

กลศาสตร์โครงสร้าง 2

ตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พ.ศ. 2546)

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาการก่อสร้าง ศึกษานานช่างก่อสร้าง

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากระทรวงศึกษาธิการ

เรียบเรียงโดย นางสาวณัฐณี ทำบุญ

แผนกวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่



เอกสารประกอบการเรียน
วิชา กลศาสตร์โครงสร้าง 2
รหัสวิชา 2106 - 2118
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
สาขาวิชาการก่อสร้าง ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม

เรียบเรียงโดย

นางสาวญาณิ์ ทำบุญ

แผนกวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

เอกสารประกอบการเรียน
วิชา กลศาสตร์โครงสร้าง 2
รหัสวิชา 2106 - 2118
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
สาขาวิชาการก่อสร้าง ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม

เรียบเรียงโดย

นางสาวณัฐณี ทำบุญ

แผนกวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

เอกสารประกอบการเรียน วิชาทฤษฎีโครงสร้าง 2 รหัสวิชา 2106 – 2118 เรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พ.ศ. 2546) ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาการก่อสร้าง ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

เอกสารเล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาสาระ 4 หน่วย คือ หน่วยที่ 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้าง หน่วยที่ 2 แรงปฏิกิริยา หน่วยที่ 3 แรงเฉือนและโมเมนต์คด และหน่วยที่ 4 การหาแรงภายในโครงถัก ซึ่งเนื้อหาดังกล่าวเป็นความรู้พื้นฐานเพื่อนำไปใช้คำนวณออกแบบโครงสร้างลักษณะต่างๆ ดังนั้นเอกสารฉบับนี้จึงได้เรียบเรียงความรู้ที่เกี่ยวกับพื้นฐานลักษณะโครงสร้างแบบต่างๆ ลักษณะฐานรองรับ การหาค่าแรงต่างๆ ภายในโครงสร้าง เพื่อใช้เป็นคู่มือในการจัดการเรียนการสอนของแผนกวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

ผู้จัดทำได้เรียบเรียงเอกสารที่มีการปรับปรุง แก้ไข และพัฒนามาเป็นลำดับเพื่อให้เอกสารมีความสมบูรณ์ และถูกต้องที่สุด หากพบข้อผิดพลาดในเอกสารเล่มนี้กรุณาแจ้งให้ผู้จัดทำได้ทราบ เพื่อจะได้ทำการแก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้องต่อไป

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้แต่งตำรา วารสารบทความทางวิชาการทุกท่าน ตลอดจนครูจากสถานศึกษาที่ให้ความร่วมมือในการเผยแพร่ ซึ่งได้ให้คำแนะนำทดลองใช้เอกสารประกอบการเรียนและได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ นำมาปรับปรุงและรวบรวมเป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์ ผู้จัดทำเชื่อว่าเอกสารประกอบการเรียนเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอน นักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจทั่วไป

นางสาวญาณี ทำบุญ
แผนกวิชาช่างก่อสร้าง
วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
แผนบริหารการเรียนประจำวิชา	ณ
หน่วยการเรียน	ช
หน่วยที่ 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้าง	
1.1 แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง	2
1.2 ฐานรองรับ	3
1.3 น้ำหนักบรรทุกบนโครงสร้าง	7
1.4 สมการสมดุล	9
1.5 ประเภทของโครงสร้าง	9
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	12
หน่วยที่ 2 แรงปฏิกิริยา	
2.1 ฟังก์ชันของแรง	16
2.2 ขั้นตอนการหาแรงปฏิกิริยาในโครงสร้างอย่างง่ายหรือแบบดีเทอร์มิเนท	17
2.3 การคำนวณหาแรงปฏิกิริยา	17
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	45
หน่วยที่ 3 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด	
3.1 ชนิดของคานาดีเทอร์มิเนท	48
3.2 พฤติกรรมการรับแรงของคานาดีเทอร์มิเนท	49
3.3 เครื่องหมายและสัญลักษณ์แทนแรง	50
3.4 การคำนวณหาค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานาดีเทอร์มิเนท	51
3.5 การเขียนแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด	54
3.6 การเขียนแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดอย่างรวดเร็ว	63
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	71

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
หน่วยที่ 4 การหาแรงภายในโครงถัก	
4.1 ความหมายและส่วนประกอบของโครงถัก	74
4.2 ประเภทของโครงถัก	75
4.3 สมมุติฐานในการวิเคราะห์โครงถัก	77
4.4 พฤติกรรมของโครงถัก	78
4.5 แรงภายในชิ้นส่วนของโครงถัก และเครื่องหมายแทนแรง	79
4.6 การหาแรงภายในโครงถัก	80
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	102
บรรณานุกรม	105

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงแรงกระทำบน โครงสร้าง	2
รูปที่ 1.2 แสดงแรงต้านทานแรงกระทำ	3
รูปที่ 1.3 แสดงสัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบขีดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Supports)	4
รูปที่ 1.4 แสดงฐานรองรับแบบขีดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Supports)	4
รูปที่ 1.5 แสดงสัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบขีดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Supports)	5
รูปที่ 1.6 แสดงฐานรองรับแบบขีดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Supports)	5
รูปที่ 1.7 แสดงสัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบขีดแน่น (Fixed Supports)	6
รูปที่ 1.8 แสดงฐานรองรับแบบขีดแน่น (Fixed Supports)	6
รูปที่ 1.9 แสดงจุดต่อแบบขีดหมุน (Pinned Joints)	7
รูปที่ 1.10 แสดงจุดต่อแบบขีดแข็ง (Rigid Joints)	7
รูปที่ 1.11 แสดงสัญลักษณ์ของน้ำหนักกระทำเป็นจุด	8
รูปที่ 1.12 แสดงสัญลักษณ์ของน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ (Uniform Load)	8
รูปที่ 1.13 แสดงสัญลักษณ์ของน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายไม่สม่ำเสมอ (Non-Uniform Load)	8
รูปที่ 1.14 แสดงโครงสร้างอย่างง่ายหรือโครงสร้างแบบดีเทอร์มิเนท	9
รูปที่ 1.15 แสดงโครงสร้างอย่างยากหรือโครงสร้างแบบอินดีเทอร์มิเนท	10
รูปที่ 2.1 แสดงการเขียนผังอิสระของแรง	16
รูปที่ 3.1 แสดงคานช่วงเดียวธรรมดา	48
รูปที่ 3.2 แสดงคานยื่น	48
รูปที่ 3.3 แสดงคานช่วงเดียวปลายยื่น	49
รูปที่ 3.4 แสดงพฤติกรรมของคาน	49
รูปที่ 3.5 แสดงแรงภายในคานดีเทอร์มิเนท	49
รูปที่ 3.6 แสดงเครื่องหมายและสัญลักษณ์แทนแรงในแนวแกน	50
รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องหมายและสัญลักษณ์แทนแรงเฉือน	51
รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องหมายและสัญลักษณ์แทน โมเมนต์คัต	51
รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะแรงเฉือนและ โมเมนต์คัต	52
รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุก แรงเฉือน และ โมเมนต์คัต	53
รูปที่ 3.11 แสดงการเขียนแผนภาพของแรงเฉือนและ โมเมนต์คัต	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.1 แสดงโครงถักแต่ละรูปทรงเมื่อมีแรงกระทำ	74
รูปที่ 4.2 แสดงส่วนประกอบของโครงถัก	75
รูปที่ 4.3 แสดงโครงถักแบบโครงหลังคา	75
รูปที่ 4.4 แสดงโครงถักแบบสะพาน	76
รูปที่ 4.5 แสดงแนวแรงของชิ้นส่วน	78
รูปที่ 4.6 แสดงพฤติกรรมของโครงถักเมื่อรับแรง	78
รูปที่ 4.7 แสดงพฤติกรรมของโครงถักกรณีไม่มีชิ้นส่วน CE	79

แผนบริหารการเรียนประจำวิชา
2106 – 2118 กลศาสตร์โครงสร้าง 2 2 (2)

จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้มีความเข้าใจ ชนิดของแรง น้ำหนัก ชนิดของฐานรองรับ
2. เพื่อให้สามารถคำนวณหาแรงปฏิกิริยาของโครงสร้าง โมเมนต์ดัด แรงเฉือน ความเค้นในองค์อาคาร
3. เพื่อให้มีความรับผิดชอบ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจพฤติกรรมของแรง น้ำหนักบรรทุก ที่มีต่อโครงสร้างอาคาร
2. จำแนก ชนิดของแรง น้ำหนัก ชนิดของฐานรองรับ
3. คำนวณหาแรงปฏิกิริยาของโครงสร้าง โมเมนต์ดัด แรงเฉือน ความเค้นในองค์อาคาร

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของแรง หรือน้ำหนักบรรทุกที่มีต่อโครงสร้างอาคาร ชนิดของแรง น้ำหนัก ชนิดของฐานรองรับ การหาแรงปฏิกิริยาของโครงสร้าง โมเมนต์ดัด แรงเฉือน ความเค้นในองค์อาคาร

หน่วยการเรียน

วิชา กลศาสตร์โครงสร้าง 2 รหัสวิชา 2106 – 2118

จำนวน 2 ชั่วโมง / สัปดาห์ รวม 36 ชั่วโมง

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการสอน	จำนวนชั่วโมง
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้าง	4
	1.1 แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง	
	1.2 ฐานรองรับ	
	1.3 นำหนักบรรทุกบนโครงสร้าง	
	1.4 สมการสมดุล	
	1.5 ประเภทของโครงสร้าง	
2	แรงปฏิกิริยา	12
	2.1 ฟังก์ชันของแรง	
	2.2 ประเภทของโครงสร้าง	
	2.3 การคำนวณหาแรงปฏิกิริยา	
3	แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด	10
	3.1 ชนิดของคานตีเทอร์มินาท	
	3.2 พฤติกรรมการรับแรงของคานตีเทอร์มินาท	
	3.3 เครื่องหมายและสัญลักษณ์แทนแรง	
	3.4 การคำนวณหาค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานตีเทอร์มินาท	
	3.5 การเขียนแผนภาพของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด	
4	การหาแรงภายในโครงถัก	10
	4.1 ความหมายและส่วนประกอบของโครงถัก	
	4.2 ประเภทของโครงถัก	
	4.3 สมมุติฐานในการวิเคราะห์โครงถัก	
	4.4 พฤติกรรมของโครงถัก	
	4.5 แรงภายในชิ้นส่วนของโครงถักและเครื่องหมายแทนแรง	
	4.6 การหาแรงภายในโครงถัก	
	รวม	36

หน่วยที่ 1

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้าง

สาระการเรียนรู้

- เรื่องที่ 1.1 แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง
- เรื่องที่ 1.2 ฐานรองรับ
- เรื่องที่ 1.3 น้ำหนักบรรทุกทุกบนโครงสร้าง
- เรื่องที่ 1.4 สมการสมดุล
- เรื่องที่ 1.5 ประเภทของโครงสร้าง

สาระสำคัญ

ในการเรียนวิชากลศาสตร์โครงสร้าง 2 นั้น เนื้อหาส่วนใหญ่จะเป็นการวิเคราะห์หาแรงต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเมื่อมีแรงมากระทำ ดังนั้นก่อนที่จะทำการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แรงที่มากระทำต่อโครงสร้าง ลักษณะและการรับแรงของฐานรองรับชนิดต่าง ๆ น้ำหนักบรรทุกทุกกระทำบนโครงสร้าง สมการสมดุลรวมทั้งเงื่อนไขของสมการซึ่งจะต้องใช้ในการวิเคราะห์ ตลอดจนศึกษาประเภทของโครงสร้างว่ามีกี่ประเภทแต่ละประเภทมีลักษณะอย่างไร เพื่อให้สามารถวิเคราะห์หรือแก้ปัญหาโจทย์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อศึกษาหน่วยที่ 1 แล้วสามารถ

1. อธิบายลักษณะของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างได้
2. บอกชนิดของฐานรองรับได้
3. อธิบายลักษณะการรับแรงของฐานรองรับแต่ละชนิดได้
4. บอกประเภทของน้ำหนักบรรทุกทุกบนโครงสร้างได้
5. อธิบายความหมายสมการสมดุลได้
6. อธิบายประเภทของโครงสร้างได้

หน่วยที่ 1

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้าง

1.1 แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง

แรงที่กระทำต่อโครงสร้างโดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1.1.1 แรงกระทำ (Active Force)

แรงกระทำ หมายถึง น้ำหนักของโครงสร้างเองหรือน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนโครงสร้าง ซึ่งน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนโครงสร้างยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือน้ำหนักบรรทุกแบบตายตัว (Dead Load) เช่น น้ำหนักของแผ่นพื้น , ผนังถ้ำลงคาน , น้ำหนักกระเบื้องมุงหลังคาถ้ำลงบนแป เป็นต้น และน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) เช่น น้ำหนักของคนที่ใช้อาคาร โต๊ะ ตู้ที่วางบนอาคาร และแรงลม เป็นต้น



(ก) น้ำหนักบรรทุกตายตัว
(Dead Load)



(ข) น้ำหนักบรรทุกจร
(Live Load)

รูปที่ 1.1 แสดงแรงกระทำบนโครงสร้าง

1.1.2 แรงต้านทานแรงกระทำ (Reactive Force)

แรงต้านทานแรงกระทำ เป็นแรงที่เกิดขึ้นบริเวณ ฐานรองรับ เพื่อให้เกิดสภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยทั่วไปจะเรียกว่า แรงปฏิกิริยา (Reaction) ซึ่งแรงปฏิกิริยาจะกระทำในแนวตั้งฉากและแนวขนานกับฐานรองรับ นอกจากนี้แล้วยังมีโมเมนต์ดัดอีกหนึ่งตัวที่เกิดขึ้นคล้ายกับแรงปฏิกิริยา โดยโมเมนต์ดัดจะต้านทานต่อการหมุน หรือการดัดโค้งของโครงสร้างอันเนื่องมาจากแรงกระทำ



รูปที่ 1.2 แสดงแรงต้านทานแรงกระทำ

1.2 ฐานรองรับ (Supports)

ฐานรองรับของโครงสร้างจริงมีหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท ให้โครงสร้างเกิดการสมดุล มีความมั่นคง แข็งแรง ในการวิเคราะห์หาค่าแรงต่างๆ ของโครงสร้าง เพื่อออกแบบส่วนต่างๆ ของอาคาร จะต้องมีการกำหนดสัญลักษณ์ และเครื่องหมายสำหรับฐานรองรับแต่ละแบบ เพื่อความเข้าใจที่ตรงกันและสะดวกในการคำนวณ ฐานรองรับของโครงสร้างมีหลายรูปแบบ ในที่นี่จะกล่าวถึงเฉพาะฐานรองรับที่สำคัญ และเหมาะสำหรับการเรียนการสอนในระดับ ปวช. ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ขั้นสูงต่อไป ชนิดของฐานรองรับสำหรับโครงสร้างโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ชนิดดังนี้

1.2.1 ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Supports)

ฐานรองรับแบบนี้ยอมให้เกิดการหมุนได้รอบแกน ค่าของโมเมนต์ดัดที่ฐานรองรับแบบนี้ จึงเป็นศูนย์ หรือที่รองรับแบบนี้ไม่สามารถรับโมเมนต์ดัดได้นั่นเอง นอกจากนี้ฐานรองรับแบบนี้ ยังยอมให้มีการเคลื่อนที่ได้ตามแนวขนานกับฐานรองรับ จึงไม่สามารถรับแรงตามแนวขนาน กับฐานรองรับหรือตามแนวอนได้ เพราะ ฉะนั้นฐานรองรับแบบนี้จึงสามารถรับแรงได้เพียง แรงเดียว คือ แรงตามแนวตั้งฉากกับฐานรองรับ หรือตามแนวคิ่งเท่านั้น



รูปที่ 1.3 แสดงสัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Supports)



รูปที่ 1.4 แสดงฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Supports)

1.2.2 ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Supports)

ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ หรือบางครั้งเรียกว่า ฐานรองรับแบบบานพับ ซึ่ง ฐานรองรับแบบนี้จะไม่ยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ทั้งในแนวนอนและตั้งฉากกับฐานรองรับ แต่จะยอมให้เกิดหมุนได้รอบแกน ดังนั้นฐานรองรับแบบนี้จึงสามารถรับแรงได้ 2 แรง คือ แรงตามแนวนอนกับฐานรองรับหรือแนวอน และแรงตามแนวตั้งฉากกับฐานรองรับหรือแนวตั้ง แต่ไม่สามารถรับโมเมนต์คัตได้หรือโมเมนต์คัตมีค่าเป็นศูนย์นั่นเอง



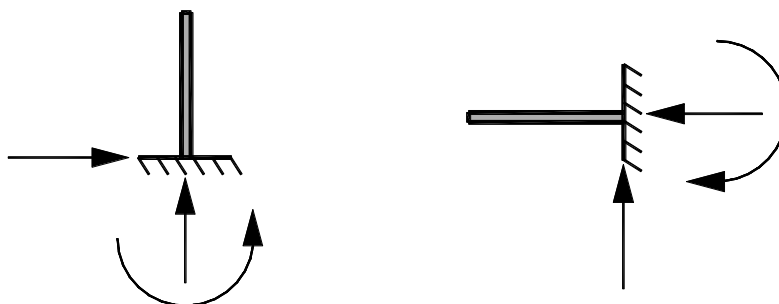
รูปที่ 1.5 แสดงสัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Supports)



รูปที่ 1.6 แสดงฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Supports)

1.2.3 ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Supports)

ฐานรองรับแบบนี้จะยึดแน่นอยู่กับที่ ไม่ยอมให้มีการหมุน หรือมีการเคลื่อนที่ใด ๆ ทั้งสิ้น ดังนั้นจึงสามารถรับแรงได้ทั้งแนวนอนกับฐานรองรับ แนวตั้งฉากกับฐานรองรับ และยังสามารถรับโมเมนต์คัตได้อีกด้วย



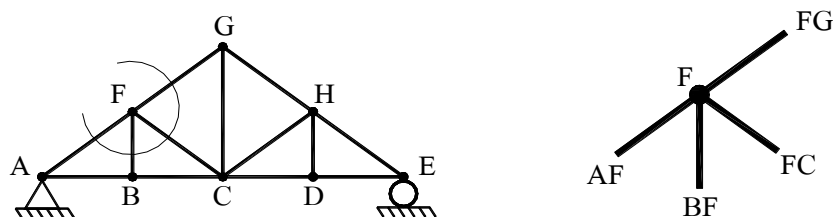
รูปที่ 1.7 แสดงสัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Supports)



รูปที่ 1.8 แสดงฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Supports)

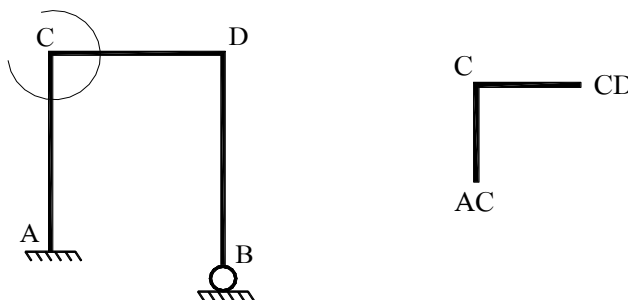
นอกจากฐานรองรับทั้ง 3 แบบตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีจุดต่อ (Joints) ของโครงสร้างที่ใช้กับโครงข้อหมุนหรือโครงถัก (Trusses) และโครงข้อแข็งหรือโครงเกร็ง (Rigid Frames) เพื่อให้ชิ้นส่วนของโครงสร้างหรือองค์อาคาร (Members) มาต่อยึดเข้าด้วยกัน ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ

1) จุดต่อแบบยึดหมุน (Pinned Joints) จุดต่อแบบนี้จะถ่ายแรงจากองค์อาคารหนึ่งไปยังอีกองค์อาคารหนึ่ง แต่จะไม่มีการถ่ายโมเมนต์ตัด เพราะฉะนั้นค่าโมเมนต์ตัดที่จุดต่อนี้จะมีค่าเป็นศูนย์ ($M = 0$) จุดต่อแบบนี้จะใช้กับโครงสร้างที่เป็นโครงสร้า งข้อหมุนหรือโครงถัก (Trusses)



รูปที่ 1.9 แสดงจุดต่อแบบยึดหมุน (Pinned Joints)

2) จุดต่อแบบยึดรั้ง (Rigid Joints) จุดต่อแบบนี้จะถ่ายโมเมนต์ตัดจากองค์อาคารหนึ่งไปยังอีกองค์อาคารหนึ่ง เพราะฉะนั้นค่าโมเมนต์ตัดที่จุดต่อนี้ จะไม่เท่ากับศูนย์ ($M \neq 0$) ถ้าองค์อาคารใดองค์อาคารหนึ่งตรงจุดต่อนี้หมุนไปเป็นมุมเท่าใดองค์อาคารอื่นๆ ที่อยู่จุดต่อเดียวกันจะหมุนไปในทิศทางเดียวกันและขนาดมุมที่เท่ากันด้วย จุดต่อแบบนี้จะใช้กับโครงสร้างที่เป็น โครงข้อแข็งหรือ โครงเกร็ง (Rigid Frames)



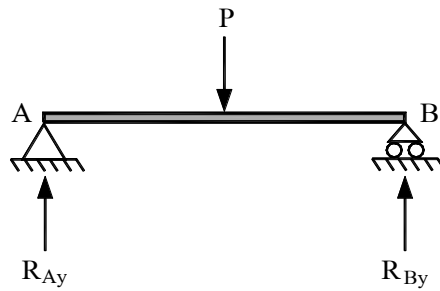
รูปที่ 1.10 แสดงจุดต่อแบบยึดรั้ง (Rigid Joints)

1.3 นำหนักบรรทุกบนโครงสร้าง (Load)

นำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง อาจเป็นน้ำหนักของตัว โครงสร้างเองหรือน้ำหนักภายนอกที่มากระทำ เช่น น้ำหนักของผู้คนที่ใช้อาคาร น้ำหนักสิ่งของต่างๆ แรงลม เป็นต้น นำหนักบรรทุกบนโครงสร้างที่จะใช้สำหรับการวิเคราะห์หาค่าแรงต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ ได้แก่

1.3.1 นำหนักกระทำเป็นจุด (Point Load หรือ Concentrated Load)

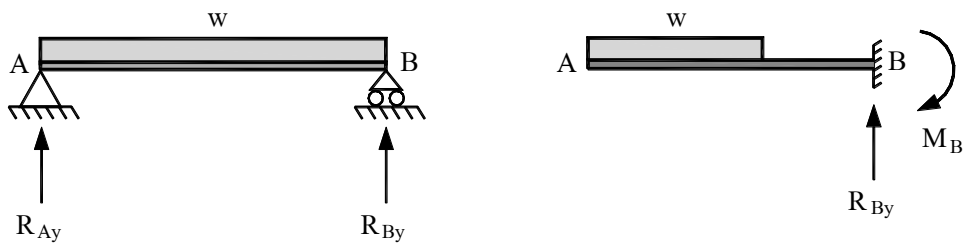
นำหนักที่กระทำเป็นจุด เป็นนำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างบนพื้นที่ที่มี ขนาดเล็กๆ จนถึงถือว่าเป็นจุดได้ เช่น น้ำหนักจากแปลถาลงบนจันทัน น้ำหนักจากคานถาลงสู่เสา เป็นต้น



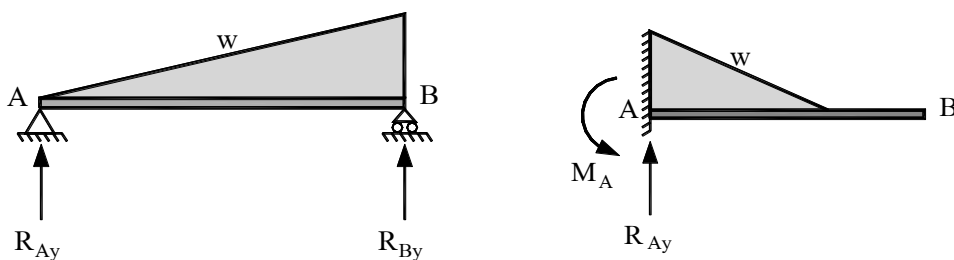
รูปที่ 1.11 แสดงสัญลักษณ์ของน้ำหนักกระทำเป็นจุด

1.3.2 น้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจาย (Distributed Load)

น้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจาย เป็นน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างเป็นบริเวณกว้าง อาจจะเป็นบางส่วนหรือทั้งหมดของโครงสร้าง ก็ได้ เช่น น้ำหนักของผนังที่ถ่ายลงบนคาน น้ำหนักของกระเบื้องถ่ายลงบนแป หรือแรงลมที่กระทำต่อผนังของอาคาร เป็นต้น น้ำหนักแบบแผ่กระจายยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ น้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ และน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายไม่สม่ำเสมอ คืออาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอก็ได้



รูปที่ 1.12 แสดงสัญลักษณ์ของน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ (Uniform Load)



รูปที่ 1.13 แสดงสัญลักษณ์ของน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายไม่สม่ำเสมอ (Non-Uniform Load)

1.4 สมการสมดุล (Equilibrium Equations)

ในทางสถิตยศาสตร์ การสมดุล (Equilibrium) หมายถึง สภาวะที่วัตถุหรือโครงสร้างอยู่นิ่งกับที่ไม่มีการเคลื่อนที่ใดๆ เมื่อมีแรงมากระทำภายใต้สภาวะสมดุลนี้ตามกฎข้อที่สามของนิวตัน จะได้สมการสมดุล 3 สมการ ได้แก่

$\Sigma F_x = 0$ หมายถึง ผลรวมทางพีชคณิตของแรงตามแนวนอนหรือแนวแกน x มีค่าเท่ากับศูนย์

$\Sigma F_y = 0$ หมายถึง ผลรวมทางพีชคณิตของแรงตามแนวตั้งหรือแนวแกน y มีค่าเท่ากับศูนย์

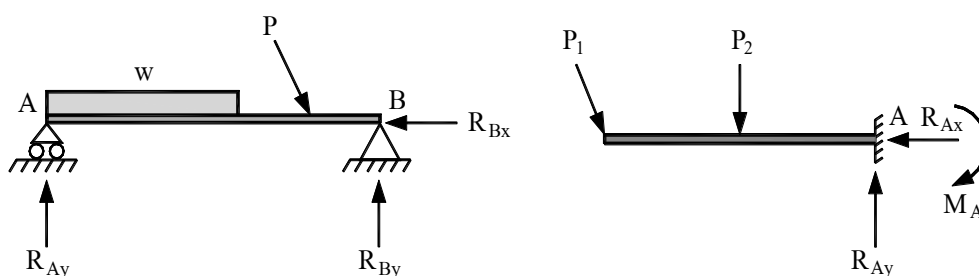
$\Sigma M = 0$ หมายถึง ผลรวมทางพีชคณิตของโมเมนต์ของแรงรอบจุดใดๆ มีค่าเท่ากับศูนย์

1.5 ประเภทของโครงสร้าง (Type of Structure)

โครงสร้างที่มีอยู่ทั่วไปมีหลากหลายรูปแบบเพื่อการใช้งานหลากหลาย วัตถุประสงค์ โครงสร้างบางชนิด สร้างขึ้นอย่างง่าย ๆ ก็เพียงพอที่จะให้เกิดการใช้งานอย่างปลอดภัย แต่ โครงสร้างบางประเภทก็ต้องสร้างขึ้นอย่างพิถีพิถัน มีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น เพื่อการใช้งานที่ ปลอดภัย เช่น โครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ และรับแรงมากขึ้น โครงสร้างโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

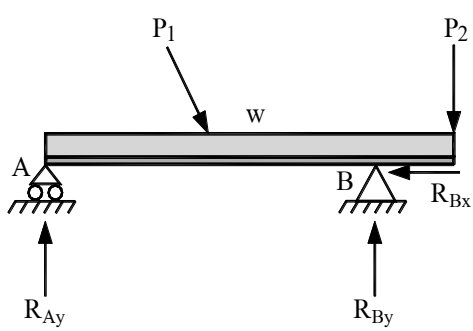
1.5.1 โครงสร้างอย่างง่ายหรือโครงสร้างแบบดีเทอร์มิเนท (Determinate Structure)

โครงสร้างประเภทนี้ จะมีแรงปฏิกิริยาและโมเมนต์ด้านทานต่างๆ หรือที่เรียกว่าตัวไม่ทราบค่า (Unknown) ไม่เกินจำนวนสมการ สมดุล ซึ่งจะมีฐานรองรับที่ ทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาพอดี ที่จะทำให้โครงสร้างนั้นมีเสถียรภาพหรือทรงตัวอยู่ได้ (Stable) ถ้าเอาฐานรองรับตัวใดตัวหนึ่งของ โครงสร้างออกไปโครงสร้างนั้นจะไม่มีเสถียรภาพหรือทรงตัวอยู่ไม่ได้ (Unstable) โครงสร้างชนิด นี้สามารถวิเคราะห์หาค่าแรงปฏิกิริยาและโมเมนต์ด้านทานต่างๆ ได้โดยใช้สมการสมดุลตามลำดับ

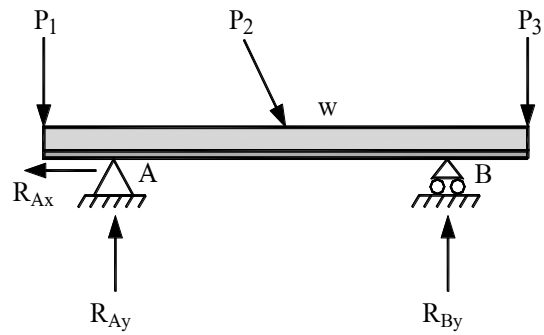


ก. คานช่วงเดียวธรรมดา

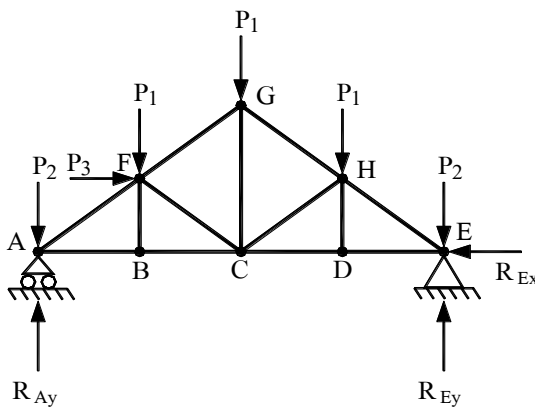
ข. คานยื่น



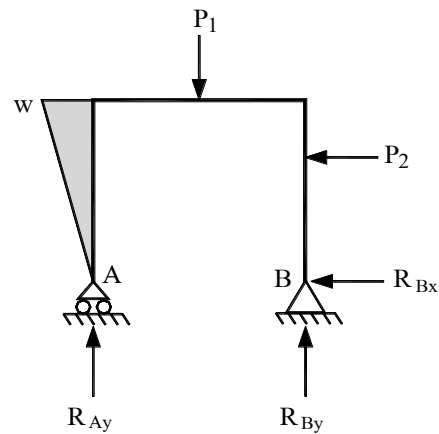
ค. คานช่วงเดียวธรรมชาติปลายยื่นข้างเดียว



ง. คานช่วงเดียวธรรมชาติปลายยื่นสองข้าง



จ. โครงข้อหมุนหรือโครงถัก

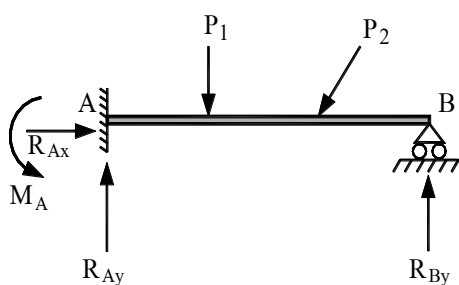


ฉ. โครงข้อแข็งหรือโครงเกร็ง

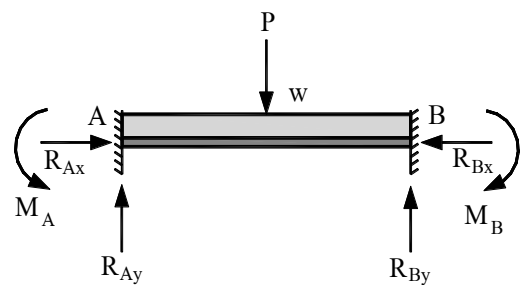
รูปที่ 1.14 แสดงโครงสร้างอย่างง่ายหรือโครงสร้างแบบดีเทอร์มิเนท

1.5.2 โครงสร้างอย่างยากหรือโครงสร้างแบบอินดีเทอร์มิเนท (Indeterminate Structure)

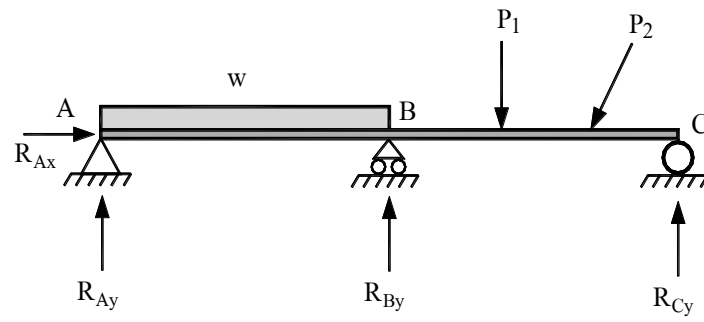
โครงสร้างประเภทนี้ จะมีจำนวนของแรงปฏิกิริยาและ โมเมนต์ต้านทานต่างๆ หรือตัวไม่ทราบค่า (Unknown) เกินกว่าจำนวนของสมการสมดุลจึงไม่สามารถวิเคราะห์หาค่าแรงต่างๆ โดยใช้สมการสมดุลเพียงค่าพั่งได้ จำนวนตัวไม่ทราบค่าที่เกินจากจำนวนสมการสมดุลนี้เรียกว่า ดีกรีของความยาก (Degree of Statically Indeterminacy ; SI) เช่น ถ้าจำนวนตัวไม่ทราบค่าเกินไป 1 ตัว เรียกว่า มีดีกรีความยากเท่ากับหนึ่ง หรือ 1° SI เป็นต้น



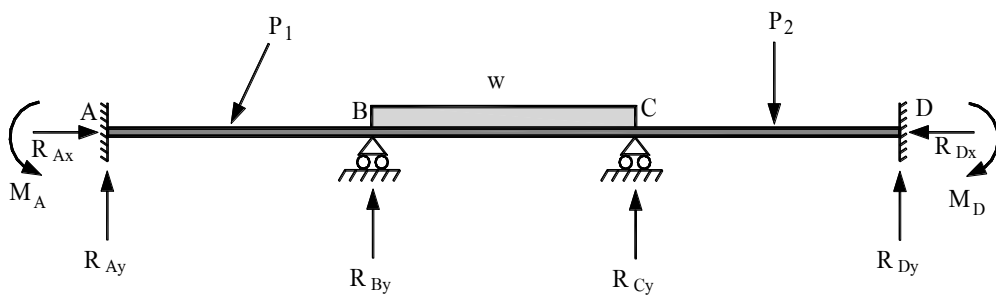
ก. คานช่วงเดียว 1° SI



ข. คานช่วงเดียว 2° SI



ค. คานต่อเนื่อง 1° SI



ง. คานต่อเนื่อง 5° SI

รูปที่ 1.15 แสดงโครงสร้างอย่างยากหรือโครงสร้างแบบอินดีเทอรัมิเนท

แบบฝึกหัดท้ายบทหน่วยที่ 1

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. แรงลมเป็นน้ำหนักบรรทุกทุกชนิดใด

- ก. น้ำหนักบรรทุกตายตัว
- ข. น้ำหนักบรรทุกจร
- ค. น้ำหนักบรรทุกคงที่
- ง. ถูกทุกข้อ

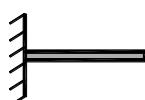

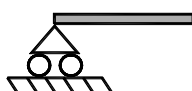

2. Reaction หมายถึงแรงชนิดใด

- ก. แรงกระทำ
- ข. แรงกิริยา
- ค. แรงปฏิกิริยา
- ง. ไม่มีข้อถูก

3. Roller Supports เป็นฐานรองรับที่รับแรงได้กี่แรง

- ก. 1 แรง
- ข. 2 แรง
- ค. 3 แรง
- ง. 4 แรง

4. ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ Hinge Supports

- ก. 
- ข. 
- ค. 
- ง. 

5. Fixed Supports หมายถึงฐานรองรับชนิดใด
- ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้
 - ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้
 - ฐานรองรับแบบยึดแน่น
 - ฐานรองรับแบบจุดต่อ
6. ข้อใดคือน้ำหนักกระทำเป็นจุด (Point Load)
- น้ำหนักของพื้นถ่ายลงบนคาน
 - น้ำหนักของผนังถ่ายลงบนคาน
 - น้ำหนักของกระเบื้องถ่ายลงบนแป
 - น้ำหนักของแปถ่ายลงบนจันทัน
7. ข้อใด คือน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ (Uniform Load)
- แรงดันของน้ำกระทำต่อกันสรวายน้ำ
 - แรงดันดินกระทำต่อผนังกันดิน
 - แรงดันน้ำกระทำต่อสันเขื่อน
 - แรงลมกระทำต่ออาคาร
8. ผลรวมทางพีชคณิตของแรงตามแนวตั้งเท่ากับศูนย์ เขียนเป็นสมการได้ตามข้อใด
- $\sum F_x = 0$
 - $\sum F_y = 0$
 - $\sum F_z = 0$
 - $\sum M = 0$
9. ถ้าต้องการหาค่าโมเมนต์ตัดควรเลือกใช้สมการใด
- $\sum F_x = 0$
 - $\sum F_y = 0$
 - $\sum F_z = 0$
 - $\sum M = 0$

10. คานช่วงเดียวที่มีฐานรองรับเป็น Roller Supports ข้างหนึ่ง และ Hinge Supports ข้างหนึ่ง จะมีแรงปฏิกิริยาที่แรง

- ก. 1 แรง
- ข. 2 แรง
- ค. 3 แรง
- ง. 4 แรง

ตอนที่ 2 จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

1. แรงกระทำ หมายถึง.....
.....
2. แรงปฏิกิริยาจะเกิดบริเวณใดของโครงสร้าง.....
.....
3. ฐานรองรับ มี.....ชนิด คือ.....
.....
4. Hinge Supports สามารถรับแรงได้.....แรง ตามแนว.....
.....
5. ฐานรองรับชนิดที่สามารถรับโมเมนต์คัตได้ ได้แก่.....
.....
6. น้ำหนักบรรทุกทุกบนโครงสร้าง มี.....ชนิด คือ.....
.....
7. น้ำหนักของผนังที่ถ่ายลงบนคานถือเป็นน้ำหนักบรรทุกทุกชนิด.....
.....
8. สมการสมดุลมี.....สมการ คือ.....
.....
9. โครงสร้างแบ่งเป็น.....ประเภท คือ.....
.....
10. คานยื่นเป็น โครงสร้างประเภท.....
.....