หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

โครงสร้าง

สาระสำคัญ

เมื่อวัตถุแข็งเกร็งหลายๆ ชิ้นถูกนำมาประกอบกันเป็นโครงสร้างและต้องยอมรับแรงกระทำจากภายนอก ภายในตัวโครงสร้างจะเกิแรงที่ยึดเหนี่ยวชิ้นส่วนแต่ละชิ้นเข้าด้วยกัน ในหน่วยการเรียนนี้จะเน้นการหาแรงที่ยึดเหนี่ยวให้วัตถุหลายๆ ชิ้นนั้นยังคงประกอบกันเป็นโครงสร้างที่มีรูปร่างลักษณะแบบเดิม โดยวิเคราะห์โครงสร้างแบบต่างๆ ได้แก่ โครงถัก โครงกรอบ และเครื่องจักรกล

สาระการเรียนรู้

1. โครงถัก
   - 1.1 การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยืนต่อ
   - 1.2 การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีตัดแยกส่วน
2. โครงกรอบและเครื่องจักรกล

สมรรถนะประจำหน่วย

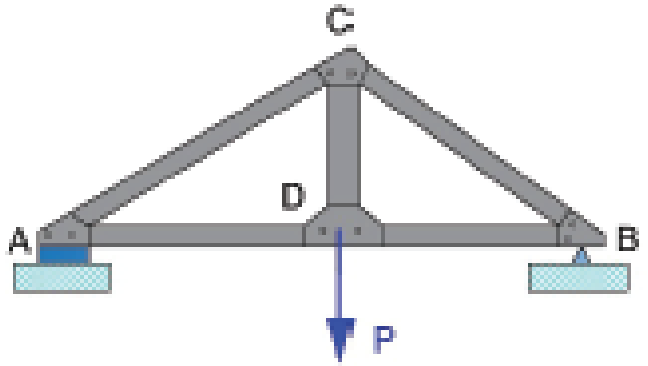
1. แสดงการเขียนแรงที่เกิดขึ้นในแต่ละจุด
2. คำนวณแรงในชิ้นส่วนของโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นโครงถัก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกลักษณะของโครงถักได้
2. วิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อได้
3. วิเคราะห์โครงถักโดยวิธีตัดแยกส่วนได้
4. วิเคราะห์โครงกรอบและเครื่องจักรได้

โครงถัก

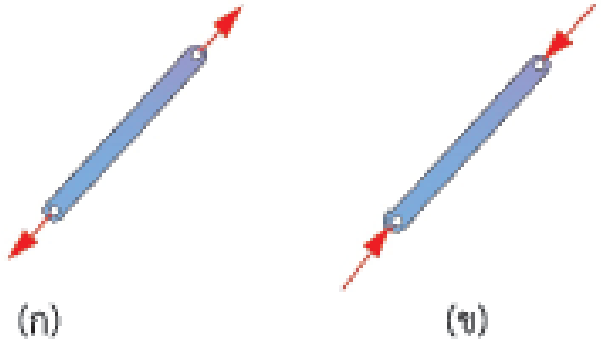
โครงถักเป็นโครงสร้างหลักชนิดหนึ่งในงานวิศวกรรมที่ใช้ในการก่อสร้างสะพานและอาคาร โครงถัก ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนที่ถูกยึดต่อเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง เช่น โครงหลักคา และโครงสะพาน ชิ้นส่วนของโครงถักอาจเป็นคานรูปตัวไอ ตัวยู หรือเหล็กฉาก จุดต่อกันหรือจุดยึดกัน ของชิ้นส่วนทั้งหมดอาจใช้การเชื่อม การย้ำ สลัก หรือสลักเกลียว เมื่อชิ้นส่วนของโครงถักอยู่ในระนาบเดียวกัน เรียกว่า โครงถักระนาบ ดังรูปแสดงตัวอย่างของโครงสร้างหลังคา การวิเคราะห์ชิ้นส่วนของโครงถัก ดังกรณีชิ้นส่วน AB ชิ้นส่วนนี้ถูกยึดต่อที่จุด D ดังนั้นชิ้นส่วน AB จะถือว่าประกอบไปด้วยชิ้นส่วน AD และ DB



โครงหลังคา

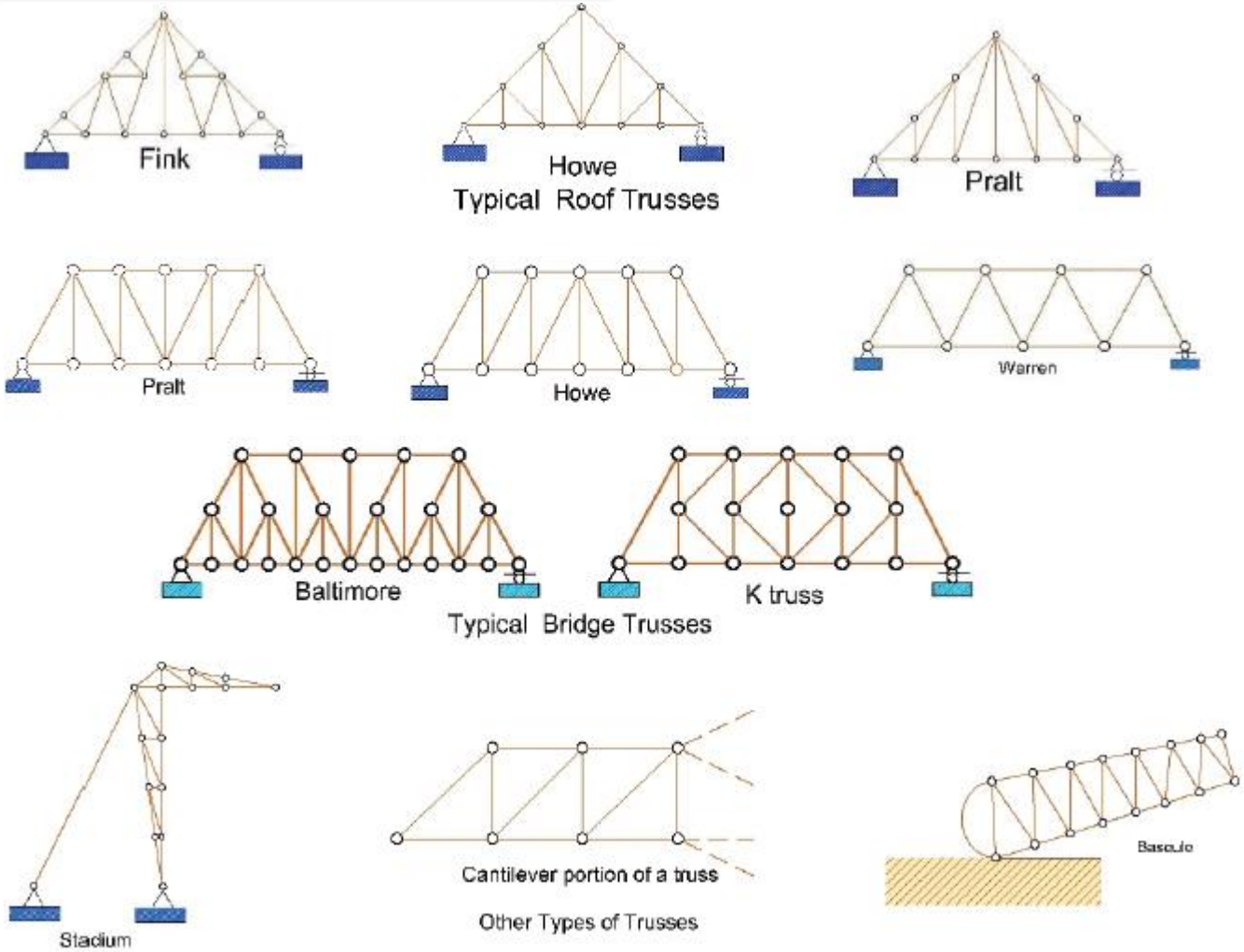
โครงถัก

น้ำหนักของชิ้นส่วนในโครงถัก ตั้งข้อสมมติให้กระทำที่ปลายทั้งสองข้างของจุดยึดต่อ โดยแบ่งน้ำหนักเป็นสองส่วนเท่าๆ กัน จุดยึดต่อของโครงถักให้ถือว่าเป็นการเชื่อมต่อด้วยหมุดทั้งหมด ไม่ว่าจะเชื่อมต่อด้วยการเชื่อม สลักเกลียว หรือหมุดย้ำแรงที่กระทำที่ปลายทั้งสองของชิ้นส่วนจะลดรูปให้เป็นแรงเดี่ยวและไม่เกิดแรงคู่ควบ ดังรูป แสดงการกระทำของแรงในชิ้นส่วนของโครงถัก โดยรูป (ก) เป็นสภาวะการดึง ส่วนรูป (ข) เป็นสภาวะการกด



แรงในชิ้นส่วน

โครงถัก

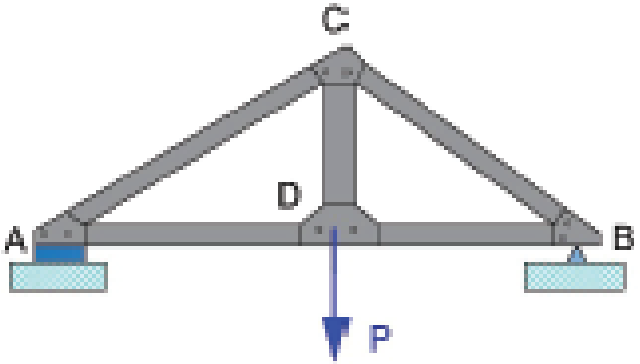


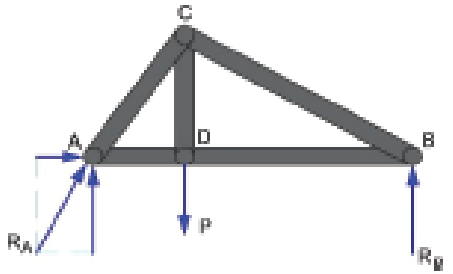
โครงถักแบบต่างๆ

การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ

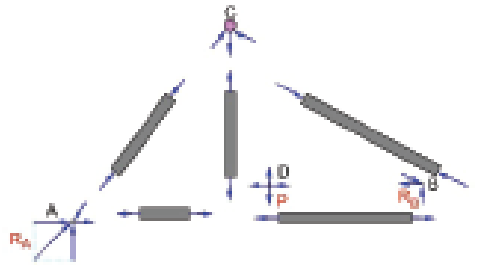
สามารถเขียนแผนภาพวัตถุอิสระได้ดังรูป (ก) และเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ เมื่อแยกชิ้นส่วนทั้งหมดได้ดังรูป (ข)

จากรูป





(ก)

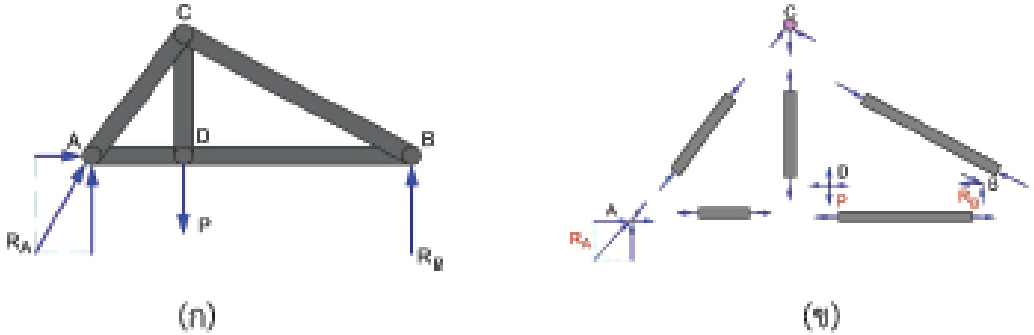


(ข)

ชิ้นส่วนในโครงสร้างแต่ละชิ้น จะมีแรงกระทำที่ปลายทั้งสองข้าง ซึ่งแรงทั้งสองนั้นจะมีขนาดเท่ากัน อยู่ในแนวแรงเดียวกันแต่ทิศตรงข้ามกัน ตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน แรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา ดังนั้นชิ้นส่วนที่ยึดต่อกันด้วยหมุด แรงกิริยาที่กระทำต่อชิ้นส่วนจะเท่ากับแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อหมุดด้วย

การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ

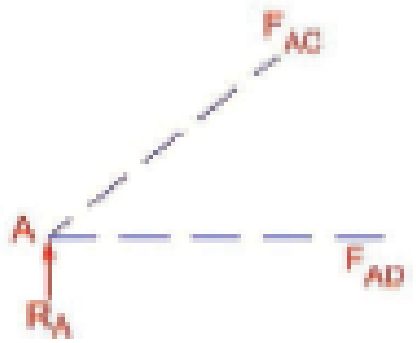
การคำนวณแรงภายในโครงสร้างให้พิจารณาว่าทุกจุดยึดต่ออยู่ในสภาวะสมดุล จากรูป



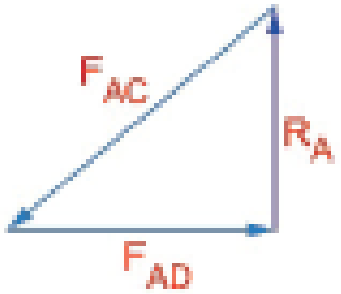
สามาถเขียนแผนภาพวัตถุอิสระของแต่ละจุดยึดต่อได้ดังรูป

<u>จุดยึดต่อ A</u>

แผนภาพวัตถุอิสระ



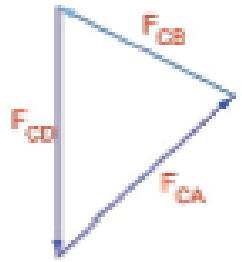
ภาพหางต่อหัว



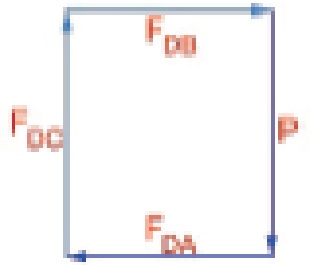
การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ

จุดยึดต่อ D

แผนภาพวัตถุอิสระ

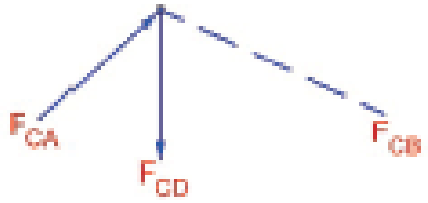


ภาพหางต่อหัว

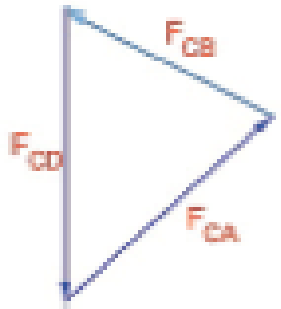


จุดยึดต่อ C

แผนภาพวัตถุอิสระ



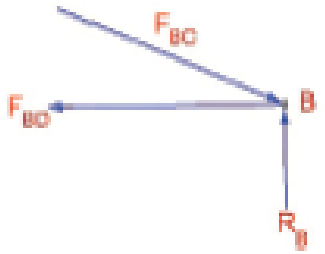
ภาพหางต่อหัว



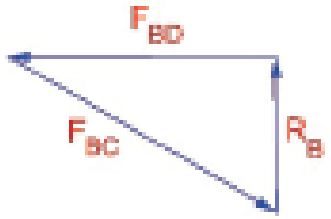
การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ

จุดยึดต่อ B

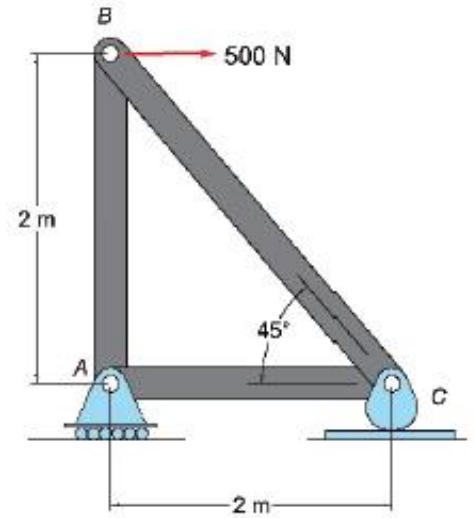
แผนภาพวัตถุอิสระ



ภาพหางต่อหัว



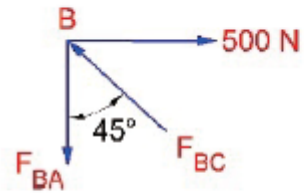
ตัวอย่าง



จากรูป จงคำนวณหาแรงในชิ้นส่วนของโครงสร้างโดยใช้วิธีจุดยึดต่อ

วิธีทำ

จุดยึดต่อ B



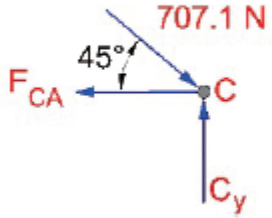
$$\xrightarrow{+}\Sigma F_x = 0: \quad 500\ \text{N} - F_{BC}\sin 45^\circ = 0$$

$$F_{BC} = 707.1\ \text{N} \qquad \text{แรงกด}$$

$$\uparrow\Sigma F_y = 0: \quad F_{BC}\cos 45^\circ - F_{BA} = 0$$

$$F_{BA} = 500\ \text{N} \qquad \text{แรงดึง}$$

จุดยึดต่อ C



$$\xrightarrow{+}\Sigma F_x = 0: \quad -F_{CA} + 707.1\cos 45^\circ\ \text{N} = 0$$

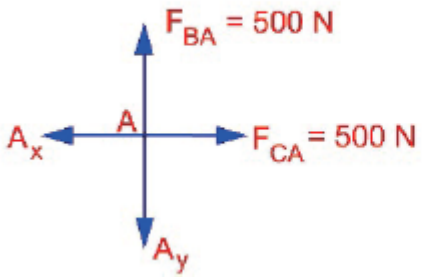
$$F_{CA} = 500\ \text{N} \qquad \text{แรงดึง}$$

$$\uparrow\Sigma F_y = 0: \quad C_y - 707.1\sin 45^\circ = 0$$

$$C_y = 500\ \text{N} \qquad \text{แรงกด}$$

วิธีทำ

จุดยึดต่อ A



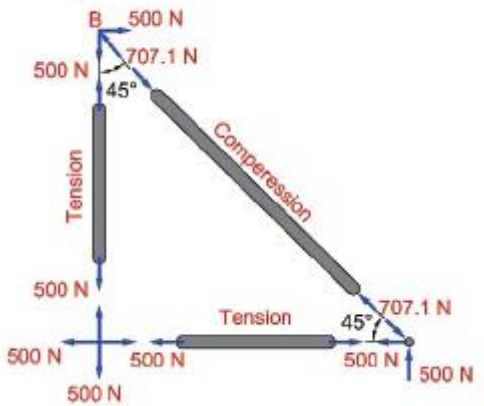
$$\rightarrow\Sigma F_x = 0: \quad 500\ N - A_x = 0$$

$$A_x = 500\ N \quad \text{แรงดึง}$$

$$\uparrow\Sigma F_y = 0: \quad 500\ N - A_y = 0$$

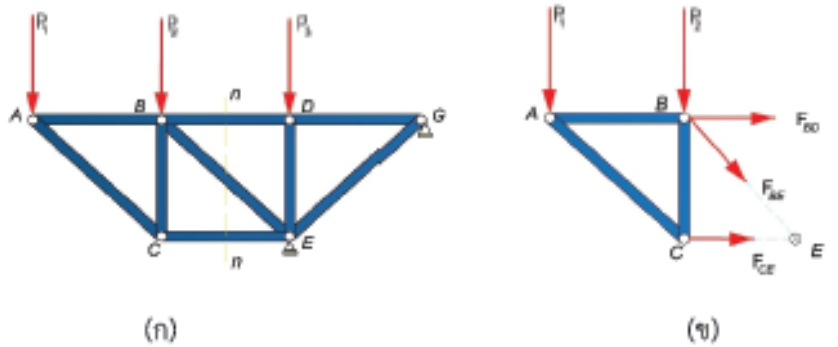
$$A_y = 500\ N \quad \text{แรงดึง}$$

สรุป แรงที่กระทำในโครงสร้างแสดงได้ดังรูป



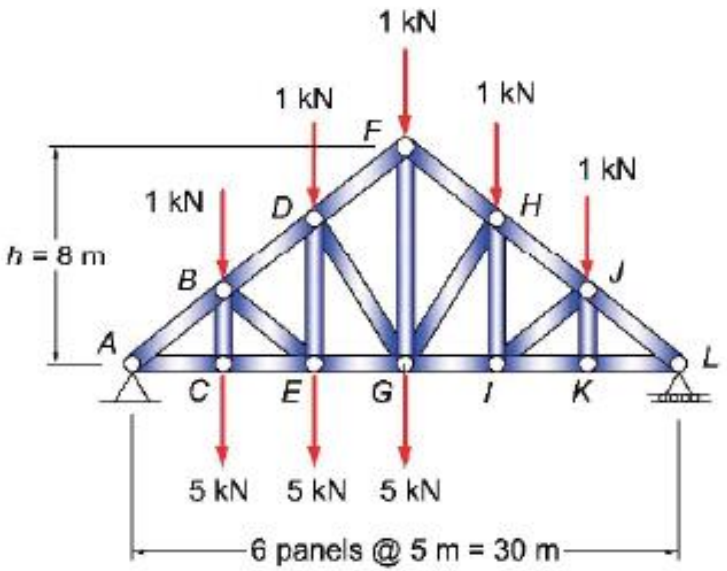
การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีตัดแยกส่วน

ในกรณีที่ต้องการทราบแรงในชิ้นส่วน BD ของโครงถักดังรูป (ก) สามารถทำได้โดยวิเคราะห์แบบจุดยึดต่อ โดยเขียนแผนภาพอิสระที่จุด B หรือจุด D แต่ในกรณีที่ต้องการทราบแรงแค่บางค่า สามารถทำได้โดยใช้การวิเคราะห์โดยการพิจารณาชิ้นส่วนของโครงสร้างแบบแยกส่วนดังรูป (ข) ซึ่งโครงสร้างย่อยที่ตัดออกมานี้จะประกอบไปด้วยแรงภายนอกและแรงภายในของโครงถัก โดยที่แรงภายในจะกระทำตามแนวของชิ้นส่วน แต่เนื่องจากยังไม่ทราบว่าแรงดังกล่าวเป็นแรงดึงหรือแรงกด การเขียนแผนภาพวัตถุอิสระจะกำหนดให้แรงทั้งหมดเป็นแรงดึงไปก่อน จากนั้นจึงวิเคราะห์แผนภาพวัตถุอิสระโดยใช้หลักการสมดุลเพื่อหาค่าแรงที่ไม่ทราบค่าต่อไป



การเขียนแผนภาพวัตถุอิสระแบบแยกส่วน

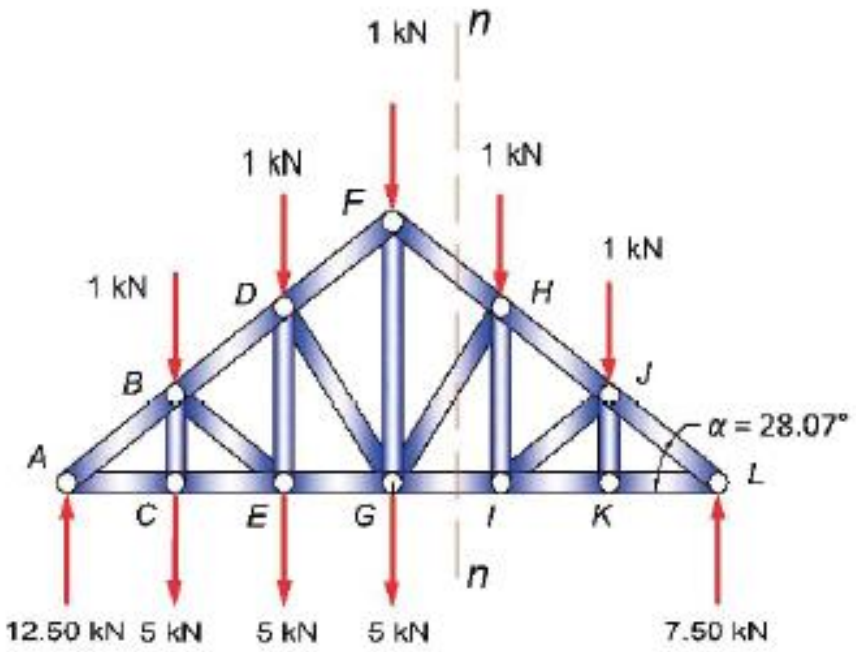
ตัวอย่าง



จงคำนวณหาแรงในชิ้นส่วน FH GH และ GI ของโครงถัก ในภาพ

วิธีทำ

เขียนแผนภาพวัตถุอิสระของโครงถัก



คำนวณหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ A และ L โดยใช้หลักการสมดุล

$$A = 12.40\ \text{kN} \uparrow \qquad L = 7.40\ \text{kN} \uparrow$$

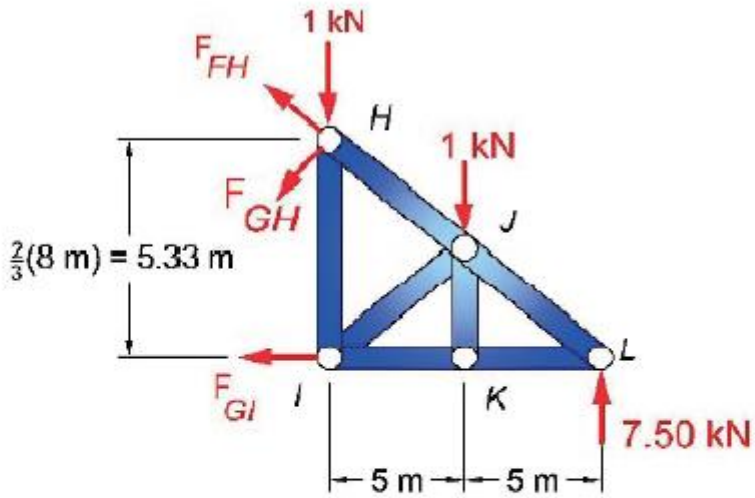
$$\tan\alpha = \frac{FG}{GL} = \frac{8\ \text{m}}{15\ \text{M}} = 0.5333$$

$$\alpha = 28.07°$$

วิธีทำ

หาแรงในชิ้นส่วน GI

ตัดโครงสร้างในระนาบ n-n เขียนแผนภาพวัตถุอิสระของโครงถัก HLI หาแรง FGI

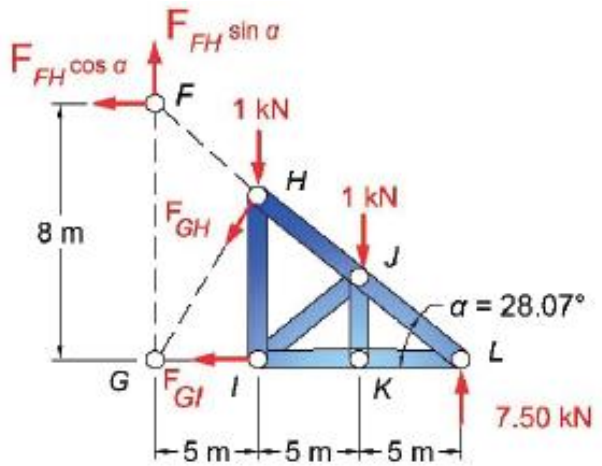


$$\circlearrowleft \Sigma M_H = 0 : (7.50\ \text{kN})(10\ \text{m}) - (1\ \text{kN})(5\ \text{m}) - F_{GI}(5.33\ \text{m}) = 0$$

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

วิธีทำ

หาแรงในชิ้นส่วน FH

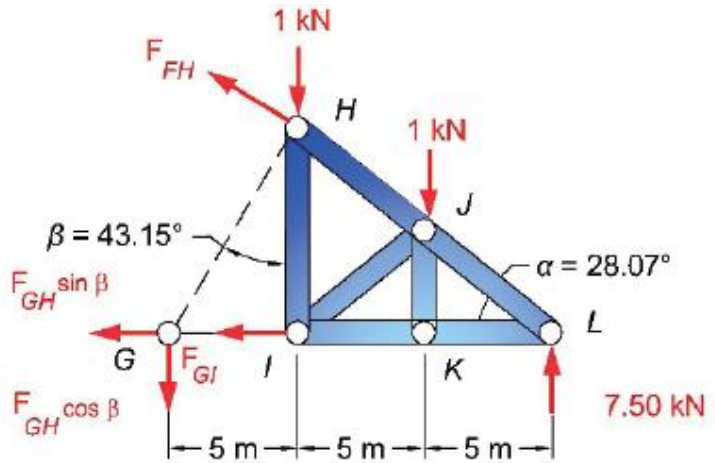


$$\circlearrowleft \Sigma M_G = 0 : (7.50\ \text{kN})(10\ \text{m}) - (1\ \text{kN})(5\ \text{m}) - F_{GI}(5.33\ \text{m})$$

$$+ (F_{FH}\cos\alpha)(8\ \text{m}) = 0$$

วิธีทำ

หาแรงในชิ้นส่วน GH



$$\tan\beta = \frac{GI}{HI} = \frac{5\text{ m}}{\frac{2}{3}(8\text{ M})} = 0.9375$$

$$\beta = 43.15°$$

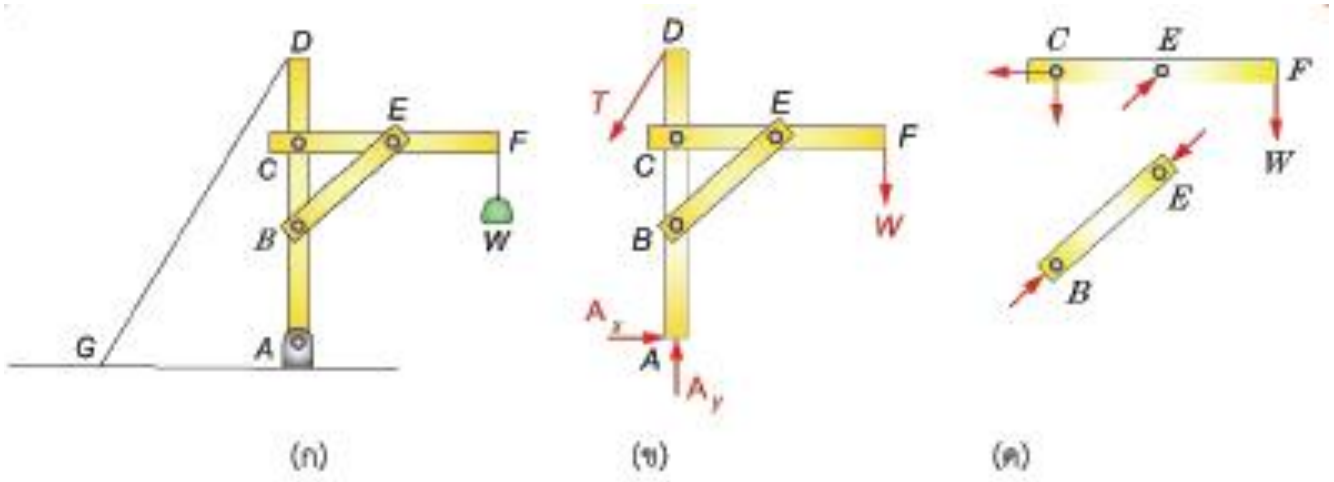
$$\circlearrowleft \Sigma M_L = 0: (1\text{ kN})(10\text{ m}) + (1\text{ kN})(5\text{ m}) + (F_{GH}\cos\beta)(15\text{ m}) = 0$$

$$F_{GH} = -1.371\text{ kN} \qquad F_{GH} = 1.371\text{ kN} \quad \text{แรงกด}$$

โครงกรอบและเครื่องจักรกล

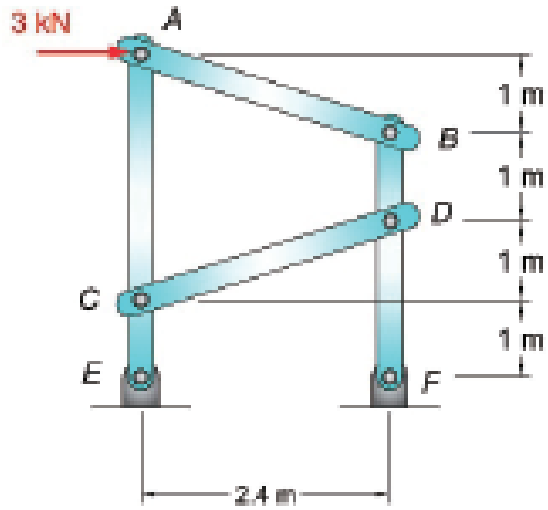
โครงกรอบและเครื่องจักร บางชิ้นส่วนสามารถพิจารณาเป็นชิ้นส่วนรับแรง 2 แรงได้ บางชิ้นส่วนอาจจะเป็นชิ้นส่วนรับแรง 3 แรงหรือมากกว่า เรียกว่า ชิ้นส่วนรับหลายแรง (Multi-Force Member)

เครน คือ โครงกรอบอย่างหนึ่ง ตัวอย่างการวิเคราะห์เครนแสดงดังรูป (ก) แผนภาพวัตถุอิสระในรูป (ข) ใช้สำหรับการคำนวณหาแรงภายนอก จากนั้นเขียนแผนภาพวัตถุอิสระตามรูป (ค) เพื่อคำนวณหาแรงภายใน



การพิจารณาแรงภายในของโครงสร้าง

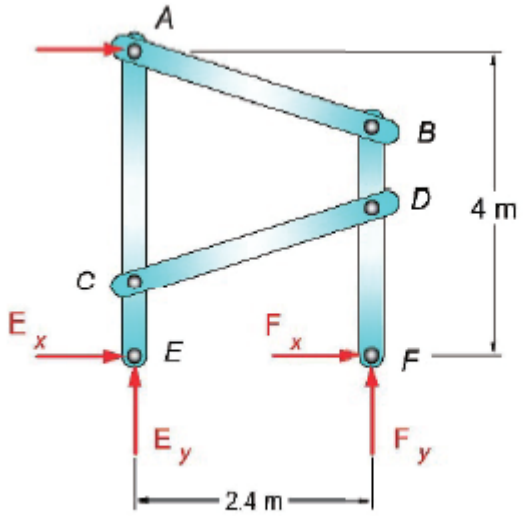
ตัวอย่าง



มีแรงกระทำ 3 kN ในแนวนอนที่หมุด A ดังรูป จงคำนวณหาแรงที่กระทำในชิ้นส่วน

วิธีทำ

เขียนแผนภาพวัตถุอิสระโครงกรอบ



$$\circlearrowleft \Sigma M_E = 0: \quad (3\ \text{kN})(4\ \text{m}) + F_y(2.4\ \text{m}) = 0$$

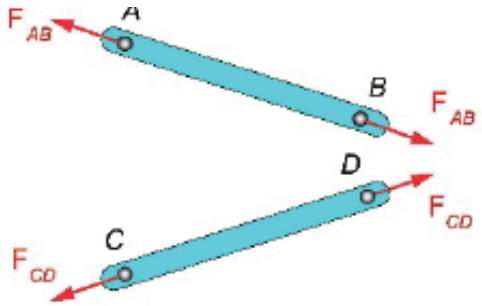
$$F_y = +5\ \text{kN} \qquad F_y = 5\ \text{kN} \uparrow$$

$$\circlearrowleft \Sigma F_y = E_y + F_y = 0$$

$$F_y = -5\ \text{kN} \qquad F_y = 5\ \text{kN} \downarrow$$

วิธีทำ

พิจารณาชิ้นส่วน ACE



$$\uparrow +\Sigma F_y = 0: \quad -\frac{5}{13}F_{AB} + \frac{5}{13}F_{CD} - 5\ \text{kn} = 0$$

$$\uparrow +\Sigma F_E = 0: \quad -(3\text{kN})(4\text{m}) - \left(\frac{12}{13}F_{AB}\right)(4\text{m}) - \left(\frac{12}{13}F_{CD}\right)(1\text{m}) = 0$$

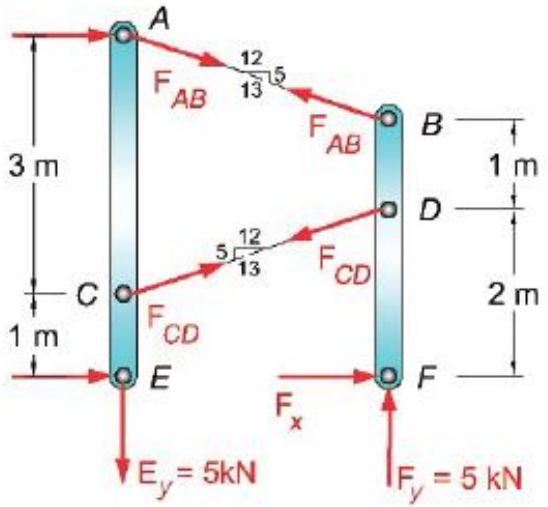
แก้สมการได้ค่า $F_{AB} = -5.2\ \text{kN}$ $F_{CD} = +7.8\ \text{kN}$

$$\uparrow +\Sigma F_y = 0: \quad 3\text{kN} + \frac{12}{13}(-5.2\ \text{kN}) + \frac{12}{13}(+7.8\ \text{kn}) + E_x = 0$$

$$E_x = -5.4\ \text{kN} \qquad E_x = 5.4\ \text{kN} \leftarrow$$

วิธีทำ

พิจารณาแผนภาพวัตถุอิสระโครงกรอบ



$$\uparrow +\Sigma F_x = 0 : \ 3\text{kN} - 5.4\ \text{kN} + F_x = 0$$

$$F_x = +2.4\ \text{kN} \qquad F_x = 2.4\ \text{kN} \rightarrow$$