจุด โดยเริ่มจากจุดซึ่งมีตัวไม่รู้ค่าไม่เกิน 2 ตัว แล้วพิจารณาจุดต่ออื่นต่อไปซึ่งต้องมีตัวไม่รู้ค่าไม่เกิน 2 ตัวเช่นกัน เพราะแต่ละจุดต่อมีสมการสมดุลเพียง 2 สมการเท่านั้น $\sum F_x = 0$ และ $\sum F_y = 0$
3. ถ้าจุดต่อใดมีแรงทั้งหมดที่กระทำเพียง 3 แรง ควรใช้สามเหลี่ยมแทนแรงซึ่งจะทำให้หาขนาดและทิศทางของแรงได้ง่ายและเร็ว ทิศทางของแรงจะต้องต่อเรียงกันในลักษณะหัวต่อท้ายวนต่อกันไปเป็นรูปสามเหลี่ยม ส่วนขนาดของแรงหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงกับด้านของสามเหลี่ยมแทนแรงซึ่งเป็นสัดส่วนกัน

4. ถ้ามีแรงกระทำต่อจุดใดมากกว่า 3 แรง ควรใช้สมการสมดุล $\sum F_x = 0$ และ $\sum F_y = 0$ แก้ปัญหาจะสะดวกกว่า
5. ตอนท้ายของการแก้ปัญหาควรตรวจสอบคำตอบที่คำนวณได้นั้นว่าถูกต้องหรือไม่

5.7 การวิเคราะห์โครงข้อหมุนด้วยวิธีแบ่งส่วน (Analysis of Trusses by the Method of Sections)

วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้วิเคราะห์หาแรงภายในของชิ้นส่วนบางชิ้นได้ในทันที โดยไม่จำเป็นต้องเสียเวลาวิเคราะห์หาแรงภายในชิ้นส่วนที่ละจุดต่อ ต่อเนื่องกันไปอย่างวิธีจุดต่อ

ตัวอย่างเช่นต้องการหาแรงในชิ้นส่วน BD ของโครงข้อหมุน ในรูปที่ 5.16(a)



รูปที่ 5.16 (Beer, 1988: 237)

การวิเคราะห์โครงข้อหมุนด้วยวิธีการแบ่งส่วนทำได้ดังนี้

แบ่งส่วนของโครงข้อหมุนให้แยกออกจากกันโดยเส้นเชิงเป็น 2 ส่วนตามแนว n-n จากรูปที่ 5.16(a) ให้แนวที่แบ่งผ่านชิ้นส่วนที่ต้องการหาแรงภายใน

แนวที่แบ่งต้องตัดผ่านชิ้นส่วนที่ยังไม่ทราบค่าแรงภายในรวมแล้วไม่เกิน 3 ชิ้นส่วน

เนื่องจากตัวโครงทั้งหมดอยู่ในสภาวะสมดุล ชิ้นส่วนโครงทั้งสองชิ้นต้องอยู่ในสมดุลด้วยเช่นกัน จากนั้นพิจารณาแผนภาพวัตถุอิสระของชิ้นส่วนโครงชิ้นใดชิ้นหนึ่ง จากชิ้นส่วนโครง 2 ชิ้นนั้น เมื่ออยู่ในสภาวะสมดุลบังคับด้วยเงื่อนไข $\sum M = 0$, $\sum F_x = 0$ และ $\sum F_y = 0$

วัตถุอิสระของชิ้นส่วนโครง จะถูกกระทำด้วยแรงภายนอกที่กำหนดให้ และแรงภายในชิ้นส่วนแต่ละชิ้นซึ่งเสมือนเป็นแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุอิสระนั้น

ในกรณีนี้สมมติว่าพิจารณาวัตถุอิสระของชิ้นส่วนโครง ABC แรงภายนอกที่กำหนดให้ ได้แก่ P_1 และ P_2 ส่วนแรงภายในชิ้นส่วน BD, BE และ CE จะเสมือนเป็นแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุอิสระนี้ ให้แทนด้วย F_{BD} , F_{BE} และ F_{CE} และเนื่องจากยังไม่รู้ว่าแรงทั้ง 3 นี้เป็นแรงอัดหรือแรงดึง สมมติให้เป็นแรงดึงทั้งหมดก่อน ดูรูปที่ 5.16(b)

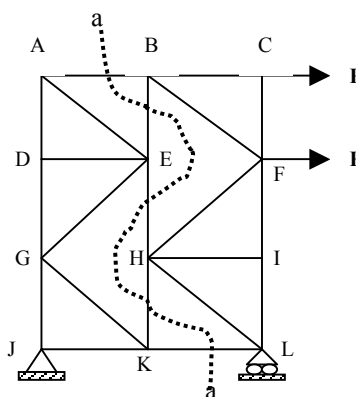
ในการหาแรง F_{BD} พิจารณาโมเมนต์รอบจุด E ให้เท่ากับศูนย์ เพื่อกำจัดแรง F_{BE} และ F_{CE} ออกจากการคำนวณให้เหลือแต่แรง F_{BD} จาก $\sum M_E = 0$ จะได้ขนาดของ F_{BD} และรู้ทิศทางว่าเป็นแรงดึงเนื่องจากคำตอบที่ได้ออกมาเป็นบวก แสดงว่าจากที่สมมติว่า F_{BD} เป็นแรงดึงนั้นถูกต้องแล้ว

ในการหาแรง F_{CE} พิจารณาโมเมนต์รอบจุด B ให้เท่ากับศูนย์ $\sum M_B = 0$ จะได้ขนาดของ F_{CE} ออกมาและปรากฏว่าค่าที่ได้ติดเครื่องหมายลบ แสดงว่าจากที่สมมติในตอนแรกว่า F_{CE} เป็นแรงดึงนั้นผิด ที่ถูกแรง F_{CE} ต้องเป็นแรงอัด

ในการหาแรง F_{BE} พิจารณาผลรวมของแรงในแกน y ให้เท่ากับศูนย์ $\sum F_y = 0$ จะได้ขนาดของ F_{BE} และรู้ว่าเป็นแรงอัด

ตรวจสอบคำตอบว่าแรง F_{BD} , F_{BE} และ F_{CE} ที่คำนวณมาได้นั้นถูกต้องหรือไม่ด้วยสมการ $\sum F_x = 0$

ในบางกรณี อาจต้องแบ่งส่วนของโครงข้อหมุนผ่านชิ้นส่วนมากกว่า 3 ชิ้น เช่นต้องการหาแรงในชิ้นส่วน AB และ KL ของโครงข้อหมุน ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปตัว K ดังรูป



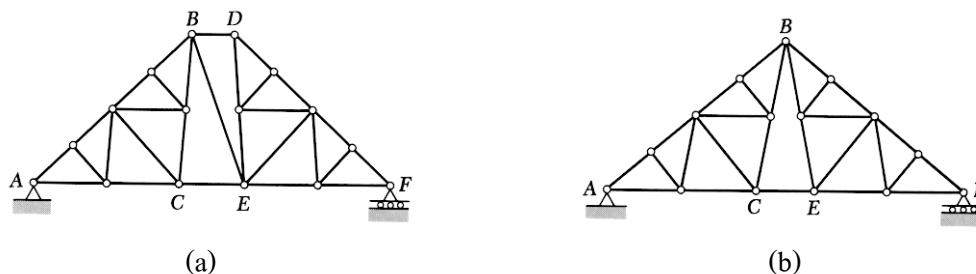
เลือกแนวแบ่ง a-a พิจารณาชิ้นส่วนโครงด้านซ้ายหรือด้านขวาก็ได้

$$\sum M_k = 0 \text{ จะได้แรง } F_{AB} \text{ และ } \sum M_B = 0 \text{ จะได้แรง } F_{KL}$$

ในกรณีนี้หาตัวไม่รู้ค่าได้เพียงบางตัวเท่านั้น

5.8 โครงข้อหมุนประกอบ (Compound Trusses)

พิจารณาโครงข้อหมุนอย่างง่าย ABC และ DEF ถูกต่อเข้าด้วยกันด้วยกันด้วยแท่ง BD, BE และ CE ดังรูปที่ 5.17(a) รวมกันเป็นโครงข้อหมุนคงรูป ABDF 1 โครง



รูปที่ 5.17 (Beer, 1988: 237)

หรืออาจจะต่อโครง ABC และ DEF เข้าด้วยกันได้อีกแบบ ด้วยการรวมจุดต่อ B และ D เข้าด้วยกันเป็นจุดต่อ B จุดเดียว กลายเป็นโครงข้อหมุนคงรูปแบบ Fink ดังรูปที่ 5.17(b)

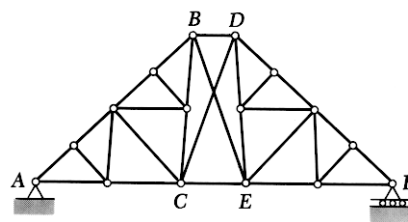
โครงที่เกิดจากการรวมกันของโครงข้อหมุนอย่างง่าย เรียกว่า โครงข้อหมุนประกอบ (compound trusses) ดังโครงข้อหมุนประกอบในรูปที่ 5.17(a) เกิดจากการรวมกันของโครงข้อหมุนอย่างง่าย 2 โครงด้วยแท่ง 3 แท่ง ได้แก่ BD, BE และ CE ส่วนโครงข้อหมุนประกอบในรูปที่ 5.17(b) เกิดจากการรวมกันของโครงข้อหมุนอย่างง่าย 2 โครงด้วยหมุดกลื่น B 1 หมุด และแท่ง CE 1 แท่ง

จากการสังเกตและตรวจสอบโครงข้อหมุนประกอบ พบว่าจำนวนชิ้นส่วนและจำนวนจุดต่อทั้งหมดมีความสัมพันธ์แบบโครงข้อหมุนอย่างง่าย คือ $m = 2n - 3$ และถ้าโครงข้อหมุนประกอบมีจุดรองรับซึ่งก่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่ไม่รู้ค่า 3 ตัว เช่นรองรับด้วยหมุดกลื่น 1 ตัวและลูกกลิ้ง 1 ตัว โครงข้อหมุนประกอบนั้นจะสามารถต้านทานการเคลื่อนที่ได้อย่างสมบูรณ์และแรงปฏิกิริยาทั้งหมดสามารถหาค่าได้ด้วยสมการสมดุล ซึ่งหมายความว่า 1. สามารถหาแรงภายในชิ้นส่วนทั้งหมดของโครง และแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับทั้ง 3 ตัว ได้โดยใช้เงื่อนไขของการสมดุล เพียงอย่าง

เดียว 2. ตัวโครงจะไม่พังพังลงมาภายใต้สภาวะน้ำหนักบรรทุกในลักษณะต่าง ๆ โดยทั่วไป 3. ตัวโครงจะไม่เคลื่อนที่ไม่ว่าจะถูกกระทำด้วยน้ำหนักบรรทุกในลักษณะใดก็ตาม

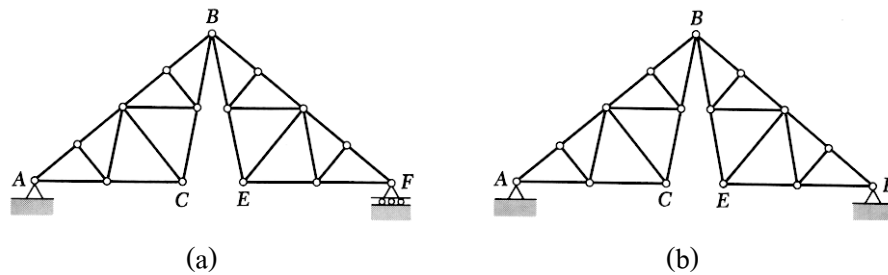
การหาแรงภายในชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโครงข้อหมุนประกอบค่อนข้างยุ่งยาก อาจต้องใช้ทั้งวิธีจุดต่อและวิธีแบ่งส่วน เช่น กรณีโครงข้อหมุนประกอบในรูปที่ 5.17(a) จะเป็นการง่ายขึ้นถ้าใช้วิธีแบ่งส่วน โดยการแบ่งผ่านชิ้นส่วน BD, BE และ CE แล้วหาแรงในชิ้นส่วนทั้ง 3 นี้ก่อน แล้วจึงใช้วิธีจุดต่อหาแรงภายในชิ้นส่วนที่เหลือทั้งหมดต่อไป

จากโครงข้อหมุนประกอบในรูปที่ 5.17(a) สมมติเพิ่มชิ้นส่วน CD เข้าไป ได้เป็นในโครงใหม่ดังรูปที่ 5.18 ซึ่งมี $m > 2n - 3$ นั่นคือมีจำนวนชิ้นส่วนมากกว่าปกติเกินไป 1 ชิ้น โครงข้อหมุนในลักษณะนี้เรียกว่าเป็นโครงข้อหมุน**คงรูปมากกว่าปกติ** (overrigid) และชิ้นส่วน 1 ใน 4 ชิ้นส่วน (BD, BE, CD หรือ CE) เรียกว่าเป็น **ส่วนเกิน** (redundant) และถ้าจุดรองรับของตัวโครงนี้ก่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาซึ่งไม่ทราบค่า 3 ตัว (มีหมุดลื่น 1 ตัวที่ A และลูกกลิ้ง 1 ตัวที่ F) จะทำให้จำนวนตัวไม่รู้ค่าทั้งหมดเท่ากับ $m+3$ มากกว่าจำนวนสมการที่มีอยู่ $2n$ อยู่ 1 ตัว โครงข้อหมุนนี้เรียกว่าเป็น **โครงข้อหมุนซึ่งไม่สามารถหาแรงทั้งหมดได้ด้วยสมการสมดุล** (statically indeterminate truss) เป็นโครงข้อหมุนซึ่งมีตัวไม่รู้ค่าทั้งหมดมากกว่าจำนวนสมการสมดุลที่มีอยู่ ทำให้ไม่สามารถหาตัวไม่รู้ค่าออกมาได้ทั้งหมดด้วยสมการสมดุลที่มีอยู่ จำเป็นต้องใช้เงื่อนไขพิเศษเพิ่มเติม ซึ่งอยู่นอกเหนือจากเนื้อหาของวิชานี้



รูปที่ 5.18 (Beer, 1988: 238)

คราวนี้สมมติว่า โครงข้อหมุนอย่างง่าย ABC และ DEF ถูกต่อเข้าด้วยกัน ด้วยหมุดลื่นที่ B เพียงอย่างเดียว ดังรูปที่ 5.19(a) จะทำให้ $m < 2n - 3$ และถ้าโครงทั้งหมดถูกรองรับด้วยจุดรองรับซึ่งก่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่ไม่รู้ค่า 3 ตัว ในกรณีนี้มีหมุดลื่นที่ A 1 ตัว และมีลูกกลิ้งที่ F 1 ตัว จะทำให้ตัวไม่รู้ค่าทั้งหมด $m+3$ น้อยกว่า $2n$ ซึ่งเป็นจำนวนสมการสมดุลที่มีอยู่ โครงข้อหมุนในลักษณะนี้เรียกว่า เป็นโครงข้อหมุน**ไม่คงรูป** (nonrigid) ซึ่งจะพังพังลงภายใต้สภาวะน้ำหนักของตัวโครงเอง

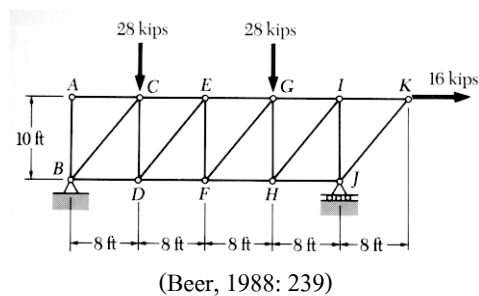


รูปที่ 5.19 (Beer, 1988: 238)

แต่ถ้าให้จุดรองรับเป็นหมุดเคลื่อนที่ทั้ง 2 ตัวที่ A และ F ซึ่งทำให้มีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่จุดรองรับ ซึ่งไม่รู้ค่า 4 ตัว จะทำให้จำนวนตัวไม่รู้ค่าทั้งหมด $m+4$ เท่ากับ $2n$ ซึ่งเป็นจำนวนสมการสมดุล ที่มีอยู่พอดี โครงในลักษณะนี้จะคงรูปซึ่งจะไม่พังพินาศ ดูรูปที่ 5.19(b)

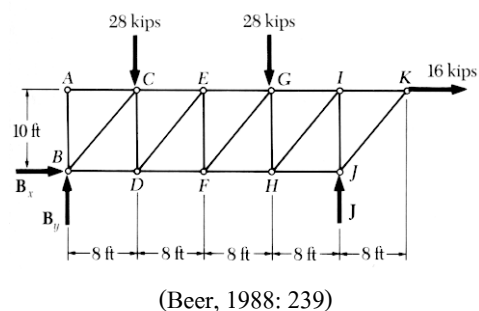
ตัวอย่าง 5.2

ให้หาแรงในชิ้นส่วน EF และ GI ของโครงข้อหมุนดังรูป



(Beer, 1988: 239)

วิธีทำ



(Beer, 1988: 239)

พิจารณาแผนภาพวัตถุอิสระของทั้งโครงข้อหมุน เพื่อหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ

$$\curvearrowright \sum M_B = 0 : -(28 \text{ kips})(8 \text{ ft}) - (28 \text{ kips})(24 \text{ ft}) - (16 \text{ kips})(10 \text{ ft}) + J(32 \text{ ft}) = 0$$

$$J = +33 \text{ kips} \quad \mathbf{J} = 33 \text{ kips} \uparrow$$

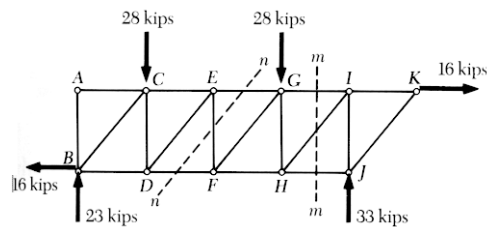
$$\rightarrow \sum F_x = 0 : \quad B_x + 16 \text{ kips} = 0$$

$$B_x = -16 \text{ kips} \quad \mathbf{B}_x = 16 \text{ kips} \leftarrow$$

$$\curvearrowright \sum M_J = 0 : (28 \text{ kips})(24 \text{ ft}) + (28 \text{ kips})(8 \text{ ft}) - (16 \text{ kips})(10 \text{ ft}) - B_y(32 \text{ ft}) = 0$$

$$B_y = +23 \text{ kips} \quad \mathbf{B}_y = 23 \text{ kips} \uparrow$$

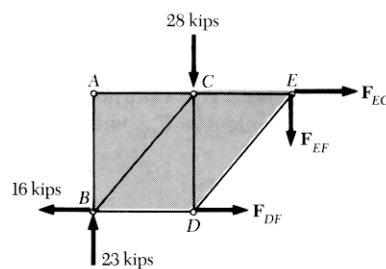
หาแรงในชิ้นส่วน EF



(Beer, 1988: 239)

แบ่งส่วนโครงข้อหมุนตามแนว "n-n" ดังรูป ผ่านชิ้นส่วน EF และชิ้นส่วนอื่นอีก 2 ชิ้นรวมทั้งหมดเท่ากับ 3 พอดี

พิจารณาส่วนโครงทางด้านซ้าย



(Beer, 1988: 239)

พิจารณาผลรวมของแรงในแกน y ให้เท่ากับศูนย์เพื่อกำจัดแรง F_{EG} และ F_{DF} ที่ไม่ต้องการออกไป จะเหลือแต่แรง F_{EF}

$$+\uparrow \sum F_y = 0: \quad +23 \text{ kips} - 28 \text{ kips} - F_{EF} = 0$$

$$F_{EF} = -5 \text{ kips}$$

$$F_{EF} = 5 \text{ kips } C$$

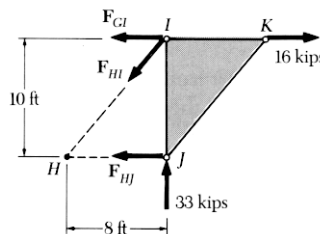
ตอบ

หมายเหตุ ตอนแรกสมมติให้แรง F_{EF} เป็นแรงดึง เมื่อค่าที่ออกมาเป็นลบ แสดงว่าต้องเป็นแรงอัด

หาแรงในชิ้นส่วน GI

แบ่งส่วนโครงข้อหมุนตามแนว "m-m" ดังรูป ผ่านชิ้นส่วน GI และชิ้นส่วน อื่นอีก 2 ชิ้นรวมทั้งหมดเท่ากับ 3 พอดี

พิจารณาส่วนโครงทางด้านขวา เนื่องจากมีแรงต่าง ๆ มากกระทำต่อวัตถุอิสระน้อยกว่า จะทำให้คำนวณง่ายและเร็วกว่า



(Beer, 1988: 239)

พิจารณาผลรวมโมเมนต์รอบ H ให้เท่ากับศูนย์ จะทำให้เหลือเพียงแต่แรง F_{GI} ซึ่งเป็นตัวไม่รู้ค่าเพียง 1 ตัว ในสมการเท่านั้น

$$\curvearrowright \sum M_H = 0: \quad (33 \text{ kips})(8 \text{ ft}) - (16 \text{ kips})(10 \text{ ft}) + F_{GI}(10 \text{ ft}) = 0$$

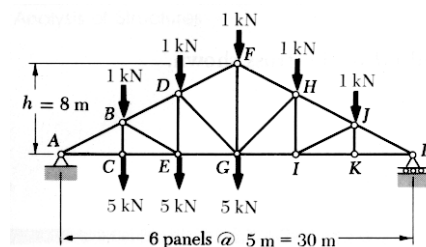
$$F_{GI} = -10.4 \text{ kips}$$

$$F_{GI} = 10.4 \text{ kips } C$$

ตอบ

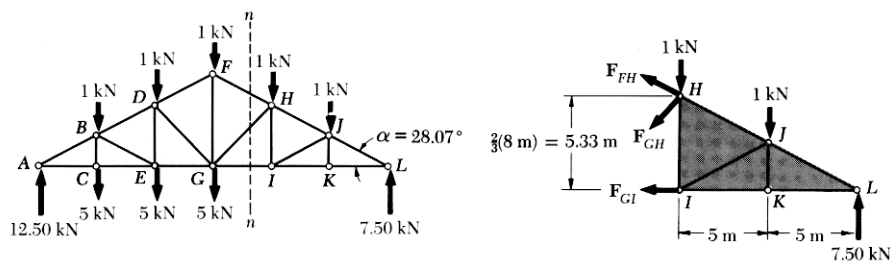
ตัวอย่าง 5.3

ให้หาแรงภายในชิ้นส่วน FH, GH และ GI ของโครงข้อหมุนหลังคาลังค้ำดังรูป



(Beer, 1988: 240)

วิธีทำ



(Beer, 1988: 240)

เขียนแผนภาพวัตถุอิสระของทั้งโครง แบ่งส่วนโครงข้อหมุนตามแนว "n-n" ซึ่งผ่านชิ้นส่วน FH, GH, GI ทั้งสาม

เลือกพิจารณาแผนภาพวัตถุอิสระของส่วนโครงทางด้านขวาเนื่องจากมีแรงมากจะทำน้อยกว่า

หาแรงปฏิกิริยาที่ L ซึ่งอยู่ในส่วนโครงทางขวา ด้วยการพิจารณาแผนภาพวัตถุอิสระของทั้งโครง จาก $\sum M_A = 0$ ได้ $L = 7.50 \text{ kN} \uparrow$

หาแรงในชิ้นส่วน GI

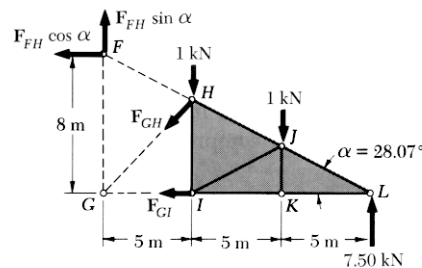
พิจารณาแผนภาพวัตถุอิสระของส่วนโครงทางขวา HLI

$$\sum M_H = 0: (7.50 \text{ kN})(10 \text{ m}) - (1 \text{ kN})(5 \text{ m}) - F_{GI}(5.33 \text{ m}) = 0$$

$$F_{GI} = +13.13 \text{ kN}$$

$$F_{GI} = 13.13 \text{ kN } T \quad \text{ตอบ}$$

หาแรงในชิ้นส่วน FH



(Beer, 1988: 240)

ส่งถ่ายแรง F_{FH} ไปตามแนวการกระทำจนถึงจุด F แล้วแยกเป็นแรงองค์ประกอบในแกน x และ y จากนั้นใช้สมการ $\sum M_G = 0$ จะได้โมเมนต์เนื่องจากแรง F_{FH} รอบ G เท่ากับ $(F_{FH} \cos \alpha)(8 \text{ m})$

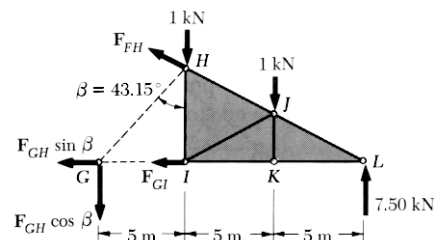
$$\sum M_H = 0:$$

$$(7.50 \text{ kN})(15 \text{ m}) - (1 \text{ kN})(10 \text{ m}) - (1 \text{ kN})(5 \text{ m}) + (F_{FH} \cos \alpha)(8 \text{ m}) = 0$$

$$F_{FH} = -13.81 \text{ kN}$$

$$\mathbf{F}_{FH} = 13.81 \text{ kN C} \quad \text{ตอบ}$$

หาแรงในชิ้นส่วน GH



(Beer, 1988: 240)

ส่งถ่ายแรง F_{GH} ไปตามแนวการกระทำจนถึงจุด G แล้วแยกเป็นแรงองค์ประกอบในแกน x และ y จากนั้นใช้สมการ $\sum M_L = 0$

$$\sum M_L = 0: (1 \text{ kN})(10 \text{ m}) + (1 \text{ kN})(5 \text{ m}) + (F_{GH} \cos \beta)(15 \text{ m}) = 0$$

$$F_{GH} = -1.371 \text{ kN}$$

$$\mathbf{F}_{GH} = 1.371 \text{ kN C} \quad \text{ตอบ}$$

