หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562
ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

รหัสวิชา 20106-2115

ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ครั้งที่ 1
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก
ประกาศลำดับที่ 195

กลศาสตร์โครงสร้าง 2

(Structural Mechanics 2)

SE-ED

ผู้แต่ง กรุณาพร รัตนภูผา

100.-

ซีเอ็ด

กลศาสตร์โครงสร้าง 2

โดย กรุณาพร รัตนภูผา

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย โดย กรุณาพร รัตนภูผา © พ.ศ. 2562

ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

กรุณาพร รัตนภูผา.
กลศาสตร์โครงสร้าง 2.—กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2562.
264 หน้า
1. กลศาสตร์. 2. วิศวกรรมโครงสร้าง
I. ชื่อเรื่อง.
531

Barcode (e-book) 9786160836093

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

เลขที่ 1858/87-90 ถนนเทพรัตน แขวงบางนาใต้ เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2826-8000

หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com

20106-2115 กลศาสตร์โครงสร้าง 2 **2-0-2**

(Structural Mechanics 2)

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจ ชนิดของแรง สมดุลของแรง น้ำหนัก ชนิดของฐานรองรับ
2. สามารถคำนวณหาแรงปฏิกิริยาของโครงสร้าง โมเมนต์ดัด แรงเฉือน แรงภายในโครงข้อหมุน
3. มีความรับผิดชอบ ความละเอียดรอบคอบ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับแรงหรือน้ำหนักบรรทุกที่มีต่อโครงสร้างของอาคาร ชนิดของแรงน้ำหนัก ชนิดของฐานรองรับ
2. คำนวณหาแรงปฏิกิริยา แรงเฉือน โมเมนต์ดัด แรงภายในชิ้นส่วนของโครงถัก
3. เขียนไดอะแกรมของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของคาน

SEED

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของแรง หรือน้ำหนักบรรทุกที่มีต่อโครงสร้างอาคาร ชนิดของแรง สมดุลของแรง น้ำหนัก ชนิดของฐานรองรับ การหาแรงปฏิกิริยาของโครงสร้าง โมเมนต์ดัด แรงเฉือน แรงภายในโครงข้อหมุน

แผนการจัดการเรียนรู้

วิชา **กลศาสตร์โครงสร้าง 2 รหัสวิชา 2106-2111** จำนวน 2 หน่วยกิต 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวนคาบ (ชม.)
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้าง	2
2	แรงปฏิกิริยา	8
3	แรงเฉือน	8
4	โมเมนต์ดัด	8
5	แรงภายในโครงข้อหมุน	8
	รวมเวลาเรียน	34
	สอบปลายภาค	2
รวม		**36**

SE-ED

ตารางวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา

วิชา **กลศาสตร์โครงสร้าง 2 รหัสวิชา 2106-2111** จำนวน 2 หน่วยกิต 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน		จำนวนคาบ (ชม.)
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	
1	**ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้าง**	**2**	**-**	**2**
	1.1 ชนิดของแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง 1.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง 1.3 ชนิดของฐานรองรับ 1.4 ชนิดของจุดต่อ 1.5 ชนิดของคาน 1.6 สมการสมดุล 1.7 สมการเงื่อนไข 1.8 ประเภทของโครงสร้าง 1.9 การจำแนกประเภทของโครงสร้าง			
2	**แรงปฏิกิริยา**	**8**	**-**	**8**
	2.1 ความหมายของแรงปฏิกิริยา 2.2 การเขียนแผนผังอิสระแทนแรง 2.3 วิธีการหาค่าแรงปฏิกิริยา 2.4 ขั้นตอนการคำนวณหาแรงปฏิกิริยา 2.5 การคำนวณหาแรงปฏิกิริยาของคานช่วงเดียว 2.6 การคำนวณหาแรงปฏิกิริยาของคานปลายยื่น 2.7 การคำนวณหาแรงปฏิกิริยาของคานยื่น			
3	**แรงเฉือน**	**8**	**-**	**8**
	3.1 ความหมายของแรงเฉือน 3.2 เครื่องหมายของแรงเฉือน 3.3 การเขียนแผนภาพของแรงเฉือน 3.4 ขั้นตอนการคำนวณหาค่าแรงเฉือน			

SE-ED

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน		จำนวนคาบ (ชม.)
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	
	3.5 ตัวอย่างการคำนวณหาแรงเฉือนของคานช่วงเดียว 3.6 ตัวอย่างการคำนวณหาแรงเฉือนของคานปลายยื่น 3.7 ตัวอย่างการคำนวณหาแรงเฉือนของคานยื่น			
4	**โมเมนต์ดัด**	**8**	**-**	**8**
	4.1 ความหมายของโมเมนต์ดัด 4.2 เครื่องหมายของโมเมนต์ดัด 4.3 วิธีการเขียนแผนภาพของโมเมนต์ดัด 4.4 การเขียนแผนภาพโมเมนต์ดัด 4.5 การคำนวณหาโมเมนต์ดัดโดยวิธีพิจารณาโมเมนต์รอบจุดหมุน 4.6 การคำนวณหาโมเมนต์ดัดโดยวิธีพิจารณาพื้นที่ของแผนภาพแรงเฉือน			
5	**แรงภายในโครงข้อหมุน**	**8**	**-**	**8**
	5.1 ความหมายของโครงข้อหมุน 5.2 ประเภทของโครงข้อหมุน 5.3 ส่วนประกอบของโครงข้อหมุน 5.4 สมมติฐานในการวิเคราะห์โครงข้อหมุน 5.5 หลักในการคำนวณโครงข้อหมุน 5.6 เครื่องหมายแทนแรงภายในโครงข้อหมุน 5.7 การหาแรงปฏิกิริยาของโครงข้อหมุน 5.8 การหาแรงภายในโครงข้อหมุนโดยวิธีตัดรอบจุดต่อ 5.9 การหาแรงภายในโครงข้อหมุนโดยวิธีตัดรูปตัด			
สอบปลายภาค		**2**	**-**	**2**
รวม		**36**	**-**	**36**

SE-ED

คำนำ

หนังสือ **กลศาสตร์โครงสร้าง 2 รหัสวิชา 20106-2115** เล่มนี้ เขียนขึ้นตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างก่อสร้าง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เนื้อหาวิชาประกอบด้วยหน่วยการเรียน 5 บทคือ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้าง แรงปฏิกิริยา แรงเฉือน โมเมนต์ดัด และแรงภายในชิ้นส่วนของโครงข้อหมุน ทุกหน่วยการเรียนประกอบด้วยเนื้อหา โดยเน้นตัวอย่างประกอบที่หลากหลายพร้อมภาพประกอบ แบบทดสอบหลังเรียน และแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจมากที่สุด ช่วยให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ตรงตามจุดประสงค์ของหลักสูตร

SE-ED

ขอขอบพระคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ทำให้การจัดทำหนังสือเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์แก่นักศึกษา ครูผู้สอน ตลอดจนผู้สนใจ หากมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับด้วยความขอบคุณยิ่ง

กรุณาพร รัตนภูผา

SE-ED

สารบัญ

บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้าง 1

1.1 ชนิดของแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง....2
1.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง....4
1.3 ชนิดของฐานรองรับ....5
1.4 ชนิดของจุดต่อ....7
1.5 ชนิดของคาน....8
1.6 สมการสมดุล....11
1.7 สมการเงื่อนไข....11
1.8 ประเภทของโครงสร้าง....12
1.9 การจำแนกประเภทของโครงสร้าง....15
แบบฝึกหัดบทที่ 1....21
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 1....24

บทที่ 2 แรงปฏิกิริยา 29

2.1 ความหมายของแรงปฏิกิริยา....30
2.2 การเขียนแผนผังอิสระของแรง....31
2.3 วิธีการหาค่าแรงปฏิกิริยา....32
2.4 ขั้นตอนการคำนวณหาแรงปฏิกิริยา....32
2.5 การคำนวณหาแรงปฏิกิริยาของคานช่วงเดียว....34
2.6 การคำนวณหาแรงปฏิกิริยาของคานปลายยื่น....50

SE-ED

2.7 การคำนวณหาแรงปฏิกิริยาของคานยื่น 66
แบบฝึกหัดบทที่ 2 73
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 2 76

บทที่ 3 แรงเฉือน 83

3.1 ความหมายของแรงเฉือน 84
3.2 เครื่องหมายของแรงเฉือน 84
3.3 การเขียนแผนภาพของแรงเฉือน 85
3.4 ขั้นตอนการคำนวณหาค่าแรงเฉือน 86
3.5 ตัวอย่างการคำนวณหาแรงเฉือนของคานช่วงเดียว 87
3.6 ตัวอย่างการคำนวณหาแรงเฉือนของคานปลายยื่น 99
3.7 ตัวอย่างการคำนวณหาแรงเฉือนของคานยื่น 115
แบบฝึกหัดบทที่ 3 128
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 3 132

บทที่ 4 โมเมนต์ดัด 139

4.1 ความหมายของโมเมนต์ดัด 140
4.2 เครื่องหมายของโมเมนต์ดัด 140
4.3 วิธีการเขียนแผนภาพของโมเมนต์ดัด 141
4.4 ขั้นตอนการเขียนแผนภาพของโมเมนต์ดัด 142
4.5 การคำนวณหาโมเมนต์ดัดโดยวิธีพิจารณาโมเมนต์รอบจุดหมุน 143
4.6 การคำนวณหาโมเมนต์ดัดโดยวิธีพิจารณาพื้นที่ของแผนภาพแรงเฉือน 165
แบบฝึกหัดบทที่ 4 179
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 4 183

บทที่ 5 แรงภายในโครงข้อหมุน 191

5.1 ความหมายของโครงข้อหมุน 192
5.2 ประเภทของโครงข้อหมุน 193
5.3 ส่วนประกอบของโครงข้อหมุน 197
5.4 สมมติฐานในการวิเคราะห์โครงข้อหมุน 197
5.5 หลักในการคำนวณโครงข้อหมุน 198

SE-ED

5.6 เครื่องหมายแทนแรงภายในโครงข้อหมุน 198
5.7 การหาแรงปฏิกิริยาของโครงข้อหมุน 199
5.8 การหาแรงภายในโครงข้อหมุนโดยวิธีตัดรอบจุดต่อ 206
5.9 การหาแรงภายในโครงข้อหมุนโดยวิธีตัดรูปตัด 225
แบบฝึกหัดบทที่ 5 241
แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 5 245

บรรณานุกรม **251**

SE-ED

SE-ED

1
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้าง

สาระการเรียนรู้

1.1 ชนิดของแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง
1.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง
1.3 ชนิดของฐานรองรับ
1.4 ชนิดของจุดต่อ
1.5 ชนิดของคาน
1.6 สมการสมดุล
1.7 สมการเงื่อนไข
1.8 ประเภทของโครงสร้าง
1.9 การจำแนกประเภทของโครงสร้าง

SE-ED

จุดประสงค์การสอน

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับชนิด พฤติกรรมของแรง น้ำหนักบรรทุกที่มีต่อโครงสร้างอาคาร ชนิดของคาน ชนิดและเงื่อนไขของฐานรองรับ และสมการสมดุล

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกชนิดของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างได้
2. บอกน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้างอาคารได้
3. บอกชนิดของฐานรองรับได้
4. บอกชนิดของจุดต่อได้
5. บอกชนิดของคานได้
6. อธิบายความหมายสมการสมดุลได้
7. อธิบายความหมายของสมการเงื่อนไขได้
8. อธิบายประเภทของโครงสร้างได้
9. จำแนกประเภทของโครงสร้างได้

บทนำ

การศึกษาวิชากลศาสตร์โครงสร้าง จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาค่าหน่วยแรงหรือน้ำหนัก ตามหลักของสมการและเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนด ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการศึกษาวิชากลศาสตร์ออกเป็น 2 สาขาคือ (1) สาขาสถิตศาสตร์ (2) สาขาพลศาสตร์ สาขาสถิตศาสตร์ เป็นวิชาที่กล่าวถึงสภาวะสมดุลของวัตถุ เมื่อวัตถุนั้นถูกแรงมากระทำ เป็นพื้นฐานเบื้องต้นที่จะต้องเรียนรู้ เป็นหลักสำคัญในการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้าง สำหรับสาขาพลศาสตร์ เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อวัตถุมีความเร่ง หรือมีแรงกระทำต่อวัตถุภายใต้การเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น ในเนื้อหาของวิชากลศาสตร์โครงสร้าง 2 จะเป็นการศึกษาในลักษณะของสถิตศาสตร์ทั้งหมด โดยพิจารณาให้โครงสร้างอยู่ในสภาวะสมดุลทั้งก่อนและภายหลังรับแรงกระทำ นั่นคือโครงสร้างสามารถรับแรงที่มากระทำได้และไม่เกิดการเคลื่อนที่นั่นเอง

1.1 ชนิดของแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง

SE-ED

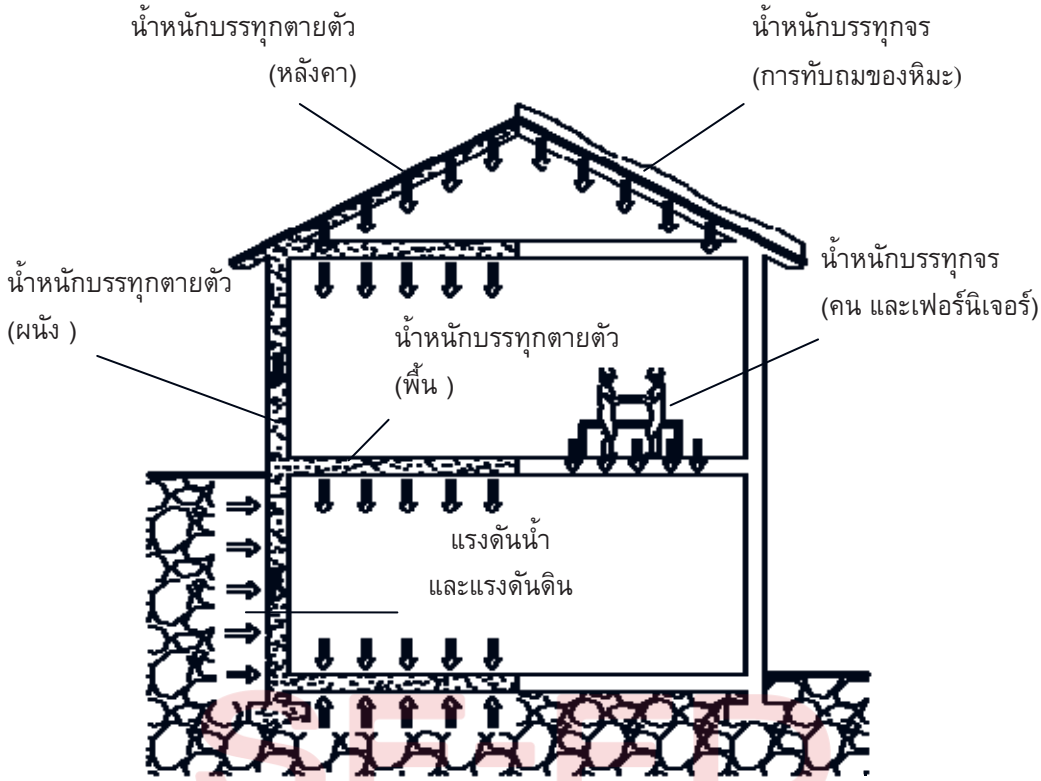
ชนิดของแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง โดยทั่วไปนิยมแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1.1.1 แรงกระทำ (Active Force)

แรงกระทำหมายถึง แรงหรือน้ำหนักบรรทุกที่มีทิศทางและกระทำกับโครงสร้าง ซึ่งรวมถึงน้ำหนักบรรทุกของตัวโครงสร้างเองด้วย น้ำหนักบรรทุกยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

ก. น้ำหนักบรรทุกตายตัว (Dead Load) พิจารณาเป็นน้ำหนักที่กระทำกับโครงสร้างอาคารแบบอยู่กับที่ไม่มีการเคลื่อนย้าย เช่น น้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นคอนกรีต น้ำหนักผนังที่วางอยู่บนโครงสร้างคาน หรือน้ำหนักกระเบื้องมุงหลังคาที่วางอยู่บนโครงสร้างแป เป็นต้น อาจเรียกได้ว่าเป็นน้ำหนักที่กระทำกับโครงสร้างแบบถาวร

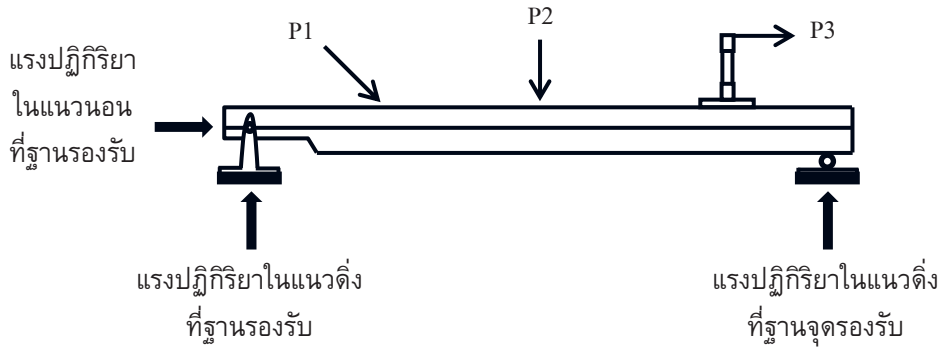
ข. น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) พิจารณาเป็นน้ำหนักที่กระทำกับโครงสร้างอาคารแบบมีการเคลื่อนย้ายได้ เช่น น้ำหนักของคนที่อาศัยอยู่ภายในอาคาร น้ำหนักของชั้นวางของ หรือแรงลมที่พัดมากระทำกับตัวอาคาร เป็นต้น



รูปที่ 1.1 น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

1.1.2 แรงต้านทานแรงกระทำ (Reaction Force)

แรงต้านทานแรงกระทำคือ แรงต้านเพื่อทำให้วัตถุเกิดสภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยทั่วไปเรียกว่า แรงปฏิกิริยา (Reaction) ซึ่งแรงปฏิกิริยานั้น นิยมพิจารณาให้กระทำในแนวตั้งฉาก และแนวขนานกับฐานรองรับ นอกจากนี้แล้วยังมีแรงต้านในลักษณะของโมเมนต์ดัด ซึ่งโมเมนต์ดัดนั้นจะต้านทานต่อการหมุนหรือการดัดโค้งของโครงสร้างอันเนื่องมาจากแรงที่มากระทำ



รูปที่ 1.2 แรงต้านทานแรงกระทำ

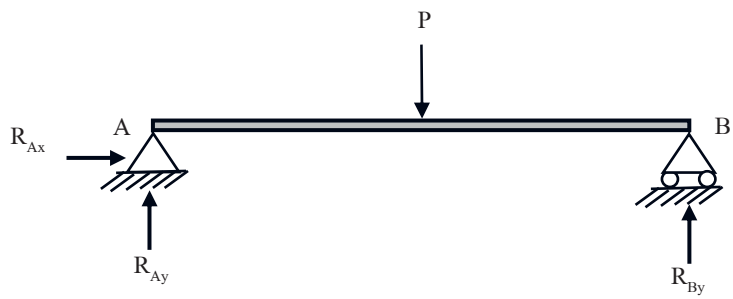
1.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง

น้ำหนักบรรทุกที่กระทำกับโครงสร้าง นอกจากน้ำหนักของตัวโครงสร้างเองแล้ว ยังมีน้ำหนักในรูปแบบอื่นๆ ที่มากระทำกับโครงสร้าง ซึ่งนิยมใช้ข้อมูลที่ได้จากข้อกำหนด หรือบทบัญญัติของแต่ละท้องที่ที่จะทำการก่อสร้างโครงสร้างนั้น สำหรับการวิเคราะห์แรงต้านทานที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง จะแบ่งรูปแบบของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้างออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

SE-ED

1.2.1 น้ำหนักกระทำแบบเป็นจุด (Concentrated Load หรือ Point Load)

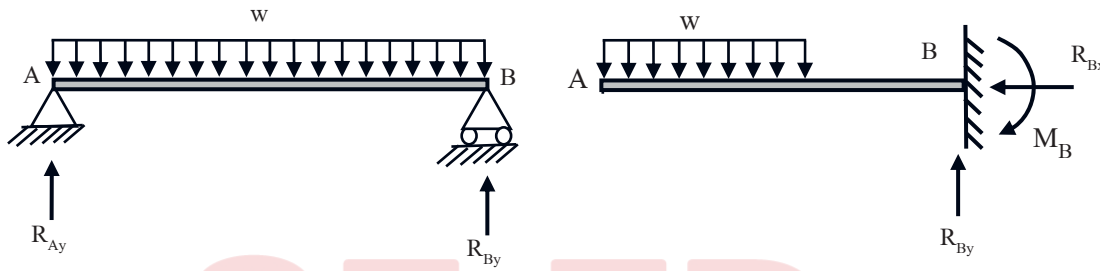
น้ำหนักกระทำแบบเป็นจุดเป็นน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างบนพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก จนสามารถระบุตำแหน่ง จุดที่แรงกระทำได้ เช่น น้ำหนักจากแปถ่ายลงบนจันทัน หรือน้ำหนักจากคานถ่ายลงสู่เสา น้ำหนักจากคานรองถ่ายลงสู่คานหลัก เป็นต้น



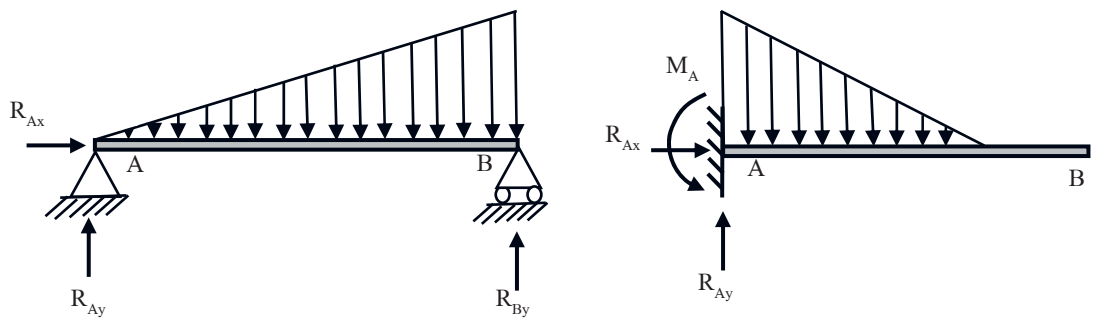
รูปที่ 1.3 ลักษณะของน้ำหนักกระทำแบบเป็นจุด (Point Load)

1.2.2 น้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจาย (Distributed Load)

น้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายเป็นน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งอาจกระทำเพียงบางส่วนหรือกระทำทั้งหมดของโครงสร้างก็ได้ เช่น น้ำหนักของผนังที่ถ่ายลงบนคาน น้ำหนักของกระเบื้องหลังคาที่ถ่ายลงบนแป หรือแรงลมที่กระทำต่อผนังของอาคาร เป็นต้น น้ำหนักแบบแผ่กระจาย สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ น้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ (Uniform Load) และน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายไม่สม่ำเสมอ (Non-Uniform Load) โดยที่น้ำหนักอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง



รูปที่ 1.4 ลักษณะของน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ (Uniform Load)



รูปที่ 1.5 ลักษณะของน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายไม่สม่ำเสมอ (Non-Uniform Load)

1.3 ชนิดของฐานรองรับ (Types of Supports)

ฐานรองรับของโครงสร้างจริงมีหลายรูปแบบ ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกัน โดยต้องทำให้โครงสร้างนั้นเกิดความสมดุล มีความมั่นคง แข็งแรง ซึ่งในการวิเคราะห์เพื่อหาค่าแรงปฏิกิริยาต่างๆ ภายในโครงสร้าง จะต้องมีการกำหนดสัญลักษณ์

และเครื่องหมายสำหรับฐานรองรับแต่ละแบบ เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน และสะดวกในการคำนวณ ชนิดของฐานรองรับสำหรับโครงสร้างโดยทั่วๆ ไป แบ่งออกเป็น 3 ชนิดดังนี้

1.3.1 ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Support)

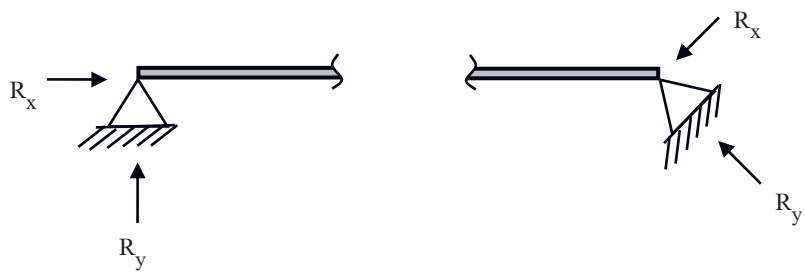
ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้บางครั้งเรียกว่า ฐานรองรับแบบล้อเลื่อน ซึ่งฐานรองรับแบบนี้ยอมให้เกิดการหมุนรอบจุดยึด และยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวขนานกับฐานรองรับ แต่ไม่ยอมให้มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับฐานรองรับ ดังนั้นจึงเกิดแรงปฏิกิริยาหรือแรงต้านที่จุดรองรับ จำนวน 1 แรงคือ แรงปฏิกิริยาในทิศทางตั้งฉากกับฐานรองรับเท่านั้น

รูปที่ 1.6 สัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Support)

SE-ED

1.3.2 ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Support)

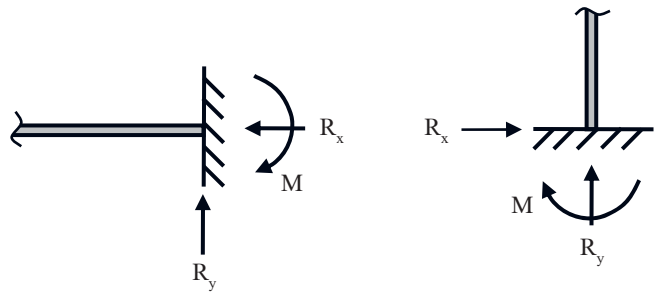
ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้บางครั้งเรียกว่า ฐานรองรับแบบบานพับ ฐานรองรับแบบนี้ยอมให้เกิดการหมุนรอบจุดยึดได้ แต่ไม่ยอมให้มีการเคลื่อนที่ใดๆ ดังนั้นจึงเกิดแรงปฏิกิริยา หรือแรงต้านที่จุดรองรับจำนวน 2 แรงคือ แรงปฏิกิริยาในทิศทางขนานและแรงปฏิกิริยาในทิศทางตั้งฉากกับฐานรองรับ



รูปที่ 1.7 สัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Supports)

1.3.3 ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Support)

ฐานรองรับแบบนี้ไม่ยอมให้มีการเคลื่อนที่ใดๆ ทั้งสิ้น ดังนั้นจึงมีแรงปฏิกิริยาหรือแรงต้านที่จุดรองรับ เกิดขึ้นทั้งในทิศทางขนานกับฐานรองรับในทิศทางตั้งฉากกับฐานรองรับ และเกิดค่าโมเมนต์ดัดต้านทานต่อการหมุน รวมจำนวน 3 แรง



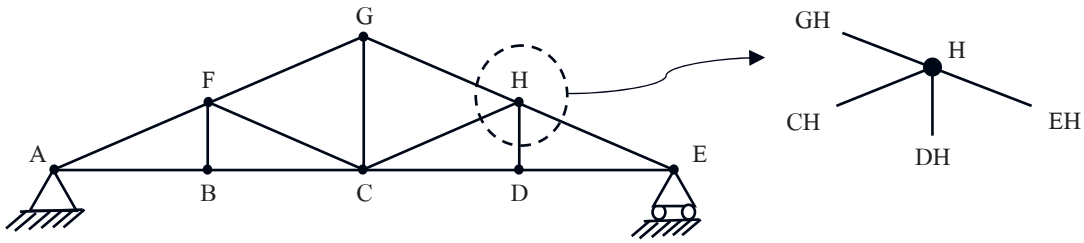
รูปที่ 1.8 สัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Support)

1.4 ชนิดของจุดต่อ (Types of Joints)

นอกจากลักษณะของฐานรองรับทั้ง 3 แบบตามที่กล่าวมาแล้ว ยังมีรูปแบบการยึดชิ้นส่วนของโครงสร้างเข้าด้วยกัน โดยตำแหน่งของการยึดชิ้นส่วนนั้น เรียกว่า จุดต่อ (Joints) สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายในโครงสร้างแบบโครงข้อหมุน หรือโครงถัก (Truss) ซึ่งชนิดของจุดต่อแบ่งเป็น 2 แบบคือ

1.4.1 จุดต่อแบบยึดหมุน (Pinned Joint)

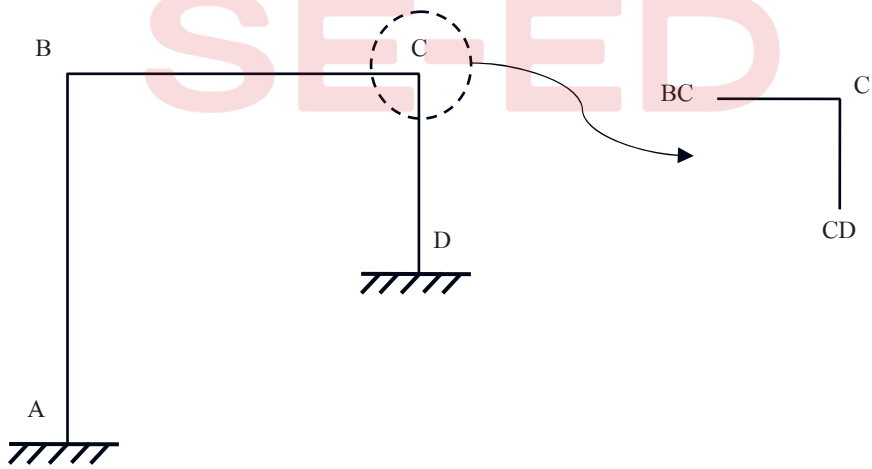
จุดต่อแบบนี้ สามารถส่งถ่ายแรงตามแนวแกนซึ่งอาจเป็นแรงดึงหรือแรงอัดไปยังชิ้นส่วนอื่นผ่านทางจุดต่อ แต่ไม่มีการส่งถ่ายการดัดจากชิ้นส่วนหนึ่งไปยังอีกชิ้นส่วนหนึ่ง ดังนั้นผลรวมของโมเมนต์หรือการหมุนที่จุดต่อนี้มีค่าเป็นศูนย์ จุดต่อแบบนี้นิยมใช้กับโครงสร้างที่เป็นโครงข้อหมุนหรือโครงถัก (Truss)



รูปที่ 1.9 โครงสร้างที่ใช้การยึดจุดต่อแบบยึดหมุน (Pinned Joint)

1.4.2 ข้อต่อแบบยึดรั้ง (Rigid Joint)

ข้อต่อแบบนี้ ยอมให้มีการส่งถ่ายการดัดจากโครงสร้างหนึ่งไปยังอีกโครงสร้างหนึ่งที่อยู่ติดกันผ่านทางจุดต่อ และเมื่อชิ้นส่วนของโครงสร้างอันใด ณ ตรงจุดต่อหมุนไปเป็นมุมเท่าใด โครงสร้างที่นำมาต่อกันตรงจุดต่อนั้นจะหมุนไปในทิศทางเดียวกัน และมีค่ามุมเท่ากัน จุดต่อแบบนี้นิยมใช้กับโครงสร้างที่เป็นโครงข้อแข็ง (Rigid Frames)



รูปที่ 1.10 จุดต่อแบบยึดรั้ง (Rigid Joint)

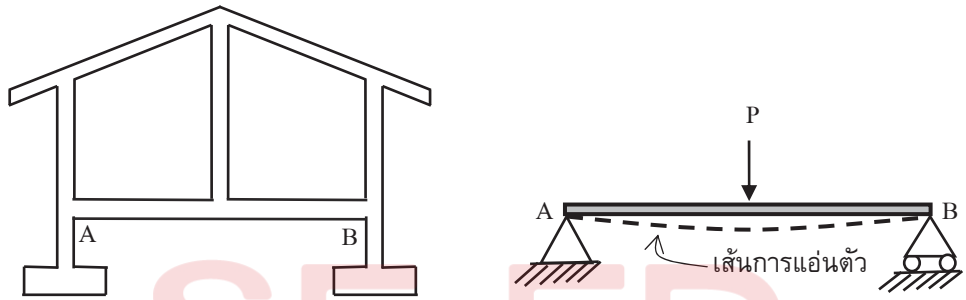
1.5 ชนิดของคาน (Types of Beam)

คาน (Beam) คือโครงสร้างที่เป็นส่วนสำคัญของอาคาร ปกติในการพิจารณาออกแบบคาน จะพิจารณาว่าคานรับน้ำหนักในแนวตั้งฉาก คานมีความสามารถต้านทานต่อการดัดได้ โดยทั่วไปคานมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ก่อนการออกแบบเราควรทราบถึงหน่วยแรงต่างๆ และคุณสมบัติของคาน ว่าตำแหน่งใดมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด ตำแหน่งใดมีค่าโมเมนต์

บิดสูงสุด ควรใช้คานขนาดใดจึงจะสามารถต้านทานแรงได้ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้สามารถออกแบบและกำหนดขนาดของคานที่จะใช้ได้อย่างถูกต้อง ชนิดของคานแบ่งออกตามลักษณะของฐานรองรับได้ 5 ชนิดดังนี้

1.5.1 คานช่วงเดียว (Simple Beam)

คานช่วงเดียวหมายถึง คานที่มีฐานรองรับเป็นแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Support) และแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Support) รองรับที่ปลายคานทั้งสองข้างเมื่อมีน้ำหนักภายนอกมากระทำ จะเกิดการแอ่นตัวตลอดช่วงความยาวคาน

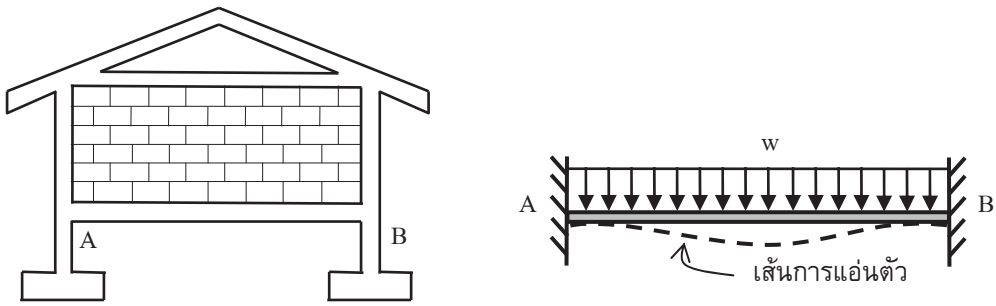


รูปที่ 1.11 รูปแบบของคานช่วงเดียว (Simple Beam)

SE-ED

1.5.2 คานยึดแน่น (Fixed Beam)

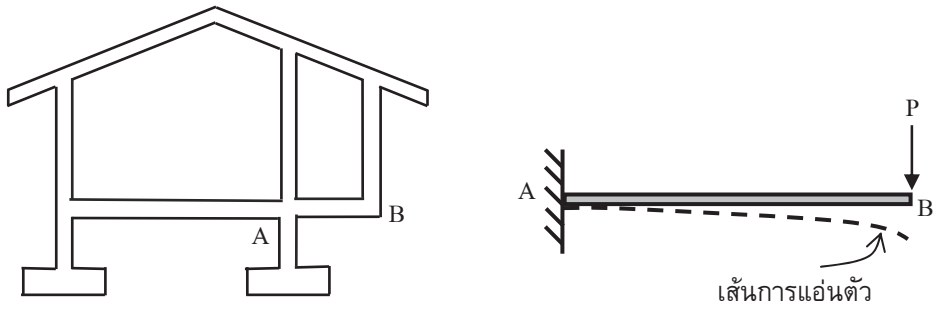
คานยึดแน่นหมายถึง คานที่มีฐานรองรับทั้งสองข้างเป็นแบบยึดแน่น ซึ่งการแอ่นของคานชนิดนี้เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกมากระทำ ตรงปลายคานที่ยึดกับฐานรองรับเกือบจะไม่มีการแอ่น แต่จะเกิดการแอ่นบริเวณช่วงกลางคาน



รูปที่ 1.12 รูปแบบของคานยึดแน่น (Fixed Beam)

1.5.3 คานยื่น (Cantilever Beam)

คานยื่นหมายถึง คานที่มีฐานรองรับเพียงข้างเดียว และเป็นฐานรองรับแบบยึดแน่น

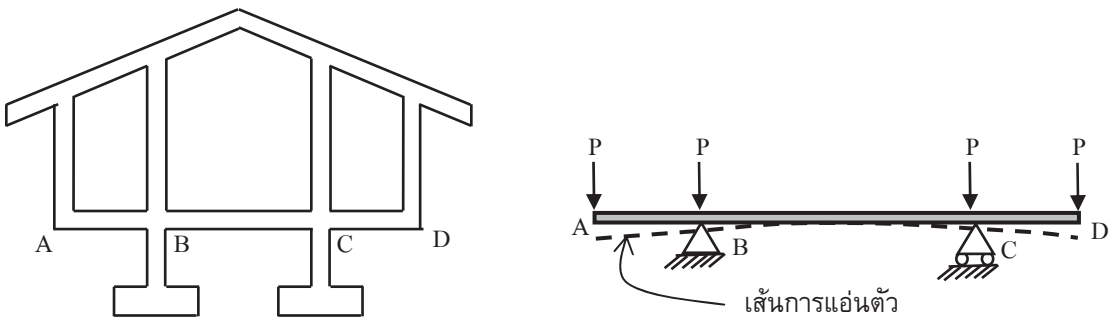


รูปที่ 1.13 รูปแบบของคานยึดแน่น (Fixed Beam)

1.5.4 คานปลายยื่น (Over-hanging Beam)

คานปลายยื่นหมายถึง คานที่มีฐานรองรับสองข้าง และยื่นปลายออกจากฐานรองรับ ซึ่งอาจยื่นออกไปเพียงข้างเดียวหรือยื่นทั้งสองข้างก็ได้

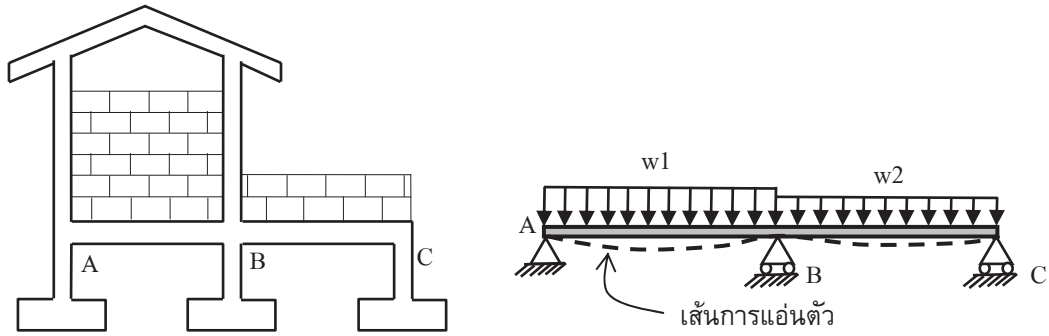
SE-ED



รูปที่ 1.14 รูปแบบของคานปลายยื่น (Over-hanging Beam)

1.5.5 คานต่อเนื่อง (Continuous Beam)

คานต่อเนื่องหมายถึง คานที่มีฐานรองรับมากกว่าสองฐาน



รูปที่ 1.15 รูปแบบของคานต่อเนื่อง (Continuous Beam)

1.6 สมการสมดุล (Equilibrium Equations)

ในทางสถิตยศาสตร์ การสมดุล (Equilibrium) หมายถึงสภาวะที่วัตถุหรือโครงสร้างอยู่นิ่ง ไม่มีการเคลื่อนที่ใด ๆ และภายใต้สภาวะสมดุลนี้ เราสามารถพิจารณาสมการสมดุลได้ 3 สมการคือ

ก. ΣH หรือ $\Sigma F_x = 0$: หมายถึงผลรวมของแรงทางพีชคณิตในแนวราบ (Horizontal) หรือแนวแกน x มีค่าเท่ากับศูนย์

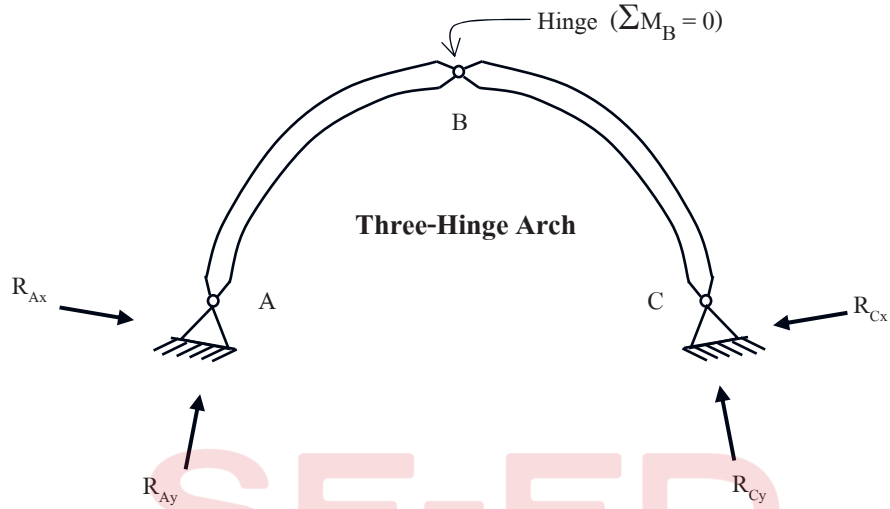
ข. ΣV หรือ $\Sigma F_y = 0$: หมายถึงผลรวมของแรงทางพีชคณิตในแนวดิ่ง (Vertical) หรือแนวแกน y มีค่าเท่ากับศูนย์

ค. $\Sigma M = 0$: หมายถึงผลรวมของแรงทางพีชคณิตรอบจุดใด ๆ (Moment) บนระนาบของแรงที่กระทำมีค่าเท่ากับศูนย์

1.7 สมการเงื่อนไข (Condition Equation)

สมการเงื่อนไข (Condition Equation) หมายถึงสมการที่เพิ่มขึ้นมานอกเหนือจากสมการสมดุล เพื่อช่วยหรือใช้ประกอบในการหาค่าตัวไม่ทราบค่า (Unknown) ร่วมกับสมการสมดุลทั้ง 3 สมการ ตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 1.16 เป็นโครงสร้างแบบ Three-Hinge Arch หากดูเพียงผิวเผินจะเป็นโครงสร้างที่มีแรงปฏิกิริยาหรือตัวไม่ทราบค่าทั้งหมด 4 ตัวคือ R_{Ax}, R_{Ay}, R_{Bx} และ R_{By} ฉะนั้นสมการที่นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าตัวไม่ทราบค่าตามหลักสถิตยศาสตร์พื้นฐาน จะต้องมีอย่างน้อยเท่ากับจำนวนตัวไม่ทราบค่าคือ 4 สมการ เกินจากสมการสมดุลซึ่งมีเพียง 3 สมการ

แต่เมื่อพิจารณาดูให้ดี พบว่า มีจุดยึดหมุนภายใน (Interior Hinge) ที่จุด C ดังนั้นเราจะได้สมการเงื่อนไขอีกหนึ่งสมการว่า ผลรวมของการหมุนรอบจุด B มีค่าเท่ากับศูนย์ ($\sum M_B = 0$) เมื่อรวมสมการเงื่อนไขกับสมการสมดุล ทำให้ได้สมการทั้งหมด 4 สมการ เพียงพอที่จะนำมาหาค่าตัวไม่ทราบค่าทั้ง 4 ตัวได้



รูปที่ 1.16 โครงสร้างที่จำนวนของสมการสมดุลรวมกับสมการเงื่อนไขเท่ากับจำนวนตัวไม่ทราบค่า

1.8 ประเภทของโครงสร้าง (Type of Structure)

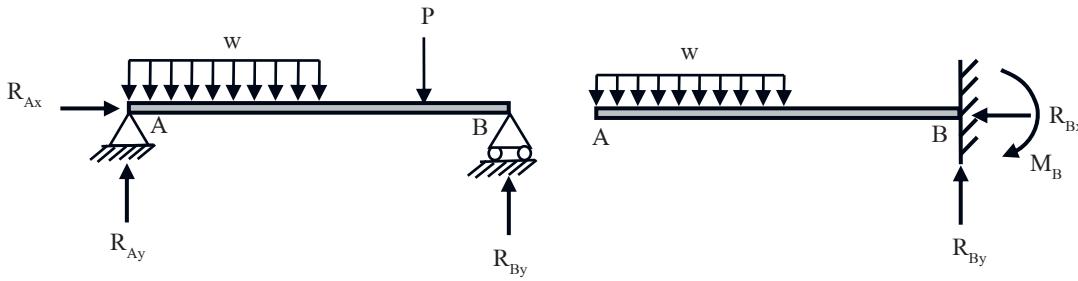
โครงสร้างโดยทั่วไปมีหลากหลายรูปแบบ เพื่อรองรับการใช้งานที่หลากหลายวัตถุประสงค์ โครงสร้างบางประเภทสามารถสร้างขึ้นอย่างง่ายๆ ก็เพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้อย่างปลอดภัย แต่โครงสร้างบางประเภทต้องสร้างขึ้นอย่างพิถีพิถัน มีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น เช่น โครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ หรือโครงสร้างที่ต้องรับน้ำหนักมากๆ โครงสร้างโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1.8.1 โครงสร้างแบบง่าย (Determinate Structure)

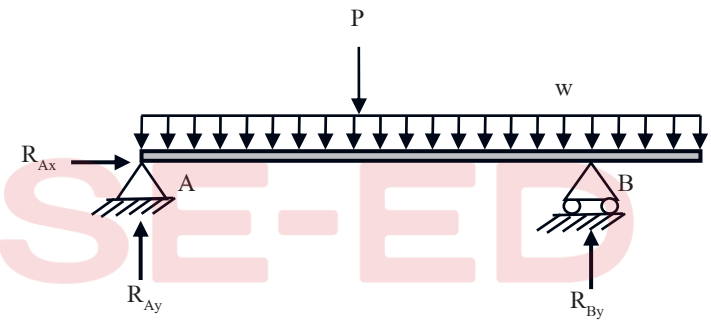
โครงสร้างแบบง่าย คือโครงสร้างซึ่งสามารถที่จะวิเคราะห์หาค่าแรงปฏิกิริยาได้ โดยใช้สมการสมดุลรวมกับสมการเงื่อนไขอื่น (ถ้ามี) โดยแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับและโมเมนต์ต้านทานต่างๆ ที่จะต้องทำการคำนวณนั้นเรียกว่า ตัวไม่ทราบค่า (Unknown) และโครงสร้างนั้น

SE-ED

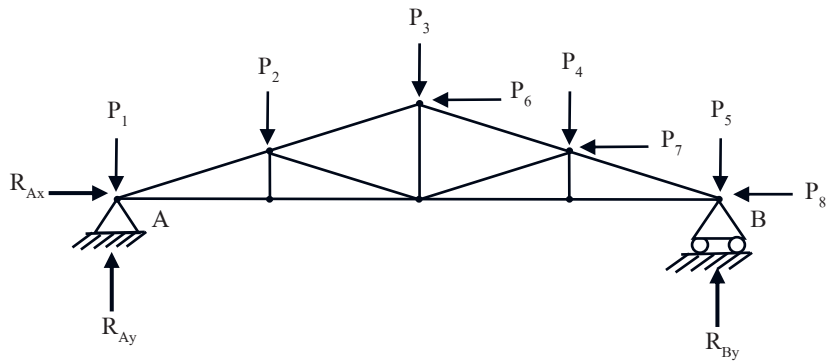
มีเสถียรภาพหรือทรงตัวอยู่ได้ (Stable) ถ้านำเอาฐานรองรับตัวใดตัวหนึ่งออกไป โครงสร้างนั้นจะไม่มีเสถียรภาพ ทรงตัวอยู่ไม่ได้ (Unstable)



(ก) คานช่วงเดียว (ข) คานยื่น



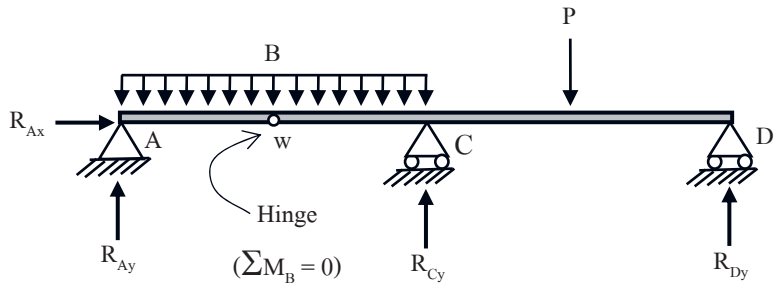
(ค) คานช่วงเดียวปลายยื่น



(ง) โครงข้อหมุนหรือโครงถัก

รูปที่ 1.17 โครงสร้างแบบง่าย (Determinate Structure)

SE-ED

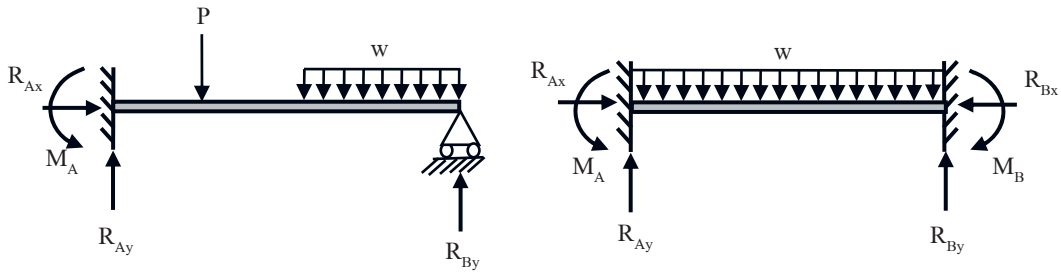


(จ) คานต่อเนื่องแบบมีเงื่อนไข

รูปที่ 1.17 (ต่อ) โครงสร้างแบบง่าย (Determinate Structure)

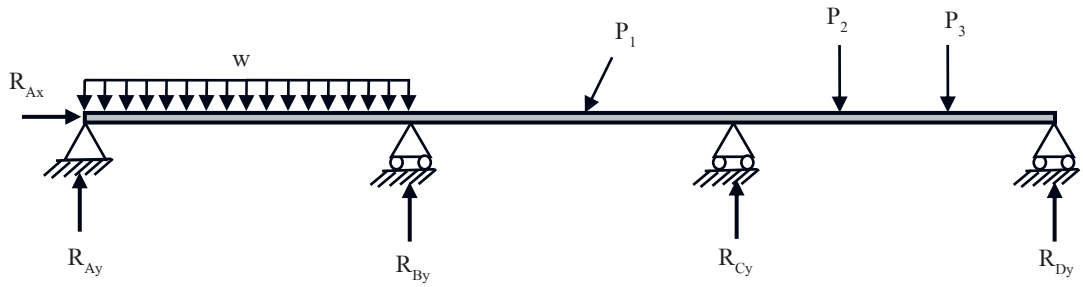
1.8.2 โครงสร้างแบบยาก (Indeterminate Structure)

สำหรับโครงสร้างแบบยากคือ โครงสร้างที่มีจำนวนของแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับมากกว่าสมการสมดุล รวมกับสมการเงื่อนไข (ถ้ามี) จึงไม่สามารถวิเคราะห์หาค่าแรงปฏิกิริยาต่าง ๆ โดยใช้สมการสมดุลรวมกับสมการเงื่อนไขเพียงลำพัง จำนวนตัวไม่ทราบค่าที่เกินจากจำนวนสมการสมดุลรวมกับสมการเงื่อนไขนี้เรียกว่า ดีกรีของความยาก (Degree of Statically Indeterminancy; SI) เช่น ถ้าจำนวนตัวไม่ทราบค่าเกินกว่าจำนวนสมการสมดุลรวมกับสมการเงื่อนไขไป 1 ตัว เรียกว่า มีดีกรีความยากเท่ากับหนึ่ง หรือ 1° SI เป็นต้น



(ก) คานช่วงเดียว 1° SI (ข) คานช่วงเดียว 3° SI

รูปที่ 1.18 โครงสร้างแบบยาก (Indeterminate Structure)



รูปที่ 1.18 (ต่อ) โครงสร้างแบบยาก (Indeterminate Structure)

1.9 การจำแนกประเภทของโครงสร้าง

การจำแนกประเภทของโครงสร้าง จะช่วยให้ทราบวิธีการในการวิเคราะห์หาแรงภายในโครงสร้าง หากโครงสร้างนั้นเป็นโครงสร้างแบบง่าย (Determinate Structure) ก็สามารถใช้สมการสมดุลเพียงลำพังในการวิเคราะห์หาแรงภายในโครงสร้างได้ แต่ถ้าโครงสร้างนั้นเป็นโครงสร้างแบบยาก (Indeterminate Structure) จะไม่สามารถใช้สมการสมดุลวิเคราะห์เพียงลำพังได้ ต้องใช้วิธีการหรือสมการอื่นๆ ในการวิเคราะห์

SE-ED

1.9.1 องค์ประกอบในการจำแนกประเภทของโครงสร้าง

การวิเคราะห์เพื่อจำแนกประเภทของโครงสร้างว่า เป็นโครงสร้างแบบง่าย (Determinate Structure) หรือโครงสร้างแบบยาก (Indeterminate Structure) จะพิจารณาจากองค์ประกอบดังนี้

ก. สมการสมดุล (Equilibrium Equations) ซึ่งมีจำนวนเท่ากับ 3 สมการ

ข. สมการเงื่อนไข (Condition Equation) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการออกแบบหรือพิจารณาให้โครงสร้างนั้นมีเงื่อนไขว่าอย่างไร

ค. แรงปฏิกิริยา (Reaction) จะเกิดขึ้นที่จุดรองรับ โดยพิจารณาจากรูปแบบของฐานรองรับ เนื่องจากเป็นแรงที่ต้องทำการคำนวณหาผลลัพธ์ จึงนิยมเรียกว่า ตัวไม่ทราบค่า

ง. ชิ้นส่วนของโครงสร้าง (Member) โดยจะพิจารณาในกรณีที่โครงสร้างเป็นโครงข้อหมุนหรือโครงถัก (Truss) และแรงในชิ้นส่วนโครงสร้างที่ต้องคำนวณหาผลลัพธ์นี้เรียกว่าเป็นตัวไม่ทราบค่าเช่นกัน

1.9.2 การจำแนกประเภทโครงสร้างแบบโครงข้อแข็ง (Rigid Frames)

การวิเคราะห์โครงสร้างแบบโครงข้อแข็ง (Rigid Frames) จะต้องวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ว่า โครงสร้างมีความเสถียรภาพ (Stable) หรือไม่ ถ้ามีความเสถียรภาพให้วิเคราะห์ต่อไปว่า เป็นโครงสร้างแบบง่าย (Determinate Structure) หรือโครงสร้างแบบยาก (Indeterminate Structure) และถ้าหากเป็นโครงสร้างแบบยาก (Indeterminate Structure) ต้องวิเคราะห์หาระดับความยาก (Degree of Statically Indeterminancy; SI) ของโครงสร้างนั้นๆ ด้วย

1.9.3 การจำแนกประเภทโครงสร้างแบบโครงข้อหมุนหรือโครงถัก

สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างแบบโครงข้อหมุนหรือโครงถัก (Truss) จะต้องทำการวิเคราะห์ทั้งลักษณะภายนอกและลักษณะภายใน โดยการวิเคราะห์ลักษณะภายนอก มีขั้นตอนเหมือนกับการวิเคราะห์โครงสร้างแบบโครงข้อแข็งทุกประการ ส่วนการวิเคราะห์ลักษณะภายในจะต้องพิจารณารูปแบบของชิ้นส่วนที่นำมาต่อกันว่า ประกอบขึ้นโดยใช้รูปแบบของรูปสามเหลี่ยมทั้งหมดหรือไม่ ถ้าใช่ แสดงว่าโครงสร้างภายในมีเสถียรภาพ (Stable) หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์จำนวนชิ้นส่วน เพื่อหาระดับความยาก (Degree of Statically Indeterminancy; SI) ของชิ้นส่วนภายในโครงถัก

SE-ED

1.9.4 สมการที่ใช้วิเคราะห์

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นอาศัยหลักการว่า เมื่อจำนวนสมการสมดุลรวมกับจำนวนสมการเงื่อนไข (ถ้ามี) แล้ว จะต้องไม่น้อยกว่าจำนวนตัวไม่ทราบค่า จึงจะสามารถคำนวณหาผลลัพธ์ตัวไม่ทราบค่าเหล่านั้นได้ โดยสามารถสรุปแยกออกมาเป็น 3 กรณี ได้ดังนี้

ก. จำนวนของสมการสมดุลรวมกับสมการเงื่อนไข (ถ้ามี) แล้วเท่ากับจำนวนตัวไม่ทราบค่า แสดงว่าโครงสร้างนั้นเป็นโครงสร้างแบบง่ายหรือโครงสร้างแบบดีเทอร์มิเนต (Determinate Structure) นั่นคือ

(จำนวนสมการสมดุล + จำนวนสมการเงื่อนไข) = จำนวนตัวไม่ทราบค่า

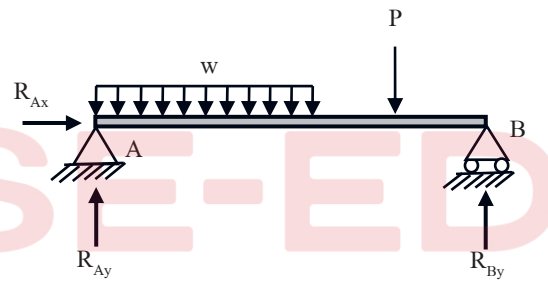
ข. จำนวนของสมการสมดุลรวมกับสมการเงื่อนไข (ถ้ามี) แล้วน้อยกว่าจำนวนตัวไม่ทราบค่า แสดงว่าโครงสร้างนั้น เป็นโครงสร้างแบบยากหรือโครงสร้างแบบอินดีเทอร์มิเนต (Indeterminate Structure) และค่าระดับความยากก็คือ จำนวนตัวไม่ทราบค่าที่เกินมา นั่นคือ

(จำนวนสมการสมดุล + จำนวนสมการเงื่อนไข) < จำนวนตัวไม่ทราบค่า

ค. จำนวนของสมการสมดุลรวมกับสมการเงื่อนไข (ถ้ามี) แล้วมากกว่าจำนวนตัวไม่ทราบค่า แสดงว่าโครงสร้างนั้นอาจเป็นโครงสร้างที่ไม่มีเสถียรภาพ (Unstable) คือเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกแล้ว ไม่สามารถทรงตัวอยู่ได้ ในกรณีนี้จะต้องพิจารณาตามรูปแบบของโครงสร้างเป็นกรณีไป สมการคือ

(จำนวนสมการสมดุล + จำนวนสมการเงื่อนไข) > จำนวนตัวไม่ทราบค่า

ตัวอย่างที่ 1.1 จากรูปที่ 1.19 โครงสร้างรับน้ำหนักดังต่อไปนี้ จงจำแนกประเภทโครงสร้างว่าเป็นโครงสร้างแบบง่ายหรือโครงสร้างแบบยาก



รูปที่ 1.19 โครงสร้างรับน้ำหนัก

วิธีทำ จำนวนสมการสมดุล = 3

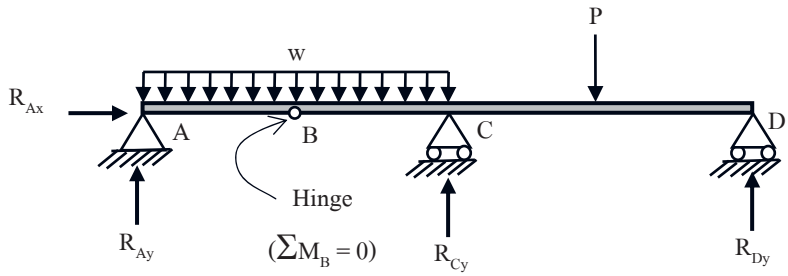
จำนวนสมการเงื่อนไข = 0

(จำนวนสมการสมดุล + จำนวนสมการเงื่อนไข) = 3

จำนวนตัวไม่ทราบค่า = 3 ตัว (R_{Ax}, R_{Ay}, R_{By})

ดังนั้น จำแนกได้ว่าเป็นโครงสร้างแบบง่าย **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 1.2 จากรูปที่ 1.20 โครงสร้างรับน้ำหนักดังต่อไปนี้ จงจำแนกประเภทโครงสร้างว่าเป็นโครงสร้างแบบง่ายหรือโครงสร้างแบบยาก



รูปที่ 1.20 โครงสร้างรับน้ำหนัก

วิธีทำ จำนวนสมการสมดุล = 3

จำนวนสมการเงื่อนไข = 1 $(\Sigma MB = 0)$

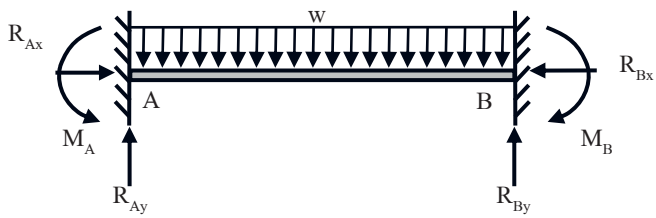
(จำนวนสมการสมดุล + จำนวนสมการเงื่อนไข) = 4

จำนวนตัวไม่ทราบค่า = 4 ตัว $(R_{Ax}, R_{Ay}, R_{Cy}, R_{Dy})$

ดังนั้น จำแนกได้ว่าเป็นโครงสร้างแบบง่าย **ตอบ**

SE-ED

ตัวอย่างที่ 1.3 จากรูปที่ 1.21 โครงสร้างรับน้ำหนักดังต่อไปนี้ จงจำแนกประเภทโครงสร้างว่าเป็นโครงสร้างแบบง่ายหรือโครงสร้างแบบยาก



รูปที่ 1.21 โครงสร้างรับน้ำหนัก

วิธีทำ จำนวนสมการสมดุล = 3

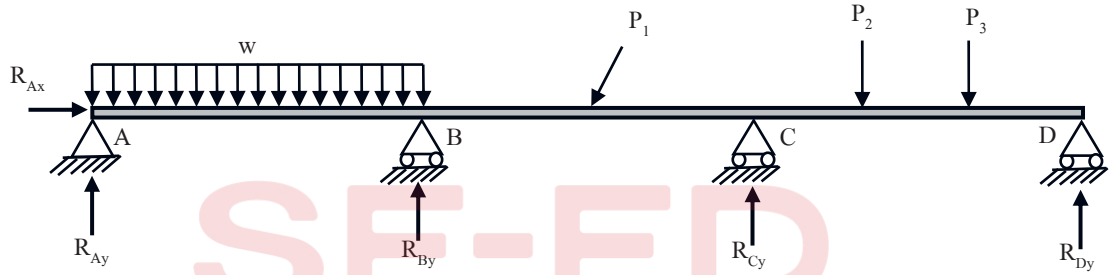
จำนวนสมการเงื่อนไข = 0

(จำนวนสมการสมดุล + จำนวนสมการเงื่อนไข) = 3

จำนวนตัวไม่ทราบค่า = 6 ตัว

ดังนั้น เป็นโครงสร้างแบบยาก มีค่าระดับความยากเท่ากับ 6 – 3 = 3°SI **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 1.4 จากรูปที่ 1.22 โครงสร้างรับน้ำหนักดังต่อไปนี้ จงจำแนกประเภทว่า เป็นโครงสร้างแบบง่ายหรือโครงสร้างแบบยาก



SE-ED

รูปที่ 1.22 โครงสร้างรับน้ำหนัก

วิธีทำ จำนวนสมการสมดุล = 3

จำนวนสมการเงื่อนไข = 0

(จำนวนสมการสมดุล + จำนวนสมการเงื่อนไข) = 3

จำนวนตัวไม่ทราบค่า = 5 ตัว

ดังนั้น เป็นโครงสร้างแบบยาก มีค่าระดับความยากเท่ากับ 5 – 3 = 2° SI **ตอบ**

สรุป

ในการวิเคราะห์โครงสร้าง ได้แบ่งรูปแบบของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้างออกเป็น น้ำหนักกระทำแบบเป็นจุด และน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจาย ชนิดของฐานรองรับ แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้ ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ และฐานรองรับแบบยึดแน่น ชนิดของคานแบ่งออกตามลักษณะของฐานรองรับได้ 5 ชนิดคือ คานช่วงเดียว คานยึดแน่น คานยื่น คานปลายยื่น และคานต่อเนื่อง การสมดุลคือ สภาวะที่วัตถุหรือโครงสร้างอยู่นิ่ง ไม่มีการเคลื่อนที่ใดๆ สมการเงื่อนไขหมายถึง สมการที่เพิ่มขึ้นมานอกเหนือจากสมการสมดุล เพื่อช่วยหรือใช้ประกอบในการหาค่าตัวไม่ทราบค่า โดยทั่วไปโครงสร้างแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ โครงสร้างแบบง่ายคือ โครงสร้างซึ่งสามารถที่จะวิเคราะห์หาค่าแรงปฏิกิริยาได้โดยใช้สมการสมดุล 3 สมการ รวมกับสมการเงื่อนไขอื่น (ถ้ามี) และโครงสร้างแบบยากคือ โครงสร้างที่มีจำนวนของแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับมากกว่าสมการสมดุลรวมกับสมการเงื่อนไข (ถ้ามี)

SE-ED

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1

ตอนที่ 1 จงเติมคำในช่องว่างหรืออธิบายความหมายของคำต่อไปนี้

1. น้ำหนักบรรทุกของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก จัดเป็นน้ำหนักบรรทุก.....
.....
2. ชนิดของแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง แบ่งเป็น.....ประเภท ได้แก่
.....
.....
3. น้ำหนักจากเสาที่ถ่ายลงสู่คานจัดเป็นน้ำหนัก.....
.....
.....
4. จงอธิบายชนิดของฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Support)
.....
.....
.....
.....
5. ชนิดของจุดต่อมี .....แบบคือ
.....
.....
.....
.....
6. ชนิดของคานที่แบ่งตามลักษณะของฐานรองรับมี.....ชนิด ได้แก่
.....
.....
.....
.....

SE-ED

7. จงอธิบายความหมายของสมการสมดุล

.....

.....

.....

.....

8. จงอธิบายความหมายของสมการเงื่อนไข

.....

.....

.....

.....

9. โครงสร้างแบบดีเทอร์มิเนต (Determinate Structure) หมายถึง

.....

.....

.....

.....

SE-ED

10. โครงสร้างแบบอินดีเทอร์มิเนต (Indeterminate Structure) หมายถึง

.....

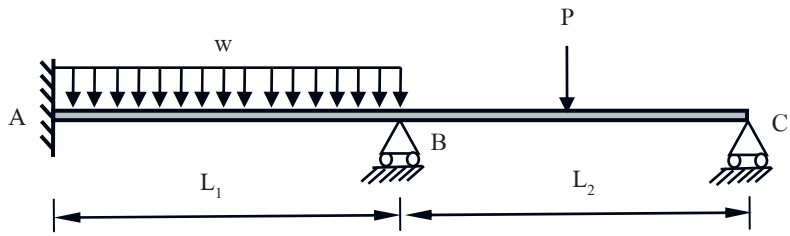
.....

.....

.....

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ

1. จากรูปโครงสร้างที่กำหนดให้ จงแสดงการจำแนกประเภทของโครงสร้าง



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

SE-ED

แบบทดสอบหลังเรียนบทที่ 1

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว และทำเครื่องหมาย × ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใด ไม่จัด ว่าเป็นน้ำหนักบรรทุกตายตัว
   ก. น้ำหนักพื้น
   ข. น้ำหนักโต๊ะ
   ค. น้ำหนักผนัง
   ง. น้ำหนักหลังคา

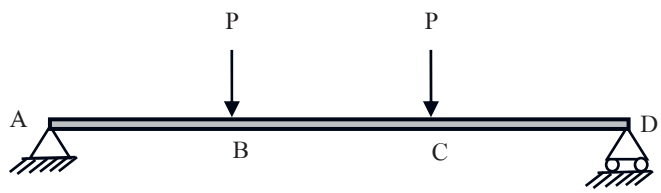
2. น้ำหนักของตงไม้เนื้อแข็งที่วางอยู่บนโครงสร้างคาน จัดว่าเป็นน้ำหนักบรรทุกลักษณะใด
   ก. น้ำหนักจร
   ข. น้ำหนักตายตัว
   ค. น้ำหนักเคลื่อนที่
   ง. น้ำหนักไม่เคลื่อนที่

3. น้ำหนักที่แปถ่ายลงบนจันทัน จัดเป็นน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างรูปแบบใด
   ก. Point Load
   ข. Uniform Load
   ค. Distributed Load
   ง. Non- uniform Load

SE-ED

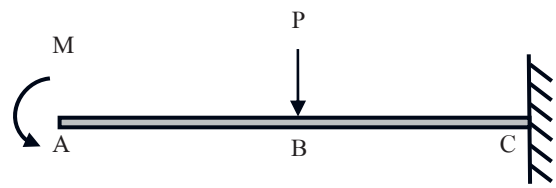
4. ข้อใดจัดเป็นน้ำหนักแบบแผ่กระจาย (Distributed Load)
   ก. น้ำหนักเสาถ่ายลงคาน
   ข. น้ำหนักผนังถ่ายลงคาน
   ค. น้ำหนักแปถ่ายลงจันทัน
   ง. น้ำหนักคานรองถ่ายลงคานหลัก

5. ในรูป ฐานรองรับที่จุด A เป็นฐานรองรับชนิดใด



   ก. Pin Support
   ข. Hinge Support
   ค. Fixed Support
   ง. Roller Support

6. ในรูป ฐานรองรับที่จุด C เป็นฐานรองรับชนิดใด



ก. ยึดหมุน
ข. ยึดแน่น
ค. ยึดหมุนเคลื่อนที่ได้
ง. ยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้

7. จุดต่อชนิดใดที่นิยมใช้กับโครงถัก
ก. ยึดรั้ง
ข. ยึดแน่น
ค. ยึดหมุน
ง. ยึดปลายคาน

8. คานชนิดใดที่มีฐานรองรับเพียงข้างเดียว และเป็นฐานรองรับแบบยึดแน่น
ก. คานยื่น
ข. คานยึดแน่น
ค. คานช่วงเดียว
ง. คานปลายยื่น

SE-ED

9. คานชนิดใดที่มีฐานรองรับมากกว่าสองฐาน
ก. คานยึดแน่น
ข. คานต่อเนื่อง
ค. คานปลายยื่น
ง. คานช่วงเดียว

10. การสมดุล มีความหมายตรงตามข้อใดมากที่สุด
ก. สภาวะที่วัตถุหยุดนิ่ง
ข. สภาวะที่วัตถุหมุนรอบจุด
ค. สภาวะที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง
ง. สภาวะที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวราบ

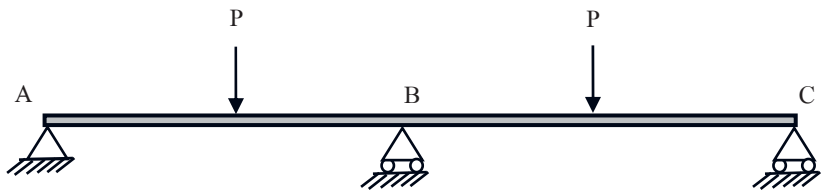
11. หากต้องการหาผลรวมของการหมุนจะใช้สมการสมดุลตามข้อใด
ก. $\Sigma H = 0$
ข. $\Sigma V = 0$
ค. $\Sigma M = 0$
ง. $\Sigma F = 0$

12. โครงสร้างที่จัดอยู่ในประเภทโครงสร้างแบบง่าย จะต้องมีตัวไม่ทราบค่า (Unknown) รวมกันไม่เกิน กี่ตัว

ก. 2 ข. 3

ค. 4 ง. 5

13. ในรูป จัดว่าเป็นโครงสร้างแบบยากที่มีดีกรีความยาก เท่ากับเท่าใด



ก. 1 ข. 2

ค. 3 ง. 4

14. ข้อความใดคือความหมายของสมการเงื่อนไข

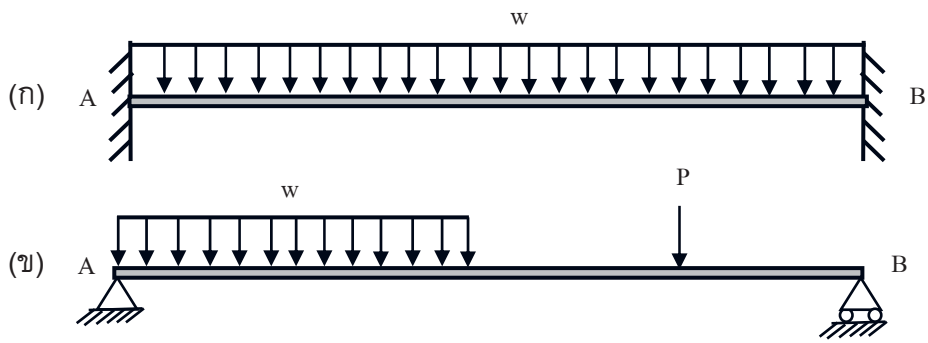
ก. สมการอื่นๆ นอกเหนือจากสมการสมดุล

ข. สมการสำหรับการพิจารณารูปแบบของโครงสร้าง

ค. สมการที่ใช้ร่วมกับสมการสมดุล เพื่อหาตัวไม่ทราบค่า

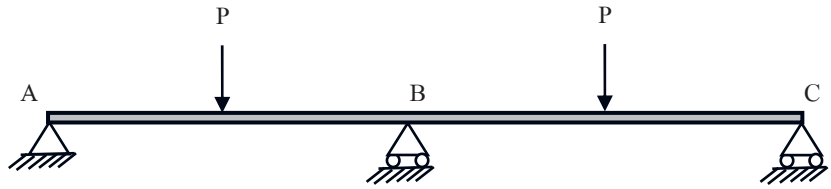
ง. สมการสำหรับใช้ในการคำนวณหาแรงปฏิกิริยาในโครงสร้างแบบยาก

15. จากรูปต่อไปนี้ ข้อใดจัดว่าเป็นโครงสร้างแบบง่าย

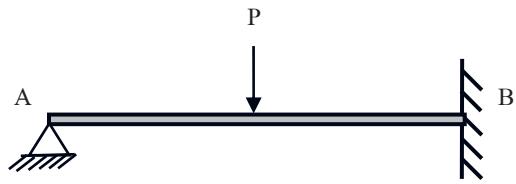


SE-ED

(ค)



(ง)



SE-ED

กลศาสตร์โครงสร้าง 2
(Structural Mechanics 2)

หนังสือ **กลศาสตร์โครงสร้าง 2 รหัสวิชา 20106-2115** เล่มนี้ เขียนขึ้นตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างก่อสร้าง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เนื้อหาวิชาประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้าง แรงปฏิกิริยา แรงเฉือน โมเมนต์ดัด และแรงภายในชิ้นส่วนของโครงข้อหมุน โดยเน้นตัวอย่างประกอบที่หลากหลายพร้อมภาพประกอบ แบบทดสอบหลังเรียน และแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ความเข้าใจมากที่สุด ช่วยให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ตรงตามจุดประสงค์ของหลักสูตร

ประวัติผู้เขียน **กรุณาพร รัตนภูผา**

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (คอ.ม.) สาขาโยธา จากมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพครูเทคนิคชั้นสูง (ปทส.) สาขาโยธา จากวิทยาลัยเทคนิคดุสิต
- สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาช่างก่อสร้าง จากวิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี

ประวัติการทำงาน

- ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งครู วิทยฐานะ ชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

หนังสือ	☑ 1 สี	จำนวน	251	หน้า
	❑ 2 สี	จำนวน		หน้า
	❑ 4 สี	จำนวน		หน้า
กระดาษ	☑ ปอนด์			
ความหนา	กระดาษปก		230	แกรม
	กระดาษเนื้อใน		70	แกรม

ISBN 978-616-08-3473-0

9 786160 834730

100 บาท

คู่มือเรียน-สอบ/อาชีวศึกษา-กลศาสตร์-วิศวกรรมโครงสร้าง

www.se-ed.com sbc.fans