

คำนำ

หนังสือกลศาสตร์วิศวกรรม ภาคสถิตยศาสตร์ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนรายวิชากลศาสตร์วิศวกรรม สำหรับนักศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตรูปแบบของหนังสือจะเป็นการบรรยายรายละเอียดของหลักการวิเคราะห์ปัญหา และฝึกให้ผู้อ่านทำการคำนวณผ่านแบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์

เพื่อให้ผู้อ่านสามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้ ผู้แต่งจึงพยายามบรรยายเหตุผลและแนวคิดของหลักการคำนวณต่างๆ จนอาจดูเป็นหนังสือกลศาสตร์ที่แปลกตาไปจากที่หลายๆ ท่านคุ้นเคย เพราะมีตัวหนังสือมากกว่าตัวเลข ทั้งนี้เป็นเพราะรูปแบบการคำนวณปัญหาทางกลศาสตร์ภาคสถิตยศาสตร์มีอยู่เป็นจำนวนมาก ผู้แต่งจึงมีความเชื่อว่าการสร้างพื้นฐานความเข้าใจที่ดีน่าจะเป็นประโยชน์กับผู้อ่านในการนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาต่อไป

โครงสร้างของหนังสือประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 7 บท โดยบทแรกจะกล่าวถึงพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการเขียนเวกเตอร์ของแรงในสอง และสามมิติ จากนั้นในบทที่สองจะกล่าวถึงการเขียนแผนภูมิอิสระของวัตถุ ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญมากในรายวิชานี้ สำหรับบทที่สามในหนังสือเล่มนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์โครงสร้าง การศึกษาเนื้อหาในบทนี้จำเป็นต้องมีความเข้าใจพื้นฐานในสองบทแรกเป็นอย่างดี สำหรับบทที่สี่ และบทที่ห้าจะกล่าวถึงการหาจุดศูนย์กลาง และการหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ ตลอดจนการวิเคราะห์แรงเฉือน และโมเมนต์ดัดในคาน ซึ่งเนื้อหาในสองบทนี้จะเป็นพื้นฐานในการศึกษารายวิชากลศาสตร์ในขั้นสูงขึ้นไป เนื้อหาในบทที่หกจะกล่าวถึงการวิเคราะห์เกี่ยวกับแรงเสียดทาน และเครื่องมือทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน อันได้แก่ ลิ่ม สกรู และสายพาน สำหรับในบทสุดท้ายจะกล่าวถึงการวิเคราะห์สมดุลด้วยวิธีการงานเสมือน ซึ่งจะเป็พื้นฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์การเสถียรของโครงสร้างด้วยวิธีการพลังงาน ซึ่งเป็นหัวข้อที่จะศึกษาในขั้นสูงต่อไป

การเรียนรู้รายวิชานี้ให้ได้ผลดีจำเป็นต้องหมั่นฝึกฝนทำการคำนวณ ซึ่งผู้เขียนได้เตรียมแบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์ไว้ให้ในตอนท้ายของเนื้อเรื่อง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้อ่านสามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีที่บรรยายไว้มาใช้ในการคำนวณได้ ดังนั้นผู้อ่านจึงควรลงมือทำแบบฝึกหัดทุกหัวข้อก่อนศึกษาต่อในหัวข้อถัดไป

ท้ายที่สุดนี้ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ แก่ผู้สนใจศึกษา และนักศึกษาใน
สาขาวิศวกรรมศาสตร์ และขอให้ผู้อ่านทุกท่านสนุกกับรายวิชากลศาสตร์วิศวกรรม

นิติพงษ์ โสภณพงษ์พัฒน์
ตุลาคม 2553

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำหนังสือฉบับนี้ ผู้แต่งได้รับความอนุเคราะห์จากหลายๆ ท่าน อันได้แก่ คุณธิดาลักษณ์ อังคะรุศ ผู้ที่เป็นหัวเรี่ยวหัวแรงหลักในการจัดทำรูปภาพต่างๆ ของหนังสือเล่มนี้ รวมทั้งคณะผู้ช่วยจัดพิมพ์อันได้แก่ คุณอัครวิณี ด่านพิณิจ คุณภักขิณันต์ อัครชานนท์ คุณพิมพ์ใจ สิงโตทอง คุณศิระพร กฤษวงษ์ และ คุณสุทธสิศดิ์ เมตตาประสพกิจ

ตลอดระยะเวลาที่แต่งหนังสือฉบับนี้ ผู้แต่งได้รับกำลังใจจากเพื่อนอาจารย์ ซึ่งได้ให้ความเห็น ตลอดจนข้อเสนอแนะต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์กับผู้แต่งอย่างยิ่ง และที่ขาดไปไม่ได้คือ ความกรุณาของเจ้าหน้าที่สำนักงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ช่วยอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้าน ซึ่งทำให้ผู้แต่งดำเนินงานจนเสร็จสิ้นไปได้

หากหนังสือฉบับนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้อ่าน ในการจะเตรียมตัวเป็นวิศวกรต่อไปในอนาคตแล้ว ผู้แต่งขออุทิศความดีของหนังสือเล่มนี้ให้แก่ คณาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ ตลอดจน คุณพ่อ คุณแม่ พี่ๆ ตลอดจนภรรยาและครอบครัวของผู้แต่ง หากหนังสือกลศาสตร์วิศวกรรม ภาคสถิตยศาสตร์ ฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้แต่งต้องขออภัยมา ณ ที่นี้

นิติพงษ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์

ตุลาคม 2553

สารบัญ

คำนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 กลศาสตร์ คือ อะไร	1
1.1.1 กลศาสตร์ของวัตถุแข็งเกร็ง	1
1.1.2 กลศาสตร์ของวัตถุที่มีการเสียรูป	2
1.1.3 กลศาสตร์ของไหล	2
1.2 แนวคิดและกฎพื้นฐาน	3
1.2.1 กฎพื้นฐานของนิวตัน 3 ข้อ	5
1.2.2 กฎการโน้มถ่วงของนิวตัน	5
1.3 คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับภาคสถิตยศาสตร์	6
1.3.1 การเขียนเวกเตอร์	6
1.3.2 การหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วย	11
1.3.3 การบวกเวกเตอร์	12
1.3.4 การลบเวกเตอร์	13
1.3.5 เวกเตอร์โปรดัคซ์	13
1.3.6 กฎของไซน์	17
1.3.7 กฎของโคไซน์	18
แบบฝึกหัดหัดเสริมประสบการณ์	20
1.4 การเขียนแรงใน 2 มิติ และ 3 มิติ	23
1.5 โมเมนต์และแรงคู่ควบ	27
1.6 การหาค่าประกอบของโมเมนต์บนแกนใดๆ	34
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	38

1.7 แรงลัพธ์และ โมเมนต์ลัพธ์	44
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	52
บทที่ 2 สมดุลของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง	
2.1 สภาวะสมดุล	61
2.2 แผนภูมิอิสระของวัตถุ	63
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	68
2.3 หลักการในการคำนวณสภาพสมดุล	77
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	88
2.4 เทคนิคการคำนวณปัญหาสมดุล 3 มิติ	100
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	109
บทที่ 3 การวิเคราะห์โครงสร้าง	
3.1 แรง และ โมเมนต์ภายนอก แรงภายใน และ โมเมนต์ตัด	117
3.2 การจำแนกโครงสร้าง	122
3.2.1 โครงถัก	122
3.2.2 เฟรม	123
3.2.3 เครื่องจักร	124
3.3 การวิเคราะห์โครงถัก	124
3.3.1 พื้นฐานเกี่ยวกับแรงบนโครงถัก	124
3.3.2 โครงถักที่คิณน้ำหนักรวมของชิ้นส่วน โครงสร้าง	130
3.3.3 การวิเคราะห์โครงถักด้วยวิธีวิเคราะห์จุดต่อ	131
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	134
3.3.4 การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีวิเคราะห์รอยตัด	158
3.3.5 จุดต่อของโครงถักกรณีพิเศษ	161
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	164
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	167

3.4 การวิเคราะห์เฟรมและเครื่องจักร	178
3.4.1 แผนภูมิอิสระของวัตถุในการวิเคราะห์เฟรม	180
3.4.2 สมการสมดุลสำหรับเฟรม	184
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	186
3.4.2 แผนภูมิอิสระของวัตถุในกรณีที่โครงสร้างสมมาตร	193
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	198
3.5 โครงสร้างที่วิเคราะห์ไม่ได้ด้วยหลักการสถิตยศาสตร์เพียงอย่างเดียว	202
3.5.1 กรณีของโครงถัก	202
3.5.2 กรณีของเฟรม	203
บทที่ 4 จุดcentroidและโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่	
4.1 แนวคิดในการหาจุดcentroid	207
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	218
4.2 การหาจุดcentroidในกรณีรูปทรงผสม	226
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	236
4.3 ทฤษฎีของแพพพัส	244
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	248
4.4 โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่	253
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	259
4.5 การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่เทียบกับแกนอ้างอิงอื่นๆ ที่ขนานกัน	263
4.6 โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดผสม	267
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	271
บทที่ 5 การวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ค้ำในคาน	
5.1 ชนิดของคาน	277
5.2 ภาระที่กระทำบนคาน	281
5.3 แผนภูมิอิสระของคาน และแผนภูมิอิสระของชิ้นส่วนรอยตัดของคาน	288

5.3.1 การกำหนดจำนวนรอยตัดของคาน	288
5.3.2 แรงเฉือนและ โมเมนต์ตัด	293
5.3.3 แผนภูมิอิสระของชิ้นส่วนรอยตัดของคาน	295
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	321
5.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างภาระแรงเฉือนและ โมเมนต์ตัด	335
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	342

บทที่ 6 แรงเสียดทาน

6.1 แรงเสียดทานชนิดแห้ง	347
6.2 มุมของความเสียดทาน	351
6.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต	362
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	364
6.4 การวิเคราะห์แรงเสียดทานในลิ้ม	368
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	378
6.5 การวิเคราะห์แรงเสียดทานในสกรู	381
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	387
6.6 การวิเคราะห์แรงเสียดทานในสายพานแบน	389
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	393

บทที่ 7 วิธีการงานเสมือน

7.1 งานและงานเสมือน	395
7.2 องศาความเป็นอิสระ	398
7.3 หลักการงานเสมือน	399
7.4 การวิเคราะห์โครงสร้างที่มีองศาความเป็นอิสระมากกว่าหนึ่ง	406
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	407
7.5 งานจากแรงอนุรักษ์ พลังงานศักย์ การวิเคราะห์งานและพลังงาน	
และกฎการอนุรักษ์พลังงาน	416

7.6 พลังงานศักย์	419
7.7 หลักการพลังงานและเสถียรภาพของระบบสมดุล	421
แบบฝึกหัดเสริมประสบการณ์	428
บรรณานุกรม	433

ขออุทิศความดีของหนังสือเล่มนี้ แก่คุณพ่อ คุณแม่ พี่ๆ ตลอดจนภรรยา และครอบครัว
และด้วยความระลึกถึงพระคุณของคณาจารย์ที่อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้

นักศึกษาพึงระลึกไว้เสมอว่า

“วิศวกรเป็นอาชีพที่มีเกียรติ”

ดังนั้นนักศึกษาจึงควรหมั่นฝึกฝนตนเองให้สมเกียรติที่ได้รับ