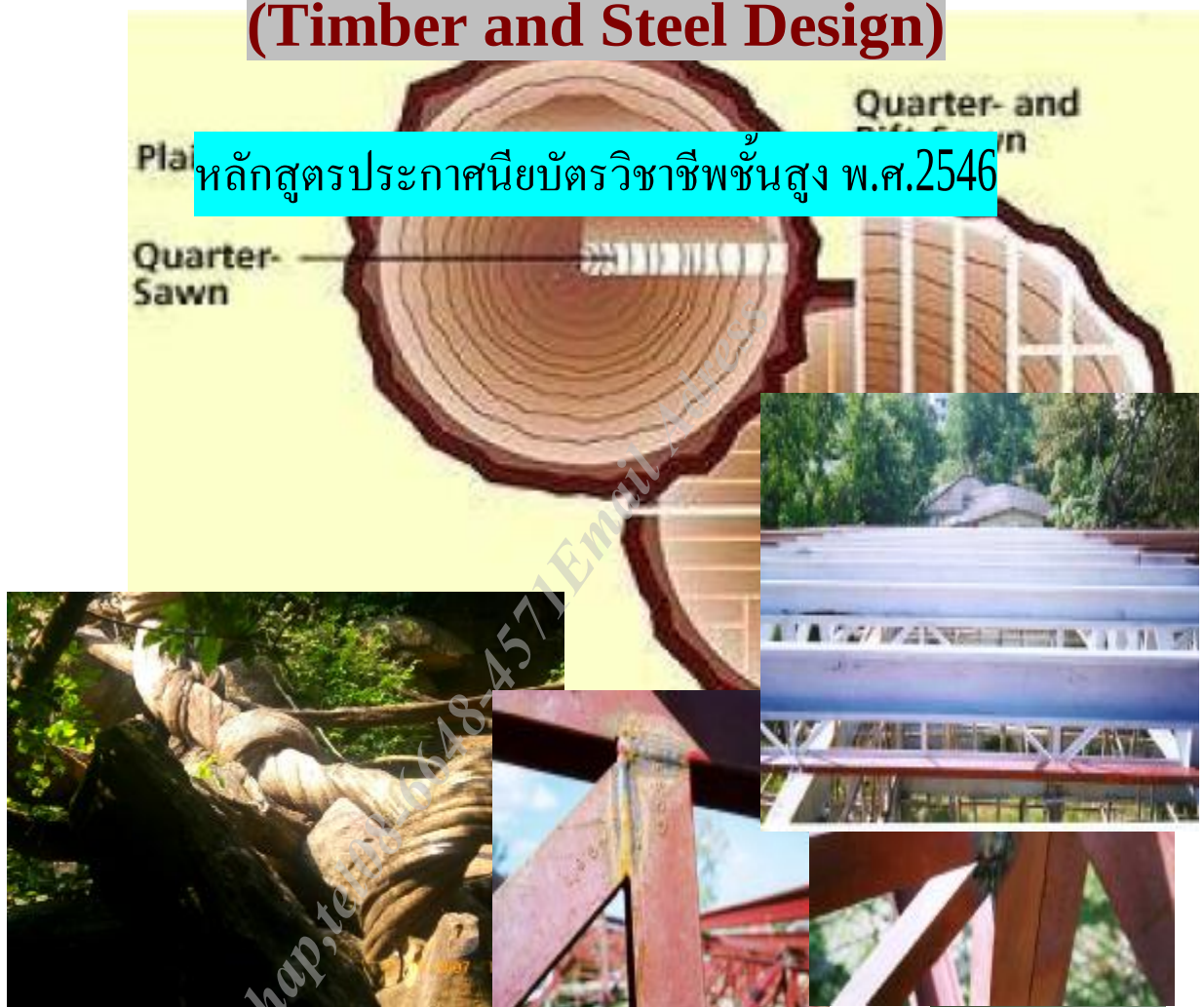


เอกสารประกอบการเรียนการสอน

วิชา (3106-2013) การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก

(Timber and Steel Design)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ.2546



โดย

นายสงบ นิ่งทับ ครู ค.ศ.3 แผนกช่างก่อสร้าง

วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



คำนำ

เอกสารการสอนฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการสอนวิชา 3106-2013 การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก แบบมุ่งเน้นสมรรถนะ ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ.2546 สาขาช่างก่อสร้าง สาขาช่างโยธา

เอกสารประกอบการเรียนการสอนแบ่งออกเป็น 14 หน่วยการเรียนรู้ กล่าวถึงการออกแบบองค์อาคารที่ก่อสร้างด้วยไม้ และองค์อาคารที่ก่อสร้างด้วยเหล็กรูปพรรณ ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. มาตรฐาน AISC มาตรฐาน JIS ที่ใช้ในประเทศไทย ผู้เรียบเรียงได้ศึกษาค้นคว้าจากตำรา – เอกสารทางวิชาการ ประสบการณ์การออกแบบอาคาร ที่ข้าพเจ้าได้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรม ประสบการณ์จากการสอนนักศึกษา เอกสารประกอบการเรียนการสอนเล่มนี้ผู้เรียบเรียงต้องการให้นักศึกษาสามารถศึกษาด้วยตนเอง ใช้ประกอบการเรียนในห้องเรียน ใช้เป็นคู่มือสำหรับประกอบอาชีพ

ผู้เรียบเรียงได้จัดลำดับเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ตัวอย่างการออกแบบ ตัวอย่างการคำนวณ แบบทดสอบ พร้อมคำศัพท์เพื่อให้เหมาะสมกับการเรียนสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พร้อมกับหวังว่าเอกสารประกอบการสอนเล่มนี้จะนำไปสู่การพัฒนาการศึกษาด้านวิชาชีพของประเทศไทยไปสู่ความเป็นเลิศด้านวิชาชีพ

นายสงบ นิ่งทับ

ผู้เรียบเรียง

แผนกวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี

คำนิยม

เอกสารประกอบการสอนวิชา (3106-2013) การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก ซึ่งอาจารย์สงบ นิ่งทับ ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการสอนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาการก่อสร้าง และสาขาวิชาช่างโยธา อาจารย์สงบ นิ่งทับ ได้นำความรู้ความสามารถประสบการณ์จากการสอนและการควบคุมงานก่อสร้างที่ยาวนานมาถ่ายทอดให้กับผู้เรียนเพื่อให้เกิดความรู้ ทักษะ เจตคติ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพได้

เอกสารประกอบการสอนนี้ นักศึกษายังสามารถนำไปใช้เรียนด้วยตนเองและนำไปใช้เป็นคู่มือพัฒนาอาชีพได้ จึงถือได้ว่าเป็นเอกสารที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง และเป็นการพัฒนาการศึกษาด้านวิชาชีพที่มุ่งเน้นสมรรถนะของผู้เรียน ข้าพเจ้าขอชื่นชมในความอุตสาหะที่ได้เรียบเรียงเอกสารนี้ขึ้นมาจนเป็นที่ยอมรับของนักเรียน นักศึกษาโดยทั่วไป ขอคุณงามความดีเหล่านี้จงดลบันดาลให้ อาจารย์สงบ นิ่งทับ จงประสบแต่ความสุขและความเจริญยิ่งขึ้นไป

นายลิขิต พลเหลา

ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี

คำนิยม

วิชาการออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็กในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จัดว่าเป็นวิชาที่สำคัญสำหรับการประกอบวิชาชีพช่างอุตสาหกรรม สาขาช่างก่อสร้าง ช่างโยธา ครูผู้ปฏิบัติการสอนต้องมีความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ ในการถ่ายทอดให้กับผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะ เจนคติ ความรู้ เพื่อประยุกต์ใช้งานตรงตามมาตรฐานวิชาชีพ

เอกสารประกอบการสอนที่ นายสงบ นิ่งทับ ได้จัดทำขึ้นมีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษ การประกอบวิชาชีพวิศวกรรมโยธา การพัฒนาวิชาชีพ ผู้เรียน ผู้สนใจสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประกอบอาชีพ เพื่อใช้สำหรับออกแบบอาคารและสิ่งก่อสร้างได้ดี

ขอเป็นกำลังใจให้ นายสงบ นิ่งทับ ครูผู้ใฝ่การเรียนรู้และพัฒนาตนเองมีความก้าวหน้าในตำแหน่งหน้าที่ และขอให้ประสบความสำเร็จ



(นายสะอาด มหัทธกัญจนะ)

วุฒิวิศวกร วย. 316

คำนิยม

นับเป็นการเริ่มต้นที่ดีในวัยกำลังงามของ ครู สงบ นิ่งทับ ครูประจำวิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี ที่ได้ใช้ความรู้ ความสามารถ ซึ่งสะสมมาเป็นเวลานาน ถ่ายทอดเป็นตำราให้ลูกศิษย์นำมาใช้ประกอบการเรียน วิชา 3106-2013 การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก นับเป็นวิชาสำคัญวิชาหนึ่งของสาขา วิชาช่างก่อสร้าง วิชาช่างโยธา

ข้าพเจ้าได้รู้จักกับ ครู สงบ นิ่งทับ มานานพอสมควร พอที่จะรู้นิสัย ใจคอ และ ความพยายามมุ่งมั่นที่จะสอนลูกศิษย์ ให้ความรู้ความสามารถ จนนำไปประกอบอาชีพหลังจากจบการศึกษาไปแล้วได้เป็นอย่างดี หวังว่าในอนาคตจะต้องผลิตตำราที่เป็นประโยชน์ทางด้านวิศวกรรมให้นักศึกษาได้ใช้ประกอบการเรียนขึ้นอีก ไม่เพียงแต่นักศึกษาจะสอบได้เกรดดีๆ เท่านั้น แต่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคตได้เป็นอย่างดีแน่นอน

จึงขออนุญาตชมเชยในความอุตสาหะ วิริยะ และมีจิตเป็นกุศล ให้วิชาเป็นทาน ซึ่งทางพระถือว่าเป็นการให้ทานที่ได้รับกุศลทั้งทางตรงและทางอ้อม เป็นอย่างมากที่สุด ทางตรงคือนักศึกษาได้ประโยชน์โดยตรง ทางอ้อม หมายถึง ผู้อื่นที่มีอาชีพด้านนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ด้วย เช่นข้าพเจ้า พอทราบข่าวก็เกิดความปีติ ยกย่อง ชมเชย ครูสงบ นิ่งทับ อย่างท่วมท้นทันที ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัย และ สิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลาย ในสากลโลกจงบันดาลให้ ครูสงบ นิ่งทับ จงประสบแต่ความสุขและความเจริญก้าวหน้าในหน้าที่ราชการขึ้นตามลำดับ



(ว่าที่ ร.ต.วิศิษฐ์ ชูถาวร) ภูมิวิศวกร วช. 907

ประธานชมรมผู้ตรวจสอบอาคารภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ประธานชมรมผู้ตรวจสอบอาคารจังหวัดสุรินทร์

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก

รหัส 3106-2013

ระดับชั้น ปวส. 2

สาขาวิชาช่างก่อสร้าง

หน่วยกิต 3 หน่วยกิต

จำนวนชั่วโมงรวม 54 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2549

จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการออกแบบคาน เสา และโครงสร้างไม้และเหล็ก
2. เพื่อให้สามารถคำนวณออกแบบ กำหนดมาตรฐานในการออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก
3. เพื่อให้มีคุณธรรมและจริยธรรม ในการออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก

มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจหลักการออกแบบคาน เสา และโครงสร้างไม้
2. ออกแบบองค์อาคารไม้ และ อุปกรณ์สำหรับยึดรอยต่อไม้
3. เข้าใจหลักการออกแบบโครงสร้างเหล็กรับแรงดึงแรงอัด
4. ออกแบบคานและเสาเหล็ก
5. ออกแบบรอยต่อ แบบเชื่อม หมุดย้ำ และสลักเกลียว
6. ออกแบบโครงข้อหมุน และโครงข้อแข็ง
7. ออกแบบคานเหล็กประกอบ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาคูณสมบัติของไม้ การออกแบบคาน เสา โครงสร้างไม้ อุปกรณ์สำหรับยึดรอยต่อไม้ คุณสมบัติของเหล็กรูปพรรณ ออกแบบโครงสร้างเหล็กรับแรงดึง แรงอัด การออกแบบคานและเสาเหล็ก การออกแบบรอยต่อแบบเชื่อม หมุดย้ำ และสลักเกลียว การออกแบบโครงข้อหมุนและโครงข้อแข็งเหล็ก การออกแบบคานเหล็กประกอบ

หน่วยการสอน

ชื่อวิชา การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก (รหัสวิชา 3106-2013) จำนวน 3 ชั่วโมง/สัปดาห์

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการสอน	จำนวนชั่วโมง
1	ความรู้ทั่วไปในงานออกแบบโครงสร้าง	3
2	คุณสมบัติของไม้	3
3	การออกแบบอุปกรณ์ยึดไม้	3
4	การออกแบบคานดงไม้	3
5	การออกแบบองค์อาคารรับแรงดึงและแรงอัด	3
6	การออกแบบโครงหลังคาไม้	3
7	ความรู้ทั่วไปของเหล็กรูปพรรณ	3
8	การออกแบบองค์อาคารรับแรงดึง	3
9	การออกแบบองค์อาคารรับแรงอัด	6
10	การออกแบบองค์อาคารรับแรงดัด	6
11	การออกแบบคานเหล็กประกอบ	6
12	การออกแบบจุดต่อโครงสร้างโดยหมุดย้ำ-สลักเกลียว	3
13	การออกแบบจุดต่อโครงสร้างโดยการเชื่อม	3
14	การออกแบบโครงหลังคาเหล็ก	3

คำแนะนำการใช้เอกสารประกอบการสอน
วิชา การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก รหัส 3106-2013

เอกสารประกอบการสอนเล่มนี้เป็นเอกสาร สำหรับครูผู้สอนใช้ประกอบการสอน และ
ผู้เรียนใช้ประกอบการเรียน ในระดับชั้นประกาศนียบัตรชั้นสูงประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขา
ช่างก่อสร้าง ช่างโยธา

เนื้อหาของเอกสารประกอบการเรียนการสอนเล่มนี้แบ่งเป็น 14 หน่วยการเรียนรู้ เป็นหน่วย
การเรียนรู้ทฤษฎี เรียน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

เกณฑ์การวัดและประเมินผล ใช้การวัดผลแบ่งเป็น 4 ส่วนดังนี้

1. คะแนนคุณธรรม 10 คะแนน เพื่อวัดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านจิตพิสัยเช่น
การเข้าเรียนตรงต่อเวลา การปฏิบัติตามระเบียบสถานศึกษา ซึ่งผู้เรียนจะต้องได้คะแนนร้อยละ
60 จึงจะผ่านเกณฑ์ และหากไม่ผ่านเกณฑ์ให้ผู้เรียนซ่อม มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ความมีวินัย	2	คะแนน
ความซื่อสัตย์	2	คะแนน
ความอดทนอดกลั้น	1	คะแนน
ความสนใจใฝ่รู้	2	คะแนน
ความประหยัดค้อม	1	คะแนน
ความตรงต่อเวลา	2	คะแนน

โดยแต่ละสัปดาห์การเรียนรู้มี 10 คะแนน รวมคะแนนทั้งหมด 180 คะแนน การคำนวณ
คะแนนคุณธรรมใช้วิธีการเปรียบเทียบบัญญัติไตรยางศ์

2. คะแนนมอบหมายงาน 30 คะแนน เพื่อวัดความรู้ด้านทักษะพิสัย พุทธิพิสัย การ
ฝึกออกแบบ-คำนวณโดยใช้ทฤษฎี มาตรฐานกำหนด การใช้ทักษะการคิดในการออกแบบ
การศึกษาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้แต่ละหน่วย ซึ่งผู้เรียนจะต้องได้คะแนนร้อยละ 60 จึงจะ
ผ่านเกณฑ์ และหากไม่ผ่านเกณฑ์ให้ผู้เรียนซ่อมโดยแต่ละสัปดาห์การเรียนรู้มี 10 คะแนน รวม
คะแนนทั้งหมด 180 คะแนน การคำนวณคะแนนใช้วิธีการเปรียบเทียบบัญญัติไตรยางศ์

3. คะแนนสอบวัดความรู้ 60 คะแนนแบ่งเป็นคะแนนสอบวัดความรู้การออกแบบ
โครงสร้างไม้ 25 คะแนน คะแนนสอบวัดความรู้การออกแบบโครงสร้างเหล็ก 35 คะแนน โดยการ
สอบวัดผลทุกหน่วยการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องได้คะแนนร้อยละ 50 ทุกหน่วยการเรียนรู้จึงจะผ่านเกณฑ์
และหากไม่ผ่านเกณฑ์ให้ผู้เรียนสอบซ่อมเฉพาะหน่วยการเรียนรู้

ตารางแสดงเกณฑ์การกำหนดคะแนนแต่ละหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	เรื่อง	คุณธรรม	มอบหมายงาน	สอบวัดความรู้	รวม%
1	ความรู้ทั่วไปในงานออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก	10	10	10	40%
2	คุณสมบัติของไม้	10	10	10	
3	การออกแบบอุปกรณ์ยึดไม้	10	10	10	
4	การออกแบบคานดงไม้	10	10	10	
5	การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงดึงและแรงอัด	10	10	10	
6	การออกแบบโครงหลังคาไม้	10	10	10	
7	ความรู้ทั่วไปของเหล็กรูปพรรณ	10	10	10	60%
8	การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงดึง	10	10	10	
9	การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงอัด	10	20	20	
10	การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงค้ำ	10	20	20	
11	การออกแบบคานเหล็กประกอบ	10	20	20	
12	การออกแบบจุดต่อโครงสร้างโดยหมุดย้ำ-สลักเกลียว	10	10	10	
13	การออกแบบจุดต่อโครงสร้างโดยการเชื่อม	10	10	10	
14	การออกแบบโครงหลังคาเหล็ก	10	10	10	
	รวม	10	30	60	100%

4. การประเมินผลการเรียนจะใช้คะแนนทั้ง 3 ด้านรวมกัน โดยผู้เรียนจะต้องผ่านเกณฑ์ทุกหน่วยการเรียนรู้ นำคะแนนทั้งหมดไปประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ ตามระเบียบการวัดผลการเรียนตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ.2546

การวัดผลการเรียน การวัดผลการเรียนแบ่งเป็นค่าระดับคะแนนดังนี้

ตารางแสดงการวัดผลการเรียน

คะแนน%	ค่าระดับคะแนน
80.00-100.00	4
75.00-79.00	3.5
70.00-74.00	3.0
65.00-69.00	2.5
60.00-64.00	2.0
55.00-59.00	1.5
50.00-54.00	1.0
0.00-49.00	0

การมาเรียน

1. ผู้เรียนต้องมีเวลาเรียนรวมแล้วไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาเรียน 18 สัปดาห์ จึงมีสิทธิ์สอบ หากเวลาเรียนรวมน้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ผลการเรียน เป็น ข ร.(ขาดเรียน)
2. การมาเรียนสาย หมายถึง มาเรียนเกินเวลาที่กำหนดไว้ตามตารางเรียนเกินกว่า 15 นาที การมาสาย 3 ครั้งให้ถือเป็นขาดเรียน 1 ครั้ง
3. การหนีเรียน หมายถึง การไม่อยู่ในชั้นเรียนในระหว่างเวลาเรียนตามตารางเรียน เป็นเวลาเกินกว่า 45 นาที ให้ถือว่าเป็นการขาดเรียน 1 ครั้ง

สารบัญ

หน่วยที่1. ความรู้ทั่วไปในการออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก

1.1 ความรู้ทั่วไปในการออกแบบ	2
1.2 มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ	2
1.3 น้ำหนักบรรทุกบนโครงสร้าง	2
1.4 หน่วยแรงที่ใช้ในการออกแบบ	5
1.5 ขั้นตอนการออกแบบ	5
สรุป	5
การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 1	7
กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	9

หน่วยที่2. คุณสมบัติของไม้

2.1 โครงสร้างไม้	12
2.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไม้	12
2.3 คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้	13
2.4 เสี้ยนไม้	14
2.5 ไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน	15
2.6 มาตรฐานไม้ชั้นก่อสร้าง	15
สรุป	18
การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 2	20
กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	22

หน่วยที่3. อุปกรณ์ยึดไม้

3.1 ตะปู	25
3.2 ตะปูคองและตะปูเกลียว	28
3.3 สลักเกลียว	32
3.4 แหวนยึดไม้แบบแหวนผ่า	38
สรุป	40
การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 3	41
กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	42

หน่วยที่4. การออกแบบ ตง คาน ไม้

4.1	น้ำหนักบรรทุก	45
4.2	การจัดรูปแบบโครงสร้าง ตง คาน ไม้	45
4.3	พฤติกรรมของตง คาน ไม้ เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก	46
4.4	สูตรสำหรับคำนวณออกแบบตง คาน ไม้	46
4.5	การโก่งของคานในแนวดิ่ง	49
	สรุป	58
	การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 4	59
	กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	60

หน่วยที่5. การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงดึงและแรงอัด

5.1	องค์อาคารรับแรงดึง	61
5.2	องค์อาคารรับแรงอัด	66
	สรุป	74
	การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 5	76
	กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	78

หน่วยที่6. การออกแบบโครงหลังคาไม้

6.1	ประเภทของโครงหลังคาไม้	81
6.2	การเลือกรูปแบบโครงหลังคาไม้	83
6.3	ประเภทของโครงหลังคา	83
6.4	ขั้นตอนออกแบบโครงหลังคา	83
	สรุป	96
	การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 6	96
	กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	98

หน่วยที่7. การออกแบบโครงสร้างเหล็ก

7.1	การออกแบบโครงสร้างเหล็ก	101
7.2	มาตรฐานกำหนด	102
7.3	ชนิดของเหล็กรูปพรรณ	102
7.4	วิธีการระบุขนาดเหล็กรูปพรรณ	104
	สรุป	104
	การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 7	105
	กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	107

หน่วยที่ 8. การออกแบบโครงสร้างรับแรงดึง

8.1 โครงสร้างรับแรงดึง	110
8.2 รูปตัดโครงสร้างรับแรงดึง	111
8.3 การคำนวณโครงสร้างรับแรงดึง	112
8.4 มาตรฐาน AISC กำหนด	112
สรุป	116
การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 8	118
กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	120

หน่วยที่ 9. การออกแบบโครงสร้างรับแรงอัด

9.1 โครงสร้างรับแรงอัด	123
9.2 สูตรสำหรับคำนวณโครงสร้างรับแรงอัด	124
9.3 ช่วงความยาวประสิทธิภาพ	125
9.4 วิธีคำนวณและออกแบบโครงสร้างรับแรงอัด	126
สรุป	131
การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 9	132
กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	133

หน่วยที่ 10. การออกแบบโครงสร้างรับแรงดัด

10.1 สูตรคำนวณ	136
10.2 โมเมนต์ดัดมากที่สุด	138
10.3 โมดูลัสหน้าตัด	138
10.4 การโก่งของคาน	139
10.5 มาตรฐานกำหนด	139
10.6 ความต้านทานต่อการโก่งทางด้านข้าง	140
10.7 ลำดับการคำนวณและออกแบบคานเหล็กรูปพรรณ	141
สรุป	149
การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 10	150
กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	152

หน่วยที่ 11. คานเหล็กประกอบ

11.1 คานเหล็กประกอบ	155
11.2 การคำนวณและออกแบบคานเหล็กประกอบ โดยใช้มาตรฐาน AISC	157
สรุป	171
การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 11	174
กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	175

หน่วยที่ 12. การต่อโครงสร้างโดยใช้หมุดย้ำและสลักเกลียว

12.1 การต่อโครงสร้างโดยใช้หมุดย้ำและสลักเกลียว	178
12.2 แบบของการต่อ	180
12.3 ชนิดของการต่อ	182
12.4 การชำรุดของรอยต่อ	183
12.5 ตัวอย่างการชำรุดของรอยต่อ	183
12.6 การคำนวณหาค่าลึงของจุดต่อ	184
สรุป	188
การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 12	189
กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	191

หน่วยที่ 13. การต่อโครงสร้างโดยการเชื่อม

13.1 การต่อโครงสร้างโดยการเชื่อม	194
13.2 วิธีการเชื่อม	194
13.3 ชนิดของการเชื่อม	194
13.4 สัญลักษณ์ของการเชื่อม	196
13.5 หน่วยแรงที่ยอมให้ของรอยเชื่อมแบบฟิลเลต	201
13.6 ข้อกำหนดสำหรับการเชื่อมแบบพอก	204
13.7 ข้อกำหนดสำหรับการเชื่อมแบบอุดรูและแบบอุดร่อง	205
สรุป	208
การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 13	209
กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	211

หน่วยที่14. การออกแบบโครงหลังคาเหล็ก

14.1 การออกแบบโครงหลังคาเหล็ก	214
สรุป	219
การประเมินผลการเรียนรู้หน่วยที่ 14	220
กิจกรรมเสนอแนะโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	222
ภาคผนวก ก. สัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับการออกแบบ	224
ภาคผนวก ข. ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับออกแบบโครงข้อหมุน	230
ภาคผนวก ค. ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับออกแบบคาน	231
ภาคผนวก ง. ตารางช่วยออกแบบโครงสร้างไม้	232
ภาคผนวก จ. ตารางเหล็กรูปพรรณ	244
บรรณานุกรม	259

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1. แรงลมตาม พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522	4
ตารางที่ 2.1 ขนาดของตาไม้สำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2	16
ตารางที่ 2.2 ขนาดของรอยแตกสำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2	17
ตารางที่ 2.3 ค่าส่วนปลอดภัยของไม้	18
ตารางที่ 3.1 การแบ่งกลุ่มชนิดของไม้สำหรับการหาค่าน้ำหนักที่ยอมให้ สำหรับตะปูเกลียวปลายป้อย ตะปู ตะปูอ้วน ตะปูควง ลิ่มเหล็ก	32
ตารางที่ 3.2 ระยะเรียงต่ำสุดที่ยอมให้ของสลักเกลียว	34
ตารางที่ 3.3 การจัดระยะแหวนยึดไม้แบบวงแหวนผ่า	39
ตารางที่ 3.4. ค่าคงที่เพื่อคำนวณค่า R	40
ตารางที่ 5.1 ตัวคูณประกอบสำหรับเสาประกอบต้น	71
ตารางที่ 9.1 ตัวคูณประกอบความยาวประสิทธิผล	125
ตารางที่ 12.1 หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับหมุดย้ำ	178
ตารางที่ 12.2 หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับสลักเกลียวและสลักเกลียวกำลังสูง	180
ตารางที่ 12.3 ระยะของแนวรูเจาะสำหรับเหล็กฉาก	182
ตารางที่ 13.1 หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับรอยเชื่อม	202
ตารางที่ 13.2 ขนาดต่ำสุดของรอยเชื่อม	204