ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพหนังสือเรียนอาชีวศึกษา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ประกาศลำดับที่ 502

วังอักษร

รหัสวิชา 20121-2011

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

กลศาสตร์โครงสร้าง

Structural Mechanics

พศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

84.-

กลศาสตร์โครงสร้าง
(Structural Mechanics)

รหัสวิชา 20121 - 2011

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาโยธา
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ

เรียบเรียงโดย
ผศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร
วท.บ. (ทอ. วิศวกรรมเครื่องกล)
M.Sc. (Mechanical Engineering)

กลศาสตร์โครงสร้าง
(Structural Mechanics)

ISBN 978-616-495-204-1

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...

วังอักษร

บริษัทวังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600
โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521
Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร e-Mail : wangaksorn9@gmail.com
www.wangaksorn.com ID Line : wangaksorn

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2565 จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2561

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต
เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้
เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

กลศาสตร์โครงสร้าง

(Structural Mechanics)

รหัสวิชา 20121 – 2011

ท–ป–น 2–0–2

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. มีความเข้าใจชนิดของแรงหรือน้ำหนักบรรทุก ฐานรองรับ
2. มีความสามารถในการคำนวณหาแรงปฏิกิริยา แรงเฉือน และโมเมนต์ดัด
3. มีความสามารถในการคำนวณหาแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน
4. มีเจตคติที่ดีมีความรับผิดชอบ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและกระบวนการใช้สมการสมดุลในการคำนวณหาแรง
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและกระบวนการคำนวณในการคำนวณหาแรงของโครงสร้างคานและโครงข้อหมุน

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของโครงสร้างอาคารภายใต้แรงหรือน้ำหนักบรรทุกกระทำ ชนิดของแรงหรือน้ำหนักบรรทุก ฐานรองรับ แรงปฏิกิริยา แรงเฉือน โมเมนต์ดัด แรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน

ตารางวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชา
วิชา กลศาสตร์โครงสร้าง รหัสวิชา 20121 – 2011
ท–ป–น 2–0–2 จำนวน 2 คาบ/สัปดาห์ รวม 36 คาบ

สมรรถนะรายวิชา / หน่วยที่	แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและกระบวนการใช้สมการสมดุลในการคำนวณหาแรง	แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและกระบวนการคำนวณในการคำนวณหาแรงของโครงสร้างคานและโครงข้อหมุน
1. นิยามและระเบียบแบบคำนวณเบื้องต้น	✓	–
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้าง	✓	✓
3. แผนภาพวัตถุอิสระ และระเบียบวิธีพิจารณาแรงปฏิกิริยา	✓	✓
4. แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในโครงร้าง	✓	✓
5. การหาแรงภายในโครงถัก	✓	✓

คำนำ

วิชากลศาสตร์โครงสร้าง รหัสวิชา 20121 - 2011 จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาโยธา ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 5 บทเรียน ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ และส่วนที่เป็นทักษะประสบการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใดเป็นคนดี ทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) ให้สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) เพื่อสร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม และทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่สนามการแข่งขันในประชาคมอาเซียน

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาทวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

ผศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

สารบัญ

บทที่ 1 นิยามและระเบียบแบบคำนวณเบื้องต้น 1

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกฎของนิวตัน 2
ระเบียบวิธีที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์แรง 3
โมเมนต์ของแรง 6
สมการสมดุล (Equilibrium Equations) 9
แบบทดสอบท้ายบท 13

บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้าง 16

แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง 17
ลักษณะของแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง (Load) 18
ฐานรองรับแบบต่าง ๆ 19
การจำแนกโครงสร้าง (Structural Classification) 23
การพิจารณาโครงสร้าง 24
แบบทดสอบท้ายบท 28

บทที่ 3 แผนภาพวัตถุอิสระ และระเบียบวิธีพิจารณาแรงปฏิกิริยา 30

แรงปฏิกิริยา 31
การเขียนภาพวัตถุอิสระ 34
ขั้นตอนการคำนวณหาแรงปฏิกิริยา 37
แบบทดสอบท้ายบท 43

บทที่ 4 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในโครงสร้าง 50

คำจำกัดความของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด 51
ชนิดของคานดีเทอร์มิเนต 51
พฤติกรรมการรับแรงของคานดีเทอร์มิเนต 52
เครื่องหมายและสัญลักษณ์แทนแรง 54
ระเบียบวิธีคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน 55
การเขียนแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด 56
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำแบบกระจายแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด 62
การเขียนแผนภาพของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดอย่างรวดเร็ว 65
แบบทดสอบท้ายบท 71

บทที่ 5 การหาแรงภายในโครงถัก 76

โครงถักและนิยามของโครงถัก 78
โครงถักอย่างง่าย (Simple Truss) 81
การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีพิจารณาจุดเชื่อมต่อ (Method of Joint) 81
ชิ้นส่วนที่แรงกระทำเป็นศูนย์ 86
การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีภาคตัด (Method of Section) 87
การวิเคราะห์โครงกรอบ 90
แบบทดสอบท้ายบท 94

คำถามเพื่อการทบทวน 99

คำศัพท์ 114

บรรณานุกรม 118

บทที่ 1

นิยามและระเบียบแบบคำนวณเบื้องต้น

แนวคิด

ขนาดของโมเมนต์ของแรงมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง สมการที่ใช้ในการคำนวณโมเมนต์ คือ $M = Fr \sin\theta$

วัตถุที่อยู่ในสมดุลกล หรือเรียกว่า สมดุล คือ วัตถุที่รักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิม เมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลต่อการหมุน ผลรวมของโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกามีค่าเท่ากับผลรวมของโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา เขียนแทนด้วยสมการ $\sum M_{ทวน} = \sum M_{ตาม}$

สาระการเรียนรู้

1. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกฎของนิวตัน
2. ระเบียบวิธีที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์แรง
3. โมเมนต์ของแรง
4. สมการสมดุล (Equilibrium Equations)

สมรรถนะประจำบท

1. หาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ได้ถูกต้อง
2. ใช้สมการสมดุลในการคำนวณหาแรงได้ถูกต้อง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายและยกตัวอย่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกฎของนิวตัน
2. อธิบายระเบียบวิธีที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์แรง
3. คำนวณหาโมเมนต์ของแรง
4. สรุปและใช้สมการสมดุลในการคำนวณหาแรง

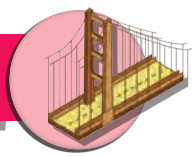
บทที่

1 นิยามและระเบียบแบบคำนวณเบื้องต้น

การศึกษาวิชากลศาสตร์โครงสร้างนั้น เนื้อหาส่วนใหญ่จะเป็นการวิเคราะห์หาแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเมื่อมีแรงมากระทำ ดังนั้น ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์จึงจำเป็นจะต้องศึกษาถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แรงที่มากระทำต่อโครงสร้าง ลักษณะและการรับแรงของฐานรองรับชนิดต่าง ๆ น้ำหนักบรรทุกกระทำบนโครงสร้าง สมการสมดุลรวมทั้งเงื่อนไขของสมการซึ่งจะต้องใช้ในการวิเคราะห์ ตลอดจนศึกษาประเภทของโครงสร้างว่ามีกี่ประเภทแต่ละประเภทมีลักษณะอย่างไร เป็นต้น

เช่นเดียวกับการศึกษาทางวิศวกรรมด้านอื่น ๆ ผู้ศึกษาจำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจในเรื่องของกฎ นิยาม คำจำกัดความ และระเบียบวิธีการคำนวณ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์หรือแก้ปัญหาโจทย์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกฎของนิวตัน



กฎของนิวตันจะเกี่ยวข้องกับแรงที่มากระทำต่อวัตถุ การที่จะเข้าใจในกฎของนิวตันได้อย่างถ่องแท้จำเป็นจะต้องทำความเข้าใจนิยามของตัวแปรทั้งสามนี้ก่อน กล่าวคือ

1. แรง (Force) หมายถึง ปริมาณที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น N (นิวตัน)

2. มวล (Mass) หมายถึง ปริมาณต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีหน่วยเป็น kg วัตถุที่มีมวลมากจะต้านการเคลื่อนที่ได้มากกว่าเมื่อมีแรงมากระทำ

3. น้ำหนัก (Weight) หมายถึง แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อมวลของวัตถุ มีหน่วยเป็น N จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตันที่ว่า $\sum F = ma$

ดังนั้น $W = mg$

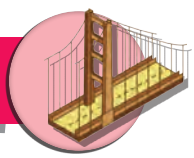
เมื่อ W คือ น้ำหนักของวัตถุ (N)

m คือ มวลของวัตถุ (kg)

g คือ ความเร่ง เนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกมีค่า 9.81 m/s^2 ให้ใช้ค่า 10 m/s^2 ได้

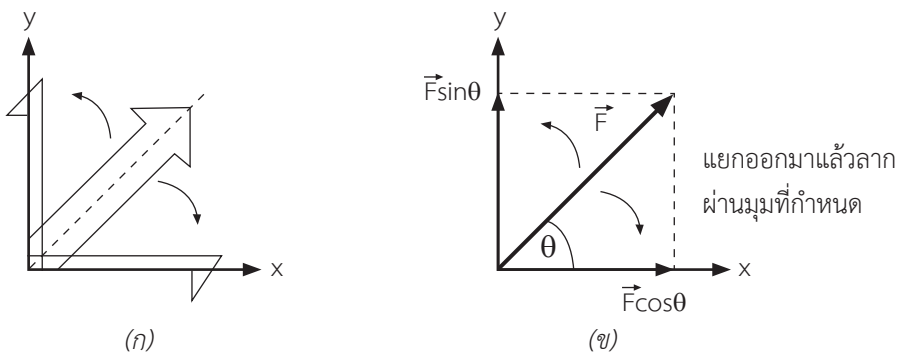
เพราะฉะนั้น ในทางฟิสิกส์ ต้องระลึกอยู่เสมอว่า **"มวลไม่ใช่น้ำหนัก"** แต่ **"น้ำหนักคือแรงชนิดหนึ่ง"**

ระเบียบวิธีที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์แรง



การแตกแรง

พิจารณาเสมือนการแบ่งแรงออกเป็นสองส่วนตามแนวแกน x และ y เมื่อแรงได้ถูกแบ่งแล้ว แรงเดิมจะหายไป ดังรูปที่ 1.1 (ก)



รูปที่ 1.1 แนวคิดเรื่องการแตกแรง

การแตกแรงในระเบียบวิธีทางเวกเตอร์นั้น ถือการปฏิบัติว่า ในการแยกแรงแล้วลากผ่านมุม จะเป็นค่ามุม cosθ ของมุมนั้น แรงที่แยกในทางตรงกันข้ามจะเป็นค่ามุม sinθ ดังรูปที่ 1.1 (ข)

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์

แบ่งเป็น 4 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ดังรูปที่ 1.2 แรงมีทิศทางเดียวกัน (θ = 0°)

รูปที่ 1.2 แรงมีทิศทางเดียวกัน

ขนาดของแรงลัพธ์หาจาก

$$\sum F = F_1 + F_2 \quad (1.1)$$

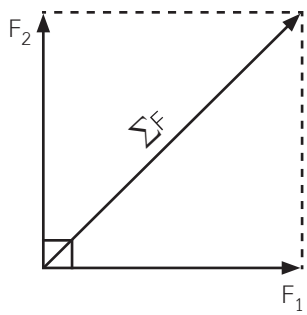
กรณีที่ 2 ดังรูปที่ 1.3 แรงมีทิศทางตรงข้ามกัน ($\theta = 180^\circ$)

รูปที่ 1.3 แรงมีทิศทางตรงข้ามกัน

ขนาดของแรงลัพธ์หาจาก

$$\sum F = F_1 - F_2 \quad (1.2)$$

กรณีที่ 3 ดังรูปที่ 1.4 แรงมีทิศทางตั้งฉากกัน ($\theta = 90^\circ$)



รูปที่ 1.4 แรงมีทิศทางตั้งฉากกัน

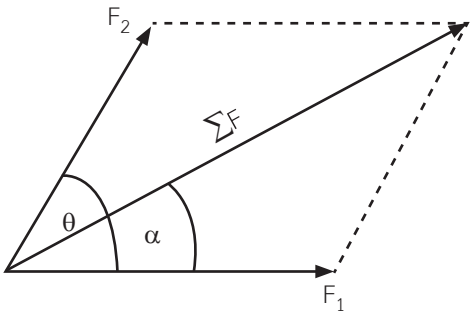
ขนาดของแรงลัพธ์หาจาก

$$\sum F = \sqrt{F_1^2 - F_2^2} \quad (1.3)$$

ทิศทางของแรงลัพธ์หาจาก

$$\tan\theta = \frac{F_2}{F_1} \quad (1.4)$$

กรณีที่ 4 ดังรูปที่ 1.5 แรงมีทิศทางทำมุม θ ต่อกัน ($0 < \theta < 90°$)



รูปที่ 1.5 แรงมีทิศทางทำมุม θ ต่อกัน ($0 < \theta < 90°$)

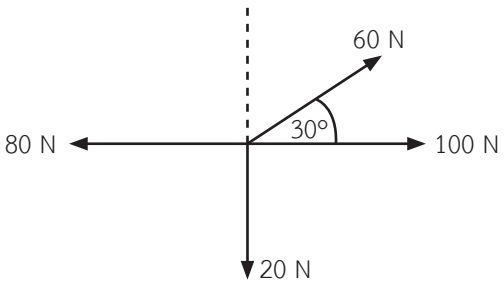
ขนาดของแรงลัพธ์หาจาก

$$\sum F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta} \qquad (1.5)$$

ทิศทางของแรงลัพธ์หาจาก

$$\tan\alpha = \frac{F_2\sin\theta}{F_1 + F_2\cos\theta} \qquad (1.6)$$

ตัวอย่างที่ 1.1 จงหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ที่ตำแหน่ง 0



วิธีทำ แตกแรง 60 N ที่ทำมุมออกเป็นแรงในแนวดิ่งและแนวระดับ รวมแรงที่ไปในทิศทางเดียวกันและหักลบแรงที่มีทิศทางตรงกันข้าม จากนั้นใช้วิธีการหาแรงลัพธ์เมื่อแรงทำมุมฉากกัน