	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 5
	ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม 1.	**สอนครั้งที่** 11
	ชื่อหน่วย โครงสร้าง (ต่อ)	**จำนวน 3 ชั่วโมง**

หัวเรื่อง

5.3 วิธีการใช้ภาคตัด

5.4 โครงกอบและเรื่องจักรกล

สาระสำคัญ

1. วิธีการใช้ภาคตัดสามารถทำได้โดย การใช้สมการสมการของโมเมนต์ในการเลือกภาคตัด และใช้สมการสมดุล $\sum F_x = O,\ \sum F_y = O$ และ $\sum M = O$ ช่วยในการคำนวณ สมการสมดุล

2. โครงกรอบ เป็นโครงสร้างที่อยู่นิ่ง (stationary) ทำหน้าที่รับแรง ส่วนเครื่องจักรกลอาจอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ก็ได้ แต่จะมีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวได้ ได้รับกาออกแบบให้ส่งถ่ายหรือถ่ายทอด (transmit) แรง หรือเปลี่ยนผลของแรง

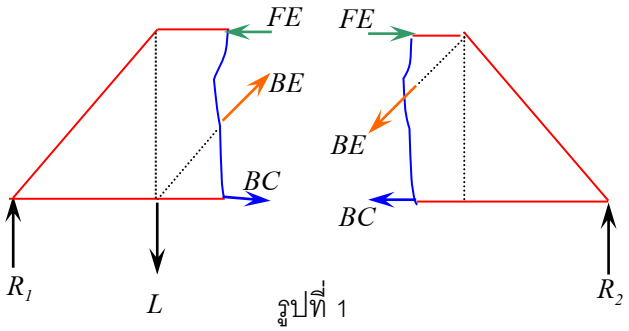
สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณ วิชาชีพ)

1. ผู้เรียนสามารถอธิบายวิธีขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้วิธีการใช้ภาคตัดได้อย่างถูกต้อง
2. ผู้เรียนสามารถอธิบายวิธีขั้นตอนหลักๆในการวิเคราะห์โครงกอบและเครื่องจักรกลได้อย่างถูกต้อง
3. สามารถเขียนแผนภาพอิสระได้อย่างถูกต้อง
4. ผู้เรียนคำนวณหาแรงในโครงกรอบและเครื่องจักรกล ได้อย่างถูกต้อง
5. ผู้เรียนเขียนแผนภาพวัตถุอิสระในโครงสร้างแต่ละชิ้นส่วนได้อย่างถูกต้อง

เนื้อหาสาระ

5.3 วิธีการใช้ภาคตัด (Method of sections)

ข้อได้เปรียบของวิธีการใช้จุดต่อ (Method of joints) คือจะใช้สมการการสมดุลเพียงสองสมการเท่านั้นทั้งนี้เพราะวิธีการเกี่ยวข้องกับระบบของแรงที่ตัดกันที่จุดหนึ่งแต่สำหรับวิธีการใช้ภาคตัด สมการของโมเมนต์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยการเลือกภาคตัด (sections) ที่ระบบของแรงไม่ได้ตัดกันที่จุดหนึ่ง ข้อได้เปรียบของวิธีการใช้ภาคตัดคือสามารถใช้หาแรงในชิ้นส่วนใด ๆ ได้โดยตรงจากการตัด section ผ่านชิ้นส่วนนั้น ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเริ่มคำนวณจากสลักแรกไปจนถึงชิ้นส่วนที่ต้องการในการเลือกตัด section มีข้อพึงสังเกตว่า ชิ้นส่วนที่ไม่ทราบค่าของแรงจะต้องมีไม่เกินสามในแต่ละภาคตัดเพราะว่ามีเงื่อนไขของการสมดุลเพียงสามสมการเท่านั้น



รูปที่ 1

จากรูป (ก) ขั้นแรกหาแรงปฏิกิริยาภายโดยการคิดโครงถักทั้งหมดเป็นวัตถุชิ้นเดียวกัน เมื่อต้องการหาแรงในชิ้นส่วนใด เช่น BE ให้ตัดโครงถักออกโดยภาคตัดสมมติ (imaginary section) ที่แสดงไว้ด้วยเส้นประดังรูปที่ (ข) ภาคตัดนี้ตัดชิ้นส่วนทั้งสามซึ่งยังไม่ทราบแรงเพื่อให้แต่ละส่วนของโครงถักที่ถูกตัดยังคงอยู่ในสมดุลจึงจำเป็นที่จะต้องใส่แรงเท่ากับแรงที่ชิ้นส่วนที่ถูกตัดออกไปกระทำ แรงเหล่านี้ไม่ว่าจะเป็นแรงดึงหรือแรงกดจะต้องอยู่ในแนวของชิ้นส่วนเสมอ เพราะชิ้นส่วนเหล่านี้เป็นชิ้นส่วนรับสองแรง

ส่วนที่ถูกตัดทางด้านซ้ายอยู่ในสมดุลภายใต้แรงกระทำต่าง ๆ ดังนี้ภาระ L แรงปฏิกิริยา R_1 และแรงที่ชิ้นส่วนทั้งสามที่ถูกตัดออกไป

ทิศทางของแรงที่เขียนสามารถสังเกตได้จากเงื่อนไขการสมดุลดังนั้นถ้าคิดโมเมนต์รอบจุด B สำหรับส่วนทางซ้ายจะเห็นได้ว่าแรง EF

EF ควรจะชี้ไปทางซ้ายซึ่งคือแรงกด *ภาระ L* มีค่ามากกว่าแรงปฏิกิริยา R_1 ดังนั้นแรง *BE* จะต้องชี้ขึ้นเพื่อให้สมดุลทางแนวดิ่ง แรง BE เป็นแรงดึงเพราะกระทำออกจากพื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วน ด้วยการประมาณค่าของแรง R_1 และ L ไว้ในใจแรง BC ควรจะไปทางขวาเพื่อการสมดุลของ

โมเมนต์รอบจุด E ซึ่งถ้าสังเกตดูจากโครงถักก็จะพบเช่นเดียวกันว่า ชิ้นส่วนในแนวราบทางด้านล่างจะต้องถูกดึงเนื่องจากการแอ่นตัวที่เนื่องจากโมเมนต์ดัด (bending moment) เมื่อใช้สมการของโมเมนต์รอบจุด B สามารถหา EF ได้ทันที

เพราะแรงอื่น ๆ ผ่านจุด B แรง BEหาได้จากสมการของแรงในทางแกน y แรง BC หาได้จากสมกาiของโมเมนต์รอบจุด E ด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้วแรงที่ไม่ทราบค่าทั้งสามแรงก็สามารถหาได้โดยอิสระจากกัน

ส่วนของโครงถักทางด้านขวาอยู่ในสมดุลภายใต้แรงปฏิกิริยา R_2 และแรงในชิ้นส่วนที่ถูกยึดทั้งสามซึ่งมีทิศทางกระทำตรงกันข้ามกันเมื่ออยู่ในส่วนทางด้านซ้ายทิศทางของแรงในแนวราบดูได้จากการสมดุลของโมเมนต์รอบจุด B และ E โครงถักทั้งสองส่วนนี้นำไปใช้ในการคำนวณหาแรงได้เหมือนกัน แต่ส่วนที่มีแรงเกี่ยวข้องน้อยกว่าจะคำนวณได้ง่ายกว่าสิ่งสำคัญคือ จะต้องเข้าใจว่าในวิธีการใช้ภาคตัดนี้คิดส่วนทั้งหมดของโครงถักเป็นวัตถุเพียงชิ้นเดียวอยู่ในสมดุล ดังนั้นแรงในชิ้นส่วนที่อยู่ในภาคตัดจะไม่นำมายุ่งเกี่ยวด้วยในการคำนวณเพื่อให้วัตถุและแรงภายนอกที่กระทำเห็นได้ชัดจึงมักจะให้รอยตัดผ่านชิ้นส่วนไม่ใช่ผ่านสลัก

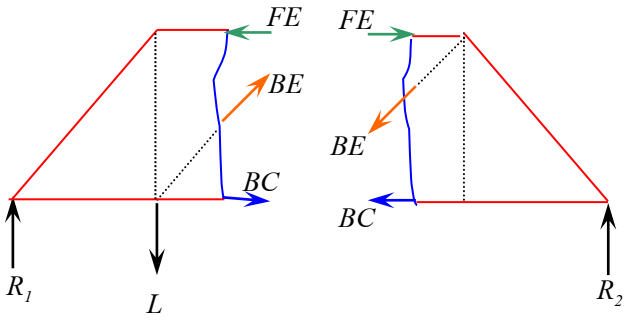
ในการใช้วิธีภาคตัดนี้ สมการของโมเมนต์มีประโยชน์มาก และจุดศูนย์กลางของโมเมนต์นั้นมักจะเลือกจุดที่มีแรงผ่านมากที่สุด

ซึ่งอาจจะอยู่ในหรือนอกส่วนที่ตัดก็ได้ เมื่อเขียนผังวัตถุอิสระของภาคตัดแล้วไม่เสมอไปนักที่จะทราบทิศทางที่ควรจะเป็นของแรงที่ไม่ทราบค่า เมื่อเป็นดังนี้จะสมมติเป็นเช่นใดก็ได้ ถ้าค่าทีได้มีเครื่องหมายบวกแสดงว่าสมมติไว้ถูกถ้าได้เครื่องหมายลบแสดงว่าสมมติไว้กลับทิศทาง การกำหนดสัญลักษณ์ของชิ้นส่วนและแรงมักจะใช้ตังอักษรที่อยู่ที่ปลายทั้งสองของชิ้นส่วนนั้น

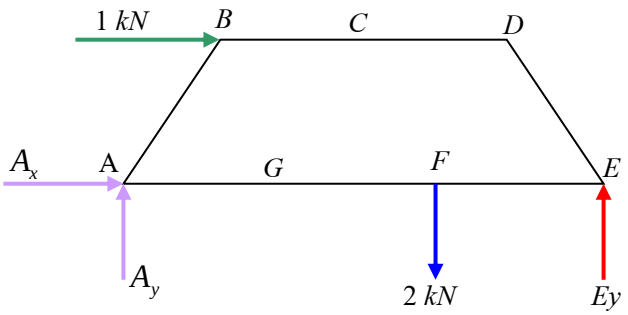
วิธีภาคตัด (Method of sections) มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. เขียนผังวัตถุอิสระของโครงสร้างทั้งหมด
2. ใช้หลักการสมดุลหาแรงปฏิกิริยาที่จำเป็นต้องใช้
3. ใช้การตัดโครงสร้างโดยให้ระนาบตัดนั้นผ่านชิ้นส่วนที่ต้องการหาแรงระนาบตัดจะตัดผ่านชิ้นส่วนได้ไม่เกิน 3 ชิ้นและตัวไม่ทราบค่าจะต้องมีไม่เกิน 3 ตัวเพราะมีสมการอยู่เพียงแค่ 3 สมการ
4. ใช้สมการสมดุล $\sum F_x = O$, $\sum F_y = O$ และ $\sum M = O$ ช่วยในการคำนวณ สมการสมดุลดังกล่าวไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมด อาจใช้เพียงสมการเดียวก็สามารถหาค่าได้
5. ในกรณีที่ระนาบตัดผ่านชิ้นส่วนเกินกว่า 3 ชิ้นขึ้นไป จะต้องใช้ระนาบตัดอีกชุดหนึ่งช่วยเสริมเพื่อหาตัวที่ไม่ทราบค่าบางตัวให้ได้ก่อน
6. เมื่อใช้ระนาบตัดโครงสร้างแล้ว ให้แยกโครงสร้างออกจากกัน และเขียนผังวัตถุอิสระของโครงสร้างที่แยกแล้วนั้น โดยจะพิจารณาโครงสร้างส่วนใดก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมดังรูป (ก) และ (รูปที่ 1)

<u>ตัวอย่างที่</u> 1 จงใช้วิธีภาคตัดคำนวณหาแรงในชิ้นส่วน CD , BC และ CG ของโครงสร้างดังรูป



<u>วิธีทำ</u>

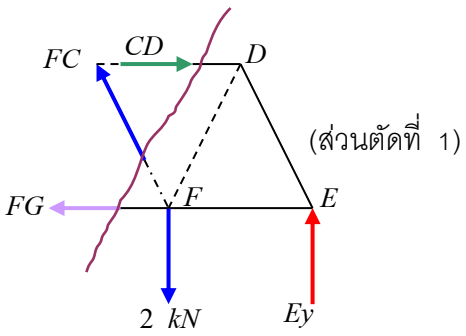


คำนวณหาแรงปฏิกิริยาที่จำเป็นคือ Ey ได้

$\sum M_A = O;$ + ; Ey (9) – 2(6) – 1(3Sin 60) = 0

Ey = 1.62 kN

ทำการตัดระนาบได้ดังนี้



ระนาบตัดที่ 1 ตัดผ่านชิ้นส่วนสามชิ้นได้แก่ CD , CF , FG ได้

$\sum M_F = O$, + ; 1.62(3) – CD(3 Sin 60) = 0

CD = 1.87 kN (แรงกด)

ตัดระนาบส่วนที่ 2

ระนาบตัดที่ 2 ตัดผ่านชิ้นส่วนสามชิ้นได้แก่ BC , CG , FG ได้

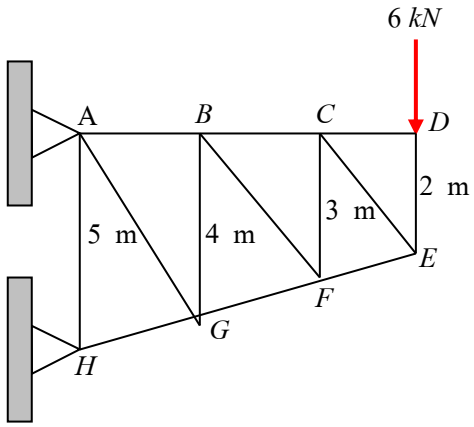
$\sum M_G = 0$; + ; $1.62(6) - 2(3) - BC(3\text{Sin } 60) = 0$

$BC = 1.43\ kN$ (แรงกด)

$\sum Fy = 0$; $\text{CG Sin } 60 + 1.62 - 2 = 0$

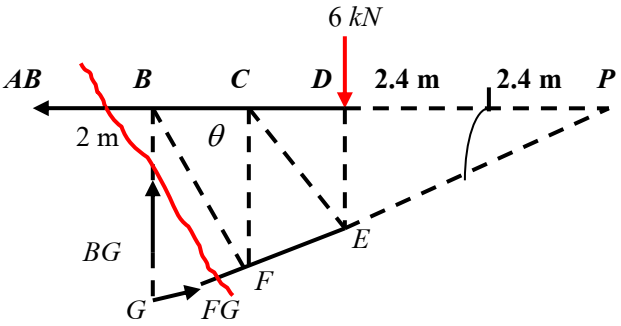
$CG = 0.44\ kN$ (แรงกด)

ตัวอย่างที่ 2 จงใช้วิธีภาคตัดหาแรงในชิ้นส่วน AB , BG , FG ของโครงสร้าง



วิธีทำ

ใช้ระนาบตัดผ่านชิ้นส่วน AB , BG , FG และพิจารณาว่าส่วนตัดด้านขวามือของโครงสร้าง ดังนั้นในกรณีนี้จึงไม่จำเป็นต้องหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ A และ H



เมื่อต่อแนวของโครงสร้างออกไปพบกันที่จุด P ได้มุม θ ดังนี้

$$\theta = \tan^{-1}\frac{2}{4.8} = 22.62$$

เขียนผังวัตถุอิสระของส่วนตัดด้านขวามือได้ดังรูป หาแรงในชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

$\sum M_P = 0$; (+) ; $6(4.8) - BG(9.6) = 0$

$BG = 3$ kN (แรงกด)

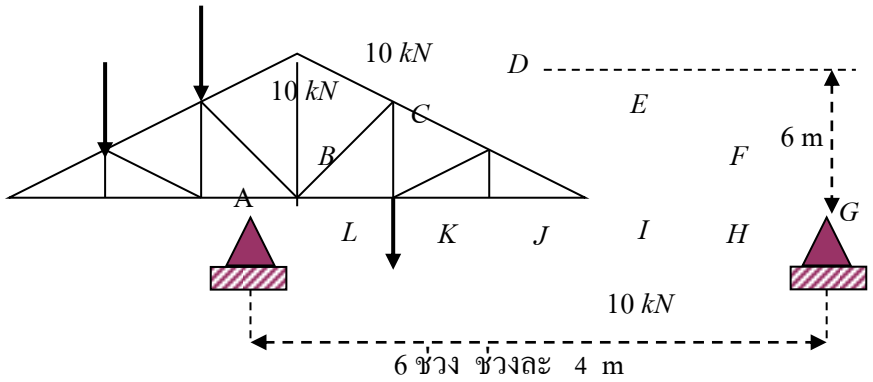
$\sum M_G = 0$; (+) ; $AB(4) - 6(4.8) = 0$

$AB = 7.2$ kN (แรงดึง)

$\sum M_B = 0$; (+) ; $FG(9.6 \text{ Sin } 22.62) - 6(4.8) = 0$

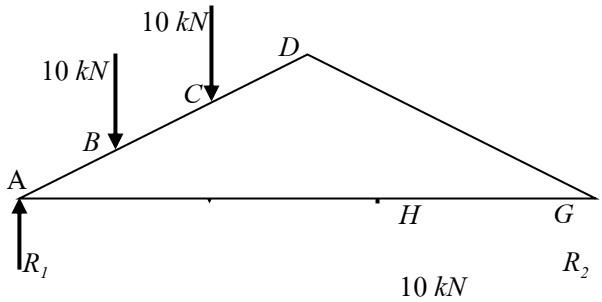
$FG = 7.8$ kN (แรงกด)

<u>ตัวอย่างที่</u> 3 จงใช้วิธีภาคตัดหาแรงในชิ้นส่วน DJ ของโครงหลังคาดังในรูป



<u>วิธีทำ</u>

ต้องใช้ระนาบตัด 2 ระนาบ เพราะระนาบตัดเดียวจะตัดผ่านชิ้นส่วน 4 ชิ้นจึงต้องใช้อีกระนาบหนึ่งมาช่วยหาตัวไม่ทราบค่า*ก่อน*

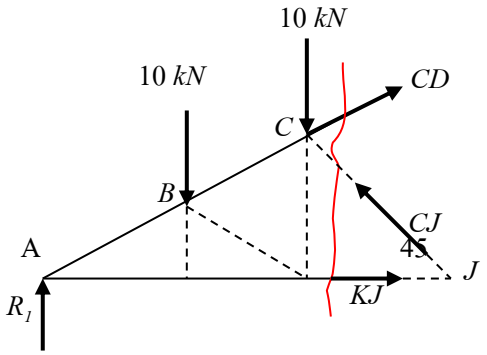


จากผังวัตถุอิสระของโครงสร้างทั้งหมด

$\sum M_G = 0$; (+) ; $10(8) + 10(6) + 10(20) - R_1(24) = 0$

$R_1 = 18.3\ kN$

พิจารณาส่วนตัดที่ 1 ได้

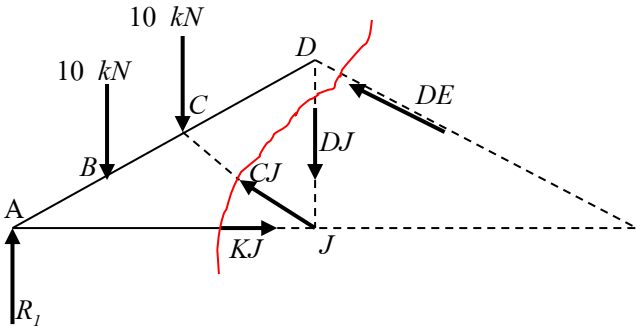


พิจารณาส่วนตัดที่ 1 เขียนผังวัตถุอิสระด้านซ้ายมือได้

$\sum M_A = 0$; + ; CJ Sin 45 (12) – 10(4) – 10(8) =0

CJ = 14.1 kN (แรงกด)

พิจารณาส่วนที่ 2 ได้



พิจารณาส่วนที่ 2 เขียนผังวัตถุอิสระของส่วนตัดด้านซ้ายมือได้

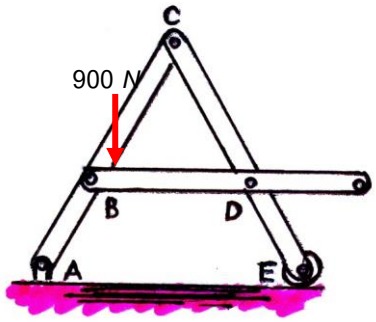
$\sum M_G = 0$; + ;

DJ(12) + 10(16) + 10(20) – 18.3(24) – 14.1 Sin 45 (12) = 0

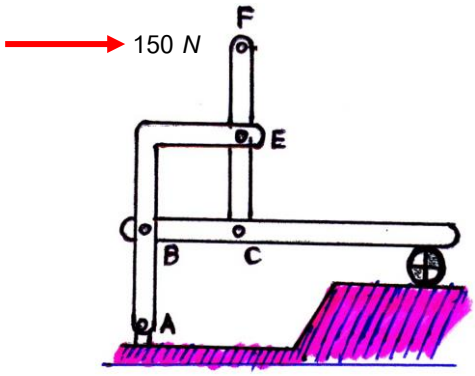
DJ = 16.6 kN (แรงดึง)

5.4 โครงกรอบและเครื่องจักรกล (Frame and Machine)

โครงกรอบที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่รับแรงหลายแรง (Multiforce members) ที่ต่อกันด้วยหมุด (pin-connected) นั่นคือ แต่ละชิ้นรับแรงมากกว่าสองแรงขึ้นไป เราเรียกโครงสร้างประเภทนี้ว่า “โครงกรอบ” (Frame) และ “เครื่องจักรกล” (Machine) โครงกรอบเป็นโครงสร้างที่อยู่นิ่ง (stationary) ทำหน้าที่รับแรงดังรูป (ก) และ (ข) ส่วนเครื่องจักรกลอาจอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ก็ได้ แต่จะมีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวได้ ได้รับกาออกแบบให้ส่งถ่ายหรือถ่ายทอด (transmit) แรง หรือเปลี่ยนผลของแรง เช่น ผ่อนแรงหรือเปลี่ยนทิศทางของแรง ดังในรูป (ค) , (ง) และ (จ)

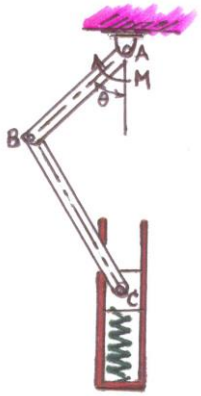


(ก)

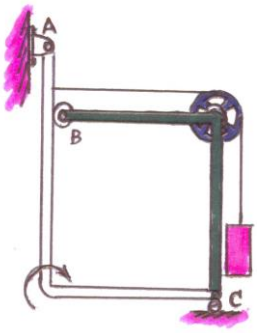


(ข)

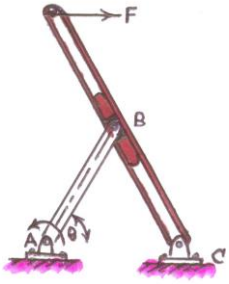
ในโครงข้อหมุนทุกชิ้นส่วนรับแรงเพียงสองแรง ดังนั้นแรงในแต่ละชิ้นส่วนจะมีทิศทางตามแนวแกน คือแรงดึงหรือแรงอัดเท่านั้น ส่วนโครงกรอบหรือเครื่องจักรกล มีบางชิ้นส่วนที่รับแรงมากกว่าสองแรง ดังนั้นแรงในแต่ละชิ้นส่วน จึงไม่จำเป็นต้องมีทิศทางอยู่ในแนวแกน นั่นคือ เราไม่รู้ขนาดและทิศทางของแรงในแต่ละชิ้นส่วน แรงที่ข้อต่อระหว่างจึงเป็นแรงจึงเป็นแรงที่ไม่รู้ขนาดและทิศทาง หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่ามีตัวไม่รู้ค่าสองตัว การวิเคราะห์หาค่าแรงต่างๆ ในโครงกรอบและเครื่องจักรกล จะใช้วิธีแยกข้อต่อหรือแยกส่วนเหมือนในโครงข้อหมุนไม่ได้ แต่จะต้องพิจารณาแผนภาพวัตถุอิสระของโครงสร้าง หรือแยกบางชิ้นส่วนหรือกลุ่มของชิ้นส่วนออกจากส่วนที่เหลือ และใช้สมการสมดุล



(รูปที่ 2)



(รูปที่ 3)



(รูปที่ 4)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

ในการวิเคราะห์หาค่าแรงในโครงกรอบและเครื่องจักรกล จำเป็นจะต้องเลือกแยกชิ้นส่วนเพื่อวาดผังอิสระของวัตถุ โดยมีขั้นตอนหลักๆ ดังต่อไปนี้

1. วาดแผนภาพวัตถุอิสระของทั้งระบบหรือโครงสร้าง หรือวาดเฉพาะบางส่วน (หลายชิ้นส่วน) หรือชิ้นส่วนเดียว โดยเลือกเริ่มผังอิสระที่จะนำไปสู่คำตอบตรงที่สุด

- พยายามเริ่มที่ชิ้นส่วนที่รับสองแรง จะลดการคำนวณให้น้อยลง เนื่องจากในชิ้นส่วนนี้จะรู้ทิศทางของแนวแรง ซึ่งจะอยู่ในแนวเส้นตรงที่ต่อระหว่างข้อต่อที่ปลายทั้งสองข้าง

- เมื่อวาดแผนภาพวัตถุอิสระของทั้งระบบ หรือบางส่วน (ที่ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วน) แรงในข้อต่อของส่วนที่ไม่แยก ถือว่าเป็นแรงภายใน จึงไม่ต้องแสดงในแผนภาพวัตถุอิสระ

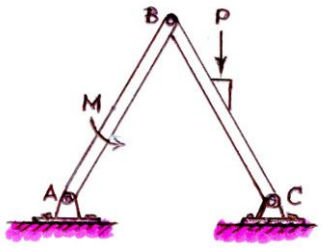
- เมื่อวาดแผนภาพวัตถุอิสระของแต่ละชิ้นส่วนแยกกัน แรงที่ข้อต่อถือว่าเป็นแรงภายนอก และที่ข้อต่อเดียวกัน แรงในแต่ละชิ้นส่วนที่แยกจากกันต้องมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้าม

2. ตรวจสอบสมการสมดุล (ซึ่งเท่ากับสามสำหรับโครงสร้างในสองมิติ) เปรียบเทียบกับจำนวนตัวไม่รู้ค่าในแผนภาพวัตถุอิสระแต่ละรูป

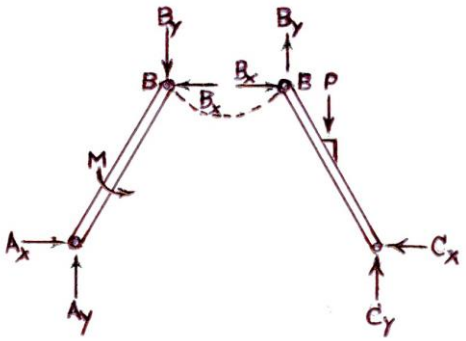
- พยายามหาโมเมนต์รอบจุดที่แนวแรงที่ไม่รู้ค่าผ่านมากที่สุด เพื่อลดขั้นตอนการคำนวณลง

- หากคำตอบที่ได้เป็นเครื่องหมายลบ แสดงว่าแรงที่คำนวณได้มีทิศทางตรงกันข้ามกับที่สมมติ

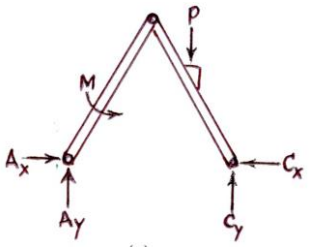
ตัวอย่างที่ 4.6 สำหรับโครงกรอบในรูป จงวาดแผนภาพวัตถุอิสระของ (ก) แต่ละชิ้นส่วน (ข) หมุด B (ค) โครงกรอบทั้งหมด



(ก)



(ข)

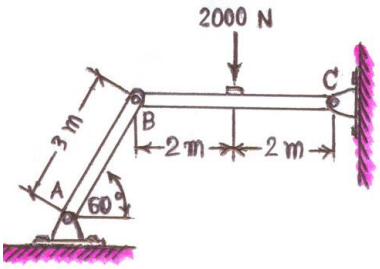


(ค)

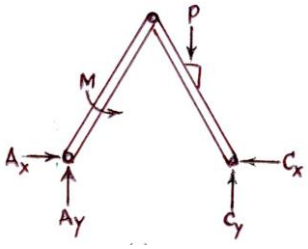
<u>วิธีทำ</u> 1. โครงกรอบดังในรูป (ก) เมื่อทำการแยกชิ้นส่วนจะเห็นว่าไม่มีชิ้นส่วนใดที่รับแรงเพียงสองแรงดังนั้นแรงที่ข้อต่อของแรงแต่ละชิ้นส่วนจะเป็นแรงที่ไม่รู้ขนาดและทิศทาง จึงเขียนแสดงเป็นสองแรงย่อย ดังแสดงในรูป (ข) แรงที่ข้อต่อเดียวกันในแต่ละท่อน คือที่ข้อต่อ B จะมีขนาดเท่ากันและมีทิศทางตรงกันข้าม

2. แรงบนหมุด B ที่ข้อต่อ เป็นแรงที่เกิดจากแต่ละท่อนกระทำบนหมุด B จึงอยู่ในสภาวะสมดุลดังนั้นแรงทั้งสองคู่ คือ B_X และ B_Y จากทั้งสองชิ้นส่วนจึงมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้ามดังแสดงในรูป (ค) 3. เมื่อวาดผังอิสระของโครงกรอบทั้งหมด (โดยไม่แยกข้อต่อ B) จะเห็นเฉพาะแรงภายนอกเท่านั้นคือ โมเมนต์ M และ แรง P และแรงปฏิกิริยาที่ A และ C ส่วนแรงภายนอกที่ที่ข้อต่อ B จะไม่แสดงในผัง

<u>ตัวอย่างที่</u> 4.7 จงหาแรงย่อยในแนวนอนและแนวดิ่งในหมุด C กระทำต่อท่อน CB ของโครงกรอบในรูป



(ก)

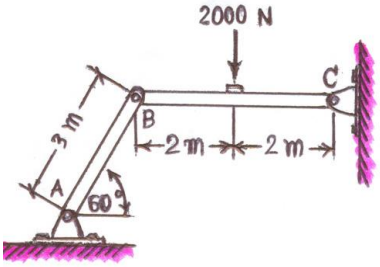


(ข)

วิธีทำ 1. โครงกรอบดังในรูป (ก) เมื่อทำการแยกชิ้นส่วนจะเห็นว่าไม่มีชิ้นส่วนใดที่รับแรงเพียงสองแรงดังนั้นแรงที่ข้อต่อของแรงแต่ละชิ้นส่วนจะเป็นแรงที่ไม่รู้ขนาดและทิศทาง จึงเขียนแสดงเป็นสองแรงย่อย ดังแสดงในรูป (ข) แรงที่ข้อต่อเดียวกันในแต่ละท่อน คือที่ข้อต่อ B จะมีขนาดเท่ากันและมีทิศทางตรงกันข้าม

2. แรงบนหมุด B ที่ข้อต่อ เป็นแรงที่เกิดจากแต่ละท่อนกระทำบนหมุด B จึงอยู่ในสภาวะสมดุลดังนั้นแรงทั้งสองคู่ คือ B_X และ B_Y จากทั้งสองชิ้นส่วนจึงมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้ามดังแสดงในรูป (ค) 3. เมื่อวาดผังอิสระของโครงกรอบทั้งหมด (โดยไม่แยกข้อต่อ B) จะเห็นเฉพาะแรงภายนอกเท่านั้นคือ โมเมนต์ M และ แรง P และแรงปฏิกิริยาที่ A และ C ส่วนแรงภายนอกที่ที่ข้อต่อ B จะไม่แสดงในผัง

ตัวอย่างที่ 4.7 จงหาแรงย่อยในแนวนอนและแนวดิ่งในหมุด C กระทำต่อท่อน CB ของโครงกรอบในรูป



(ก)

ท่อน AB $\sum M_A = 0 \; ; \; B_X(3\sin 60^\circ) - B_Y(3\cos 60^\circ) = 0$ ..... (1)

$\sum F_X = 0 \; ;$

$A_X - A_Y = 0$ ..... (2)

$\sum F_Y = 0 \; ;$

$A_Y - B_Y = 0$ ..... (3)

ท่อน BC $\sum M_C = 0 \; ; \; (2000)(2) - B_Y(4) = 0$

..... (4)

$\sum F_X = 0 \; ;$

$B_X - C_X = 0$ ..... (5)

$\sum F_Y = 0 \; ;$

$B_Y - 2000 + C_Y = 0$ ..... (6)

จากสมการ (4) $B_Y = 1000 \; N$

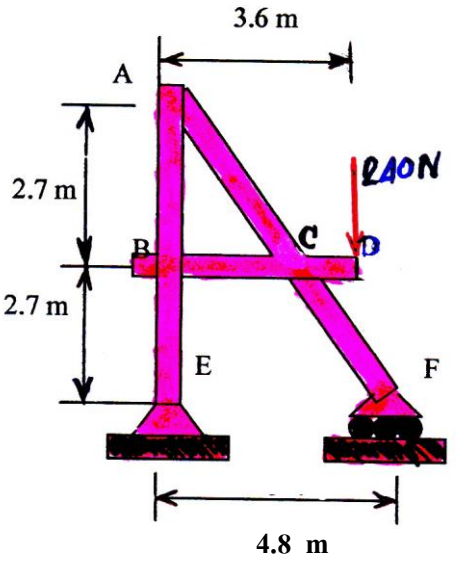
แทนค่าในสมการ (1) ได้ $B_X = 577 \; N$

แทนค่าในสมการ (5) ได้ $B_Y = 577$ N

และแทนค่า B_Y ในสมการ (6) ได้

$C_Y = 1000$ N ANS

ตัวอย่างที่ 1 จากโครงกรอบที่กำหนดให้ จงหาแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อชิ้นส่วนแต่ละชิ้นในโครงกรอบนี้



วิธีทำ

เขียนแผนภาพวัตถุอิสระของโครงสร้างทั้งหมด ได้

$\sum M_E = 0$; $\circlearrowleft +$; $Fy(4.8) - 240(3.6) = 0$

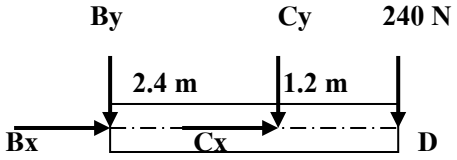
$Fy = 180$ N

$\sum Fy = 0$; $+\uparrow$; $Ey + 180 - 240 = 0$

$Ey = 60$ N

$\sum Fx = 0$; $+\rightarrow$; $Ex = 0$ N

เขียนผังวัตถุอิสระของชิ้นส่วน BCD



$\sum M_B = 0$; $\circlearrowleft +$; $-Cy(2.4) - 240(3.6) = 0$

$Cy = -360$ N (ทิศทางตรงกันข้าม)

$\sum M_C = 0$ $\circlearrowleft +$; $By(2.4) - 240(1.2) = 0$

$By = 120$ N

$\sum Fx = 0$; $\rightarrow +$; $Cx + Bx = 0$ ……..(1)

เขียนผังวัตถุอิสระของชิ้นส่วน ABE

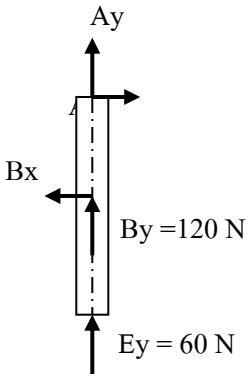
$Cy = -360$ N (ทิศทางตรงกันข้าม)

$\sum M_C = 0$ $\circlearrowleft +$; $By(2.4) - 240(1.2) = 0$

$By = 120$ N

$\sum Fx = 0$; $\rightarrow +$; $Cx + Bx = 0$ ……..(1)

เขียนผังวัตถุอิสระของชิ้นส่วน ABE



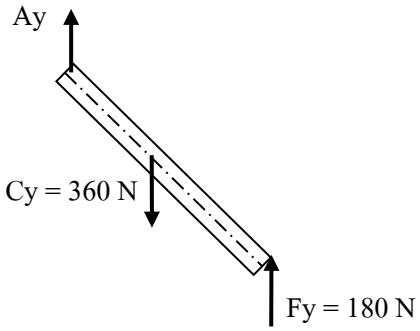
$\sum Fy = 0$; + ; $60 + 120 + Ay = 0$

$Ay = -180$ N (ทิศทางตรงกันข้ามกับที่สมมุติไว้)

$\sum M_A = 0$; $\circlearrowleft +$; $Bx = 0$ N

$\sum Fx = 0$; $\rightarrow +$; $Ax = 0$ N

เขียนผังวัตถุอิสระของชิ้นส่วน ACF



ดังนั้น

A = 180 N ↓

B = 120 N ↑

แทนค่า Bx ในสมการ (1) ได้ Cx = 0

∴ C = 360 N ↑ Ans

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู

ทดสอบ

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเรื่องโครงถักระนาบ วิธีใช้จุดต่อ (30 นาที)
2. ผู้สอนเฉลยแบบทดสอบ (10 นาที)

ขั้นนำ

1. ผู้สอนพูดถึงเนื้อหาเรื่อง วิธีการใช้ภาคตัดโครงกอบและเรื่องจักรกล (10 นาที)

ขั้นสอน

1. สอนแบบบรรยายในหน่วยที่ 5 (ในหัวข้อย่อย 1 , 2) (70 นาที)
2. สอนสาธิตหลักการคำนวณตัวอย่างที่ 1 , 2 (20 นาที)
3. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนถาม (25 นาที)
4. เฉลยแบบฝึกหัด (10 นาที)

ขั้นสรุป

1. สรุปเนื้อให้ผู้เรียนฟัง (10 นาที)

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

1. ให้ศึกษาเอกสารประกอบการเรียนตามหัวข้อ 1 , 2 และทำรายงานส่ง
2. ให้ทำแบบฝึกหัด
3. ให้ไปดูเนื้อหาที่จะเรียนสัปดาห์หน้า

สื่อการเรียนการสอน

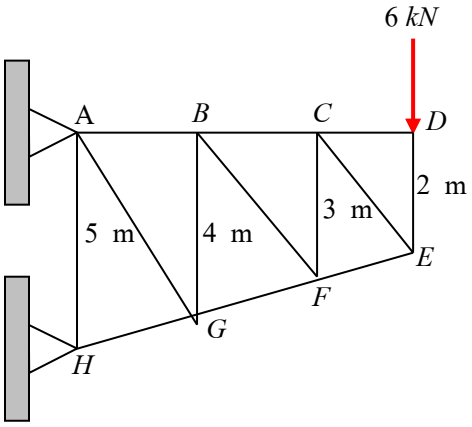
1. เอกสารประกอบการสอนเนื้อหาข้อย่อย 1 ,2
2. แผ่นใสเนื้อหาข้อย่อย 1 ,2

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตความสนใจผู้เรียน
2. ความรับผิดชอบต่องานที่มอบหมาย
3. การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน
4. ทำแบบทดสอบ

แบบฝึกหัด

1. จงอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้วิธีการใช้ภาคตัด
2. จงอธิบายขั้นตอนหลักๆในการวิเคราะห์โครงกอบและเครื่องจักรกล
3. จงใช้วิธีภาคตัดหาแรงในชิ้นส่วน AB , BG , FG ของโครงสร้าง

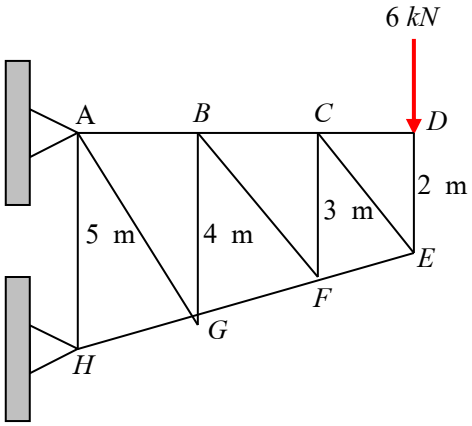


เฉลยแบบฝึกหัด

1. จงอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้วิธีการใช้ภาคตัด
มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้
1. เขียนผังวัตถุอิสระของโครงสร้างทั้งหมด
2. ใช้หลักการสมดุลหาแรงปฏิกิริยาที่จำเป็นต้องใช้
3.ใช้การตัดโครงสร้างโดยให้ระนาบตัดนั้นผ่านชิ้นส่วนที่ต้องการหาแรง ระนาบตัดจะตัดผ่านชิ้นส่วนได้ไม่เกิน 3 ชิ้นและตัวไม่ทราบค่าจะต้องมีไม่เกิน 3 ตัวเพราะมีสมการอยู่เพียงแค่ 3 สมการ
4. ใช้สมการสมดุล $\sum F_x = O,\ \sum F_y = O$ และ $\sum M = O$ ช่วยในการคำนวณ สมการสมดุลดังกล่าวไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมด อาจใช้เพียงสมการเดียวก็สามารถหาค่าได้
5. ในกรณีที่ระนาบตัดผ่านชิ้นส่วนเกินกว่า 3 ชิ้นขึ้นไป จะต้องใช้ระนาบตัดอีกชุดหนึ่งช่วยเสริมเพื่อหาตัวที่ไม่ทราบค่าบางตัวให้ได้ก่อน
6. เมื่อใช้ระนาบตัดโครงสร้างแล้ว ให้แยกโครงสร้างออกจากกัน และเขียนผังวัตถุอิสระของโครงสร้างที่แยกแล้วนั้น โดยจะพิจารณาโครงสร้างส่วนใดก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม

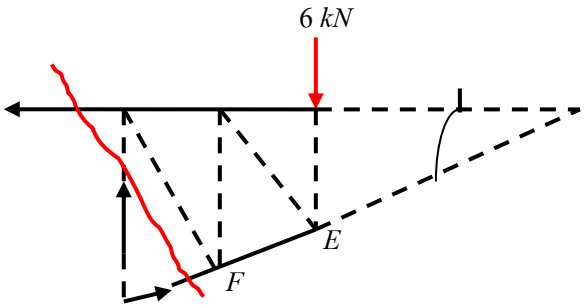
2. จงอธิบายขั้นตอนหลักๆในการวิเคราะห์โครงกอบและเครื่องจักรกล
ในการวิเคราะห์หาค่าแรงในโครงกรอบและเครื่องจักรกล จำเป็นจะต้องเลือกแยกชิ้นส่วนเพื่อวาดผังอิสระของวัตถุ โดยมีขั้นตอนหลักๆ
1. วาดแผนภาพวัตถุอิสระของทั้งระบบหรือโครงสร้าง หรือวาดเฉพาะบางส่วน (หลายชิ้นส่วน) หรือชิ้นส่วนเดียว โดยเลือกเริ่มผังอิสระที่จะนำไปสู่คำตอบตรงที่สุด
2. ตรวจสอบสมการสมดุล (ซึ่งเท่ากับสามสำหรับโครงสร้างในสองมิติ) เปรียบเทียบกับจำนวนตัวไม่รู้ค่าในแผนภาพวัตถุอิสระแต่ละรูป

3. จงใช้วิธีภาคตัดหาแรงในชิ้นส่วน AB , BG , FG ของโครงสร้าง



<u>วิธีทำ</u>

ใช้ระนาบตัดผ่านชิ้นส่วน AB , BG , FG และพิจารณาว่าส่วนตัดด้านขวามือของโครงสร้าง ดังนั้นในกรณีนี้จึงไม่จำเป็นต้องหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ A และ



เมื่อต่อแนวของโครงสร้างออกไปพบกันที่จุด P ได้มุม θ ดังนี้

$$\theta = \tan -1 \frac{2}{4.8} = 22.62$$

เขียนผังวัตถุอิสระของส่วนตัดด้านขวามือได้ดังรูป หาแรงในชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

$\sum M_P = 0$; (+) ; $6(4.8) - BG(9.6) = 0$

$BG = 3$ kN (แรงกด)

$\sum M_G = 0$; (+) ; $AB(4) - 6(4.8) = 0$

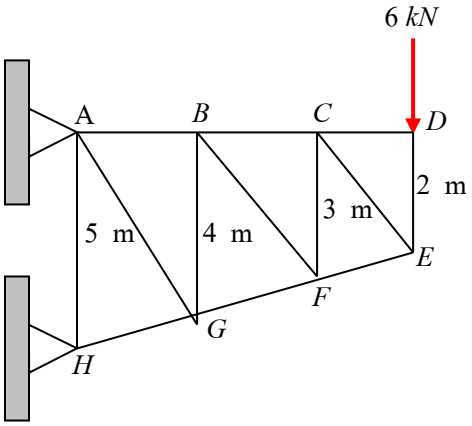
$AB = 7.2$ kN (แรงดึง)

$\sum M_B = 0$; (+) ; $FG(9.6 \text{ Sin } 22.62) - 6(4.8) = 0$

$FG = 7.8$ kN (แรงกด)

แบบทดสอบสัปดาห์ที่ 11

1. จงอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้วิธีการใช้ภาคตัด
2. จงอธิบายขั้นตอนหลักๆในการวิเคราะห์โครงกอบและเครื่องจักรกล
3. จงใช้วิธีภาคตัดหาแรงในชิ้นส่วน AB , BG , FG ของโครงสร้าง

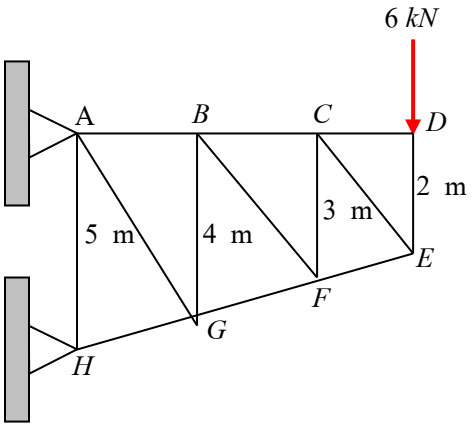


เฉลยแบบทดสอบสัปดาห์ที่ 11

1. จงอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้วิธีการใช้ภาคตัด
มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้
1. เขียนผังวัตถุอิสระของโครงสร้างทั้งหมด
2. ใช้หลักการสมดุลหาแรงปฏิกิริยาที่จำเป็นต้องใช้
3.ใช้การตัดโครงสร้างโดยให้ระนาบตัดนั้นผ่านชิ้นส่วนที่ต้องการหาแรง ระนาบตัดจะตัดผ่านชิ้นส่วนได้ไม่เกิน 3 ชิ้นและตัวไม่ทราบค่าจะต้องมีไม่เกิน 3 ตัวเพราะมีสมการอยู่เพียงแค่ 3 สมการ
4. ใช้สมการสมดุล $\sum F_x = O,\ \sum F_y = O$ และ $\sum M = O$ ช่วยในการคำนวณ สมการสมดุลดังกล่าวไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมด อาจใช้เพียงสมการเดียวก็สามารถหาค่าได้
5. ในกรณีที่ระนาบตัดผ่านชิ้นส่วนเกินกว่า 3 ชิ้นขึ้นไป จะต้องใช้ระนาบตัดอีกชุดหนึ่งช่วยเสริมเพื่อหาตัวที่ไม่ทราบค่าบางตัวให้ได้ก่อน
6. เมื่อใช้ระนาบตัดโครงสร้างแล้ว ให้แยกโครงสร้างออกจากกัน และเขียนผังวัตถุอิสระของโครงสร้างที่แยกแล้วนั้น โดยจะพิจารณาโครงสร้างส่วนใดก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม

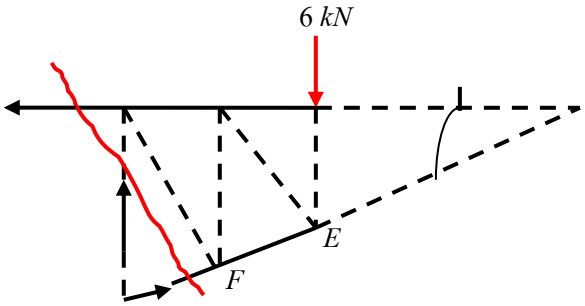
2. จงอธิบายขั้นตอนหลักๆในการวิเคราะห์โครงกอบและเครื่องจักรกล
ในการวิเคราะห์หาค่าแรงในโครงกรอบและเครื่องจักรกล จำเป็นจะต้องเลือกแยกชิ้นส่วนเพื่อวาดผังอิสระของวัตถุ โดยมีขั้นตอนหลักๆ
1. วาดแผนภาพวัตถุอิสระของทั้งระบบหรือโครงสร้าง หรือวาดเฉพาะบางส่วน (หลายชิ้นส่วน) หรือชิ้นส่วนเดียว โดยเลือกเริ่มผังอิสระที่จะนำไปสู่คำตอบตรงที่สุด
2. ตรวจสอบสมการสมดุล (ซึ่งเท่ากับสามสำหรับโครงสร้างในสองมิติ) เปรียบเทียบกับจำนวนตัวไม่รู้ค่าในแผนภาพวัตถุอิสระแต่ละรูป

3. จงใช้วิธีภาคตัดหาแรงในชิ้นส่วน AB , BG , FG ของโครงสร้าง



<u>วิธีทำ</u>

ใช้ระนาบตัดผ่านชิ้นส่วน AB , BG , FG และพิจารณาว่าส่วนตัดด้านขวามือของโครงสร้าง ดังนั้นในกรณีนี้จึงไม่จำเป็นต้องหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ A และ



เมื่อต่อแนวของโครงสร้างออกไปพบกันที่จุด P ได้มุม θ ดังนี้

$$\theta = \tan^{-1}\frac{2}{4.8} = 22.62$$

เขียนผังวัตถุอิสระของส่วนตัดด้านขวามือได้ดังรูป หาแรงในชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

$\sum M_P = 0$; (+↻) ; $6(4.8) - BG(9.6) = 0$

$BG = 3$ kN (แรงกด)

$\sum M_G = 0$; (+↻) ; $AB(4) - 6(4.8) = 0$

$AB = 7.2$ kN (แรงดึง)

$\sum M_B = 0$; (+↻) ; $FG(9.6 \sin 22.62) - 6(4.8) = 0$

$FG = 7.8$ kN (แรงกด)

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู.....

.....

.....

.....

.....

.....