แผนการเรียนรู้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗
สาขาวิชาช่างเชื่อมโลหะ
กลุ่มอาชีพอุตสาหกรรมการผลิต
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

รหัสวิชา ๓๐๑๐๐-๑๐๑๔
วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
ภาคเรียนที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๖๙

จัดทำโดย
นางสาวเกษร สาระบูลย์
สาขาวิชาช่างเชื่อมโลหะ

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้ วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials) รหัสวิชา ๓๐๑๐๐-๑๐๑๕ มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเพื่อพัฒนาผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗ ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

การจัดทำได้มีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น ๘ หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย

๑) ความเค้นและความเครียด
๒) ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม
๓) การบิดของเพลา
๔) แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน
๕) ความเค้นดัดในคาน
๖) ความเค้นเฉือนในคาน
๗) การโก่งในคาน
๘) การรวมความเค้น

พร้อมทั้ง คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบทดสอบพร้อมเฉลย และสื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในสถานการณ์ต่าง ๆ มีทักษะการคิดและแก้ปัญหา และบูรณาการกับการทำงานตามสาขาอาชีพต่าง ๆ ต่อไป

ผู้จัดทำหวังว่า แผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้จะเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและผู้สนใจทั่วไป หากมีข้อเสนอแนะประการใด ผู้จัดทำยินดีน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุงในโอกาสต่อไป

(นางสาวเกษร สาระบูลย์)
สาขาวิชาช่างเชื่อมโลหะ
วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	๑
สารบัญ	๒
หลักสูตรรายวิชา	๓
ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้	๔
ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้	๘
ตารางกำหนดการจัดการเรียนรู้	๙
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๑ หน่วยที่ ๑ ปริมาณเวกเตอร์	๑๑
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๒ หน่วยที่ ๒ ระบบแรง	๑๘
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๓ หน่วยที่ ๓ โมเมนต์และแรงคู่ควบ	๒๔
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๔ หน่วยที่ ๔ ระบบสมดุล	๓๒
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๕ หน่วยที่ ๕ โครงสร้าง	๓๘
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๖ หน่วยที่ ๖ แรงกระจาย	๔๖
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๗ หน่วยที่ ๗ โมเมนต์ความเฉื่อย	๕๑
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๘ หน่วยที่ ๘ แรงเสียดทาน	๕๖

ลักษณะรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

ประเภทวิชา อุตสาหกรรม **กลุ่มอาชีพ** อุตสาหกรรมการผลิต **สาขาวิชา** ช่างเชื่อมโลหะ .

รหัสวิชา ๓๐๑๐๐๐-๑๐๑๕ **ชื่อวิชา** ความแข็งแรงของวัสดุ

ทฤษฎี ๓ **ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ** - **ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน** ๓ **หน่วยกิต**

อ้างอิงมาตรฐาน

-

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ประยุกต์ใช้หลักการความแข็งแรงของวัสดุในการคำนวณเพื่อออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

๑. เข้าใจแนวคิดของความเค้น ความเครียด และสมบัติด้านความแข็งแรงของวัสดุ

๒. สามารถประยุกต์ใช้หลักความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกล

๓.มีเจตคติที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้เหตุผลของกลศาสตร์ของแข็งในการแก้ปัญหา มีความตระหนักถึงความปลอดภัยและความคุ้มค่าของวัสดุ

๔. สามารถประยุกต์ใช้หลักความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

สมรรถนะรายวิชา

๑. ประมวลความรู้เกี่ยวกับหลักการของความเค้น ความเครียด แรงบิด แรงดัด โมเมนต์ร่วมกับพื้นที่และสมบัติด้านความแข็งแรงของวัสดุ

๒. คำนวณความแข็งแรงของชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกล คำนวณและออกแบบภาชนะความดันเพลารับแรงและทอล์ค คานรับแรงและโมเมนต์ดัด

๓. ประยุกต์ใช้หลักความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาแนวคิดและองคประกอบของความเคนและความเครียด ความสัมพันธระหวางความเคนและความเครียดของวัสดุ กฎสภาพยืดหยุ่นของฮุก มอดูลัสความยืดหยุ่น ความเคนเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ความเคนในวัสดุซึ่งตอกันโดยการเชื่อมและการใชหมุดย้ำ ความเคนในภาชนะความดัน การบิดของเพลา ทฤษฎีของคาน แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนตดัด ความเคนดัดและความเคนเฉือนในคาน การหาระยะแอนตัวของคานโดยวิธีโมเมนตรวมกับพื้นที่ การรวมความเคนและการประยุกตความรูในงานอาชีพ

	หน่วยการเรียนรู้
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)
	จำนวนชั่วโมงสอน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ **ระดับชั้น** ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	ที่มา					
			A	B	C	D	E	F
๑	ความเค้นและความเครียด	๖	✓	✓	✓	✓	✓	✓
๒	ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม	๖	✓	✓	✓	✓	✓	✓
๓	การบิดของเพลา	๖	✓	✓	✓	✓	✓	✓
๔	แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน	๖	✓	✓	✓	✓	✓	✓
๕	ความเค้นดัดในคาน	๖	✓	✓	✓	✓	✓	✓
๖	ความเค้นเฉือนในคาน	๖	✓	✓	✓	✓	✓	✓
๗	การโก่งในคาน	๓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
๘	การรวมความเค้น	๓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ประเมินและวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา		๓						
รวม		๔๕						

หมายเหตุ A = หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗

B = คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้

C = แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

D = ใบกิจกรรม

E = เอกสารประกอบการสอน

F = หนังสือเรียน รายวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials) ของ บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด

	หน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชา
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)
	จำนวนชั่วโมงสอน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ **ระดับชั้น** ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

หน่วย	ชื่อหน่วย	ชั่วโมง	สมรรถนะรายวิชา			
			๑. ประมวลความรู้เกี่ยวกับหลักการของความเค้น ความเครียด แรงกด โมเมนต์ร่วมกับพื้นที่และสมบัติด้านความแข็งแรงของวัสดุ	๒. คำนวณความแข็งแรงของชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกล คำนวณและออกแบบอะไหล่ที่มีความเค้นเพียงแรงกระทำ และคำนวณแรงและโมเมนต์ดัด	๓. ประยุกต์ใช้หลักความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ	
๑	ความเค้นและความเครียด	๖	✓	-	✓	
๒	ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม	๖	✓	-	✓	
๓	การบิดของเพลา	๖	✓	✓	✓	
๔	แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน	๖	✓	✓	✓	
๕	ความเค้นดัดในคาน	๖	✓	✓	✓	
๖	ความเค้นเฉือนในคาน	๖	✓	✓	✓	
๗	การโก่งในคาน	๓	✓	✓	✓	
๘	การรวมความเค้น	๓	✓	✓	✓	
ประเมินและวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา		๓				
รวม		๔๕				

	โครงการจัดการเรียนรู้
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)
	จำนวนชั่วโมงสอน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ **ระดับชั้น** ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

สัปดาห์ที่	หน่วยที่	ชั่วโมงที่	สาระการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	
					ทฤษฎี	ปฏิบัติ
๑	๑	๑ - ๓	**ปฐมนิเทศ** ๑.จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ๒. แนวทางวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้ **หน่วยการเรียนรู้ที่ ๑ ความเค้นและความเครียด** ๑. ความเค้น (Stress) ๒. ความเครียด (Strain)	**ปฐมนิเทศ + เนื้อหาหน่วยที่ ๑** ๑. อธิบายและคำนวณความเค้นชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง ๒. อธิบายและคำนวณความเครียดชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง	๓	๐
๒	๑	๔ - ๖	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๑ ความเค้นและความเครียด** ๑. ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด ๒. กฎของฮุค (Hooke's Law) ๓. ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง	๑. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดได้ถูกต้อง ๒. คำนวณหาค่าความปลอดภัยได้ถูกต้อง ๓. คำนวณหาความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้อง	๓	๐
๓	๒	๗ - ๙	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๒ ความดันในภาชนะ การเชื่อมตอดวยหมุดย้ำและการเชื่อม** ๑. รูปทรงกระบอกบางอยู่ภายใต้ความดันภายใน (Thin Wall Cylinder Under Internal Pressure) ๒. รูปทรงกลมผนังบางอยู่ภายใต้ความดันภายใน (Thin Spherical Shell Under Internal Pressure)	๑. บอกชนิดของความเค้นที่เกิดขึ้นกับภาชนะอัดความดันทรงกระบอกไดถูกตอง ๒. คำนวณหาความเคนที่เกิดขึ้นกับภาชนะอัดความดันทรงกระบอกไดถูกตอง ๓. คำนวณหาความเคนในทรงกลมผนังบางไดถูกตอง ๔. คำนวณหาคาความเคนใชงานของภาชนะอัดความดันไดถูกตอง	๓	๐

สัปดาห์ที่	หน่วยที่	ชั่วโมงที่	สาระการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	
					ทฤษฎี	ปฏิบัติ
๔	๒	๑๐-๑๒	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๒ ความดันในภาชนะ การเชื่อมตอดวยหมุดย้ำและการเชื่อม** ๑. การต่อแผ่นโลหะโดยใช้หมุดย้ำ (Reveted Joint) ๒. การต่อโดยการเชื่อม (Welded Joint)	๑. บอกชนิดของการตอโดยใชหมุดย้ำได ถูกตอง ๒. คำนวณหาแรงตาง ๆ ที่กระทำกับรอยตอของหมุดย้ำไดถูกตอง ๓. คำนวณหาประสิทธิภาพของรอยตอของหมุดย้ำไดถูกตอง ๔. บอกชนิดของการตอโดยการเชื่อมได ถูกตอง ๕. คำนวณหาความแข็งแรงของการเชื่อมแบบตาง ๆ ไดถูกตอง	๓	๐
๕	๓	๑๓-๑๕	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๓ การบิดของเพลา** ๑. การบิด	๑. คำานวณหาแรงบิดที่เกิดขึ้นในเพลาได้ถูกต้อง ๒. คำานวณหามุมบิดที่เกิดขึ้นในเพลาได้ถูกต้อง ๓. คำนวณหากำลังที่ส่งได้ของเพลาต่าง ๆ ได้ถูกต้อง	๓	๐
๖	๓	๑๖-๑๘	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๓ การบิดของเพลา** ๑. การต่อเพลาโดยใช้ประกับหน้าแปลน	๑. คำนวณหาแรงบิดและมุมบิดของเพลาที่ต่อกัน ในลักษณะต่าง ๆ ได้ถูกต้อง	๓	๐
๗	๔	๑๙-๒๑	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๔ แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน** ๑. ชนิดของคาน ๒. ชนิดของแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนคาน	๑. บอกชนิดของคานได้ถูกต้อง ๒. บอกชนิดของแรงหรือน้ำหนักที่กระทำาบนคานได้ถูกต้อง	๓	๐
๘	๔	๒๒-๒๔	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๔ แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน** ๑. แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดภายในคาน	๑. คำนวณหาแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดภายในคานได้ถูกต้อง		
๙	๕	๒๕-๒๗	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๕ ความเค้นดัดในคาน** ๑. การหาตำแหน่งของแนวแกนสะเทิน ๒. การหาโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนสะเทินของหน้าตัดรูปต่าง ๆ	๑. คำนวณหาตำแหน่งของแนวแกนสะเทินได้ถูกต้อง ๒. คำนวณหาโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนสะเทินของหน้าตัดรูปต่าง ๆ ได้ถูกต้อง	๓	๐
๑๐	๕	๒๘-๓๐	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๕ ความเค้นดัดในคาน** ๑. การคำนวณหาค่าความเค้นดัดในคานหน้าตัด รูปอื่น ๆ	๑. คำนวณหาค่าความเค้นดัดในคานหน้าตัดรูปอื่น ๆ ได้ถูกต้อง	๓	๐
๑๑	๖	๓๑-๓๓	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๖ ความเค้นเฉือนในคาน** ๑. ความเค้นเฉือนในคาน ๒. การหาความเค้นเฉือนในคานรูปหน้าตัดต่าง ๆ	๑. คำนวณหาความเค้นเฉือนในคานรูปหน้าตัดรูปต่าง ๆ ได้ถูกต้อง	๓	๐

สัปดาห์ที่	หน่วยที่	ชั่วโมงที่	สาระการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	
					ทฤษฎี	ปฏิบัติ
๑๒	๖	๓๔-๓๖	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๖ ความเค้นเฉือนในคาน** ๑. การหาความเค้นเฉือนในคานรูปหน้าตัด อื่น ๆ	๑. คำนวณหาความเค้นเฉือนในคานรูปหน้าตัดรูปอื่น ๆ ได้ถูกต้อง	๓	๐
๑๓	๗	๓๗-๓๙	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๗ การโก่งในคาน** ๑. ข้อสมมติฐานในการหาระยะการโก่งของคาน ๒ การคำนวณหาความลาดเอียงและการโก่ง ของคานโดยวิธีโมเมนต์-พื้นที่ (Moment-Area)	๑. บอกข้อสมมติฐานในการหาระยะการโก่งของคานได้ถูกต้อง ๒. คำนวณหาความลาดเอียงและการโก่ง ของคานโดยวิธีโมเมนต์-พื้นที่ได้ถูกต้อง	๓	๐
๑๔	๘	๔๐-๔๒	**หน่วยการเรียนรู้ที่ ๘ การรวมความเค้น** ๑. การรวมความเค้นตามแนวแกน ๒. แรงกระทำเยื้องศูนย์กลาง ๓. ความเค้นที่เกิดจากการรวมโมเมนต์ดัดและแรงบิด	๑. รวมความเค้นตามแนวแกนได้ถูกต้อง ๒. หาความเค้นเนื่องจากแรงกระทำเยื้องศูนย์กลางได้ถูกต้อง ๓. หาความเค้นที่เกิดจากการรวมโมเมนต์ดัดและแรงบิดได้ถูกต้อง	๓	๐
๑๕	-	๔๓-๔๕	**วัดและประเมินผลปลายภาคเรียน**	**ทดสอบปลายภาคเรียน**	๓	๐
				รวม	**๔๕**	**๐**
				รวมทั้งหมด	**๔๕**	

ANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE
กุ. ส. น. ม.

	ตารางวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา
	ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)
	จำนวนชั่วโมงสอน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ **ระดับชั้น** ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

พฤติกรรม / ชื่อหน่วย	พุทธิพิสัย (๖๐%)							ทักษะพิสัย (๒๐%)	จิตพิสัย (๑๐%)	ประยุกต์ใช้ (๑๐%)	รวม	ลำดับความสำคัญ	จำนวนชั่วโมง
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมิน	รวมพุทธิพิสัย						
๑. ความเค้นและความเครียด	๑	๑	๑	๑	-	-	๔	๒	๑	๑	๘	๓	๖
๒. ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม	๑	๑	๑	๑	-	-	๔	๒	๑	๑	๘	๔	๖
๓. การบิดของเพลา	๑	๑	๑	๑	-	-	๔	๓	๑	๑	๙	๒	๖
๔. แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน	๑	๑	๑	๑	-	-	๔	๓	๑	๒	๑๐	๑	๖
๕. ความเค้นดัดในคาน	๑	๑	๑	๑			๔	๒	๑	๑	๘	๕	๖
๖. ความเค้นเฉือนในคาน	๑	๑	๑	๑	-	-	๔	๒	๑	๑	๘	๖	๖
๗. การโก่งในคาน	๑	๑	๐.๕	๐.๕	-	-	๓	๒	๑	๑	๗	๗	๓
๘. การรวมความเค้น	๐.๕	๑	๑	๐.๕	-	-	๓	๒	๑	๑	๗	๘	๓
วัดผลและประเมินผลปลายภาคเรียน	๘	๘	๗	๗			๓๐	๒	๒	๑	๓๕	-	๓
รวม	**๑๕.๕**	**๑๖**	**๑๔.๕**	**๑๔**	**-**	**-**	**๖๐**	**๒๐**	**๑๐**	**๑๐**	**๑๐๐**		**๔๕**
ลำดับความสำคัญ							**๑**	**๒**	**๔**	**๓**			

หมายเหตุ การสอบวัดผลและประเมินผลกลางภาคเรียน/ปลายภาคเรียนนั้นขึ้นอยู่กับวิทยาลัยหรืออาจารย์ผู้สอน

	การวัดผลและประเมินผล
	ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)
	จำนวนชั่วโมงสอน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ **ระดับชั้น** ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

๑. การวัดผล

- พุทธิพิสัย	๑) แบบฝึกหัด	๑๐ %	- ทักษะพิสัย	๑) ใบกิจกรรม	๕ %
	๒) ทดสอบหลังเรียน	๒๐ %		๒) วัดผลสัมฤทธิ์	๑๕ %
	๓) วัดผลสัมฤทธิ์	๓๐ %		รวม	๒๐ %
	รวม	๖๐ %			
- จิตพิสัย	รวม	๑๐ %			
- ประยุกต์ใช้	รวม	๑๐ %	รวมทั้งหมด		๑๐๐ %

(คะแนนทดสอบก่อนเรียนสำหรับเปรียบเทียบกับคะแนนทดสอบหลังเรียน)

คะแนนระหว่างภาค : ปลายภาค ๘๐ : ๒๐

- ระหว่างภาค	๑) แบบฝึกหัด	๒๐ %
	๒) ทดสอบกลางภาค	๓๐ %
	๓) ใบกิจกรรม	๒๐ %
	๔) จิตพิสัย	๑๐ %
	รวม	๘๐ %
- ปลายภาค	ทดสอบปลายภาค	๒๐ %
รวม	๒๐ %	
	รวมทั้งหมด	๑๐๐ %

๒. การประเมินผล (อิงเกณฑ์)

๘๐ – ๑๐๐	คะแนน ได้ผลการเรียน	๔.๐	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม
๗๕ – ๗๙	คะแนน ได้ผลการเรียน	๓.๕	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
๗๐ – ๗๔	คะแนน ได้ผลการเรียน	๓.๐	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี
๖๕ – ๖๙	คะแนน ได้ผลการเรียน	๒.๕	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้
๖๐ – ๖๔	คะแนน ได้ผลการเรียน	๒.๐	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้
๕๕ – ๕๙	คะแนน ได้ผลการเรียน	๑.๕	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน
๕๐ – ๕๔	คะแนน ได้ผลการเรียน	๑.๐	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก
< ๕๐	คะแนน ได้ผลการเรียน	๐	หมายถึง ผลการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๑	หน่วยที่ ๑
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๑
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๑
	ชื่อหน่วย ความเค้นและความเครียด	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายหลักการพื้นฐานของความเค้นและความเครียดในวัสดุทางวิศวกรรม วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในวัสดุต่างๆคำนวณค่าความเค้นและความเครียดในโครงสร้างพื้นฐานทางวิศวกรรมประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความเค้นและความเครียดในการออกแบบและวิเคราะห์ชิ้นงานทางวิศวกรรมและแสดงเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้และปฏิบัติงานอย่างมีความรับผิดชอบ

๒. สาระการเรียนรู้

๑. ความเค้น (Stress)
๒. ความเครียด (Strain)

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้น และความเครียดของวัตถุ เมื่อถูกแรงมากระทำ
๒. คำนวณเกี่ยวกับความเค้น และความเครียดของวัตถุ เมื่อถูกแรงมากระทำ

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายความหมายของความเค้น (Stress) และประเภทของความเค้นได้อย่างถูกต้อง
๒. อธิบายความหมายของความเครียด (Strain) และประเภทของความเครียดได้อย่างถูกต้อง
๓. บอกหน่วยวัดของความเค้นและความเครียดในระบบต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณค่าความเค้นดึง (Tensile Stress) และความเค้นอัด (Compressive Stress) ในชิ้นงานได้
๒. คำนวณค่าความเค้นเฉือน (Shear Stress) ในชิ้นงานได้
๓. คำนวณค่าความเครียดดึง (Tensile Strain) และความเครียดอัด (Compressive Strain) ในชิ้นงานได้
๔. คำนวณค่าความเครียดเฉือน (Shear Strain) ในชิ้นงานได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๑. แสดงความรับผิดชอบต่อการทำงานที่ได้รับมอบหมายทั้งงานเดี่ยวและงานกลุ่ม
๒. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณและการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม
๓. มีวินัยในการทำงานและตรงต่อเวลาในการส่งงาน

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความเค้นและความเครียดในการออกแบบชิ้นส่วนทางวิศวกรรมพื้นฐาน วิเคราะห์ปัญหาความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับลักษณะการรับแรงและภาระการใช้งาน รวมไปถึงถ่ายทอดความรู้เรื่องความเค้นและความเครียดในรูปแบบการนำเสนอและรายงานทางวิศวกรรมได้

๕.การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

๕.๑ ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

๕.๒ ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

๕.๓ การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

๕.๔ เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

๕.๕ เงื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

๕.๖. ๔ มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

๕.๖.๑ ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ่มเฟือย และ รู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

๕.๖.๒ ด้านสังคม สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

๕.๖.๓ ด้านวัฒนธรรม สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่าและรักษาสมดุลของ สิ่งแวดล้อม

๕.๖.๔ ด้านสิ่งแวดล้อม วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

๕.๗ ศาสตร์ด้านการพัฒนา

๕.๗.๑ ศาสตร์สากล ๖.๗.๒ ศาสตร์พระราชา เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดย อาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

๖.๗.๓ ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และ สิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

๕.๘. ๔ พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ ๑๐

๕.๘.๑ มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

๕.๘.๒ มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

๕.๘.๓ มีงานทำ มีอาชีพ ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

๕.๘.๔ เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

๖. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๖.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	**ปฐมนิเทศ ครูแจ้ง** ๑. จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ๒. แนวทางวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้ในรายวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	นักเรียนทราบถึงจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา แนวทางวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้ในรายวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ(Strength of Materials)
๒)	ครูแจ้งจุดประสงค์ สาระการเรียนรู้ และสมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ ๑ ความเค้นและความเครียด	นักเรียนทราบจุดประสงค์ สาระการเรียนรู้ และสมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ ๑ ความเค้นและความเครียด
๓)	ครูแสดงวิดีโอคลิปสั้นๆ (๒-๓ นาที) เกี่ยวกับเหตุการณ์พังทลายของสะพาน Tacoma Narrows หรือโครงสร้างที่เกิดความเสียหายจากความล้มเหลวของวัสดุ	นักเรียนชมวิดีโอที่ครูนำเสนอและสังเกตการสาธิตการยืดยางยืด
๔)	ครูนำยางยืดมาสาธิตแก่นักเรียน โดยดึงยางยืดให้ยืดออกและปล่อยให้กลับสู่สภาพเดิมและดึงยางยืดจนขาด	นักเรียนดูครูสาธิตและร่วมกันแสดงความคิดเห็นและตอบคำถามที่ครูถาม
๕)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - ทำไมโครงสร้างในวิดีโอถึงพังทลาย - เกิดอะไรขึ้นกับยางยืดเมื่อเรายืดและปล่อย และเมื่อยืดจนขาด - วิศวกรต้องคำนึงถึงอะไรบ้างเมื่อออกแบบโครงสร้างเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย	นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นและตอบคำถามที่ครูถาม
๖)	ครูเชื่อมโยงคำตอบของนักเรียนเข้าสู่บทเรียนเรื่องความเค้นและความเครียด โดยอธิบายว่านี่คือพื้นฐานสำคัญในการออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้างทางวิศวกรรม	นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างโครงสร้างหรือชิ้นส่วนในชีวิตประจำวันที่อาจเกิดความเสียหายเนื่องจากแรงกระทำมากเกินไป

๖.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับความเค้น (Stress) โดยใช้สื่อการสอน PowerPoint ประกอบการอธิบาย ครอบคลุมหัวข้อย่อยดังนี้ - ความหมายและนิยามของความเค้น - ประเภทของความเค้น (ความเค้นดึง ความเค้นอัด ความเค้นเฉือน) - หน่วยวัดของความเค้น (Pa, N/m², ksc, psi) - สูตรการคำนวณความเค้นประเภทต่างๆ - ความเค้นที่ยอมให้ (Allowable Stress)	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกสาระสำคัญ
๒)	ครูสาธิตการคำนวณหาค่าความเค้นจากโจทย์ตัวอย่างอย่างน้อย ๒-๓ ตัวอย่าง โดยแสดงขั้นตอนการคำนวณละเอียดบนกระดาน - ตัวอย่างการคำนวณความเค้นดึงในเสาโลหะที่รับน้ำหนัก - ตัวอย่างการคำนวณความเค้นเฉือนในสลักเกลียว - ตัวอย่างการคำนวณความเค้นอัดในเสาคอนกรีต	นักเรียนติดตามขั้นตอนการคำนวณจากตัวอย่างที่ครูสาธิต และร่วมตอบคำถามระหว่างการนำเสนอของครู
๓)	ครูนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับความเครียด (Strain) โดยใช้สื่อการสอน PowerPoint ประกอบการอธิบาย ครอบคลุมหัวข้อย่อยดังนี้ - ความหมายและนิยามของความเครีย - ประเภทของความเครียด (ความเครียดดึง ความเครียดอัด ความเครียดเฉือน) - หน่วยวัดของความเครียด (ไม่มีหน่วย, เปอร์เซ็นต์, ไมโครสเตรน) - สูตรการคำนวณความเครียดประเภทต่างๆ	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกสาระสำคัญ
๔)	ครูสาธิตการคำนวณหาค่าความเครียดจากโจทย์ตัวอย่างอย่างน้อย ๒ ตัวอย่าง - ตัวอย่างการคำนวณความเครียดดึงในแท่งโลหะ - ตัวอย่างการคำนวณความเครียดเฉือนในวัสดุ	นักเรียนติดตามขั้นตอนการคำนวณจากตัวอย่างที่ครูสาธิต และร่วมตอบคำถามระหว่างการนำเสนอของครู

๖.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ ๓-๔ คน	นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ ๓-๔ คน
๒)	ครูแจกใบงานซึ่งประกอบด้วยโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณความเค้นและความเครียดในสถานการณ์ต่างๆ จำนวน ๕-๖ ข้อ	นักเรียนรับใบงานโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณความเค้นและความเครียดในสถานการณ์ต่างๆ และร่วมกันคำนวณหาค่าความเค้น ความเครียดตามโจทย์ที่ได้รับมอบหมาย
๓)	ครูให้ตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอผลการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล	นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน

๖,๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอกรณีศึกษาจากสถานการณ์จริงในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับความเค้นและความเครียด เช่น - การออกแบบโครงสร้างในงานก่อสร้าง - การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิต - การวิเคราะห์ความเสียหายของโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริง - การเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับงานทางวิศวกรรม	นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่ได้รับและวางแผนการแก้ปัญหา
๒)	ครูให้คำแนะนำในการใช้ความรู้เรื่องความเค้นและความเครียดในการแก้ปัญหาโจทย์ที่ได้รับ	นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความเค้นและความเครียดในการออกแบบหรือแก้ปัญหาตามโจทย์ - วิเคราะห์แรงที่กระทำต่อชิ้นงาน - คำนวณความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้น - เลือกวัสดุที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าความเค้นที่ยอมรับได้ - กำหนดขนาดหรือรูปร่างของชิ้นงานที่เหมาะสม

๖.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๑.๑ และ ๑.๒	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๑.๑ และ ๑.๒ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๑.๑ และ ๑.๒	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๑.๑ และ ๑.๒ ที่ครูมอบหมาย
๓)	ครูสรุปสาระสำคัญของบทเรียนเรื่องความเค้นและความเครียด ทบทวนประเด็นหลักที่ได้เรียนรู้ - ความหมายและประเภทของความเค้นและความเครียด - การประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรม	นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของบทเรียน
๔)	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย	นักเรียนซักถามข้อสงสัยหรือประเด็นที่ยังไม่เข้าใจ

๗. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๗.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๑. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๑ ความเค้นและความเครียด

๗.๒ สื่อโสตทัศน์

๑) สื่อ Power point ความเค้นและความเครียด

๒) วิดีโอแสดงความเสียหายของโครงสร้างและการทดสอบวัสดุ

๗.๓ สื่อออนไลน์

-

๗.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) ตัวอย่างวัสดุจริง (ยางยืด, แท่งโลหะ, ตัวอย่างวัสดุที่เสียหาย)

๗.๕ อื่น ๆ

-

๘. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๘.๑ บันทึกการสอนของครู

๘.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๘.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๙. การวัดและการประเมินผล

๙.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๙.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๙.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๑๐. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **กลุ่มงานเครื่องกล** การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรที่รับแรงและความเค้นต่างๆ การเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนเครื่องจักร

๒. **กลุ่มงานเชื่อมโลหะ** การวิเคราะห์ความเค้นในรอยเชื่อม การออกแบบรอยเชื่อมให้รับแรงได้อย่างปลอดภัย การตรวจสอบคุณภาพของรอยเชื่อม

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑/๑๕, ชั่วโมงที่ ๑-๓/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๒/๑๕, ชั่วโมงที่ ๔-๖/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๒	หน่วยที่ ๑
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๒
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๒
	ชื่อหน่วย ความเค้นและความเครียด	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในวัสดุประเภทต่างๆ วิเคราะห์และประยุกต์ใช้กฎของฮุค (Hooke's Law) ในการคำนวณหาค่าความเค้น ความเครียด และมอดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุ ใช้ความรู้เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดในการออกแบบและวิเคราะห์ชิ้นส่วนทางวิศวกรรม คำนวณและวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในวัสดุต่างๆ ได้

๒. สาระการเรียนรู้

๑. ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด
๒. กฎของฮุค (Hooke's Law)
๓. ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้น และความเครียดของวัตถุ เมื่อถูกแรงมากระทำ
๔. คำนวณเกี่ยวกับความเค้น และความเครียดของวัตถุ เมื่อถูกแรงมากระทำ

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในวัสดุประเภทต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
๒. บอกความหมายและสาระสำคัญของกฎของฮุค (Hooke's Law) ได้อย่างถูกต้อง
๓. อธิบายข้อจำกัดของกฎของฮุคและกรณีที่ไม่เป็นไปตามกฎของฮุคได้
๔. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น ความเครียด และมอดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ได้อย่างถูกต้อง
๕. บอกค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุวิศวกรรมที่สำคัญได้
๖. อธิบายหลักการเกิดความเค้นและความเครียดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง
๗. อธิบายวิธีการป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในโครงสร้างทางวิศวกรรมได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด (Stress-Strain Diagram) ของวัสดุประเภทต่างๆ ได้
๒. วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดได้
๓. คำนวณหาค่าความเค้นและความเครียดโดยใช้กฎของฮุคได้อย่างถูกต้อง
๔. คำนวณหาค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นจากข้อมูลการทดสอบวัสดุได้
๕. คำนวณหาค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในวัสดุต่างๆ ได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๔. แสดงความรับผิดชอบต่อการทำงานที่ได้รับมอบหมายทั้งงานเดี่ยวและงานกลุ่ม
๕. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณและการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม

๖. มีวินัยในการทำงานและตรงต่อเวลาในการส่งงาน

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้กฎของฮุคในการออกแบบชิ้นส่วนทางวิศวกรรมที่รับภาระแบบสถิต เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับลักษณะการรับภาระและสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ ออกแบบโครงสร้างหรือชิ้นส่วนที่ต้องทำงานภายใต้สภาวะอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความเค้นและความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมได้ วิเคราะห์สาเหตุความเสียหายของชิ้นส่วนทางวิศวกรรมที่เกิดจากความเค้นความเครียดได้ และออกแบบระบบรองรับการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิในโครงสร้างและระบบท่อได้ ออกแบบโครงงานได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูทักทายนักเรียนและแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน	นักเรียนกล่าวทักทายและรับฟังครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน
๒)	ครูสาธิตการทดลองโดย - แขวนสปริงและเพิ่มน้ำหนักทีละน้อย พร้อมวัดการยืดตัวของสปริง - ทำเช่นเดียวกันกับยางยืดและวัสดุยืดหยุ่นชนิดอื่น ให้นักเรียนสังเกตการยืดตัวที่แตกต่างกันเมื่อเพิ่มน้ำหนักเท่ากัน	นักเรียนสังเกตการทดลองและการสาธิตของครู
๓)	ครูถามคำถามกระตุ้นความคิด - สังเกตเห็นอะไรเมื่อเพิ่มน้ำหนักให้กับวัสดุแต่ละชนิด - ทำไมวัสดุแต่ละชนิดจึงยืดตัวแตกต่างกันเมื่อได้รับแรงเท่ากัน - ถ้าเพิ่มน้ำหนักมากเกินไป จะเกิดอะไรขึ้นกับวัสดุเหล่านี้	นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น
๔)	ครูเปิดคลิปวิดีโอสั้นๆ (๑-๒ นาที) แสดงการทดสอบแรงดึงของวัสดุในห้องปฏิบัติการจนกระทั่งวัสดุขาด	นักเรียนดูคลิปวิดีโอและร่วมกันแสดงความคิดเห็น
๕)	ครูใช้เครื่องเป่าลมร้อน (หรือไฟแช็ค) เพื่อทำให้โลหะร้อนขึ้น แล้วให้นักเรียนสังเกตการขยายตัว	นักเรียนช่วยกันบันทึกผลการสังเกตและข้อสรุปเบื้องต้น
๖)	ครูเชื่อมโยงกิจกรรมทั้งหมดเข้าสู่บทเรียน โดยชี้ให้เห็นว่านี่คือตัวอย่างของความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด กฎของฮุคและผลของอุณหภูมิต่อวัสดุ	นักเรียนจดบันทึกสาระสำคัญ

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด - อธิบายความหมายของความเค้นและความเครียดพร้อมหน่วยวัด - แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด (Stress-Strain Diagram) - อธิบายส่วนต่างๆ ของกราฟ ได้แก่ ช่วงยืดหยุ่น ช่วงพลาสติก จุดคราก ความทนแรงดึง จุดขาด - เปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ของวัสดุต่างชนิด เช่น โลหะเหนียว โลหะเปราะ พอลิเมอร์ วัสดุเซรามิก - อธิบายแนวคิดเรื่องพลังงานความเครียดและการดูดซับพลังงาน	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกสาระสำคัญ สังเกตและวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของวัสดุต่างๆ ตอบคำถามระหว่างการบรรยายเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ร่วมกันคำนวณตามตัวอย่างโจทย์ที่ครูสาธิต และสอบถามข้อสงสัยเพิ่มเติมในแต่ละหัวข้อ
๒)	ครูนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับกฎของฮุค - อธิบายประวัติและความเป็นมาของกฎของฮุค - แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ของกฎของฮุค ($\sigma = E\varepsilon$) - อธิบายความหมายของมอดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity หรือ Young's Modulus) - แสดงตารางเปรียบเทียบค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุต่างๆ - อธิบายข้อจำกัดของกฎของฮุคและกรณีที่วัสดุไม่เป็นไปตามกฎของฮุค - สาธิตการคำนวณหาค่าความเค้น ความเครียด และมอดูลัสความยืดหยุ่นด้วยตัวอย่างโจทย์	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกสาระสำคัญ สังเกตและวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของวัสดุต่างๆ ตอบคำถามระหว่างการบรรยายเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ร่วมกันคำนวณตามตัวอย่างโจทย์ที่ครูสาธิต และสอบถามข้อสงสัยเพิ่มเติมในแต่ละหัวข้อ
๓)	ครูนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง - อธิบายปรากฏการณ์การขยายตัวและหดตัวเนื่องจากอุณหภูมิ - อธิบายความหมายของสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Coefficient of Thermal Expansion) - แสดงสมการคำนวณความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิ ($\varepsilon_T = \alpha \cdot \Delta T$) - อธิบายการเกิดความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิในวัสดุที่ถูกยึดตรึง - ยกตัวอย่างปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในโครงสร้างทางวิศวกรรม - แสดงการออกแบบรอยต่อขยายตัว (Expansion Joints) ในงานวิศวกรรมต่างๆ - สาธิตการคำนวณความเค้นและความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิด้วยตัวอย่างโจทย์	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกสาระสำคัญ สังเกตและวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของวัสดุต่างๆ ตอบคำถามระหว่างการบรรยายเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ร่วมกันคำนวณตามตัวอย่างโจทย์ที่ครูสาธิต และสอบถามข้อสงสัยเพิ่มเติมในแต่ละหัวข้อ

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ ๔-๕ คน และแจกชุดทดลองและอุปกรณ์ให้แต่ละกลุ่ม ประกอบด้วย - สปริงหรือยางยืดที่มีความแข็งต่างกัน ๒-๓ ชนิด - ชุดตุ้มน้ำหนักหรือภาชนะสำหรับใส่น้ำหรือทราย - ไม้บรรทัดหรือเครื่องวัดระยะ - แท่งโลหะต่างชนิด (เช่น อลูมิเนียม ทองเหลือง เหล็ก) ขนาดเท่ากัน - หลอดทดลองทนความร้อนและเทอร์โมมิเตอร์ - เครื่องทำน้ำร้อนหรือตะเกียงแอลกอฮอล์ (ภายใต้การดูแลของครู)	นักเรียนแบ่งกลุ่มตามที่ครูกำหนดและรับชุดทดลองและอุปกรณ์
๒)	ครูแจกใบงานการทดลอง ๓ ชุด และอธิบายขั้นตอนการทำการทดลองแต่ละชุดอย่างละเอียด - ใบงานที่ ๑ การหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการยืดตัวของสปริง/ยางยืด และเขียนกราฟ - ใบงานที่ ๒ การคำนวณค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นจากข้อมูลการทดลอง - ใบงานที่ ๓ การวัดการขยายตัวของโลหะเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง และคำนวณหาสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน	นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทดลองจากใบงานลงมือทำการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนด - ทดลองที่ ๑ แขวนสปริง/ยางยืด เพิ่มน้ำหนักทีละขั้น วัดการยืดตัว และบันทึกผล - ทดลองที่ ๒ วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองที่ ๑ เพื่อคำนวณหาค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น - ทดลองที่ ๓ วัดความยาวของแท่งโลหะที่อุณหภูมิห้อง แล้วให้ความร้อนโดยใช้น้ำร้อนหรือตะเกียง วัดอุณหภูมิและความยาวที่เปลี่ยนไป นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในตาราง
๓)	ครูเดินสังเกตการทำงานของแต่ละกลุ่ม ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเมื่อจำเป็น	นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลและคำนวณหาค่าต่างๆ ตามที่กำหนดในใบงาน เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการยืดตัว และระหว่างอุณหภูมิกับการขยายตัว
๔)	ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มคำนวณและวิเคราะห์ผลการทดลอง	นักเรียนสรุปผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลองและเตรียมนำเสนอผลการทดลองต่อชั้นเรียน

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอสถานการณ์จำลองทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับความเค้น ความเครียด และผลกระทบของอุณหภูมิ	นักเรียนฟังครูนำเสนอสถานการณ์จำลองทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับความเค้น ความเครียด และผลกระทบของอุณหภูมิ
๒)	ครูแจกโจทย์ปัญหาที่แตกต่างกันให้แต่ละกลุ่มตามกลุ่มอาชีพทางวิศวกรรม **กลุ่มงานโยธา/ก่อสร้าง** - ออกแบบรอยต่อขยายตัว (Expansion Joint) สำหรับสะพานคอนกรีตยาว ๑๐๐ เมตร ที่ต้องรองรับอุณหภูมิตั้งแต่ ๑๐°C ถึง ๔๕°C - คำนวณความเค้นที่เกิดขึ้นในโครงสร้างเหล็กที่ถูกยึดตรึงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ๓๐°C **กลุ่มงานเครื่องกล** - ออกแบบระบบท่อส่งน้ำร้อนที่ต้องรองรับการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจาก ๒๕°C เป็น ๙๐°C - ออกแบบสปริงรองรับแรงกระแทกในเครื่องจักรโดยใช้กฎของฮุค **กลุ่มงานอุตสาหการ** - วิเคราะห์และเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ต้องทำงานภายใต้ภาระซ้ำๆ - ออกแบบกระบวนการให้ความร้อนและทำให้เย็นตัวของชิ้นงานโลหะโดยคำนึงถึงความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิ **กลุ่มงานยานยนต์** - ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ต้องทนต่อความเค้นและความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิสูง - วิเคราะห์ความเค้นในระบบเบรกของรถยนต์เมื่อเกิดความร้อนจากการเบรกอย่างรุนแรง	นักเรียนศึกษาโจทย์ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย ระดมความคิดภายในกลุ่มเพื่อวิเคราะห์โจทย์และวางแผนการแก้ปัญหา

๓)	ครูอธิบายเกณฑ์การประเมินผลงาน ได้แก่ - ความถูกต้องของการคำนวณและการวิเคราะห์ - ความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติของการออกแบบ - การนำหลักการทางทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ - ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม - การนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหา	นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด กฎของฮุค และความเค้นความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิ ในการแก้ปัญหาตามโจทย์ นักเรียนคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักการทางวิศวกรรม นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและสร้างแบบร่างหรือแผนภาพประกอบ นักเรียนสรุปแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำเสนอ
๔)	ครูให้แต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาสั้นๆ และให้ข้อเสนอแนะ แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมต่อผลงานของแต่ละกลุ่ม	นักเรียนตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลงานต่อชั้นเรียน รับฟังข้อเสนอแนะและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับกลุ่มอื่นๆ

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๑.๓	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๑.๓ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๑.๓	นักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูสรุปสาระสำคัญของบทเรียนทั้งหมด ได้แก่ - ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดและลักษณะของกราฟ Stress-Strain - กฎของฮุคและความสำคัญในงานวิศวกรรม - ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง	นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของบทเรียน นักเรียนซักถามข้อสงสัยที่ยังไม่เข้าใจหรือต้องการคำอธิบายเพิ่มเติม นักเรียนประเมินตนเองว่าบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงใด
๔)	ครูเชื่อมโยงความรู้ในบทเรียนกับการประยุกต์ใช้ในวิชาชีพและชีวิตประจำวัน - งานก่อสร้างและโครงสร้างพื้นฐาน - การออกแบบเครื่องจักรและชิ้นส่วนทางวิศวกรรม - การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน - การพิจารณาผลกระทบของอุณหภูมิในการออกแบบ	นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของบทเรียน นักเรียนซักถามข้อสงสัยที่ยังไม่เข้าใจหรือต้องการคำอธิบายเพิ่มเติม นักเรียนประเมินตนเองว่าบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงใด

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๒. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๑ ความเค้นและความเครียด

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๓) สื่อ Power point ความเค้นและความเครียด

๔) วิดีโอแสดงแสดงการทดสอบแรงดึงของวัสดุในห้องปฏิบัติการจนกระทั่งวัสดุขาด

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) ตัวอย่างวัสดุจริง (ยางยืด, แท่งโลหะ, ตัวอย่างวัสดุที่เสียหาย)

๖.๕ อื่น ๆ

-

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู

๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **กลุ่มงานวิศวกรรมโยธา/ก่อสร้าง** การออกแบบโครงสร้างที่คำนึงถึงการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิ การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและการรับภาระ และการออกแบบรอยต่อขยายตัวในงานโครงสร้าง เช่น สะพาน ถนน อาคาร

๒. **กลุ่มงานวิศวกรรมเครื่องกล** การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ต้องทำงานภายใต้แรงกระทำและอุณหภูมิต่างๆ การออกแบบระบบท่อที่มีการขยายตัวเนื่องจากความร้อน และการออกแบบรอยต่อและข้อต่อที่รองรับการเปลี่ยนแปลงขนาดเนื่องจากอุณหภูมิ

๓. **กลุ่มงานวิศวกรรมอุตสาหการ** การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดในกระบวนการผลิต การกำหนดกระบวนการทางความร้อนสำหรับชิ้นงานโลหะ การควบคุมคุณภาพโดยตรวจสอบความเค้นตกค้าง (Residual Stress)

๔. **กลุ่มงานยานยนต์** การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ต้องทนต่ออุณหภูมิสูง การวิเคราะห์ความเค้นในระบบส่งกำลังและระบบเบรก และการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนต่างๆ ของยานยนต์

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๓/๑๕ ชั่วโมงที่ ๗-๙/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๔/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๐-๑๒/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๓	หน่วยที่ ๒
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๓
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๓
	ชื่อหน่วย ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำ และการเชื่อม	จำนวนชั่วโมง ๓ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถวิเคราะห์และคำนวณความเค้นในภาชนะรูปทรงกระบอกและรูปทรงกลมที่มีผนังบางภายใต้ความดันภายใน วิเคราะห์และคำนวณหาความแข็งแรงของการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม เลือกใช้วัสดุและออกแบบภาชนะความดันตามหลักวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสม ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับความดันในภาชนะในงานอุตสาหกรรมได้

๒. สาระการเรียนรู้

๑. รูปทรงกระบอกบางอยู่ภายใต้ความดันภายใน (Thin Wall Cylinder Under Internal Pressure)
๒. รูปทรงกลมผนังบางอยู่ภายใต้ความดันภายใน (Thin Spherical Shell Under Internal Pressure)

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นที่เกิดขึ้นในทรงกระบอกที่มีความดัน
๒. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นจากการตอวัตถุด้วยหมุดย้ำ

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายลักษณะความเค้นที่เกิดขึ้นในภาชนะรูปทรงกระบอกผนังบางภายใต้ความดันภายในได้
๒. อธิบายลักษณะความเค้นที่เกิดขึ้นในภาชนะรูปทรงกลมผนังบางภายใต้ความดันภายในได้
๓. บอกความแตกต่างระหว่างความเค้นในแนวเส้นรอบวง (Hoop Stress) และความเค้นในแนวยาว (Longitudinal Stress) ได้
๔. อธิบายหลักการทำงานและคุณลักษณะของการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมได้
๕. จำแนกประเภทและรูปแบบของการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมในงานโครงสร้างได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณความเค้นในแนวเส้นรอบวง (Hoop Stress) และความเค้นในแนวยาว (Longitudinal Stress) ในภาชนะรูปทรงกระบอกผนังบางได้
๒. คำนวณความเค้นในภาชนะรูปทรงกลมผนังบางภายใต้ความดันภายในได้
๓. วิเคราะห์ความปลอดภัยของภาชนะความดันโดยใช้ทฤษฎีความเสียหายได้
๔. คำนวณความแข็งแรงของการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำได้
๕. คำนวณความแข็งแรงของการเชื่อมต่อด้วยรอยเชื่อมได้
๖. ออกแบบภาชนะความดันตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ได้อย่างปลอดภัย

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๑. ตระหนักถึงความสำคัญของความปลอดภัยในการออกแบบภาชนะความดัน
๒. มีความรับผิดชอบในการคำนวณและออกแบบภาชนะความดันอย่างละเอียด รอบคอบมีวินัยในการทำงานและตรงต่อเวลาในการส่งงาน

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ความรู้เรื่องภาชนะความดันในการออกแบบหม้อไอน้ำ ถังแก๊ส และถังบรรจุของเหลวได้ ใช้ความรู้เรื่องการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมในงานโครงสร้าง วิเคราะห์สาเหตุของความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในภาชนะความดันและเสนอแนะวิธีการแก้ไข ออกแบบระบบความปลอดภัยสำหรับภาชนะความดัน และประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์และออกแบบภาชนะความดันได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการนำเสนอวิดีโอสั้นๆ เกี่ยวกับอุบัติเหตุจากการระเบิดของหม้อไอน้ำหรือถังแรงดันในโรงงานอุตสาหกรรม	นักเรียนชมวิดีโอและร่วมอภิปรายถึงสาเหตุของอุบัติเหตุ
๒)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุในวิดีโอ - เราจะป้องกันอุบัติเหตุเหล่านี้ได้อย่างไร	นักเรียนแบ่งกลุ่มระดมความคิดเกี่ยวกับภาชนะความดันที่พบในชีวิตประจำวันและในสาขาอาชีพ
๓)	ครูนำเสนอตัวอย่างภาชนะความดันที่ใช้ในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม เช่น หม้อหุงข้าว หม้อต้มน้ำ ถังแก๊ส ถังออกซิเจน	นักเรียนนำเสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบที่ปลอดภัย
๔)	ครูอธิบายความสำคัญของการออกแบบภาชนะความดันที่ปลอดภัย	นักเรียนฟังครูอธิบายและจดบันทึกสาระสำคัญ

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอทฤษฎีและหลักการพื้นฐานเกี่ยวกับความเค้นในภาชนะความดัน - อธิบายแนวคิดเรื่องความเค้นในแนวเส้นรอบวง (Hoop Stress) และความเค้นในแนวยาว (Longitudinal Stress) - แสดงสมการคำนวณความเค้นในภาชนะรูปทรงกระบอกผนังบาง - แสดงสมการคำนวณความเค้นในภาชนะรูปทรงกลมผนังบาง	นักเรียนจดบันทึกและตั้งคำถามเมื่อมีข้อสงสัย แก้โจทย์ตัวอย่างง่ายๆ ตามที่ครูกำหนด
๒)	ครูสาธิตการคำนวณความเค้นด้วยตัวอย่างโจทย์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบถังแรงดัน	นักเรียนร่วมวิเคราะห์ตัวอย่างโจทย์ที่ครูนำเสนอ
๓)	ครูอธิบายหลักการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม - ประเภทและรูปแบบของการเชื่อมต่อ - การคำนวณความแข็งแรงของรอยเชื่อมต่อ	นักเรียนสังเกตลักษณะของตัวอย่างการเชื่อมต่อที่ครูนำมาแสดง
๔)	ครูยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม	นักเรียนสังเกตลักษณะของตัวอย่างการเชื่อมต่อที่ครูนำมาแสดงและซักถามข้อสงสัย

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแจกใบงานที่มีโจทย์คำนวณความเค้นในภาชนะความดันรูปทรงต่างๆ	นักเรียนแบ่งกลุ่มทำแบบฝึกหัดตามใบงานที่ได้รับ
๒)	ครูให้คำแนะนำและช่วยเหลือนักเรียนระหว่างทำแบบฝึกหัด	นักเรียนฝึกคำนวณความเค้นในภาชนะรูปทรงกระบอกและรูปทรงกลม
๓)	ครูสาธิตการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของภาชนะความดัน	นักเรียนทดลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ความแข็งแรงของภาชนะความดัน
๔)	ครูกำหนดโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบภาชนะความดันให้นักเรียนแก้ไขเป็นกลุ่ม	นักเรียนร่วมกันออกแบบภาชนะความดันตามโจทย์ที่กำหนด

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอกรณีศึกษาจากสถานประกอบการจริง เกี่ยวกับการออกแบบถังแรงดันสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม	นักเรียนวิเคราะห์กรณีศึกษาและอภิปรายแนวทางการแก้ปัญหา
๒)	ครูแจกโจทย์โครงงานให้แต่ละกลุ่ม เช่น - ออกแบบถังแรงดันสำหรับบรรจุก๊าซไฮโดรเจนในระบบพลังงานทดแทน - ออกแบบถังเก็บน้ำบนหอสูงสำหรับระบบประปาในชุมชน - ออกแบบหม้อไอน้ำสำหรับโรงงานแปรรูปอาหาร	นักเรียนทำงานเป็นทีมในการออกแบบภาชนะความดันตามโจทย์ที่ได้รับ - กำหนดข้อมูลและเงื่อนไขการออกแบบ - คำนวณความเค้นและความแข็งแรงของภาชนะ - เลือกวัสดุและขนาดที่เหมาะสม - ออกแบบรอยเชื่อมต่อหรือหมุดย้ำ
๓)	ครูกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดทางวิศวกรรมที่สอดคล้องกับความต้องการในสาขาอาชีพ ให้คำแนะนำด้านการบูรณาการความรู้กับสาขาอาชีพต่างๆ	นักเรียนร่างแบบภาชนะความดันพร้อมระบุรายละเอียดทางวิศวกรรม พร้อมนำเสนอแนวคิดการประยุกต์ใช้ในสาขาอาชีพของตน

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๒.๑	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๒.๑ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๒.๑	นักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูสรุปประเด็นสำคัญของบทเรียน - หลักการคำนวณความเค้นในภาชนะความดัน - การออกแบบภาชนะความดันที่ปลอดภัย - การเลือกใช้วิธีการเชื่อมต่อที่เหมาะสม	นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของบทเรียน นักเรียนซักถามข้อสงสัยที่ยังไม่เข้าใจหรือต้องการคำอธิบายเพิ่มเติม
๔)	ครูให้ข้อเสนอแนะต่อผลงานการออกแบบของนักเรียนและทดสอบความเข้าใจด้วยคำถามทบทวน	นักเรียนนำเสนอสรุปผลการออกแบบภาชนะความดันของกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและให้ข้อเสนอแนะต่อผลงานของกลุ่มอื่น สรุปความรู้ที่ได้รับและการนำไปประยุกต์ใช้ในสาขาอาชีพ และตอบคำถามทบทวนเพื่อประเมินความเข้าใจ

BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๑. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials) หน่วยการเรียนรู้ที่ ๒ ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำ และการเชื่อม

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๑) สื่อ Power point ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำ และการเชื่อม

๒) วิดีโอสาธิตการออกแบบภาชนะความดันและการทดสอบความแข็งแรง

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) แบบจำลองภาชนะรูปทรงกระบอกและรูปทรงกลม

๒) ตัวอย่างการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม

๖.๕ อื่น ๆ

-

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู

๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิศวกรรมเครื่องกล** การออกแบบหม้อไอน้ำ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบท่อความดันสูง

๒. **วิศวกรรมโยธา** การออกแบบถังเก็บน้ำ ถังบำบัดน้ำเสีย และระบบประปา

๓. **วิศวกรรมอุตสาหการ** การออกแบบกระบวนการผลิตที่ใช้ภาชนะความดัน

๔. **วิศวกรรมปิโตรเลียม** การออกแบบถังเก็บน้ำมัน ก๊าซ และสารเคมี

๕. **ช่างเชื่อม** การเลือกเทคนิคการเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับภาชนะความดัน

๖. **วิชาคณิตศาสตร์** การใช้สมการ แคลคูลัส และเรขาคณิตในการคำนวณความเค้น

๗. **วิชาฟิสิกส์** หลักการของความดัน แรง และสมดุล

๘. **วิชาวัสดุศาสตร์** คุณสมบัติของวัสดุและการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม

๙. **วิชาการเขียนแบบวิศวกรรม** การเขียนแบบภาชนะความดันตามมาตรฐานสากล

๑๐. **วิชาคอมพิวเตอร์เพื่องานอาชีพ** การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางวิศวกรรม

๑๑.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๕/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๓-๑๕/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๖/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๖-๑๘/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๗/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๙-๒๑/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๔	หน่วยที่ ๒
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๔
	ชื่อหน่วย ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำ และการเชื่อม	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถวิเคราะห์และเปรียบเทียบการเชื่อมต่อแผ่นโลหะด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมในงานโครงสร้าง คำนวณความแข็งแรงและความปลอดภัยของการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม ออกแบบการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมที่เหมาะสมกับลักษณะงานและวัสดุ และประยุกต์ใช้ความรู้ในการออกแบบและตรวจสอบโครงสร้างที่มีการเชื่อมต่อในงานอุตสาหกรรมและงานโยธาได้

๒. สาระการเรียนรู้

๑. การต่อแผ่นโลหะโดยใช้หมุดย้ำ (Reveted Joint)
๒. การต่อโดยการเชื่อม (Welded Joint)

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นที่เกิดขึ้นในทรงกระบอกที่มีความดัน
๔. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นจากการตอวัตถุด้วยหมุดย้ำ

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายลักษณะ ประเภท และหลักการทำงานของการต่อด้วยหมุดย้ำ (Reveted Joint) ได้
๒. อธิบายลักษณะ ประเภท และหลักการทำงานของการต่อด้วยการเชื่อม (Welded Joint) ได้
๓. บอกความแตกต่างระหว่างการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมได้
๔. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมได้
๕. จำแนกประเภทของการวิบัติ (Failure) ที่อาจเกิดขึ้นในการเชื่อมต่อแต่ละแบบได้
๖. อธิบายมาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณความแข็งแรงของการต่อด้วยหมุดย้ำแบบต่างๆ ได้แก่ แบบเลื่อน (Lap Joint) และแบบทาบ (Butt Joint)
๒. คำนวณความแข็งแรงของการต่อด้วยการเชื่อมแบบต่างๆ ได้แก่ การเชื่อมชน (Butt Weld) และการเชื่อมมุม (Fillet Weld)
๓. วิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นในบริเวณรอยต่อโดยใช้หลักการทางความแข็งแรงของวัสดุได้
๔. ออกแบบการจัดวางตำแหน่งของหมุดย้ำและรอยเชื่อมให้มีความแข็งแรงเหมาะสมกับภาระที่กระทำได้
๕. ตรวจสอบและประเมินความปลอดภัยของการออกแบบการเชื่อมต่อตามหลักวิศวกรรมได้
๖. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยวิเคราะห์และออกแบบการเชื่อมต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๑. ตระหนักถึงความสำคัญของความปลอดภัยในการออกแบบการเชื่อมต่อในงานโครงสร้าง

๒. มีความรับผิดชอบในการคำนวณและออกแบบการเชื่อมต่ออย่างละเอียดรอบคอบ
๓. แสดงความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคโนโลยีการเชื่อมต่อสมัยใหม่
๔. ทำงานร่วมกับผู้อื่นในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ
๕. มีความละเอียดรอบคอบในการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณและการออกแบบ

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการเชื่อมต่อในการออกแบบโครงสร้างโลหะในงานอุตสาหกรรม เช่น โครงสร้างอาคาร ถังความดัน ภาชนะบรรจุของเหลว เลือกใช้วิธีการเชื่อมต่อที่เหมาะสมตามลักษณะของวัสดุและสภาพการใช้งาน ปรับปรุงการออกแบบเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและลดต้นทุนในการผลิต วิเคราะห์สาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นในการเชื่อมต่อและเสนอแนะวิธีการแก้ไข มีการบูรณาการความรู้กับรายวิชาอื่น เช่น การออกแบบเครื่องกล กลศาสตร์โครงสร้าง และการเขียนแบบวิศวกรรม และปฏิบัติตามมาตรฐานอุตสาหกรรมและข้อกำหนดความปลอดภัยในการออกแบบการเชื่อมต่อได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแสดงภาพโครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีชื่อเสียง เช่น สะพานโกลเด้นเกต หอไอเฟล เรือเดินสมุทร และเครื่องบิน ที่ใช้การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม	นักเรียน สังเกตและอภิปรายเกี่ยวกับภาพและวิดีโอที่ครูนำเสนอ
๒)	ครูนำเสนอคลิปวิดีโอสั้นๆ เกี่ยวกับอุบัติเหตุที่เกิดจากความล้มเหลวของการเชื่อมต่อในโครงสร้าง เช่น กรณีสะพานทาโคมา นาร์โรวส์ (Tacoma Narrows Bridge) หรือเรือไททานิค	นักเรียน สังเกตและอภิปรายเกี่ยวกับภาพและวิดีโอที่ครูนำเสนอ
๓)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - นักเรียนคิดว่าชิ้นส่วนโลหะเหล่านี้ถูกนำมาประกอบกันได้อย่างไร - เราจะทำอย่างไรให้การต่อชิ้นส่วนเหล่านี้มีความแข็งแรงและปลอดภัย?"	นักเรียนตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการเชื่อมต่อชิ้นส่วนโลหะ
๔)	ครูนำตัวอย่างชิ้นงานจริงของการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมมาให้นักเรียนสัมผัสและสังเกต	นักเรียนแบ่งกลุ่มย่อย ๔-๕ คน ร่วมกันสำรวจตัวอย่างชิ้นงานและบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็น แต่ละกลุ่มนำเสนอข้อสังเกตเกี่ยวกับลักษณะการเชื่อมต่อที่พบในตัวอย่างชิ้นงาน

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูอธิบายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำ (Riveted Joint) - ประเภทของการต่อด้วยหมุดย้ำ: แบบซ้อนเกย (Lap Joint) และแบบทาบ (Butt Joint) - ส่วนประกอบและกระบวนการติดตั้งหมุดย้ำ - ลักษณะของความเค้นที่เกิดขึ้นในการต่อด้วยหมุดย้ำ: แรงเฉือน (Shear), แรงดึง (Tension), แรงอัด (Crushing) - สมการคำนวณความแข็งแรงของการต่อด้วยหมุดย้ำ - ข้อดีและข้อจำกัดของการใช้หมุดย้ำ	นักเรียนจดบันทึกสาระสำคัญและทำความเข้าใจเนื้อหาที่ครูนำเสนอ และซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่ไม่เข้าใจ
๒)	ครูอธิบายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเชื่อม (Welded Joint) - ประเภทของการเชื่อม: การเชื่อมชน (Butt Weld), การเชื่อมมุม (Fillet Weld) - กระบวนการเชื่อมและเทคนิคการเชื่อมแบบต่างๆ - ลักษณะของความเค้นที่เกิดขึ้นในรอยเชื่อม - สมการคำนวณความแข็งแรงของรอยเชื่อม - ข้อดีและข้อจำกัดของการเชื่อม	นักเรียนจดบันทึกสาระสำคัญและทำความเข้าใจเนื้อหาที่ครูนำเสนอ และซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่ไม่เข้าใจ
๓)	ครูเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียระหว่างการใช้หมุดย้ำกับการเชื่อม	นักเรียนร่วมวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียระหว่างการใช้หมุดย้ำกับการเชื่อม โดยการสร้างแผนผังความคิด (Mind Map) เพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม
๔)	ครูสาธิตการคำนวณความแข็งแรงของการเชื่อมต่อด้วยตัวอย่างโจทย์ปัญหา	นักเรียนร่วมวิเคราะห์และคำนวณในตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่ครูนำเสนอ
๕)	ครูแสดงมาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบการเชื่อมต่อตามหลักวิศวกรรม	นักเรียนจดบันทึกสาระสำคัญและทำความเข้าใจเนื้อหาที่ครูนำเสนอ และซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับเนื้อหาที่ไม่เข้าใจ

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแจกใบงานที่มีโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณความแข็งแรงของการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม	นักเรียน แบ่งกลุ่มทำแบบฝึกหัดตามใบงานที่ได้รับ
๒)	ครูอธิบายวิธีการทำแบบฝึกหัดและให้คำแนะนำเพิ่มเติม และเดินสำรวจการทำงานของนักเรียนและให้คำแนะนำรายกลุ่ม	นักเรียนฝึกคำนวณความแข็งแรงของการต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมตามโจทย์ที่กำหนด ตรวจสอบความปลอดภัยของการเชื่อมต่อโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความปลอดภัย
๓)	ครูสาธิตการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของการเชื่อมต่อและแนะนำแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการออกแบบการเชื่อมต่อ	นักเรียนทดลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองและวิเคราะห์ความแข็งแรงของการเชื่อมต่อและนำเสนอผลการคำนวณและวิเคราะห์ของกลุ่ม

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอกรณีศึกษาจริงจากสถานประกอบการ เช่น - การออกแบบโครงสร้างของถังเก็บน้ำมันขนาดใหญ่ - การออกแบบแท่นขุดเจาะน้ำมันนอกชายฝั่ง - การออกแบบโครงสร้างเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม - การซ่อมแซมโครงสร้างสะพานเหล็ก	นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๓-๔ คน เลือกโจทย์โครงงานที่สนใจ
๒)	ครูกำหนดโจทย์โครงงานที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงในวิชาชีพ เช่น - ออกแบบการเชื่อมต่อโครงสร้างสำหรับถังเก็บสารเคมีที่มีความดันภายใน - ออกแบบระบบการเชื่อมต่อสำหรับโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุกแบบกระแทก (Impact Loading) - ปรับปรุงการออกแบบการเชื่อมต่อในโครงสร้างที่มีปัญหาการแตกร้าว - ออกแบบการเชื่อมต่อสำหรับโครงสร้างที่ต้องทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนสูง	นักเรียนวิเคราะห์โจทย์และวางแผนการออกแบบ - กำหนดขนาดและรูปร่างของชิ้นส่วนที่ต้องเชื่อมต่อ - เลือกประเภทของการเชื่อมต่อที่เหมาะสม (หมุดย้ำหรือการเชื่อม) - คำนวณขนาดและจำนวนของหมุดย้ำหรือรอยเชื่อม - ตรวจสอบความปลอดภัยของการออกแบบ

๓)	ครูกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดในการออกแบบ เช่น - กำหนดวัสดุที่ใช้และคุณสมบัติทางกล - กำหนดภาระการใช้งานและสภาพแวดล้อม - กำหนดงบประมาณและข้อจำกัดในการผลิต	นักเรียนสร้างแบบร่างการออกแบบการเชื่อมต่อ - ทำการร่างแบบด้วยมือหรือใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ - ระบุมิติและขนาดที่สำคัญ - ระบุวัสดุและข้อกำหนดในการผลิต
๔)	ครูให้คำปรึกษาและแนะนำในการออกแบบ	นำเสนอแนวคิดการออกแบบเบื้องต้นให้กับกลุ่มอื่นๆ และรับฟังข้อเสนอแนะ

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๒.๒ และ ๒.๓	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๒.๒ และ ๒.๓ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๒.๒ และ ๒.๓	นักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูให้แต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดการออกแบบของตนเองอย่างสั้นๆ (๒-๓ นาทีต่อกลุ่ม) และให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำเพิ่มเติมสำหรับการพัฒนาโครงงานต่อไป	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดการออกแบบอย่างสั้นๆ และรับฟังข้อเสนอแนะและซักถามข้อสงสัย
๔)	ครูสรุปประเด็นสำคัญของบทเรียน - ลักษณะและประเภทของการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม - หลักการคำนวณความแข็งแรงของการเชื่อมต่อ - ข้อควรพิจารณาในการออกแบบการเชื่อมต่อ - การประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรม	นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้รับและการนำไปประยุกต์ใช้

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๒. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๒ ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำ และการเชื่อม

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๓) สื่อ Power point ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำ และการเชื่อม
๔) วิดีโอแสดงการติดตั้งหมุดย้ำและการเชื่อมในงานโครงสร้าง
๕) ภาพถ่ายโครงสร้างที่มีการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม เช่น โครงสร้างสะพาน หอคอย เครื่องจักร

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) ตัวอย่างชิ้นงานจริงของการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อมแบบต่างๆ
๒) ตัวอย่างการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม

๖.๕ อื่น ๆ

๑) โปรแกรมจำลองการวิเคราะห์ความแข็งแรงของการเชื่อมต่อ (เช่น SolidWorks Simulation)
๒) กรณีศึกษาความเสียหายของการเชื่อมต่อในงานโครงสร้าง

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู
๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้
๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน
๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้
๓) ตอบคำถาม
๔) ประเมินการสนทนา
๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้
๓) แบบประเมินการตอบคำถาม
๔) แบบประเมินการสนทนา
๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิศวกรโครงสร้าง** การออกแบบและตรวจสอบความแข็งแรงของโครงสร้างอาคาร สะพาน หอคอย
๒. **วิศวกรเครื่องกล** การออกแบบเครื่องจักร ภาชนะความดัน ระบบท่อ
๓. **วิศวกรต่อเรือ** การออกแบบโครงสร้างเรือและแท่นขุดเจาะนอกชายฝั่ง
๔. **วิศวกรอากาศยาน** การออกแบบโครงสร้างเครื่องบินและยานอวกาศ
๕. **ช่างเชื่อมและช่างโลหะ** การปฏิบัติงานติดตั้งหมุดย้ำและการเชื่อม
๖. **ผู้ตรวจสอบคุณภาพ** การตรวจสอบและทดสอบคุณภาพของรอยเชื่อมต่อ
๗. **วิชาคณิตศาสตร์** การคำนวณความเค้น การใช้พีชคณิตและตรีโกณมิติในการวิเคราะห์
๘. **วิชาฟิสิกส์** หลักการของแรง สมดุล และการถ่ายเทความร้อน
๙. **วิชาวัสดุศาสตร์** คุณสมบัติของวัสดุ การเลือกใช้วัสดุ และพฤติกรรมของวัสดุภายใต้ภาระ
๑๐. **วิชาการเขียนแบบวิศวกรรม** การเขียนแบบและการอ่านแบบการเชื่อมต่อ
๑๑. **วิชาเทคโนโลยีการผลิต** กระบวนการผลิตและติดตั้งหมุดย้ำและการเชื่อม
๑๒. **วิชาการทดสอบวัสดุ** การทดสอบความแข็งแรงของการเชื่อมต่อ

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๘/๑๕ ชั่วโมงที่ ๒๒-๒๔/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๙/๑๕ ชั่วโมงที่ ๒๕-๒๗/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

---

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

---

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน
BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE
กุ.ส.น.ม.

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๕	หน่วยที่ ๓
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๕
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๕
	ชื่อหน่วย การบิดของเพลา	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายหลักการและทฤษฎีการบิดของเพลา วิเคราะห์และคำนวณความเค้นเฉือนเนื่องจากการบิดของเพลาที่มีหน้าตัดแบบต่างๆ คำนวณและหามุมบิดของเพลาภายใต้แรงบิดที่กำหนด ออกแบบเพลาส่งกำลังให้มีความปลอดภัยและเหมาะสมกับการใช้งาน และประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการบิดของเพลาในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิศวกรรมได้

๒. สาระการเรียนรู้

๑. การบิด

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับการบิดที่เกิดขึ้นในเพลา
๒. คำนวณมุมบิดที่เกิดขึ้นในเพลา

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายความหมายและหลักการของการบิดของเพลาได้อย่างถูกต้อง
๒. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด มุมบิด และความเค้นเฉือนในเพลาได้
๓. บอกสูตรการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการบิดของเพลาได้อย่างถูกต้อง
๔. จำแนกประเภทของวัสดุต่างๆ ตามคุณสมบัติการต้านทานต่อการบิดได้
๕. อธิบายผลกระทบของแรงบิดที่มีต่อเพลาที่มีหน้าตัดต่างๆ ได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณค่าความเค้นเฉือนสูงสุดในเพลาเมื่อได้รับแรงบิดได้อย่างถูกต้อง
๒. คำนวณค่ามุมบิดของเพลาเมื่อได้รับแรงบิดได้อย่างถูกต้อง
๓. วิเคราะห์การกระจายความเค้นเฉือนในหน้าตัดของเพลาได้
๔. ออกแบบขนาดเพลาให้เหมาะสมกับแรงบิดที่กำหนดให้ได้
๕. ใช้เครื่องมือทดสอบเพื่อวัดค่าที่เกี่ยวข้องกับการบิดของเพลาได้อย่างถูกต้อง
๖. วิเคราะห์และแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบิดของเพลาในกรณีศึกษาต่างๆ ได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๑. แสดงความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมายเกี่ยวกับการคำนวณและออกแบบเพลา
๒. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณและวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการบิดของเพลา
๓. มีความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการบิดของเพลา
๔. แสดงความมุ่งมั่นในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนเกี่ยวกับการบิดของเพลา
๕. ตระหนักถึงความสำคัญของการออกแบบเพลาที่มีความปลอดภัยและเหมาะสมกับการใช้งาน

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการบิดของเพลาในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักร เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับเพลาตามลักษณะการรับแรงบิด วิเคราะห์ปัญหาการเสียหายของเพลาเนื่องจากการบิดในสถานการณ์จริง และประยุกต์ใช้หลักการบิดของเพลาในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในงานอุตสาหกรรมได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอคลิปวิดีโอเหตุการณ์จริงที่เพลาของเครื่องจักรหรือยานพาหนะเกิดความเสียหายจากการบิด เช่น เพลาข้อเหวี่ยงในเครื่องยนต์ที่หัก หรือเพลาขับในรถยนต์ที่บิดเสียหาย	นักเรียนชมวิดีโอและร่วมกันแสดงความคิดเห็น
๒)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้เพลาเกิดความเสียหาย - ในการออกแบบเพลา เราควรคำนึงถึงปัจจัยใดบ้าง - ถ้าเราต้องการเพิ่มความสามารถในการรับแรงบิดของเพลา เราควรทำอย่างไร	นักเรียนตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้เพลาเกิดความเสียหาย
๓)	ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยเชื่อมโยงระหว่างความเสียหายที่เกิดขึ้นกับความจำเป็นในการศึกษาเรื่องการบิดของเพลา	นักเรียนร่วมกันระดมสมองถึงปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบเพลา

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูอธิบายความหมายและหลักการพื้นฐานของการบิด (Torsion) โดยใช้สื่อนำเสนอ PowerPoint	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกเนื้อหาสำคัญ และซักถามประเด็นที่สงสัยหรือไม่เข้าใจ และร่วมกันตอบคำถามระหว่างการบรรยาย
๒)	ครูแสดงสูตรและความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการบิด - สูตรคำนวณความเค้นเฉือน: $\tau = Tr/J$ - สูตรคำนวณมุมบิด: $\theta = TL/JG$ - ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด (T) และกำลังงาน (P): $P = T\omega$	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกเนื้อหาสำคัญ และซักถามประเด็นที่สงสัยหรือไม่เข้าใจ ร่วมกันตอบคำถามระหว่างการบรรยาย และทำโจทย์ตัวอย่างพร้อมกับครูในชั้นเรียน
๓)	ครูสาธิตการคำนวณหาค่าความเค้นเฉือนและมุมบิดในเพลาที่มีหน้าตัดต่างๆ ผ่านตัวอย่างโจทย์	นักเรียนสังเกตการสาธิตและบันทึกผลการสังเกต
๔)	ครูใช้ชุดสาธิตการบิดของเพลาเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของแรงบิดต่อเพลาที่มีวัสดุและหน้าตัดต่างกัน	นักเรียนสังเกตการสาธิตและบันทึกผลการสังเกต
๕)	ครูแสดงแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Simulation) ที่แสดงการกระจายความเค้นในเพลาเมื่อได้รับแรงบิด	นักเรียนวิเคราะห์แบบจำลองการกระจายความเค้นในเพลา
๖)	ครูอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการรับแรงบิดของเพลา - ชนิดของวัสดุ (โมดูลัสของแรงเฉือน) - รูปทรงและขนาดของหน้าตัด - คุณสมบัติทางกลของวัสดุ	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกเนื้อหาสำคัญ และซักถามประเด็นที่สงสัยหรือไม่เข้าใจ และร่วมกันตอบคำถามระหว่างการบรรยาย

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ ๓-๔ คน แจกใบงานโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการบิดของเพลาให้แต่ละกลุ่ม โดยมีโจทย์ที่หลากหลาย เช่น - การคำนวณหาค่าความเค้นเฉือนสูงสุดในเพลาที่มีหน้าตัดวงกลม - การคำนวณหามุมบิดของเพลาที่มีขนาดหน้าตัดเปลี่ยนแปลง - การหาขนาดเพลาที่เหมาะสมเมื่อทราบค่าแรงบิดและค่าความเค้นเฉือนที่ยอมให้	นักเรียนจัดกลุ่มและรับใบงาน ร่วมกันวิเคราะห์โจทย์ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหา
๒)	ครูเดินสังเกตการทำงานของแต่ละกลุ่มและให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย	นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้สูตรและความรู้ที่ได้เรียนมา ซักถามครูเมื่อมีข้อสงสัยหรือต้องการคำแนะนำ
๓)	ครูให้แต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและคำตอบที่ได้ พร้อมอธิบายแนวคิดและหลักการที่ใช้	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและคำตอบที่ได้หน้าชั้นเรียน และร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอกรณีศึกษาจากสถานประกอบการจริงเกี่ยวกับการเสียหายของเพลาในเครื่องจักรอุตสาหกรรม เช่น - การเสียหายของเพลาในปั๊มน้ำโรงงาน - การเสียหายของเพลาข้อเหวี่ยงในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า - การเสียหายของเพลาในระบบส่งกำลังของเครื่องจักรในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์	นักเรียนศึกษากรณีศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของการเสียหายและร่วมกันออกแบบเพลาตามโจทย์ที่ได้รับมอบหมาย โดย - วิเคราะห์เงื่อนไขและข้อจำกัดในการออกแบบ - คำนวณแรงบิดที่เพลาต้องรับ - เลือกวัสดุที่เหมาะสม - คำนวณขนาดเพลาที่เหมาะสม - ตรวจสอบความปลอดภัยของการออกแบบ
๒)	ครูมอบหมายโครงงานกลุ่มให้นักเรียนออกแบบเพลาสำหรับใช้งานในสถานการณ์จริง เช่น - ออกแบบเพลาสำหรับเครื่องผสมอาหารในโรงงานอาหาร - ออกแบบเพลาสำหรับเครื่องจักรในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ - ออกแบบเพลาสำหรับเครื่องจักรในงานก่อสร้าง	นักเรียนจัดทำแบบร่าง (Sketch) ของเพลาที่ออกแบบ พร้อมระบุขนาด วัสดุ และรายละเอียดอื่นๆ ที่สำคัญ
๓)	ครูกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดในการออกแบบ เช่น กำลังงานที่ต้องการ, ความเร็วรอบ, อายุการใช้งาน, ข้อจำกัดด้านพื้นที่ เป็นต้น	นักเรียนวิเคราะห์ผลกระทบของการออกแบบต่อประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และต้นทุนการผลิต
๔)	ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้จากรายวิชาอื่นๆ เช่น วิชาการออกแบบเครื่องกล, วัสดุวิศวกรรม, และการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลมาใช้ในการออกแบบ	นักเรียนนำเสนอแนวคิดการออกแบบและแสดงการคำนวณประกอบ

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๓.๑	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่๓.๑ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๓.๑	นักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานการออกแบบเพลาอย่างสั้นๆ (กลุ่มละ ๒-๓ นาที)	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานการออกแบบเพลา
๔)	ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงจุดเด่นและจุดที่ควรปรับปรุงของแต่ละกลุ่ม	นักเรียนร่วมกันอภิปรายและให้ข้อเสนอแนะต่อผลงานของกลุ่มอื่น
๕)	ครูสรุปเนื้อหาสำคัญของบทเรียนเรื่องการบิดของเพลา โดยเน้นย้ำหลักการสำคัญและการนำไปประยุกต์ใช้และให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำเพิ่มเติมสำหรับการพัฒนาโครงงานต่อไป	นักเรียนซักถามประเด็นที่ยังไม่เข้าใจหรือต้องการความชัดเจนเพิ่มเติม

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๓. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๓ การบิดของเพลา

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๖) สื่อ Power point ความดันในภาชนะ การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำ และการเชื่อม
๗) วิดีโอแสดงการเสียหายของเพลาเนื่องจากการบิด
๘) ภาพถ่ายโครงสร้างที่มีการเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำและการเชื่อม เช่น โครงสร้างสะพาน หอคอย เครื่องจักร

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) ตัวอย่างเพลาที่มีหน้าตัดต่างๆ (กลม, สี่เหลี่ยม, กลวง)
๒) ชุดสาธิตการบิดของเพลา

๖.๕ อื่น ๆ

๑) แบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Simulation) แสดงการกระจายความเค้นในเพลา

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู
๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้
๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิศวกรเครื่องกล** การออกแบบและวิเคราะห์เพลาในเครื่องจักรอุตสาหกรรม
๒. **ช่างซ่อมบำรุง** การวิเคราะห์ความเสียหายของเพลาและการซ่อมบำรุง
๓. **นักออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์** การออกแบบเพลาขับและเพลาส่งกำลังในยานยนต์
๔. **ผู้ควบคุมคุณภาพ** การตรวจสอบและทดสอบคุณภาพของเพลาที่ผลิต
๕. **ช่างเทคนิคอุตสาหกรรม** การติดตั้งและปรับแต่งระบบส่งกำลังที่มีเพลาเป็นส่วนประกอบ
๖. **วิชาวัสดุวิศวกรรม** ความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุต่างๆ ที่ใช้ทำเพลา
๗. **วิชาการออกแบบเครื่องกล** การออกแบบเพลาให้เหมาะสมกับชิ้นส่วนอื่นๆ ในเครื่องจักร
๘. **วิชากลศาสตร์ของแข็ง** พื้นฐานทฤษฎีความเค้นและความเครียดที่เกิดในวัสดุ
๙. **วิชาการส่งถ่ายกำลัง** การประยุกต์ใช้เพลาในระบบส่งกำลัง
๑๐. **วิชาเขียนแบบวิศวกรรม** การเขียนแบบเพลาและชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้อง
๑๑. **วิชาคณิตศาสตร์วิศวกรรม** การคำนวณความเค้นและมุมบิดโดยใช้แคลคูลัส
๑๒. **วิชาการบำรุงรักษาเครื่องจักรกล** การตรวจสอบและวิเคราะห์การเสียหายของเพลา

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

๑) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ ...๕/๑๕.... สาขา/ชั้นปี.....จำนวนนักเรียน.....คน

มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

๒) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

๑. การบิด

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

๓) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

๔) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

๑๐.๒ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

๑) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของนักเรียน : .....

.....

๒) สมรรถนะที่นักเรียนได้รับ : .....

.....

๓) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

๔) ผลการสอนของครู : .....

.....

๕) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

๑๐.๓ แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

๑) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

๒) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครู

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๖	หน่วยที่ ๓
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๖
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๖
	ชื่อหน่วย การบิดของเพลา	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายหลักการและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการต่อเพลาโดยใช้ประกับหน้าแปลนได้อย่างถูกต้อง วิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นในการต่อเพลาด้วยประกับหน้าแปลน คำนวณและออกแบบขนาดของประกับหน้าแปลนและสลักเกลียวยึดตามเงื่อนไขการใช้งาน เลือกใช้วัสดุและกำหนดขนาดสำหรับการต่อเพลาด้วยประกับหน้าแปลนได้อย่างเหมาะสม และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการต่อเพลาด้วยประกับหน้าแปลน

๒. สาระการเรียนรู้

๑. การต่อเพลาโดยใช้ประกับหน้าแปลน

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓. แสดงความรู้เกี่ยวกับการบิดที่เกิดขึ้นในเพลา
๔. คำนวณมุมบิดที่เกิดขึ้นในเพลา

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายหลักการพื้นฐานและวัตถุประสงค์ของการต่อเพลาโดยใช้ประกับหน้าแปลนได้
๒. จำแนกประเภทของประกับหน้าแปลนตามลักษณะการใช้งานและโครงสร้างได้
๓. อธิบายกลไกการถ่ายทอดแรงบิดผ่านประกับหน้าแปลนและสลักเกลียวยึดได้
๔. บอกข้อดีและข้อจำกัดของการต่อเพลาด้วยประกับหน้าแปลนเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ได้
๕. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กำลังงาน และการออกแบบประกับหน้าแปลนได้
๖. อธิบายผลกระทบของการไม่แนวเพลาที่มีต่อการต่อเพลาด้วยประกับหน้าแปลนได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในสลักเกลียวยึดของประกับหน้าแปลนได้อย่างถูกต้อง
๒. คำนวณความเค้นดึงที่เกิดขึ้นในสลักเกลียวยึดของประกับหน้าแปลนได้อย่างถูกต้อง
๓. ออกแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของประกับหน้าแปลนตามเงื่อนไขการใช้งานได้
๔. กำหนดจำนวนและขนาดของสลักเกลียวยึดที่เหมาะสมสำหรับประกับหน้าแปลนได้
๕. วิเคราะห์ผลกระทบของแรงบิดที่มีต่อความแข็งแรงของประกับหน้าแปลนและสลักเกลียวยึดได้
๖. คำนวณค่าแฟคเตอร์ความปลอดภัยในการออกแบบประกับหน้าแปลนได้
๗. เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับการทำประกับหน้าแปลนตามเงื่อนไขการใช้งานได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๑. แสดงความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมายเกี่ยวกับการออกแบบประกับหน้าแปลน
๒. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณและวิเคราะห์การต่อเพลาด้วยประกับหน้าแปลน
๓. มีความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคโนโลยีการต่อเพลา
๔. แสดงความมุ่งมั่นในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนเกี่ยวกับการออกแบบประกับหน้าแปลน
๕. ตระหนักถึงความสำคัญของความปลอดภัยในการออกแบบรอยต่อของเพลา

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการต่อเพลาด้วยประกับหน้าแปลนในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักร เลือกประเภทของประกับหน้าแปลนที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานต่างๆ วิเคราะห์ปัญหาการเสียหายของการต่อเพลาด้วยประกับหน้าแปลนในสถานการณ์จริงได้ แก้ไขปัญหาการไม่แนวเพลาที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของประกับหน้าแปลนได้ บูรณาการความรู้เรื่องการต่อเพลาด้วยประกับหน้าแปลนกับความรู้ในวิชาอื่นๆ เพื่อการออกแบบทางวิศวกรรม และออกแบบและพัฒนาการต่อเพลาด้วยประกับหน้าแปลนที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับเงื่อนไขการใช้งานที่หลากหลายได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูทักทายนักเรียนและแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโรงงานอุตสาหกรรม "เครื่องจักรในโรงงานผลิตกระดาษหยุดทำงานเนื่องจากการเสียหายที่จุดเชื่อมต่อเพลา ทำให้การผลิตต้องหยุดชะงัก สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจกว่า ๕ ล้านบาทต่อวัน"	นักเรียนฟังสถานการณ์ปัญหาและชมภาพหรือวิดีโอที่ครูนำเสนอ
๒)	ครูแสดงภาพหรือวิดีโอของเพลาที่เสียหายเนื่องจากการออกแบบประกับหน้าแปลนที่ไม่เหมาะสม	นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นและตอบคำถามเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้การต่อเพลาเกิดความเสียหาย
๓)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้การต่อเพลาเกิดความเสียหาย - หากนักเรียนเป็นวิศวกรที่ต้องออกแบบการต่อเพลา นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรให้การต่อเพลามีความแข็งแรงและปลอดภัย - นักเรียนเคยเห็นการต่อเพลาในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใดบ้าง	นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม และแบ่งปันประสบการณ์หรือความรู้เดิมเกี่ยวกับการต่อเพลาที่เคยพบเห็น

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูอธิบายความหมายและหลักการของการต่อเพลาโดยใช้ประกับหน้าแปลน โดยใช้สื่อนำเสนอ PowerPoint	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกเนื้อหาสำคัญและซักถามประเด็นที่ไม่เข้าใจหรือต้องการคำอธิบายเพิ่มเติม
๒)	ครูแสดงตัวอย่างประกับหน้าแปลนประเภทต่างๆ พร้อมอธิบายลักษณะเฉพาะ ข้อดีและข้อจำกัด - ประกับหน้าแปลนแบบแข็ง (Rigid Flange Coupling) - ประกับหน้าแปลนแบบยืดหยุ่น (Flexible Flange Coupling) - ประกับหน้าแปลนแบบกันการรั่ว (Marine Flange Coupling)	นักเรียนสังเกตลักษณะของประกับหน้าแปลนแต่ละประเภทและเปรียบเทียบความแตกต่าง ร่วมกันตอบคำถามระหว่างการบรรยาย เช่น ประกับหน้าแปลนประเภทใดเหมาะกับงานที่มีการสั่นสะเทือนสูง หรือ สลักเกลียวในประกับหน้าแปลนรับแรงในลักษณะใดบ้าง
๓)	ครูอธิบายชิ้นส่วนประกอบของประกับหน้าแปลนและหน้าที่ของแต่ละชิ้นส่วน	นักเรียนสังเกตลักษณะของประกับหน้าแปลนแต่ละประเภทและเปรียบเทียบความแตกต่าง
๔)	ครูอธิบายและสาธิตการคำนวณความเค้นที่เกิดขึ้นในสลักเกลียวยึด - ความเค้นเฉือนในสลักเกลียว $\tau = T/(\pi \times d^2 \times n \times r/๒)$ โดย T คือแรงบิด, d คือเส้นผ่านศูนย์กลางสลักเกลียว n คือจำนวนสลักเกลียว r คือระยะจากศูนย์กลางเพลาถึงสลักเกลียว - ความเค้นดึงในสลักเกลียว $\sigma = F/(\pi \times d^2/๔)$ โดย F คือแรงดึง d คือเส้นผ่านศูนย์กลางสลักเกลียว	นักเรียนทำความเข้าใจสูตรการคำนวณและฝึกคำนวณตามตัวอย่างโจทย์ที่ครูนำเสนอ
๕)	ครูยกตัวอย่างโจทย์การคำนวณและแสดงวิธีทำอย่างละเอียด - **ตัวอย่าง** ออกแบบประกับหน้าแปลนสำหรับเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๕๐ มม. ที่ส่งผ่านกำลังงาน ๒๐ kW ที่ความเร็ว ๑๔๕๐ รอบต่อนาที	นักเรียนทำความเข้าใจสูตรการคำนวณและฝึกคำนวณตามตัวอย่างโจทย์ที่ครูนำเสนอ

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ ๓-๔ คน แจกใบงานโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการต่อเพลาโดยใช้ประกับหน้าแปลนให้แต่ละกลุ่ม โดยมีโจทย์ที่หลากหลาย - การคำนวณความเค้นเฉือนในสลักเกลียวของประกับหน้าแปลน - การกำหนดขนาดและจำนวนสลักเกลียวที่เหมาะสม - การคำนวณขนาดหน้าแปลนเมื่อทราบแรงบิดที่ส่งผ่าน ครูแจกอุปกรณ์ประกอบการปฏิบัติ (ถ้ามี) เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ตัวอย่างประกับหน้าแปลน สลักเกลียว	นักเรียนจัดกลุ่มตามที่ครูกำหนด รับใบงานและอุปกรณ์ประกอบการปฏิบัติ
๒)	ครูเดินสังเกตการทำงานของแต่ละกลุ่มและให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย	นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดย - วิเคราะห์เงื่อนไขและข้อมูลที่กำหนดให้ - เลือกใช้สูตรที่เหมาะสมในการคำนวณ - คำนวณหาค่าต่างๆ ตามที่โจทย์ต้องการ - ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ นักเรียนซักถามครูเมื่อมีข้อสงสัยหรือต้องการคำแนะนำ
๓)	ครูให้แต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและคำตอบที่ได้ พร้อมให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและคำตอบที่ได้หน้าชั้นเรียน และรับฟัง แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับกลุ่มอื่นๆ

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอกรณีศึกษาจากสถานประกอบการจริงเกี่ยวกับการใช้ประกับหน้าแปลนในระบบส่งกำลังของเครื่องจักรอุตสาหกรรม - **กรณีศึกษา** การเลือกใช้ประกับหน้าแปลนในระบบปั๊มน้ำของโรงไฟฟ้า - **กรณีศึกษา** การออกแบบประกับหน้าแปลนในระบบส่งกำลังของเครื่องจักรในโรงงานผลิตอาหาร - **กรณีศึกษา** การเสียหายของประกับหน้าแปลนในระบบส่งกำลังของเครื่องจักรในโรงงานปิโตรเคมี	นักเรียนศึกษากรณีศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบประกับหน้าแปลน
๒)	ครูมอบหมายโครงงานกลุ่มให้นักเรียนออกแบบประกับหน้าแปลนตามสถานการณ์จำลองที่กำหนดให้ - **สถานการณ์ ๑** ออกแบบประกับหน้าแปลนสำหรับเพลาขับปั๊มน้ำในระบบหล่อเย็นของโรงงาน - **สถานการณ์ ๒** ออกแบบประกับหน้าแปลนสำหรับเครื่องผสมในอุตสาหกรรมอาหาร - **สถานการณ์ ๓** ออกแบบประกับหน้าแปลนสำหรับระบบขับเคลื่อนในงานขนส่งวัสดุ	นักเรียนรับโจทย์สถานการณ์จำลองและเงื่อนไขในการออกแบบ
๓)	ครูกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดในการออกแบบ เช่น - กำลังงาน/แรงบิดที่ต้องส่งผ่าน - ความเร็วรอบของเพลา - ลักษณะการใช้งาน (ต่อเนื่อง, เป็นช่วง, มีการสั่นสะเทือน) - ข้อจำกัดด้านพื้นที่และน้ำหนัก - ข้อพิจารณาด้านความปลอดภัย	นักเรียนร่วมกันออกแบบประกับหน้าแปลนตามสถานการณ์ที่ได้รับมอบหมาย โดย - วิเคราะห์ความต้องการและเงื่อนไขในการออกแบบ - เลือกประเภทของประกับหน้าแปลนที่เหมาะสม - คำนวณแรงบิดและความเค้นที่เกิดขึ้น - กำหนดขนาดและจำนวนสลักเกลียว - เลือกวัสดุที่เหมาะสม - พิจารณาปัจจัยด้านความปลอดภัย ความน่าเชื่อถือ และอายุการใช้งาน
๔)	ครูแนะนำให้นักเรียนบูรณาการความรู้จากวิชาอื่นๆ เช่น วิชาวัสดุวิศวกรรม วิชาการออกแบบเครื่องกล	นักเรียนสร้างแบบร่าง (Sketch) ของประกับหน้าแปลนที่ออกแบบ พร้อม

	และวิชาการเขียนแบบวิศวกรรม ในการออกแบบประกับหน้าแปลน	ระบุขนาด วัสดุ และรายละเอียดที่สำคัญ
๕)	ครูให้นักเรียนสร้างแบบร่างและจัดทำรายการคำนวณประกอบการออกแบบ	นักเรียนจัดทำรายการคำนวณประกอบการออกแบบ และเตรียมการนำเสนอผลงานการออกแบบ

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๓.๒	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๓.๒ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๓.๒	นักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานการออกแบบประกับหน้าแปลนอย่างสั้นๆ	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานการออกแบบประกับหน้าแปลน
๔)	ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงจุดเด่นและจุดที่ควรปรับปรุงของแต่ละกลุ่ม	นักเรียนร่วมกันอภิปรายและให้ข้อเสนอแนะต่อผลงานของกลุ่มอื่น
๕)	ครูสรุปเนื้อหาสำคัญเกี่ยวกับการต่อเพลาโดยใช้ประกับหน้าแปลน โดยเน้นย้ำหลักการสำคัญ ข้อควรระวัง และการนำไปประยุกต์ใช้	นักเรียนฟังสรุปเนื้อหาและซักถามประเด็นที่ยังไม่เข้าใจ

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๔. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๓ การบิดของเพลา

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๙) สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่องการต่อเพลาโดยใช้ประกับหน้าแปลน
๑๐)วิดีโอแสดงการทำงานและการประกอบประกับหน้าแปลน

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) ตัวอย่างประกับหน้าแปลนประเภทต่างๆ (ของจริงหรือโมเดล)
๒) ชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ของประกับหน้าแปลน (สลักเกลียว, หน้าแปลน, ลิ่ม)

๖.๕ อื่น ๆ

๑) แบบจำลองคอมพิวเตอร์แสดงการกระจายความเค้นในประกับหน้าแปลน

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู
๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้
๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิชาวัสดุวิศวกรรม** ความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุต่างๆ ที่ใช้ทำประกับหน้าแปลนและสลักเกลียว

๒. **วิชาการออกแบบเครื่องกล** หลักการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรและการเลือกใช้องค์ประกอบมาตรฐาน

๓. **วิชากลศาสตร์ของแข็ง** พื้นฐานทฤษฎีความเค้นและความเครียดที่เกิดในชิ้นส่วน

๔. **วิชาการส่งถ่ายกำลัง** ระบบส่งกำลังและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในเครื่องจักรกล

๕. **วิชาเขียนแบบวิศวกรรม** การเขียนแบบประกับหน้าแปลนและการแสดงรายละเอียดทางวิศวกรรม

๖. **วิชาคณิตศาสตร์วิศวกรรม** การคำนวณความเค้นและการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์

๗. **วิชางานเชื่อมโลหะ** การเชื่อมหน้าแปลนกับเพลา

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

๑) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ ...๖/๑๕.... สาขา/ชั้นปี.....จำนวนนักเรียน.....คน

มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

๒) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

๑. การต่อเพลาโดยใช้ประกับหน้าแปลน

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

๓) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

๔) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

๑๐.๒ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

๑) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของนักเรียน : .....

.....

๒) สมรรถนะที่นักเรียนได้รับ : .....

.....

๓) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

๔) ผลการสอนของครู : .....

.....

๕) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

๑๐.๓ แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

๑) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

๒) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครู

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๗	หน่วยที่ ๔
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๗
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๗
	ชื่อหน่วย แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับชนิดของคาน ลักษณะการรองรับ และสภาวะการรับแรงของคานประเภทต่างๆ จำแนกชนิดของแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนคาน อธิบายหลักการเกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานได้ วิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานภายใต้สภาวะแรงที่แตกต่างกันได้ถูกต้อง และเลือกใช้คานให้เหมาะสมกับการรับน้ำหนักหรือแรงในงานโครงสร้างพื้นฐาน

๒. สาระการเรียนรู้

๑. ชนิดของคาน
๒. ชนิดของแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนคาน
๓. แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับแรงเฉือนและโมเมนต์ ในโครงสร้างที่รับแรงในทิศตั้งฉากกับแนวแกนของโครงสร้าง
๒. คำนวณหาแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายประเภทและคุณลักษณะของคานชนิดต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
๒. บอกความหมายและลักษณะของแรงกระทำประเภทต่างๆ บนคานได้
๓. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับการเกิดแรงเฉือนในคานได้
๔. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับการเกิดโมเมนต์ดัดในคานได้
๕. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานได้
๖. ระบุตำแหน่งที่เกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดในคานภายใต้สภาวะแรงกระทำแบบต่างๆ ได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. สามารถระบุชนิดของคานจากลักษณะการรองรับได้อย่างถูกต้อง
๒. สามารถจำแนกแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนคานตามลักษณะการกระจายตัวได้
๓. สามารถวิเคราะห์แนวโน้มของการเกิดแรงเฉือนในคานภายใต้สภาวะแรงแบบต่างๆ ได้
๔. สามารถวิเคราะห์แนวโน้มของการเกิดโมเมนต์ดัดในคานภายใต้สภาวะแรงแบบต่างๆ ได้
๕. สามารถวาดแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานเบื้องต้นได้
๖. สามารถอ่านและแปลความหมายของแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๑. มีความใฝ่รู้และกระตือรือร้นในการเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการทางวิศวกรรม
๒. มีความรอบคอบและระมัดระวังในการวิเคราะห์โครงสร้างทางวิศวกรรม
๓. มีความรับผิดชอบต่อการออกแบบโครงสร้างที่ปลอดภัย
๔. ตระหนักถึงความสำคัญของการวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในงานวิศวกรรมโครงสร้าง

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

นำความรู้เรื่องชนิดของคานไปใช้ในการเลือกรูปแบบคานที่เหมาะสมกับงานโครงสร้าง ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องแรงที่กระทำบนคานในการวิเคราะห์สถานการณ์จริง ใช้ความรู้เรื่องแรงเฉือนในการพิจารณาความปลอดภัยของโครงสร้าง ใช้ความรู้เรื่องโมเมนต์ดัดในการพิจารณาความปลอดภัยของโครงสร้าง มีการ บูรณาการความรู้ไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาโครงสร้างพื้นฐานในชีวิตประจำวัน และสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดกับรายวิชาอื่นๆ ในสาขาวิศวกรรมโครงสร้างได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูเปิดวิดีโอสั้นๆ แสดงการพังทลายของสะพาน/อาคาร เนื่องจากความบกพร่องทางวิศวกรรมโครงสร้าง	นักเรียนชมวิดีโอและร่วมอภิปรายสาเหตุการพังทลายของโครงสร้าง
๒)	ครูตั้งคำถามชวนคิดว่า ทำไมโครงสร้างจึงพังทลาย และ วิศวกรมีวิธีป้องกันไม่ให้โครงสร้างพังทลายได้อย่างไร	นักเรียนร่วมระดมความคิดและตอบคำถามเกี่ยวกับคานในชีวิตประจำวัน
๓)	ครูนำเสนอภาพคานในชีวิตประจำวัน เช่น คานในบ้าน สะพาน ชั้นวางของ และให้นักเรียนช่วยกันระบุว่าสิ่งใดใช้หลักการของคาน และ สาธิตการทดลองง่ายๆ โดยใช้ไม้บรรทัดยางวางบนจุดรองรับสองจุด และวางน้ำหนักลงตรงกลาง ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง	นักเรียนสังเกตการสาธิตและร่วมแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นกับไม้บรรทัด (การโก่งตัว การเปลี่ยนรูป)

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูบรรยายและอธิบายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคานโดยใช้สื่อเพาเวอร์พอยต์ - ความหมายและความสำคัญของคาน - ชนิดของคาน (คานเดี่ยว, คานต่อเนื่อง, คานยื่น, คานคอนโซล) - ลักษณะการรองรับ (รองรับแบบง่าย, รองรับแบบยึดแน่น, รองรับแบบเคลื่อนที่)	นักเรียนจดบันทึกและฟังการบรรยาย ตอบคำถามระหว่างการบรรยาย และร่วมอภิปรายตัวอย่างที่ครูนำเสนอ
๒)	ครูอธิบายชนิดของแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนคาน - แรงกระทำเป็นจุด (Point load) - แรงกระทำแบบกระจายสม่ำเสมอ (Uniformly distributed load) - แรงกระทำแบบกระจายไม่สม่ำเสมอ (Non- uniformly distributed load) - โมเมนต์บิดคู่ควบ (Couple moment)	นักเรียนจดบันทึกและฟังการบรรยาย ตอบคำถามระหว่างการบรรยาย และร่วมอภิปรายตัวอย่างที่ครูนำเสนอ
๓)	ครูนำเสนอทฤษฎีเกี่ยวกับแรงเฉือนในคาน - ความหมายของแรงเฉือน - การเกิดแรงเฉือนในคาน - ทิศทางของแรงเฉือน - แผนภาพแรงเฉือน (Shear Force Diagram)	นักเรียนจดบันทึกและฟังการบรรยาย ตอบคำถามระหว่างการบรรยาย และร่วมอภิปรายตัวอย่างที่ครูนำเสนอ
๔)	ครูนำเสนอทฤษฎีเกี่ยวกับโมเมนต์ดัด - ความหมายของโมเมนต์ดัด - การเกิดโมเมนต์ดัดในคาน - ทิศทางของโมเมนต์ดัด - แผนภาพโมเมนต์ดัด (Bending Moment Diagram)	นักเรียนจดบันทึกและฟังการบรรยาย ตอบคำถามระหว่างการบรรยาย และร่วมอภิปรายตัวอย่างที่ครูนำเสนอ
๕)	ครูสาธิตความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด	นักเรียนวาดแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดตามที่ครูสาธิต
๖)	ครูใช้แบบจำลองหรือโปรแกรมจำลองแสดงการเกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานแบบต่างๆ	นักเรียนทดลองใช้แบบจำลองหรือโปรแกรมจำลอง (ถ้ามี)

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแจกใบงานให้แต่ละกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มได้รับโจทย์คานที่แตกต่างกัน (คานเดี่ยว, คานต่อเนื่อง, คานยื่น) พร้อมกับแรงกระทำแบบต่างๆ	นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบงานและวิเคราะห์โจทย์ที่ได้รับ
๒)	ครูอธิบายวิธีการทำใบงานและเกณฑ์การประเมินและเดินสังเกตการทำงานกลุ่ม ให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัย	นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ - ระบุชนิดของคาน - ระบุชนิดของแรงที่กระทำ - วาดภาพแสดงแนวโน้มการเกิดแรงเฉือน - วาดภาพแสดงแนวโน้มการเกิดโมเมนต์ดัด - ระบุจุดที่มีแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุด
๓)	ครูสุ่มเรียกกลุ่มนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน (๒-๓ กลุ่ม) และให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	นักเรียนเตรียมนำเสนอผลงานกลุ่มบนกระดาษชาร์ท กลุ่มที่ได้รับเลือกนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน กลุ่มอื่นๆ ร่วมอภิปรายและตั้งคำถาม

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูมอบหมายกิจกรรม "วิศวกรตัวน้อยวิเคราะห์โครงสร้างรอบตัว" โดยให้นักเรียนเลือกโครงสร้างจริงในชีวิตประจำวันหรือในงานก่อสร้าง	นักเรียนกลุ่มเดิม ร่วมกันเลือกโครงสร้างที่สนใจวิเคราะห์
๒)	ครูอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรม: - ถ่ายภาพหรือหาภาพโครงสร้างที่สนใจ (สะพาน, โครงหลังคา, ชั้นวางของ, โครงสร้างอาคาร) - วิเคราะห์ว่ามีคานชนิดใดบ้างในโครงสร้าง - ระบุแรงกระทำที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับคานในโครงสร้างนั้น - วิเคราะห์บริเวณที่อาจเกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุด - เสนอแนะการเสริมความแข็งแรงบริเวณวิกฤติ	นักเรียนวางแผนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์โครงสร้าง เริ่มร่างการวิเคราะห์ตามแบบฟอร์มที่ครูเตรียมให้
๓)	ครูแนะนำแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมและตัวอย่าง	นักเรียนเตรียมคำถามหรือประเด็นที่ยังไม่เข้าใจเพื่อปรึกษาครู
๔)	ครูเตรียมแบบฟอร์มการวิเคราะห์ให้นักเรียน	นักเรียนวางแผนเก็บข้อมูลเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน (ให้ส่งงานในการเรียนครั้งถัดไป)

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูสรุปเนื้อหาสำคัญของบทเรียนเกี่ยวกับ - ชนิดของคาน - ชนิดของแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนคาน - แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน	นักเรียนร่วมสรุปความรู้ที่ได้จากบทเรียน
๒)	ครูใช้คำถามสำคัญเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ - อะไรคือความแตกต่างระหว่างแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด - เพราะเหตุใดเราจึงต้องวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในงานวิศวกรรม - คานชนิดใดมีแนวโน้มเกิดโมเมนต์ดัดสูงสุด ณ ตำแหน่งใด	นักเรียนตอบคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ
๓)	ครูแจ้งการบ้านและกำหนดส่งงานกลุ่ม "วิศวกรตัวน้อย วิเคราะห์โครงสร้างรอบตัว"	นักเรียนจดบันทึกการบ้านและกำหนดส่ง
๔)	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย	นักเรียนซักถามข้อสงสัยเพิ่มเติม (ถ้ามี)

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๕. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๔ แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๑๑)สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่องแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน

๒) วิดีโอแสดงการพังทลายของโครงสร้างจากแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) แบบจำลองคานชนิดต่างๆ (ของจริงหรือแอพพลิเคชั่น)

๒) น้ำหนักขนาดเล็ก (เช่น ถุงทรายขนาดเล็ก)

๖.๕ อื่น ๆ

-

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู

๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิศวกรโยธา** การออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้างทางวิศวกรรม

๒. **สถาปนิก** การออกแบบอาคารที่มีความมั่นคงแข็งแรง

๓. **ช่างก่อสร้าง** การก่อสร้างที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

๔. **นักออกแบบผลิตภัณฑ์** การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่แข็งแรงและปลอดภัย

๕. **วิศวกรเครื่องกล** การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรที่รับแรงได้อย่างเหมาะสม

๖. **ช่างเฟอร์นิเจอร์** การออกแบบและสร้างเฟอร์นิเจอร์ที่แข็งแรงทนทาน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

๑) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ ...๗/๑๕.... สาขา/ชั้นปี.....จำนวนนักเรียน.....คน

มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

๒) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

๑. การต่อเพลาโดยใช้ประกับหน้าแปลน

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

๓) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

๔) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

๑๐.๒ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

๑) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของนักเรียน : .....

.....

๒) สมรรถนะที่นักเรียนได้รับ : .....

.....

๓) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

๔) ผลการสอนของครู : .....

.....

๕) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

๑๐.๓ แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

๑) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

๒) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครู

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๘	หน่วยที่ ๔
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๘
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๘
	ชื่อหน่วย แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานประเภทต่างๆ ภายใต้สภาวะแรงกระทำแบบต่างๆ ได้ สร้างแผนภาพแรงเฉือนและแผนภาพโมเมนต์ดัดสำหรับคานได้ วิเคราะห์และระบุตำแหน่งวิกฤติที่เกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสูงสุดในคาน ประยุกต์ใช้หลักการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในงานวิศวกรรมโครงสร้าง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแรงภายนอกกับการเกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานได้

๒. สาระการเรียนรู้

๔. แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓. แสดงความรู้เกี่ยวกับแรงเฉือนและโมเมนต์ ในโครงสร้างที่รับแรงในทิศตั้งฉากกับแนวแกนของโครงสร้าง

๔. คำนวณหาแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายหลักการพื้นฐานในการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานได้
๒. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในการวิเคราะห์คาน
๓. อธิบายสมการและเงื่อนไขที่ใช้ในการคำนวณแรงเฉือนได้
๔. อธิบายสมการและเงื่อนไขที่ใช้ในการคำนวณโมเมนต์ดัดได้
๕. เข้าใจหลักการของการหาสมการแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดด้วยวิธีการอินทิเกรต
๖. อธิบายความหมายของค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่ได้จากการคำนวณได้
๗. จดจำสูตรและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานได้
๘. อธิบายกฎเกณฑ์การสร้างแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดได้อย่างถูกต้อง

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณปฏิกิริยาที่จุดรองรับของคานได้อย่างถูกต้อง
๒. คำนวณแรงเฉือนที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานภายใต้สภาวะแรงกระทำแบบจุดได้
๓. คำนวณแรงเฉือนที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานภายใต้สภาวะแรงกระทำแบบกระจายสม่ำเสมอได้
๔. คำนวณโมเมนต์ดัดที่ตำแหน่งต่างๆ ในคานภายใต้สภาวะแรงกระทำแบบต่างๆ ได้
๕. เขียนสมการแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสำหรับคานที่รับแรงกระทำแบบต่างๆ ได้
๖. สร้างแผนภาพแรงเฉือนจากผลการคำนวณได้อย่างถูกต้อง
๗. สร้างแผนภาพโมเมนต์ดัดจากผลการคำนวณได้อย่างถูกต้อง
๘. วิเคราะห์แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดเพื่อระบุจุดวิกฤติของคานได้
๙. ตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดได้
๑๐. แก้โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนเกี่ยวกับแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานได้อย่างเป็นขั้นตอน

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๑. มีความรอบคอบและละเอียดถี่ถ้วนในการคำนวณและตรวจสอบผลลัพธ์
๒. มีความมุ่งมั่นในการแก้ปัญหาโจทย์ที่มีความซับซ้อน
๓. มีความรับผิดชอบต่อผลลัพธ์การคำนวณที่อาจส่งผลต่อความปลอดภัยของโครงสร้าง
๔. มีความใฝ่รู้และกระตือรือร้นในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้หลักการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในการวิเคราะห์โครงสร้างจริง นำผลการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดไปใช้ในการออกแบบคานให้ปลอดภัย วิเคราะห์โครงสร้างที่มีอยู่จริงเพื่อประเมินความปลอดภัยจากแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด เลือกใช้ขนาดและรูปทรงของคานที่เหมาะสมกับแรงกระทำโดยพิจารณาจากผลการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด ประยุกต์ใช้แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในการระบุจุดวิกฤติที่ต้องเสริมความแข็งแรงในโครงสร้าง เชื่อมโยงความรู้เรื่องการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดกับรายวิชาการออกแบบโครงสร้าง แก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในสถานการณ์จริงและใช้ผลการวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในการตัดสินใจเชิงวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสม

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับทฤษฎีแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน โดยใช้คำถามกระตุ้นความคิด - แรงเฉือนคืออะไร และเกิดขึ้นได้อย่างไรในคาน - โมเมนต์ดัดคืออะไร และมีผลต่อคานอย่างไร - แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดมีความสัมพันธ์กันอย่างไร	นักเรียนทบทวนความรู้เดิมและตอบคำถามกระตุ้นความคิด
๒)	ครูนำเสนอกรณีศึกษาเหตุการณ์จริงของการพังทลายของโครงสร้างที่เกิดจากการคำนวณแรงเฉือนหรือโมเมนต์ดัดผิดพลาด	นักเรียนวิเคราะห์กรณีศึกษาเหตุการณ์การพังทลายของโครงสร้าง
๓)	ครูแสดงตัวอย่างสะพานที่พังทลายจากวิดีโอหรือภาพถ่าย และให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าอาจเกิดจากแรงเฉือนหรือโมเมนต์ดัดมากเกินไป	นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการพังทลายของสะพานจากวิดีโอหรือภาพถ่าย
๔)	ครูสาธิตตัวอย่างง่ายๆ ด้วยไม้บรรทัดที่วางบนจุดรองรับสองจุด และใช้นิ้วกดตรงกลางพร้อมอธิบายว่าเกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดอย่างไร	นักเรียนสังเกตการสาธิตของครูและเชื่อมโยงกับทฤษฎีที่เคยเรียนมาและร่วมกันระบุความสำคัญของการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่ถูกต้อง

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอขั้นตอนการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน - การหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ (Reaction forces) - การคำนวณแรงเฉือนที่หน้าตัดต่างๆ ของคาน - การคำนวณโมเมนต์ดัดที่หน้าตัดต่างๆ ของคาน - ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด (V = dM/dx)	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกขั้นตอนการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด ตอบคำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ
๒)	ครูสอนการคำนวณแรงเฉือนในกรณีต่างๆ - คานรับแรงเป็นจุด (Point loads) - คานรับแรงแบบกระจายสม่ำเสมอ (Uniformly distributed loads) - คานรับแรงแบบกระจายไม่สม่ำเสมอ (Non-uniformly distributed loads) - คานรับแรงหลายชนิดร่วมกัน	นักเรียนทำตามขั้นตอนการคำนวณที่ครูสาธิตในแต่ละตัวอย่างและซักถามประเด็นที่ไม่เข้าใจ
๓)	ครูสอนการคำนวณโมเมนต์ดัดในกรณีต่างๆ - การคำนวณโมเมนต์ดัดจากแรงเป็นจุด - การคำนวณโมเมนต์ดัดจากแรงกระจายสม่ำเสมอ - การคำนวณโมเมนต์ดัดจากแรงกระจายไม่สม่ำเสมอ - การใช้หลักการซ้อนทับ (Superposition)	นักเรียนทำตามขั้นตอนการคำนวณที่ครูสาธิตในแต่ละตัวอย่างและซักถามประเด็นที่ไม่เข้าใจ
๔)	ครูสอนการเขียนแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด (Shear Force and Bending Moment Diagrams) - หลักการและข้อกำหนดในการเขียนแผนภาพ - การกำหนดสเกลและหน่วยที่เหมาะสม - การระบุจุดวิกฤต (ค่าสูงสุด/ต่ำสุด) ในแผนภาพ - การตรวจสอบความถูกต้องของแผนภาพ	นักเรียนเขียนแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดตามขั้นตอนที่ครูสาธิตในแต่ละตัวอย่างและซักถามประเด็นที่ไม่เข้าใจ
๕)	ครูสาธิตการแก้โจทย์ปัญหาตัวอย่าง ๒-๓ ข้อ แบบละเอียดทุกขั้นตอน - **ตัวอย่างที่ ๑** คานเดี่ยวรับแรงเป็นจุด - **ตัวอย่างที่ ๒** คานเดี่ยวรับแรงกระจายสม่ำเสมอ - **ตัวอย่างที่ ๓** คานเดี่ยวรับทั้งแรงเป็นจุดและแรงกระจาย	นักเรียนดูครูสาธิตในแต่ละตัวอย่าง
๖)	ครูชี้ให้เห็นจุดที่ต้องระมัดระวังและข้อผิดพลาดที่พบบ่อยในการคำนวณ	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกสาระสำคัญ

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแจกใบงานโจทย์ปัญหาแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดให้นักเรียนฝึกทำ โดยมีโจทย์ที่หลากหลายระดับความยากง่าย และแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ ๓-๔ คน แต่ละกลุ่มได้รับโจทย์ที่แตกต่างกันเล็กน้อย	นักเรียนจับกลุ่มตามที่ครูกำหนดและรับโจทย์ปัญหา
๒)	ครูเดินสังเกตการทำงานกลุ่ม ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเมื่อนักเรียนมีข้อติดขัด	นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์โจทย์และวางแผนการแก้ปัญหา - ระบุแรงกระทำและจุดรองรับ - คำนวณแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ - คำนวณแรงเฉือนที่หน้าตัดต่างๆ - คำนวณโมเมนต์ดัดที่หน้าตัดต่างๆ - เขียนแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด - ระบุจุดวิกฤตและค่าสูงสุด/ต่ำสุดในแผนภาพ
๓)	ครูสุ่มกลุ่มนักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณและอธิบายแนวคิดหน้าชั้นเรียน	ตัวแทนกลุ่มที่ได้รับเลือกนำเสนอวิธีการคำนวณและผลลัพธ์หน้าชั้นเรียน กลุ่มอื่นๆ ตรวจสอบและอภิปรายผลลัพธ์ร่วมกัน
๔)	ครูให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	นักเรียนปรับแก้ไขงานตามข้อเสนอแนะของครูและเพื่อนในชั้นเรียน
๕)	ครูสรุปเทคนิคการคำนวณและประเด็นสำคัญที่พบจากการทำโจทย์	นักเรียนปรับแก้ไขงานตามข้อเสนอแนะของครูและเพื่อนในชั้นเรียน

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูให้นักเรียนนำเสนอโครงงาน "วิศวกรโครงสร้าง การวิเคราะห์และออกแบบคานในชีวิตจริง" โดยมีประเด็นดังนี้ - ให้นักเรียนเลือกโครงสร้างคานที่พบในชีวิตจริง (เช่น คานในบ้าน, สะพาน, ชั้นวางของ, โครงหลังคา) - วิเคราะห์แรงกระทำบนคานและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ - คำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่จุดต่างๆ ของคาน - เขียนแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด - ประเมินความปลอดภัยของโครงสร้างและเสนอแนะการปรับปรุง (ถ้าจำเป็น)	นักเรียนจับกลุ่ม ๓-๔ คน เพื่อเริ่มวางแผนโครงงาน - เลือกโครงสร้างคานที่สนใจศึกษา - กำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ - สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เบื้องต้นของคาน - ระบุแรงกระทำและเงื่อนไขขอบเขต (Boundary conditions)
๒)	ครูแนะนำแหล่งข้อมูลและเครื่องมือที่จะช่วยในการทำโครงงาน - ตารางน้ำหนักมาตรฐานของวัสดุต่างๆ - โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและสร้างแผนภาพ - ตัวอย่างแบบจำลองคานในงานจริง	นักเรียนเริ่มดำเนินการตามโครงงาน - ร่างแบบโครงสร้างที่เลือกศึกษา - วิเคราะห์แรงกระทำบนโครงสร้าง - กำหนดวิธีการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด - วางแผนการนำเสนอผลการวิเคราะห์
๓)	ครูให้คำแนะนำเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ความรู้ในอาชีพต่างๆ - วิศวกรโยธา/โครงสร้าง - สถาปนิก - ช่างก่อสร้าง - นักออกแบบผลิตภัณฑ์	นักเรียนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มเกี่ยวกับ - ความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ทฤษฎีกับโครงสร้างจริง - ข้อจำกัดและความท้าทายในการวิเคราะห์ - ประโยชน์ของการวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในงานวิศวกรรม
๔)	ครูจัดเตรียมกรณีศึกษาจริงที่น่าสนใจให้นักเรียนเลือกวิเคราะห์เป็นกลุ่ม เช่น - การออกแบบคานรับน้ำหนักในโรงงานอุตสาหกรรม - การตรวจสอบความปลอดภัยของสะพานคนเดินข้าม - การวิเคราะห์โครงสร้างหลังคาสนามกีฬา - การออกแบบชั้นวางสินค้าในซูเปอร์มาร์เก็ต	นักเรียนนำเสนอแนวคิดโครงงานสั้นๆ ให้ครูและเพื่อนในชั้นฟัง - อธิบายโครงสร้างที่เลือกศึกษา - นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จะใช้ - อธิบายวิธีการคำนวณที่วางแผนไว้ - ระบุผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๓.๒	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๓.๒ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๓.๒	นักเรียนนักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูสรุปสาระสำคัญของบทเรียนเกี่ยวกับการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน - ขั้นตอนการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด - ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด - การเขียนแผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด - การวิเคราะห์จุดวิกฤตในคาน	นักเรียนร่วมสรุปประเด็นสำคัญของบทเรียนและซักถามข้อสงสัยเพิ่มเติม (ถ้ามี)
๔)	ครูตั้งคำถามทบทวนความเข้าใจ - จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด - เพราะเหตุใดเราจึงต้องคำนวณทั้งแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในการออกแบบคาน - จุดใดบนคานที่เราควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษในการออกแบบ และเพราะเหตุใด	นักเรียนตอบคำถามทบทวนความเข้าใจและซักถามข้อสงสัยเพิ่มเติม (ถ้ามี)

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๖. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๔ แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๑๒)สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่องแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) แบบจำลองคานหรือโปรแกรมจำลองการรับแรงของคาน

๖.๕ อื่น ๆ

๑) ใบงานสำหรับฝึกคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

๒) เอกสารประกอบการสอนเรื่องการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู

๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิชาคณิตศาสตร์** การใช้แคลคูลัสในการหาอนุพันธ์และปริพันธ์เพื่อคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

๒. **วิชาฟิสิกส์** หลักการของแรง มวล การเคลื่อนที่ และสมดุล

๓. **วิชาการออกแบบโครงสร้าง** การนำผลการคำนวณไปใช้ในการออกแบบหน้าตัดของคานที่เหมาะสม

๔. **วิชาวัสดุศาสตร์** การเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่คำนวณได้

๕. **วิชาคอมพิวเตอร์** การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและสร้างแผนภาพ

๖. **วิศวกรโยธา** ใช้การคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในการออกแบบโครงสร้างอาคาร สะพาน และถนน

๗. **วิศวกรโครงสร้าง** วิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างขนาดใหญ่และตรวจสอบความปลอดภัย

๘. **สถาปนิก** ออกแบบอาคารที่ทั้งสวยงามและมีความแข็งแรงปลอดภัย

๙. **ช่างก่อสร้าง** ดำเนินการก่อสร้างตามแบบที่คำนึงถึงความแข็งแรงของโครงสร้าง

๑๐. **ผู้ตรวจสอบอาคาร** ตรวจสอบความปลอดภัยของโครงสร้างที่มีอยู่เดิมหรือที่ก่อสร้างใหม่

๑๑. **นักออกแบบผลิตภัณฑ์** ออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องรับน้ำหนักหรือแรงกระทำ เช่น ชั้นวางของเฟอร์นิเจอร์

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

๑) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ ...๘/๑๕.... สาขา/ชั้นปี.....จำนวนนักเรียน.....คน

มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

๒) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

๑. แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

๓) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

๔) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

๑๐.๒ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

๑) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของนักเรียน : .....

.....

๒) สมรรถนะที่นักเรียนได้รับ : .....

.....

๓) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

๔) ผลการสอนของครู : .....

.....

๕) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

๑๐.๓ แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

๑) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

๒) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครู

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๙	หน่วยที่ ๕
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๙
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๙
	ชื่อหน่วย ความเค้นดัดในคาน	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายความสำคัญของแนวแกนสะเทินและโมเมนต์ของความเฉื่อยในการวิเคราะห์ความเค้นดัดในคาน คำนวณหาตำแหน่งของแนวแกนสะเทินในหน้าตัดคานประเภทต่างๆ คำนวณหาโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนสะเทินของหน้าตัดรูปแบบต่างๆ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดัด แนวแกนสะเทิน และโมเมนต์ของความเฉื่อยในคาน และเลือกใช้รูปแบบหน้าตัดคานที่เหมาะสมสำหรับการรับแรงดัดในงานโครงสร้างได้

๒. สาระการเรียนรู้

๕. การหาตำแหน่งของแนวแกนสะเทิน

๖. การหาโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนสะเทินของหน้าตัดรูปต่างๆ

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นดัดคานรูปทรงต่าง ๆ

๒. คำนวณความเค้นดัดที่เกิดขึ้นในคานรูปทรงต่าง ๆ

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายความหมายและความสำคัญของแนวแกนสะเทินได้

๒. อธิบายวิธีการคำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทินได้

๓. อธิบายความหมายและความสำคัญของโมเมนต์ของความเฉื่อยได้

๔. จำแนกสูตรการหาโมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดรูปแบบพื้นฐานได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทินของหน้าตัดรูปต่างๆ ได้

๒. คำนวณหาโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนสะเทินของหน้าตัดรูปต่างๆ ได้

๓. เลือกใช้ทฤษฎีการส่งผ่านแกน (Parallel Axis Theorem) ในการคำนวณได้อย่างเหมาะสม

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๑. มีความรอบคอบและละเอียดถี่ถ้วนในการคำนวณหาแนวแกนสะเทินและโมเมนต์ของความเฉื่อย

๒. มีความมุ่งมั่นในการแก้ปัญหาโจทย์ที่มีความซับซ้อน

๓. มีวินัยในการทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างครบถ้วนและตรงเวลา

๔. ตระหนักถึงความสำคัญของความแม่นยำในการคำนวณทางวิศวกรรม

๕. มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้และค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องแนวแกนสะเทินในการวิเคราะห์ความเค้นดัดในโครงสร้างจริง ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องโมเมนต์ของความเฉื่อยในการวิเคราะห์การรับแรงดัดของคานในงานจริง เลือกใช้รูปทรงหน้าตัดคานที่เหมาะสมสำหรับการรับความเค้นดัดในงานโครงสร้าง วิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับแรงดัดของคานที่มีหน้าตัดต่างกันได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการยกตัวอย่างความเสียหายของโครงสร้างจริงที่เกิดจากความเค้นดัดเกินขีดจำกัด เช่น สะพานที่พังทลาย คานอาคารที่แตกร้าว	นักเรียนฟังครูอธิบายและจดบันทึกประเด็นสำคัญ
๒)	ครูสาธิตการทดลองง่ายๆ โดยใช้ไม้บรรทัดพลาสติกหรือโลหะที่มีหน้าตัดต่างกัน (เช่น แบน กับ ตั้งขึ้น) วางบนจุดรองรับสองจุด แล้วกดตรงกลาง ให้นักเรียนสังเกตการโก่งตัวที่แตกต่างกัน	นักเรียนสังเกตการสาธิตและร่วมอภิปรายสิ่งที่สังเกตเห็น
๓)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - ทำไมไม้บรรทัดที่ตั้งขึ้นจึงรับน้ำหนักได้มากกว่าแบบวางราบ ทั้งที่ใช้วัสดุปริมาณเท่ากัน - จุดใดของคานที่ไม่มีความเค้นดัดเกิดขึ้นเลยเมื่อคานโก่งตัว	นักเรียนร่วมตอบคำถามกระตุ้นความคิด
๔)	ครูใช้ภาพประกอบแสดงการกระจายตัวของความเค้นดัดในหน้าตัดคาน	นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุที่หน้าตัดคานมีผลต่อความแข็งแรงในการรับแรงดัด

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูบรรยายและอธิบายทฤษฎีเกี่ยวกับความเค้นดัดในคาน - ความหมายและการเกิดความเค้นดัด - การกระจายตัวของความเค้นดัดในหน้าตัดคาน - แนวแกนสะเทิน (Neutral Axis) และความสำคัญ	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกทฤษฎีและขั้นตอนการคำนวณ
๒)	ครูอธิบายวิธีการหาตำแหน่งของแนวแกนสะเทิน - หลักการพื้นฐานในการหาแนวแกนสะเทิน (จุดศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัด) - การหาแนวแกนสะเทินของหน้าตัดรูปทรงพื้นฐาน (สี่เหลี่ยม วงกลม สามเหลี่ยม) - การหาแนวแกนสะเทินของหน้าตัดซับซ้อน (รูปตัว I, T, L, Z) - การหาแนวแกนสะเทินของหน้าตัดผสม	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกทฤษฎีและขั้นตอนการคำนวณ ศึกษาตัวอย่างการคำนวณตามที่ครูแสดง ตอบคำถามระหว่างการบรรยายเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ
๓)	ครูอธิบายเรื่องโมเมนต์ของความเฉื่อย - ความหมายและความสำคัญของโมเมนต์ของความเฉื่อย - สูตรการหาโมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดรูปทรงพื้นฐาน - ทฤษฎีการส่งผ่านแกน (Parallel Axis Theorem) - การหาโมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดซับซ้อนและหน้าตัดผสม	นักเรียนฟังบรรยายและจดบันทึกทฤษฎีและขั้นตอนการคำนวณ ศึกษาตัวอย่างการคำนวณตามที่ครูแสดง ตอบคำถามระหว่างการบรรยายเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ
๔)	ครูแสดงตัวอย่างการคำนวณหาแนวแกนสะเทินและโมเมนต์ของความเฉื่อยแบบละเอียดทุกขั้นตอน - ตัวอย่างที่ ๑ หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า - ตัวอย่างที่ ๒ หน้าตัดรูปตัว I - ตัวอย่างที่ ๓ หน้าตัดผสมที่ซับซ้อน	นักเรียนทำแบบฝึกหัดสั้นๆ ระหว่างการบรรยาย เพื่อตรวจสอบความเข้าใจแต่ละขั้นตอน
๕)	ครูแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของความเฉื่อย แนวแกนสะเทิน และความเค้นดัดสูงสุด - สมการความเค้นดัด $\sigma = My/I$ - ความสำคัญของโมเมนต์ของความเฉื่อยต่อความแข็งแรงของคาน	นักเรียนร่วมอภิปรายเมื่อครูแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของความเฉื่อย แนวแกนสะเทิน และความเค้นดัด

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ ๓-๔ คน แจกใบงานโจทย์ปัญหาการหาแนวแกนสะเทินและโมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดรูปแบบต่างๆ ให้นักเรียน และอธิบายวิธีการทำใบงานและเกณฑ์การประเมิน	นักเรียนแบ่งกลุ่มตามที่ครูกำหนดและรับใบงาน
๒)	ครูเดินสังเกตการทำงานกลุ่ม ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย	นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์โจทย์และวางแผนการแก้ปัญหา - ระบุชนิดของหน้าตัดคาน - วาดรูปหน้าตัดและกำหนดพิกัดอ้างอิง - คำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน - คำนวณหาโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแนวแกนสะเทิน
๓)	ครูสุ่มกลุ่มนักเรียนออกมาแสดงวิธีการคำนวณและอธิบายแนวคิดหน้าชั้นเรียน	นักเรียนกลุ่มที่ได้รับเลือกนำเสนอวิธีการคำนวณและผลลัพธ์หน้าชั้นเรียน นักเรียนกลุ่มอื่นร่วมอภิปรายและตั้งคำถามกับกลุ่มที่นำเสนอ
๔)	ครูให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	นักเรียนปรับแก้ไขงานตามข้อเสนอแนะของครูและเพื่อนในชั้นเรียน

ใบงานประกอบด้วยโจทย์

๑. การหาแนวแกนสะเทินของหน้าตัดรูปตัว T
๒. การหาแนวแกนสะเทินของหน้าตัดรูปตัว L
๓. การหาโมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดรูปวงกลมกลวง
๔. การหาโมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดรูปตัว I
๕. โจทย์แบบบูรณาการ: ให้หาทั้งแนวแกนสะเทินและโมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดผสมที่ซับซ้อน

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอโจทย์กรณีศึกษาจากงานจริงในวิชาชีพวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม - วิศวกรโครงสร้าง ออกแบบและวิเคราะห์หน้าตัดคาน - แจกแบบก่อสร้างจริงที่แสดงหน้าตัดคานในอาคารหรือสะพาน	นักเรียนทำงานในกลุ่มเดิมเพื่อวิเคราะห์แบบก่อสร้างจริง - ศึกษาแบบก่อสร้างและระบุมิติของหน้าตัดคาน - วาดรูปหน้าตัดให้ได้สัดส่วนและกำหนดพิกัดอ้างอิง - คำนวณหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน - คำนวณหาโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแนวแกนสะเทิน - วิเคราะห์ประสิทธิภาพของหน้าตัดในการรับความเค้นดัด
๒)	ครูมอบหมายให้แต่ละกลุ่มทำกิจกรรม "วิศวกรโครงสร้างมืออาชีพ" โดยมีภารกิจดังนี้ - วิเคราะห์หน้าตัดคานที่ได้รับ - หาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน - คำนวณโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแนวแกนสะเทิน - ประเมินประสิทธิภาพของหน้าตัดในการรับความเค้นดัด - เสนอแนะการปรับปรุงหน้าตัดให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยใช้วัสดุเท่าเดิม	นักเรียนออกแบบปรับปรุงหน้าตัดคาน - เสนอแนวทางการปรับปรุงหน้าตัดให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น - คำนวณโมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดที่ปรับปรุงแล้ว - เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างหน้าตัดเดิมและหน้าตัดที่ปรับปรุง
๓)	ครูเตรียมตัวอย่างของหน้าตัดคานที่มีประสิทธิภาพสูงในการรับความเค้นดัด เช่น - คานรูปตัว I ในงานโครงสร้างอาคาร - คานกล่องในงานสะพาน - คานรูปตัว T ในงานพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	นักเรียนฟังครูอธิบายและจดบันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากคานหน้าตัดต่างๆที่ได้รับความเค้น
๔)	ครูให้แนวทางในการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของหน้าตัดต่างๆ โดยใช้ค่าโมเมนต์ของความเฉื่อยต่อพื้นที่หน้าตัด	นักเรียนเตรียมนำเสนอผลงานในรูปแบบของวิศวกรที่นำเสนอต่อลูกค้าหรือทีมงานก่อสร้าง - สรุปผลการวิเคราะห์และการคำนวณ - แสดงแบบหน้าตัดเดิมและหน้าตัดที่ปรับปรุง - อธิบายเหตุผลในการปรับปรุงและผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๕.๑	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๕.๑ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๕.๑	นักเรียนนักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูสรุปสาระสำคัญของบทเรียนเกี่ยวกับแนวแกนสะเทินและโมเมนต์ของความเฉื่อย - ความสำคัญของแนวแกนสะเทินในการวิเคราะห์ความเค้นดัด - ขั้นตอนการหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน - ความสำคัญของโมเมนต์ของความเฉื่อยต่อความแข็งแรงของคาน - หลักการสำคัญในการหาโมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดต่างๆ	นักเรียนร่วมสรุปประเด็นสำคัญของบทเรียน
๔)	ครูตั้งคำถามทบทวนความเข้าใจ - เพราะเหตุใดเราจึงต้องหาตำแหน่งแนวแกนสะเทินก่อนการคำนวณโมเมนต์ของความเฉื่อย - หากต้องการเพิ่มความแข็งแรงของคานในการรับความเค้นดัด โดยใช้วัสดุปริมาณเท่าเดิม ควรปรับปรุงหน้าตัดอย่างไร - ทฤษฎีการส่งผ่านแกนมีประโยชน์อย่างไรในการคำนวณโมเมนต์ของความเฉื่อย	นักเรียนตอบคำถามทบทวนความเข้าใจ
๕)	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย	นักเรียนซักถามข้อสงสัยเพิ่มเติม (ถ้ามี)

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๗. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๕ ความเค้นดัดในคาน

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๑๓)สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่องความเค้นดัดในคาน

๖.๓ สื่อออนไลน์

๑) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและแสดงผล (ถ้ามี)

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) แบบจำลองหน้าตัดคานรูปแบบต่างๆ (ของจริงหรือแอพพลิเคชั่น)

๖.๕ อื่น ๆ

๑) ตารางสูตรการหาโมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดรูปแบบต่างๆ

๒) เอกสารประกอบการสอนเรื่องความเค้นดัดในคาน

๓) กระดาษกราฟสำหรับวาดหน้าตัด

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู

๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิชาคณิตศาสตร์** การคำนวณหาจุดศูนย์กลางของพื้นที่ การหาปริพันธ์

๒. **วิชาฟิสิกส์** หลักการของแรง ความเค้น ความเครียด

๓. **วิชาวัสดุศาสตร์** คุณสมบัติของวัสดุและการตอบสนองต่อแรงดัด

๔. **การเขียนแบบวิศวกรรม** การอ่านและเข้าใจแบบหน้าตัดโครงสร้าง การเขียนแบบหน้าตัดคาน

๕. **การออกแบบโครงสร้าง** การเลือกใช้หน้าตัดให้เหมาะสมกับการรับน้ำหนักและความเค้น

๖. **คอมพิวเตอร์** การใช้โปรแกรมช่วยในการคำนวณและออกแบบหน้าตัดคาน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

๑) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ ...๙/๑๕.... สาขา/ชั้นปี.....จำนวนนักเรียน.....คน

มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

๒) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

๑. การหาตำแหน่งของแนวแกนสะเทิน

๒. การหาโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนสะเทินของหน้าตัดรูปต่างๆ

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

๓) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

๔) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

๑๐.๒ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

๑) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของนักเรียน : .....

.....

๒) สมรรถนะที่นักเรียนได้รับ : .....

.....

๓) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

๔) ผลการสอนของครู : .....

.....

๕) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

๑๐.๓ แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

๑) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

๒) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครู

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๑๐	หน่วยที่ ๕
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๑๐
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๑๐
	ชื่อหน่วย ความเค้นดัดในคาน	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายทฤษฎีและหลักการคำนวณความเค้นดัดในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ คำนวณค่าความเค้นดัดในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ วิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับความเค้นดัดของคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ เลือกใช้รูปแบบหน้าตัดคานที่เหมาะสมสำหรับการรับความเค้นดัดในงานโครงสร้างและประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความเค้นดัดในการออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้างทางวิศวกรรมได้

๒. สาระการเรียนรู้

๑. การคำนวณค่าความเค้นดัดในคานหน้าตัดรูปอื่น ๆ

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นดัดคานรูปทรงต่าง ๆ

๔. คำนวณความเค้นดัดที่เกิดขึ้นในคานรูปทรงต่าง ๆ

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายหลักการคำนวณความเค้นดัดในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ ได้

๒. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างหน้าตัดกับความสามารถในการรับความเค้นดัด

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณค่าความเค้นดัดในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

๒. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ ในการรับความเค้นดัดได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๑. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณ

๒. ตระหนักถึงความสำคัญของการเลือกใช้หน้าตัดคานที่เหมาะสม

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความเค้นดัดในการออกแบบคานให้มีประสิทธิภาพและประหยัดวัสดุ เลือกใช้รูปแบบหน้าตัดคานที่เหมาะสมกับลักษณะการรับแรงในงานจริง วิเคราะห์และแก้ไขปัญหาความเสียหายของโครงสร้างที่เกิดจากความเค้นดัดเกินกำหนด บูรณาการความรู้เรื่องความเค้นดัดกับความรู้ด้านวัสดุศาสตร์ในการเลือกวัสดุที่เหมาะสม และประยุกต์ใช้แนวคิดการออกแบบหน้าตัดที่เหมาะสมในงานวิศวกรรมอื่นๆ ได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูนำเสนอภาพโครงสร้างที่มีคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ เช่น สะพาน โครงสร้างอาคารสนามกีฬา	นักเรียนสังเกตภาพโครงสร้างที่ครูนำเสนอและร่วมแสดงความคิดเห็น
๒)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - ทำไมคานในโครงสร้างต่างๆ จึงมีรูปหน้าตัดแตกต่างกัน - คานหน้าตัดรูปตัว I มีข้อดีอย่างไร จึงนิยมใช้ในงานโครงสร้าง	นักเรียนตอบคำถามกระตุ้นความคิดจากประสบการณ์และความรู้เดิม
๓)	ครูสาธิตการทดลองง่ายๆ โดยใช้โมเดลคาน ๒-๓ แบบที่มีหน้าตัดต่างกัน แต่ใช้วัสดุปริมาณเท่ากัน และทดสอบการรับน้ำหนักให้นักเรียนสังเกตความแตกต่าง	นักเรียนสังเกตการทดลองและบันทึกข้อสังเกตเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับน้ำหนักของคานหน้าตัดต่างๆ และร่วมอภิปรายถึงความแตกต่างของการรับน้ำหนักในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูทบทวนสูตรพื้นฐานการคำนวณความเค้นดัด $\sigma = My/I$ M คือโมเมนต์ดัด y คือระยะจากแนวแกนสะเทินถึงจุดที่ต้องการหาความเค้น I คือโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแนวแกนสะเทิน	นักเรียนจดบันทึกเนื้อหาและสูตรสำคัญในการคำนวณ ติดตามขั้นตอนการคำนวณในตัวอย่างที่ครูแสดง ตอบคำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ
๒)	ครูอธิบายแนวคิดเรื่องโมดูลัสหน้าตัด (Section Modulus, $S = I/c$) และความสำคัญต่อการคำนวณความเค้นดัดสูงสุด ($\sigma_{max} = M/S$)	นักเรียนจดบันทึกเนื้อหาและสูตรสำคัญในการคำนวณ ติดตามขั้นตอนการคำนวณในตัวอย่างที่ครูแสดง ตอบคำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ
๓)	ครูนำเสนอวิธีการคำนวณความเค้นดัดในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ - หน้าตัดรูปวงกลมและวงแหวน - หน้าตัดรูปตัว I, T, และ C - หน้าตัดรูปตัว L และหน้าตัดไม่สมมาตร - หน้าตัดรูปสามเหลี่ยม และหกเหลี่ยม - หน้าตัดผสมและซับซ้อน	นักเรียนจดบันทึกเนื้อหาและสูตรสำคัญในการคำนวณ ติดตามขั้นตอนการคำนวณในตัวอย่างที่ครูแสดง ตอบคำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ และทำแบบฝึกหัดสั้นๆ เพื่อทดสอบความเข้าใจหลังการอธิบายแต่ละรูปแบบหน้าตัด

๔)	ครูแสดงตัวอย่างการคำนวณความเค้นดัดอย่างละเอียด ๒-๓ ตัวอย่าง - ตัวอย่างที่ ๑ คานหน้าตัดรูปวงกลม - ตัวอย่างที่ ๒ คานหน้าตัดรูปตัว I - ตัวอย่างที่ ๓ คานหน้าตัดผสม (เช่น รูปตัว T บนฐานสี่เหลี่ยม)	นักเรียนติดตามขั้นตอนการคำนวณในตัวอย่างที่ครูแสดงเข้าใจ และทำแบบฝึกหัดสั้นๆ เพื่อทดสอบความเข้าใจหลังการอธิบายแต่ละรูปแบบหน้าตัด
๕)	ครูอธิบายการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหน้าตัดรูปแบบต่างๆ โดยใช้อัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนัก (Strength-to-Weight Ratio)	นักเรียนตอบคำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ ๓-๔ คนแจกใบงานการคำนวณความเค้นดัดในคานหน้าตัดรูปต่างๆ ให้แต่ละกลุ่มได้รับโจทย์ที่แตกต่างกัน - กลุ่ม ๑ คานหน้าตัดรูปวงกลมและวงแหวน - กลุ่ม ๒ คานหน้าตัดรูปตัว I และ T - กลุ่ม ๓ คานหน้าตัดรูปตัว C และ L - กลุ่ม ๔ คานหน้าตัดรูปสามเหลี่ยมและหกเหลี่ยม - กลุ่ม ๕ คานหน้าตัดผสมและซับซ้อน	นักเรียนทำงานร่วมกันในกลุ่มเพื่อวิเคราะห์โจทย์และวางแผนการแก้ปัญหา คำนวณหาค่าความเค้นดัดในคานหน้าตัดตามที่ได้รับมอบหมาย - ระบุสูตรที่เหมาะสมสำหรับหน้าตัดที่กำหนด - คำนวณค่าโมเมนต์ของความเฉื่อย (I) หรือโมดูลัสหน้าตัด (S) - คำนวณความเค้นดัดสูงสุดและที่ตำแหน่งต่างๆ
๒)	ครูเดินสังเกตการทำงานกลุ่ม ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย	นักเรียนหาจุดที่เกิดความเค้นดัดสูงสุดและอธิบายเหตุผล
๓)	ครูให้แต่ละกลุ่มเตรียมนำเสนอวิธีการคำนวณและผลลัพธ์ที่ได้	นักเรียนเตรียมนำเสนอผลงานกลุ่มโดยใช้กระดาษชาร์ทหรือสื่อที่เหมาะสม

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูจัดกิจกรรม "วิศวกรออกแบบโครงสร้าง" โดยกำหนดโจทย์สถานการณ์จริง - ให้ออกแบบคานรับน้ำหนักสำหรับโครงสร้างเฉพาะ (เช่น สะพานคนเดินข้าม, ระเบียงยื่น, โครงหลังคา) - กำหนดเงื่อนไข ขนาดพื้นที่หน้าตัดจำกัด, น้ำหนักที่ต้องรับ, งบประมาณจำกัด	นักเรียนทำงานในกลุ่มเดิมเพื่อออกแบบหน้าตัดคานตามโจทย์ที่ได้รับ - วิเคราะห์โจทย์และเงื่อนไขการออกแบบ - เลือกรูปแบบหน้าตัดที่เหมาะสม - กำหนดขนาดและมิติของหน้าตัด
๒)	ครูแจกแบบฟอร์ม "การออกแบบและวิเคราะห์หน้าตัดคาน" ประกอบด้วย - ข้อมูลโครงสร้างและเงื่อนไขการออกแบบ - พื้นที่สำหรับร่างแบบหน้าตัดที่ออกแบบ - ตารางคำนวณความเค้นดัด - ช่องสำหรับอธิบายเหตุผลในการเลือกหน้าตัด	นักเรียนคำนวณและวิเคราะห์ - คำนวณโมเมนต์ของความเฉื่อยหรือโมดูลัสหน้าตัด - คำนวณความเค้นดัดสูงสุดที่เกิดขึ้น - ตรวจสอบว่าความเค้นดัดอยู่ในค่าที่ยอมรับได้หรือไม่
๓)	ครูเตรียมตัวอย่างวัสดุและหน้าตัดมาตรฐานในงานวิศวกรรมให้นักเรียนเลือกใช้	นักเรียนเปรียบเทียบทางเลือกอย่างน้อย ๒ แบบ และเลือกแบบที่ดีที่สุด
๔)	ครูจัดเตรียมแหล่งข้อมูลเพิ่มเติม เช่น คู่มือวิศวกรรมโครงสร้าง แคตตาล็อกเหล็กรูปพรรณ	นักเรียนจัดทำแบบนำเสนอการออกแบบ - วาดแบบหน้าตัด - แสดงการคำนวณ - อธิบายข้อดีของการออกแบบ นำเสนอผลงานในรูปแบบการประชุมวิศวกร (๓-๕ นาทีต่อกลุ่ม)

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๕.๒	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๕.๒ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๕.๒	นักเรียนนักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูสรุปสาระสำคัญของบทเรียน - หลักการคำนวณความเค้นดัดในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ - ประสิทธิภาพของหน้าตัดรูปแบบต่างๆ ในการรับความเค้นดัด - ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการเลือกหน้าตัดคาน	นักเรียนร่วมสรุปประเด็นสำคัญของบทเรียน
๔)	ครูตั้งคำถามทบทวนความเข้าใจ - หน้าตัดรูปแบบใดมีประสิทธิภาพสูงสุดในการรับความเค้นดัด เมื่อใช้วัสดุปริมาณเท่ากัน และเพราะเหตุใด - เพราะเหตุใดคานหน้าตัดรูปตัว I จึงนิยมใช้ในงานโครงสร้าง - การกระจายวัสดุให้ห่างจากแนวแกนสะเทินมีผลต่อความเค้นดัดอย่างไร?"	นักเรียนตอบคำถามทบทวนความเข้าใจ
๕)	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย	นักเรียนซักถามข้อสงสัย (ถ้ามี)

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๘. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๕ ความเค้นดัดในคาน

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๑๔)สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่องความเค้นดัดในคาน

๑๕)ภาพหรือวิดีโอตัวอย่างโครงสร้างจริงที่ใช้คานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ

๖.๓ สื่อออนไลน์

๑) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและแสดงผล (ถ้ามี)

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) แบบจำลองคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ (ของจริงหรือโมเดล ๓D)

๖.๕ อื่น ๆ

๑) ตารางสูตรการคำนวณความเค้นดัดของหน้าตัดรูปแบบต่างๆ

๒) ใบงานสำหรับฝึกคำนวณความเค้นดัด

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู

๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิชาคณิตศาสตร์** การคำนวณพื้นที่ โมเมนต์ และอินทิเกรท

๒. **วิชาฟิสิกส์** แรงและการเคลื่อนที่ สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง

๓. **วิชาวัสดุศาสตร์** คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ ความเค้นและความเครียด

๔. **วิชาการเขียนแบบวิศวกรรม** การอ่านและเขียนแบบหน้าตัดโครงสร้าง

๕. **วิชาการออกแบบโครงสร้าง** การออกแบบคานและองค์อาคารรับแรงดัด

๖. **วิศวกรโยธา/โครงสร้าง** การออกแบบโครงสร้างอาคาร สะพาน และงานก่อสร้าง

๗. **สถาปนิก** การออกแบบอาคารที่คำนึงถึงความสวยงามและความแข็งแรง

๘. **วิศวกรเครื่องกล** การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ต้องรับแรงดัด

๙. **นักออกแบบผลิตภัณฑ์** การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่รับน้ำหนักได้ดี

๑๐. **วิศวกรอากาศยาน** การออกแบบโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบาแต่แข็งแรง

๑๑. **ช่างก่อสร้าง** การเข้าใจแบบและดำเนินการก่อสร้างตามที่ออกแบบ

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

๑) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ ..๑๐/๑๕... สาขา/ชั้นปี.....จำนวนนักเรียน.....คน

มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

๒) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

๑) การคำนวณค่าความเค้นดัดในคานหน้าตัดรูปอื่น ๆ

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

๓) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

๔) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

๑๐.๒ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

๑) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของนักเรียน : .....

.....

๒) สมรรถนะที่นักเรียนได้รับ : .....

.....

๓) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

๔) ผลการสอนของครู : .....

.....

๕) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

๑๐.๓ แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

๑) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

๒) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครู

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๑๑	หน่วยที่ ๖
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๑๑
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๑๑
	ชื่อหน่วย ความเค้นเฉือนในคาน	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายทฤษฎีและความสำคัญของความเค้นเฉือนในคาน คำนวณความเค้นเฉือนในคานรูปหน้าตัดต่างๆ วิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดคาน ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความเค้นเฉือนในการออกแบบโครงสร้าง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน โมเมนต์ดัด และความเค้นเฉือนได้

๒. สาระการเรียนรู้

๗. ความเค้นเฉือนในคาน

๘. การหาความเค้นเฉือนในคานรูปหน้าตัดต่างๆ

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๕. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นเฉือนในคานรูปทรงต่าง ๆ

๖. คำนวณความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในคานรูปทรงต่าง ๆ

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายความหมายและลักษณะของความเค้นเฉือนในคานได้

๒. อธิบายสมการที่ใช้ในการคำนวณความเค้นเฉือน $\tau = VQ/Ib$ ได้

๓. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและความเค้นเฉือนได้

๔. บอกลักษณะการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดรูปต่างๆ ได้

๕. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความเค้นดัดและความเค้นเฉือนได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้

๒. คำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปวงกลมได้

๓. คำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปตัวไอ (I-section) ได้

๔. คำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปตัวที (T-section) ได้

๕. วาดแผนภาพการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดต่างๆ ได้

๖. หาตำแหน่งที่มีความเค้นเฉือนสูงสุดในหน้าตัดได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๓. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณ

๔. ตระหนักถึงความสำคัญของการเลือกใช้หน้าตัดคานที่เหมาะสม

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความเค้นเฉือนในการออกแบบคาน ใช้แนวคิดการเสริมความแข็งแรงเพื่อรับความเค้นเฉือนในงานจริง เลือกใช้รูปแบบหน้าตัดที่เหมาะสมในการรับความเค้นเฉือน วิเคราะห์ปัญหาความเสียหายของโครงสร้างที่เกิดจากความเค้นเฉือน เชื่อมโยงความรู้เรื่องความเค้นเฉือนกับงานวิศวกรรมโครงสร้างได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูฉายภาพหรือวิดีโอสั้นๆ แสดงความเสียหายของสะพานที่พังทลายเนื่องจากความเค้นเฉือน	นักเรียน สังเกตวิดีโอ และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุของความเสียหายในวิดีโอ
๒)	ครูสาธิตโดยใช้ปึกการ์ดวางซ้อนกัน แล้วออกแรงกระทำในทิศทางขนานกับระนาบการ์ดเพื่อแสดงลักษณะของความเค้นเฉือน	นักเรียนสังเกตการสาธิตและทดลองออกแรงเฉือนกับกระดาษหรือวัสดุอื่นเพื่อให้เห็นลักษณะการเกิดความเค้นเฉือน
๓)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - มีใครเคยเห็นแผ่นเหล็กหรือชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ขาดหรือแตกเพราะความเค้นเฉือนหรือไม่ - อะไรคือความแตกต่างระหว่างการขาดเพราะความเค้นดัดกับความเค้นเฉือน	นักเรียนตอบคำถามกระตุ้นความคิดจากประสบการณ์และความรู้เดิม

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครู อธิบายทฤษฎีความเค้นเฉือนในคาน - ความหมายและลักษณะของความเค้นเฉือน - ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและความเค้นเฉือน - สมการพื้นฐานในการคำนวณความเค้นเฉือน $\tau = VQ/Ib$	นักเรียนฟังบรรยาย จดบันทึกสาระสำคัญ และซักถามข้อสงสัย
๒)	ครูอธิบายการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดต่างๆ - คานหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า - คานหน้าตัดรูปวงกลม - คานหน้าตัดรูปตัว I และ T	นักเรียนวาดแผนภาพการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดตามที่ครูอธิบาย
๓)	ครูแสดงตัวอย่างการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ - **ตัวอย่างที่ ๑** คานหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า - **ตัวอย่างที่ ๒** คานหน้าตัดรูปตัว I	นักเรียนศึกษาตัวอย่างการคำนวณตามที่ครูแสดง ตอบคำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ
๔)	ครูแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนและความเค้นดัด ความสำคัญในการพิจารณาทั้งสองค่าร่วมกัน	นักเรียนฟังบรรยาย จดบันทึกสาระสำคัญ และซักถามข้อสงสัย

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครู แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ ๓-๔ คน แจกใบงานโจทย์ปัญหาการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ โดยแต่ละกลุ่มได้รับโจทย์ที่แตกต่างกัน	นักเรียนจับกลุ่มและวิเคราะห์โจทย์ที่ได้รับ
๒)	ครูเดินสังเกตการทำงานกลุ่ม ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย	นักเรียนร่วมกันคำนวณความเค้นเฉือนในคานตามที่กำหนดในใบงาน - ระบุข้อมูลและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง - คำนวณหาค่า Q (โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด) - คำนวณความเค้นเฉือนที่ตำแหน่งต่างๆ - วาดกราฟการกระจายตัวของความเค้นเฉือน
๓)	ครูสุ่มเรียกกลุ่มให้นำเสนอวิธีการคำนวณและผลลัพธ์	นักเรียนเตรียมนำเสนอผลงานกลุ่ม กลุ่มที่ได้รับเลือกนำเสนอวิธีการคำนวณและผลลัพธ์

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูจัดกิจกรรม "วิศวกรรมเฉือน: การออกแบบคานต้านทานความเค้นเฉือน" โดยกำหนดโจทย์สถานการณ์ - ให้ออกแบบคานที่รับแรงเฉือนสูงสำหรับโครงสร้างเฉพาะ (เช่น สะพาน โครงหลังคา) - กำหนดเงื่อนไข: ขนาดพื้นที่หน้าตัดจำกัด, แรงเฉือนสูงสุดที่ต้องรับ	นักเรียนทำงานในกลุ่มเดิมเพื่อออกแบบคานตามโจทย์ - วิเคราะห์โจทย์และเงื่อนไข - เลือกรูปแบบหน้าตัดที่เหมาะสม - กำหนดขนาดและมิติ
๒)	ครูชี้แจงองค์ประกอบ "การออกแบบและวิเคราะห์ความเค้นเฉือน" ประกอบด้วย - ข้อมูลโครงสร้างและเงื่อนไขการออกแบบ - พื้นที่สำหรับร่างแบบหน้าตัดที่ออกแบบ - ตารางคำนวณความเค้นเฉือนสูงสุด - ช่องสำหรับอธิบายเหตุผลในการเลือกหน้าตัด	นักเรียนคำนวณและวิเคราะห์ - คำนวณความเค้นเฉือนสูงสุด - ตรวจสอบว่าความเค้นเฉือนอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ - ปรับปรุงการออกแบบถ้าจำเป็น
๓)	ครูนำเสนอตัวอย่างการเสริมความแข็งแรงคานเพื่อต้านทานความเค้นเฉือน เช่น การใช้แผ่นเหล็กเสริม (stiffener)	นักเรียนจัดทำแบบนำเสนอการออกแบบ - วาดแบบหน้าตัด - แสดงการคำนวณความเค้นเฉือน - อธิบายเหตุผลในการออกแบบ นักเรียนนำเสนอแนวคิดการออกแบบ (๒-๓ นาทีต่อกลุ่ม)

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๖.๑	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๖.๑ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๖.๑	นักเรียนนักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูสรุปสาระสำคัญของบทเรียน - ความหมายและสมการของความเค้นเฉือนในคาน - การกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดรูปแบบต่างๆ - ความสำคัญของการพิจารณาความเค้นเฉือนในการออกแบบ	นักเรียนร่วมสรุปประเด็นสำคัญของบทเรียน
๔)	ครูตั้งคำถามทบทวนความเข้าใจ - ความเค้นเฉือนมีลักษณะการกระจายตัวในหน้าตัดอย่างไร - ตำแหน่งใดในหน้าตัดที่มีความเค้นเฉือนสูงสุด - เพราะเหตุใดคานหน้าตัดรูปตัว I จึงต้องระวังเรื่องความเค้นเฉือนที่เว็บ (web)	นักเรียนตอบคำถามทบทวนความเข้าใจ
๕)	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย	นักเรียนซักถามข้อสงสัย (ถ้ามี)

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๙. หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials) หน่วยการเรียนรู้ที่ ๖ ความเค้นเฉือนในคาน

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๑๖)สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่องความเค้นเฉือนในคาน

๒) วิดีโอแสดงการวิบัติของโครงสร้างเนื่องจากความเค้นเฉือน

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) แบบจำลองคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ

๖.๕ อื่น ๆ

๑) ตัวอย่างรูปภาพโครงสร้างจริงที่ต้องคำนึงถึงความเค้นเฉือน

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู

๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

วิชาคณิตศาสตร์ การคำนวณ โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด

วิชาฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่ สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง

วิชาวัสดุศาสตร์ คุณสมบัติของวัสดุในการรับความเค้นเฉือน

วิชาการเขียนแบบวิศวกรรม การอ่านและเขียนแบบหน้าตัดโครงสร้าง

วิชาการออกแบบโครงสร้าง การออกแบบโครงสร้างที่ปลอดภัยต่อความเค้นเฉือน

วิศวกรโยธา/โครงสร้าง การออกแบบโครงสร้างอาคารและสะพาน

สถาปนิก การออกแบบอาคารที่คำนึงถึงความปลอดภัย

วิศวกรเครื่องกล การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรที่รับแรงเฉือน

ช่างเชื่อม การเชื่อมชิ้นส่วนโครงสร้างให้รับความเค้นเฉือนได้ดี

ผู้รับเหมาก่อสร้าง การก่อสร้างที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

๑) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ ..๑๑/๑๕... สาขา/ชั้นปี.....จำนวนนักเรียน.....คน

มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

๒) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

๑. ความเค้นเฉือนในคาน

๒. การหาความเค้นเฉือนในคานรูปหน้าตัดต่างๆ

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

๓) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

๔) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

๑๐.๒ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

๑) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของนักเรียน : .....

.....

๒) สมรรถนะที่นักเรียนได้รับ : .....

.....

๓) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

๔) ผลการสอนของครู : .....

.....

๕) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

๑๐.๓ แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

๑) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

๒) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครู

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๑๒	หน่วยที่ ๖
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๑๒
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๑๒
	ชื่อหน่วย ความเค้นเฉือนในคาน	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายหลักการและวิธีการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ คำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดซับซ้อนและหน้าตัดที่ไม่ใช่รูปแบบมาตรฐาน วิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับความเค้นเฉือนของคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ และเลือกใช้รูปแบบหน้าตัดคานที่เหมาะสมสำหรับการรับความเค้นเฉือนในงานโครงสร้างได้

๒. สาระการเรียนรู้

๙. การหาความเค้นเฉือนในคานรูปหน้าตัดอื่น ๆ

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๗. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นเฉือนในคานรูปทรงต่าง ๆ

๘. คำนวณความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในคานรูปทรงต่าง ๆ

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายหลักการคำนวณความเค้นเฉือนในคานโดยใช้สมการ $\tau = VQ/Ib$ ได้

๒. ระบุลักษณะการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ ได้

๓. บอกความแตกต่างของการกระจายตัวความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดเปิดและหน้าตัดปิดได้

๔. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนกับรูปร่างและขนาดของหน้าตัดคานได้

๕. จำแนกตำแหน่งที่มีความเค้นเฉือนสูงสุดในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ ได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปหกเหลี่ยมและรูปแปดเหลี่ยมได้

๒. คำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปกล่องสี่เหลี่ยมและกล่องผนังบางได้

๓. คำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปตัว U และตัว Z ได้

๔. วาดแผนภาพการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดซับซ้อนได้

๕. ระบุตำแหน่งที่มีความเค้นเฉือนสูงสุดในคานหน้าตัดเฉพาะได้

๖. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับความเค้นเฉือนของคานหน้าตัดต่างๆ จากผลการคำนวณได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๕. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณ

๖. ตระหนักถึงความสำคัญของการเลือกใช้หน้าตัดคานที่เหมาะสม

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความเค้นเฉือนในการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้าง เลือกใช้รูปแบบหน้าตัดคานที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างที่รับความเค้นเฉือนสูง วิเคราะห์ปัญหาการวิบัติของโครงสร้างที่เกิดจากความเค้นเฉือน และออกแบบหน้าตัดคานที่มีประสิทธิภาพในการรับความเค้นเฉือนโดยใช้วัสดุน้อยที่สุดได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดพื้นฐาน (สี่เหลี่ยม วงกลม ตัว I, T)	นักเรียนร่วมทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดพื้นฐาน
๒)	ครูนำเสนอภาพโครงสร้างจริงที่ใช้คานหน้าตัดแบบพิเศษ เช่น โครงสร้างอากาศยาน โครงสร้างสะพาน ที่มีการออกแบบหน้าตัดเฉพาะ	นักเรียนสังเกตภาพโครงสร้างจริงและร่วมอภิปรายลักษณะพิเศษของหน้าตัดที่ใช้
๓)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - ทำไมโครงสร้างบางประเภทต้องใช้คานที่มีหน้าตัดพิเศษ - หน้าตัดแบบใดที่มีประสิทธิภาพในการรับความเค้นเฉือนมากที่สุด	นักเรียนตอบคำถามกระตุ้นความคิดจากประสบการณ์และความรู้เดิม
๔)	ครูสาธิตการเปรียบเทียบคานที่มีหน้าตัดต่างกัน ๒-๓ แบบ ที่มีน้ำหนักเท่ากันแต่มีความสามารถในการรับแรงเฉือนต่างกัน	นักเรียนสังเกตการสาธิตและบันทึกข้อสังเกตเกี่ยวกับความแตกต่างของหน้าตัดคาน

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูทบทวนสมการพื้นฐานในการคำนวณความเค้นเฉือน $\tau = VQ/Ib$ V คือแรงเฉือน Q คือโมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด I คือโมเมนต์ของความเฉื่อย b คือความกว้างที่ตำแหน่งที่พิจารณา	นักเรียนร่วมทบทวนความรู้เดิม
๒)	ครูอธิบายหลักการและขั้นตอนการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ - คานหน้าตัดรูปหกเหลี่ยมและแปดเหลี่ยม - คานหน้าตัดรูปกล่องสี่เหลี่ยมและกล่องผนังบาง - คานหน้าตัดรูปตัว U และตัว Z	นักเรียนจดบันทึกหลักการและขั้นตอนการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ ติดตามตัวอย่างการคำนวณและทำการคำนวณไปพร้อมกับครู
๓)	ครูแสดงลักษณะการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดแต่ละแบบ พร้อมชี้ให้เห็นจุดที่มีความเค้นเฉือนสูงสุดและต่ำสุด	นักเรียนศึกษาการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดแต่ละแบบ วาดภาพการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดรูปแบบต่างๆ

๔)	ครูสาธิตการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดซับซ้อนอย่างละเอียด ๒ ตัวอย่าง - **ตัวอย่างที่ ๑** คานหน้าตัดรูปกล่องสี่เหลี่ยมผนังบาง - **ตัวอย่างที่ ๒** คานหน้าตัดรูปตัว U	นักเรียนจดบันทึกหลักการและขั้นตอนการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ ติดตามตัวอย่างการคำนวณและทำการคำนวณไปพร้อมกับครู
๕)	ครูอธิบายเทคนิคการคำนวณความเค้นเฉือนในหน้าตัดซับซ้อนโดยการแบ่งหน้าตัดเป็นส่วนย่อยๆ	นักเรียนจดบันทึกหลักการและขั้นตอนการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ ๓-๔ คน แจกใบงานการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ โดยแต่ละกลุ่มได้รับโจทย์ที่แตกต่างกัน - **กลุ่ม ๑** คานหน้าตัดรูปหกเหลี่ยม - **กลุ่ม ๒** คานหน้าตัดรูปกล่องสี่เหลี่ยมผนังบาง - **กลุ่ม ๓** คานหน้าตัดรูปตัว U - **กลุ่ม ๔** คานหน้าตัดรูปตัว Z - **กลุ่ม ๕** คานหน้าตัดผสมหรือซับซ้อน	นักเรียนแบ่งกลุ่มตามที่ครูกำหนดและรับโจทย์ วิเคราะห์โจทย์และวางแผนการคำนวณความเค้นเฉือน - ระบุข้อมูลและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง - คำนวณโมเมนต์ของความเฉื่อย (I) - คำนวณโมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด (Q) - คำนวณความเค้นเฉือนที่ตำแหน่งต่างๆ - หาตำแหน่งที่เกิดความเค้นเฉือนสูงสุด
๒)	ครูเดินสังเกตการทำงานกลุ่ม ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย	นักเรียนวาดการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดที่ได้รับมอบหมาย และ เตรียมนำเสนอผลงานกลุ่ม
๓)	ครูให้แต่ละกลุ่มเตรียมนำเสนอวิธีการคำนวณและผลลัพธ์	นักเรียนกลุ่มที่ได้รับเลือกนำเสนอวิธีการคำนวณและผลลัพธ์ (๒-๓ นาทีต่อกลุ่ม)

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูจัดกิจกรรม "นวัตกรรมหน้าตัดคาน : การออกแบบเพื่อต้านทานความเค้นเฉือน" โดยกำหนดโจทย์: - ให้ออกแบบหน้าตัดคานใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงในการรับความเค้นเฉือน - กำหนดเงื่อนไข คือ ใช้วัสดุปริมาณจำกัด, รับแรงเฉือนสูงสุดที่กำหนด	นักเรียนทำงานในกลุ่มเดิมเพื่อออกแบบหน้าตัดคานที่มีประสิทธิภาพ - ระดมความคิดเพื่อออกแบบหน้าตัดใหม่ - ร่างแบบหน้าตัดที่ออกแบบ - กำหนดขนาดและมิติที่สำคัญ
๒)	ครูชี้แจงองค์ประกอบ "การออกแบบและประเมินประสิทธิภาพหน้าตัดคาน" ประกอบด้วย - พื้นที่สำหรับร่างแบบหน้าตัดที่ออกแบบ - ตารางคำนวณความเค้นเฉือนสูงสุด - ช่องสำหรับวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของการออกแบบ - ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับหน้าตัดมาตรฐาน	นักเรียนคำนวณและวิเคราะห์ประสิทธิภาพ - คำนวณความเค้นเฉือนสูงสุดในหน้าตัดที่ออกแบบ - คำนวณอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนัก - เปรียบเทียบกับหน้าตัดมาตรฐาน
๓)	ครูแนะนำแนวคิดการออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงในการรับความเค้นเฉือน - การกระจายวัสดุให้อยู่ในบริเวณที่มีความเค้นเฉือนสูง - การใช้โครงสร้างผนังบาง - การใช้โครงสร้างเสริมความแข็งแรง (stiffener)	นักเรียนสรุปข้อดี-ข้อเสียของการออกแบบ - ประสิทธิภาพในการรับความเค้นเฉือน - ความซับซ้อนในการผลิต - ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และนำเสนอแนวคิดการออกแบบและผลการวิเคราะห์ (๒-๓ นาทีต่อกลุ่ม)

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๖.๒	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๖.๒ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๖.๒	นักเรียนนักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูสรุปสาระสำคัญของบทเรียน - หลักการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ - ลักษณะการกระจายตัวของความเค้นเฉือนในหน้าตัดแต่ละแบบ - ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการรับความเค้นเฉือน - แนวทางการออกแบบหน้าตัดให้มีประสิทธิภาพในการรับความเค้นเฉือน	นักเรียนร่วมสรุปประเด็นสำคัญของบทเรียน
๔)	ครูตั้งคำถามทบทวนความเข้าใจ - หน้าตัดแบบใดมีประสิทธิภาพในการรับความเค้นเฉือนสูงสุด และเพราะเหตุใด - อะไรคือหลักการสำคัญในการออกแบบหน้าตัดให้รับความเค้นเฉือนได้ดี - ในงานวิศวกรรมจริง เพราะเหตุใดจึงต้องพิจารณาทั้งความเค้นดัดและความเค้นเฉือนร่วมกัน	นักเรียนตอบคำถามทบทวนความเข้าใจ
๕)	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย	นักเรียนซักถามข้อสงสัย (ถ้ามี)

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๑๐.หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๖ ความเค้นเฉือนในคาน

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๑๗)สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่องความเค้นเฉือนในคาน

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) แบบจำลองคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ

๖.๕ อื่น ๆ

๑) ตารางสูตรการคำนวณความเค้นเฉือนในคานหน้าตัดรูปแบบต่างๆ

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู

๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิชาคณิตศาสตร์** การคำนวณ โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด
๒. **วิชาฟิสิกส์** แรงและการเคลื่อนที่ สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
๓. **วิชาวัสดุศาสตร์** คุณสมบัติของวัสดุในการรับความเค้นเฉือน
๔. **วิชาการเขียนแบบวิศวกรรม** การอ่านและเขียนแบบหน้าตัดโครงสร้าง
๕. **วิชาการออกแบบโครงสร้าง** การออกแบบโครงสร้างที่ปลอดภัยต่อความเค้นเฉือน
๖. **วิศวกรโยธา/โครงสร้าง** การออกแบบโครงสร้างอาคารและสะพาน
๗. **สถาปนิก** การออกแบบอาคารที่คำนึงถึงความปลอดภัย
๘. **วิศวกรเครื่องกล** การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรที่รับแรงเฉือน
๙. **ช่างเชื่อม** การเชื่อมชิ้นส่วนโครงสร้างให้รับความเค้นเฉือนได้ดี
๑๐. **ผู้รับเหมาก่อสร้าง** การก่อสร้างที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

๑) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ ..๑๒/๑๕... สาขา/ชั้นปี.....จำนวนนักเรียน.....คน

มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

๒) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

๓. การหาความเค้นเฉือนในคานรูปหน้าตัดอื่น ๆ

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

๓) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

๔) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

๑๐.๒ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

๑) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของนักเรียน : .....

.....

๒) สมรรถนะที่นักเรียนได้รับ : .....

.....

๓) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

๔) ผลการสอนของครู : .....

.....

๕) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

๑๐.๓ แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

๑) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

๒) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครู

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๑๓	หน่วยที่ ๗
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๑๓
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๑๓
	ชื่อหน่วย การโก่งในคาน	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายข้อสมมติฐานที่ใช้ในการหาระยะการโก่งของคาน คำนวณหาความลาดเอียงและระยะการโก่งของคานโดยวิธีโมเมนต์-พื้นที่ วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการโก่งของคาน ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับการโก่งของคานในงานวิศวกรรมโครงสร้าง และเลือกใช้รูปแบบคานที่เหมาะสมเพื่อควบคุมการโก่งในงานโครงสร้างได้

๒. สาระการเรียนรู้

๑. ข้อสมมติฐานในการหาระยะการโก่งของคาน
๒. การคำนวณหาความลาดเอียงและการโก่ง ของคานโดยวิธีโมเมนต์-พื้นที่ (Moment-Area)

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับการโก่งของคานเนื่องจากแรงที่กระทำในแนวตั้งฉากกับคานที่มีจุดตรึง ๒ ด้าน
๒. คำนวณหาระยะการโก่งและความลาดเอียง ของคานที่เกิดจากแรงตั้งฉากโดยใช้โมเมนต์ในการคำนวณ

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายข้อสมมติฐานพื้นฐานในการหาระยะการโก่งของคานได้
๒. อธิบายหลักการของวิธีโมเมนต์-พื้นที่ในการคำนวณหาความลาดเอียงและการโก่งของคานได้
๓. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัด ความลาดเอียง และระยะการโก่งของคานได้
๔. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการโก่งของคาน เช่น ความยาว โมดูลัสยืดหยุ่น โมเมนต์ของความเฉื่อย และแรงกระทำได้
๕. เปรียบเทียบการโก่งของคานในรูปแบบการรองรับและการกระจายน้ำหนักที่แตกต่างกันได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณหาความลาดเอียงที่จุดต่างๆ บนคานโดยใช้วิธีโมเมนต์-พื้นที่ได้
๒. คำนวณหาระยะการโก่งที่จุดต่างๆ บนคานโดยใช้วิธีโมเมนต์-พื้นที่ได้
๓. สร้างแผนภาพความลาดเอียงและระยะการโก่งของคานได้
๔. วิเคราะห์ผลการคำนวณเพื่อหาจุดที่มีระยะการโก่งสูงสุดในคานได้
๕. ประเมินความเหมาะสมของคานในการรับน้ำหนักโดยพิจารณาจากระยะการโก่งได้
๖. แก้ปัญหาโจทย์ที่เกี่ยวข้องกับการโก่งของคานในสถานการณ์ต่างๆ ได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๗. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณ
๘. ตระหนักถึงความสำคัญของการเลือกใช้หน้าตัดคานที่เหมาะสม

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการโก่งในการเลือกใช้ขนาดและรูปร่างของคานที่เหมาะสม ใช้ความรู้ในการออกแบบโครงสร้างที่มีข้อจำกัดด้านการโก่ง บูรณาการความรู้เรื่องการโก่งในคานกับความรู้ทางวัสดุศาสตร์ในการเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการโก่งในการแก้ไขปัญหาโครงสร้างที่มีการโก่งเกินกำหนด และวิเคราะห์และแก้ปัญหาการโก่งในโครงสร้างจริงได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูทักทายนักเรียนและแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ สาธิตการโก่งโดยใช้ไม้บรรทัดยางหรือพลาสติกวางบนจุดรองรับสองจุด และกดตรงกลาง	นักเรียนสังเกตการสาธิตการโก่งของไม้บรรทัด
๒)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - เพราะเหตุใดคานจึงเกิดการโก่งเมื่อรับน้ำหนัก - ทำไมเราต้องคำนวณและควบคุมการโก่งของคานในงานวิศวกรรม	นักเรียนร่วมตอบคำถามและอภิปรายเกี่ยวกับการโก่งของโครงสร้าง
๓)	ครูแสดงภาพหรือวิดีโอสั้นๆ ของโครงสร้างจริงที่มีการโก่ง เช่น สะพาน พื้นอาคาร คานยื่น	นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลกระทบของการโก่งในงานวิศวกรรม
๔)	ครูเล่าเหตุการณ์ความเสียหายของโครงสร้างที่เกิดจากการโก่งมากเกินไป	นักเรียนจดบันทึกประเด็นสำคัญ

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูอธิบายข้อสมมติฐานในการหาระยะการโก่งของคาน - คานเป็นวัตถุยืดหยุ่นเชิงเส้น (Linear elastic) - การเปลี่ยนรูปเล็กน้อย (Small deformation) - หน้าตัดคานยังคงเป็นระนาบหลังการโก่ง - ความสัมพันธ์ระหว่างความโค้งและโมเมนต์ดัด (๑/ρ = M/EI)	นักเรียนจดบันทึกข้อสมมติฐานและหลักการสำคัญและซักถามข้อสงสัย
๒)	ครูอธิบายหลักการของวิธีโมเมนต์-พื้นที่ - ทฤษฎีพื้นฐานของวิธีโมเมนต์-พื้นที่ - ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้แผนภาพโมเมนต์ดัดกับความลาดเอียง - ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของพื้นที่ใต้แผนภาพโมเมนต์ดัดกับระยะการโก่ง	นักเรียนจดบันทึกข้อสมมติฐานและหลักการสำคัญและซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับวิธีการคำนวณ
๓)	ครูอธิบายขั้นตอนการคำนวณโดยวิธีโมเมนต์-พื้นที่ - การสร้างแผนภาพโมเมนต์ดัด - การหาพื้นที่ใต้แผนภาพโมเมนต์ดัด - การหาโมเมนต์ของพื้นที่ - การคำนวณความลาดเอียงและระยะการโก่ง	นักเรียนวาดแผนภาพโมเมนต์ดัดและการโก่งของคานตามตัวอย่าง
๔)	ครูสาธิตการคำนวณโดยวิธีโมเมนต์-พื้นที่ด้วยตัวอย่าง ๒ กรณี - ตัวอย่างที่ ๑ คานเดี่ยวรับน้ำหนักกระจายสม่ำเสมอ - ตัวอย่างที่ ๒ คานยื่นรับน้ำหนักเป็นจุดที่ปลาย	นักเรียนติดตามขั้นตอนการคำนวณในตัวอย่างที่ครูแสดง
๕)	ครูอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการโก่งของคาน - ความยาวของคาน - โมดูลัสยืดหยุ่น (E) - โมเมนต์ของความเฉื่อย (I) - รูปแบบการรองรับ - ลักษณะของแรงกระทำ	นักเรียนตอบคำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ ๓-๔ คน แจกใบงานโจทย์ปัญหาการคำนวณความลาดเอียงและระยะการโก่งของคาน โดยแต่ละกลุ่มได้รับโจทย์ที่แตกต่างกัน - กลุ่ม ๑ คานเดี่ยวรับน้ำหนักเป็นจุดตรงกลาง - กลุ่ม ๒ คานเดี่ยวรับน้ำหนักกระจายสม่ำเสมอ - กลุ่ม ๓ คานยื่นรับน้ำหนักเป็นจุดที่ปลาย - กลุ่ม ๔ คานยื่นรับน้ำหนักกระจายสม่ำเสมอ	นักเรียนแบ่งกลุ่มตามที่ครูกำหนดและรับโจทย์ วิเคราะห์โจทย์และวางแผนการคำนวณ
๒)	ครูอธิบายขั้นตอนการทำใบงานและเกณฑ์การประเมิน เดินสังเกตการทำงานกลุ่ม ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย	นักเรียนคำนวณ - วาดแผนภาพอิสระของคาน - คำนวณแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ - สร้างสมการและวาดแผนภาพโมเมนต์ดัด - คำนวณพื้นที่ใต้แผนภาพโมเมนต์ดัด - คำนวณความลาดเอียงและระยะการโก่ง
๓)	ครูให้แต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการคำนวณและผลลัพธ์	นักเรียนนำเสนอผลการคำนวณและวิธีการหน้าชั้นเรียน ร่วมอภิปรายและตั้งคำถามกับกลุ่มอื่น

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูจัดกิจกรรม "วิศวกรโครงสร้าง : การออกแบบคานควบคุมการโก่ง" โดยกำหนดโจทย์ - ให้ออกแบบคานที่มีระยะการโก่งไม่เกินค่าที่กำหนด - กำหนดเงื่อนไข คือ ความยาวของคาน, น้ำหนักที่ต้องรับ, ข้อจำกัดของขนาดหน้าตัด	นักเรียนทำงานในกลุ่มเดิมเพื่อออกแบบคานตามโจทย์ - วิเคราะห์โจทย์และเงื่อนไข - เลือกวัสดุและรูปแบบหน้าตัด - คำนวณค่า EI ที่ต้องการเพื่อควบคุมการโก่ง - ออกแบบขนาดและรูปร่างของหน้าตัด
๒)	ครูแจ้งองค์ประกอบ "การออกแบบคานควบคุมการโก่ง" ประกอบด้วย - ข้อมูลโจทย์และเงื่อนไขการออกแบบ - พื้นที่สำหรับร่างแบบหน้าตัดคานที่ออกแบบ - ตารางคำนวณความลาดเอียงและระยะการโก่ง - ช่องสำหรับการวิเคราะห์และอธิบายการออกแบบ และครูเตรียมตารางคุณสมบัติของวัสดุและหน้าตัดมาตรฐานให้นักเรียนเลือกใช้	นักเรียนตรวจสอบการออกแบบโดยคำนวณระยะการโก่งด้วยวิธีโมเมนต์-พื้นที่
๓)	ครูแนะนำแนวทางการออกแบบคานเพื่อควบคุมการโก่ง - การเลือกวัสดุที่มีค่า E สูง - การออกแบบหน้าตัดให้มีค่า I สูง - การเสริมความแข็งแรงในจุดที่มีโมเมนต์ดัดสูง	นักเรียนเตรียมนำเสนอการออกแบบ - วาดแบบหน้าตัดคานที่ออกแบบ - แสดงการคำนวณระยะการโก่ง - อธิบายเหตุผลในการเลือกวัสดุและรูปแบบหน้าตัด

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๗	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๗ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๗	นักเรียนนักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครูสรุปสาระสำคัญของบทเรียน - ข้อสมมติฐานในการหาระยะการโก่งของคาน - หลักการวิธีโมเมนต์-พื้นที่ - ขั้นตอนการคำนวณความลาดเอียงและระยะการโก่ง - ปัจจัยที่มีผลต่อการโก่งของคาน	นักเรียนร่วมสรุปประเด็นสำคัญของบทเรียน
๔)	ครูตั้งคำถามทบทวนความเข้าใจ - อะไรคือความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพโมเมนต์ดัดกับการโก่งของคาน - ปัจจัยใดที่มีผลต่อการโก่งของคานมากที่สุด และเพราะเหตุใด - เพราะเหตุใดคานรูปตัว I จึงมีการโก่งน้อยกว่าคานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน	นักเรียนตอบคำถามทบทวนความเข้าใจ
๕)	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย	นักเรียนซักถามข้อสงสัย (ถ้ามี)

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๑๑.หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๗ การโก่งในคาน

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๑๘)สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่องการโก่งในคาน

๑๙)วิดีโอแสดงการโก่งของโครงสร้างจริง

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) ไม้บรรทัดยางหรือพลาสติกยืดหยุ่นสำหรับสาธิตการโก่ง

๒) แบบจำลองคานชนิดต่างๆ (ถ้ามี)

๖.๕ อื่น ๆ

๑) กระดานหรือกระดาษกราฟสำหรับวาดแผนภาพโมเมนต์ดัดและการโก่งของคาน

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู

๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิชาคณิตศาสตร์** การอินทิเกรต การหาพื้นที่ โมเมนต์ของพื้นที่

๒. **วิชาฟิสิกส์** ความยืดหยุ่นของวัสดุ การเปลี่ยนรูปของวัตถุเมื่อรับแรง

๓. **วิชาวัสดุศาสตร์** คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ โมดูลัสยืดหยุ่น

๔. **วิชาการเขียนแบบวิศวกรรม** การอ่านและเขียนแบบโครงสร้าง

๕. **วิชาการออกแบบโครงสร้าง** การออกแบบคานและองค์อาคารรับแรงดัด

๖. **วิศวกรโยธา/โครงสร้าง** การออกแบบโครงสร้างอาคารและสะพาน

๗. **สถาปนิก** การออกแบบอาคารที่คำนึงถึงการโก่งของโครงสร้าง

๘. **วิศวกรเครื่องกล** การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรที่มีการรับแรงดัด

๙. **นักออกแบบผลิตภัณฑ์** การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องคำนึงถึงการโก่ง

๑๐. **ผู้รับเหมาก่อสร้าง** การดำเนินการก่อสร้างที่ป้องกันปัญหาการโก่ง

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

๑) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ ..๑๓/๑๕... สาขา/ชั้นปี.....จำนวนนักเรียน.....คน

มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

๒) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

๑. ข้อสมมติฐานในการหาระยะการโก่งของคาน

๒. การคำนวณหาความลาดเอียงและการโก่ง ของคานโดยวิธีโมเมนต์-พื้นที่ (Moment-Area)

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

๓) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

๔) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

๑๐.๒ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

๑) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของนักเรียน : .....

.....

๒) สมรรถนะที่นักเรียนได้รับ : .....

.....

๓) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

๔) ผลการสอนของครู : .....

.....

๕) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

๑๐.๓ แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

๑) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

๒) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครู

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๑๔	หน่วยที่ ๘
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๑๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๑๔
	ชื่อหน่วย การรวมความเค้น	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

สามารถอธิบายหลักการรวมความเค้นประเภทต่างๆ ในโครงสร้างและชิ้นส่วนเครื่องกล คำนวณความเค้นที่เกิดจากการรวมความเค้นตามแนวแกน วิเคราะห์และคำนวณความเค้นที่เกิดจากแรงกระทำเยื้องศูนย์กลางได้ คำนวณความเค้นที่เกิดจากการรวมโมเมนต์ดัดและแรงบิด วิเคราะห์ตำแหน่งและค่าความเค้นสูงสุดในชิ้นส่วนที่รับความเค้นหลายประเภทร่วมกันได้

๒. สาระการเรียนรู้

๑. การรวมความเค้นตามแนวแกน
๒. แรงกระทำเยื้องศูนย์กลาง
๓. ความเค้นที่เกิดจากการรวมโมเมนต์ดัดและแรงบิด

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับการรวมความเค้นที่เกิดตามแนวแกนและเกิดจากการรวมโมเมนต์ดัด
๒. คำนวณหาความเค้นรวม

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. อธิบายความหมายและหลักการของการรวมความเค้นได้
๒. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดึง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นพร้อมกันได้
๓. อธิบายผลของแรงกระทำเยื้องศูนย์กลางที่มีต่อการเกิดความเค้นในชิ้นส่วนได้
๔. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและแรงบิดที่กระทำร่วมกันได้
๕. อธิบายวิธีการวิเคราะห์ความเค้นหลักและความเค้นเฉือนสูงสุดได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

๑. คำนวณความเค้นตามแนวแกนที่เกิดจากแรงกระทำหลายทิศทางได้
๒. คำนวณความเค้นที่เกิดจากแรงกระทำเยื้องศูนย์กลางได้
๓. คำนวณความเค้นที่เกิดจากการรวมโมเมนต์ดัดและแรงบิดได้
๔. วิเคราะห์และหาตำแหน่งที่เกิดความเค้นสูงสุดในชิ้นส่วนได้
๕. ใช้วงกลมโมห์ร (Mohr's Circle) ในการวิเคราะห์การรวมความเค้นได้
๖. เลือกใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ความเค้นรวมแบบต่างๆ ได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

๙. มีความละเอียดรอบคอบในการคำนวณ
๑๐. ตระหนักถึงความสำคัญของการเลือกใช้หน้าตัดคานที่เหมาะสม

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการรวมความเค้นในการออกแบบโครงสร้างและชิ้นส่วนเครื่องกล วิเคราะห์ความปลอดภัยของโครงสร้างที่รับความเค้นหลายประเภทร่วมกัน ออกแบบหน้าตัดที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนที่ต้องรับแรงเยื้องศูนย์กลาง ใช้ความรู้เรื่องการรวมความเค้นในการแก้ไขปัญหาการวิบัติของโครงสร้าง และบูรณาการความรู้เรื่องการรวมความเค้นกับความรู้ด้านวัสดุศาสตร์ในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมได้

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน (๒W๓P : ๕ ขั้นการจัดการเรียนรู้)

๕.๑ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูทักทายนักเรียนและแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ นำเสนอกรณีศึกษาความเสียหายของโครงสร้างหรือชิ้นส่วนเครื่องจักรที่เกิดจากความเค้นรวม เช่น เพลาที่หักเนื่องจากแรงบิดและแรงดัดร่วมกัน	นักเรียนสังเกตกรณีศึกษาและตัวอย่างชิ้นส่วน
๒)	ครูแสดงตัวอย่างชิ้นส่วนจริงหรือโมเดลที่ต้องรับความเค้นหลายประเภทพร้อมกัน	นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุของความเสียหาย
๓)	ครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด - เพราะเหตุใดชิ้นส่วนที่ออกแบบให้รับความเค้นประเภทเดียวได้ดี อาจเกิดความเสียหายเมื่อต้องรับความเค้นหลายประเภทพร้อมกัน - หากแกนเพลาต้องรับทั้งแรงบิดและแรงดัด จะเกิดอะไรขึ้น	นักเรียนตอบคำถามกระตุ้นความคิดจากประสบการณ์และความรู้เดิม ระดมความคิดเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ชิ้นส่วนหรือโครงสร้างต้องรับความเค้นหลายประเภทพร้อมกัน

๕.๒ ขั้นการสอน/การนำเสนอ (Presentation)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูอธิบายหลักการรวมความเค้น - ความเค้นในวัสดุที่รับแรงหลายทิศทาง - ผลของความเค้นรวมต่อความแข็งแรงของวัสดุ - ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นดึง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน	นักเรียนจดบันทึกหลักการสำคัญของการรวมความเค้น และ ซักถามข้อสงสัย
๒)	ครูอธิบายการรวมความเค้นตามแนวแกน - หลักการซ้อนทับ (Superposition) - การรวมความเค้นจากแรงในแนวแกนหลายทิศทาง - การคำนวณความเค้นรวมสูงสุด	นักเรียนติดตามขั้นตอนการคำนวณในตัวอย่างที่ครูแสดง ตอบคำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับวิธีการคำนวณ
๓)	ครูอธิบายความเค้นที่เกิดจากแรงกระทำเยื้องศูนย์กลาง - ผลของแรงที่กระทำนอกแนวแกนของหน้าตัด - การคำนวณความเค้นจากแรงเยื้องศูนย์กลาง - การคำนวณตำแหน่งจุดศูนย์กลางความเค้น	นักเรียนติดตามขั้นตอนการคำนวณในตัวอย่างที่ครูแสดง ตอบคำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับวิธีการคำนวณ
๔)	ครูอธิบายความเค้นที่เกิดจากการรวมโมเมนต์ดัดและแรงบิด - ความเค้นดัดและความเค้นบิดที่เกิดขึ้นพร้อมกัน - การคำนวณความเค้นรวมสูงสุด - การใช้วงกลมโมห์ร (Mohr's Circle) ในการวิเคราะห์	นักเรียนวาดภาพประกอบการอธิบายความเค้นประเภทต่างๆ
๕)	ครูสาธิตการคำนวณความเค้นรวมด้วยตัวอย่าง ๒-๓ กรณี - **ตัวอย่างที่ ๑** การรวมความเค้นตามแนวแกนจากแรงดึงและแรงอัด - **ตัวอย่างที่ ๒** ความเค้นจากแรงกระทำเยื้องศูนย์กลางบนเสา - **ตัวอย่างที่ ๓** ความเค้นรวมในเพลาที่รับทั้งโมเมนต์ดัดและแรงบิด	ติดตามขั้นตอนการคำนวณในตัวอย่างที่ครูแสดง ตอบคำถามระหว่างการสอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับวิธีการคำนวณ

๕.๓ ขั้นฝึกฝน/ลงมือปฏิบัติ (Practice)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ ๓-๔ คน แจกใบงานโจทย์ปัญหาการคำนวณความเค้นรวม โดยแต่ละกลุ่มได้รับโจทย์ที่แตกต่างกัน - กลุ่ม ๑ การรวมความเค้นตามแนวแกนในโครงถัก - กลุ่ม ๒ ความเค้นจากแรงกระทำเยื้องศูนย์กลางในเสา - กลุ่ม ๓ ความเค้นรวมในเพลาที่รับโมเมนต์ดัดและแรงบิด - กลุ่ม ๔ การวิเคราะห์ความเค้นหลักและความเค้นเฉือนสูงสุดในแผ่นบาง	นักเรียนแบ่งกลุ่มตามที่ครูกำหนดและรับโจทย์ เคราะห์โจทย์และวางแผนการคำนวณ - ระบุประเภทของความเค้นที่เกิดขึ้น - กำหนดแนวทางการคำนวณความเค้นรวม - คำนวณค่าความเค้นตามขั้นตอน - หาตำแหน่งและค่าความเค้นสูงสุด
๒)	ครูอธิบายขั้นตอนการทำใบงานและเกณฑ์การประเมิน เดินสังเกตการทำงานกลุ่ม ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย	นักเรียนปรึกษาและช่วยเหลือกันในกลุ่ม
๓)	ครูให้แต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการคำนวณและผลลัพธ์	นักเรียนนำเสนอผลการคำนวณและวิธีการหน้าชั้นเรียน (๒-๓ นาทีต่อกลุ่ม) ร่วมอภิปรายและตั้งคำถามกับกลุ่มอื่น

๕.๔ ขั้นประยุกต์ใช้ (Production)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูจัดกิจกรรม "วิศวกรออกแบบชิ้นส่วน: การจัดการความเค้นรวม" โดยกำหนดโจทย์ - ให้ออกแบบชิ้นส่วนที่ต้องรับความเค้นหลายประเภทพร้อมกัน เช่น เพลาเครื่องจักร โครงสร้างคาน หรือข้อต่อโครงสร้าง - กำหนดเงื่อนไข: น้ำหนักที่ต้องรับ ขนาดพื้นที่หน้าตัดจำกัด ความเค้นสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้	นักเรียนทำงานในกลุ่มเดิมเพื่อออกแบบชิ้นส่วนตามโจทย์ - วิเคราะห์ประเภทของความเค้นที่เกิดขึ้น - ออกแบบรูปร่างและขนาดของชิ้นส่วน - คำนวณความเค้นรวมในจุดต่างๆ - ตรวจสอบว่าความเค้นรวมไม่เกินค่าที่กำหนด
๒)	ครูแจ้งองค์ประกอบ "การออกแบบชิ้นส่วนรับความเค้นรวม" ประกอบด้วย - ข้อมูลโจทย์และเงื่อนไขการออกแบบ - พื้นที่สำหรับร่างแบบชิ้นส่วนที่ออกแบบ - ตารางคำนวณความเค้นประเภทต่างๆ และความเค้นรวม - ช่องสำหรับการวิเคราะห์จุดวิกฤตและการแก้ไข	นักเรียนวิเคราะห์จุดวิกฤตและปรับปรุงการออกแบบ - ระบุตำแหน่งที่มีความเค้นรวมสูงสุด - ปรับปรุงรูปร่างหรือขนาดเพื่อลดความเค้นรวม - คำนวณความเค้นรวมหลังการปรับปรุง
๓)	ครูแนะนำแนวทางการออกแบบให้รับความเค้นรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ - การเลือกรูปร่างหน้าตัดที่เหมาะสม - การออกแบบให้แรงกระทำผ่านจุดศูนย์กลาง - การเสริมความแข็งแรงในจุดวิกฤต	นักเรียนจัดทำแบบนำเสนอการออกแบบ - วาดแบบชิ้นส่วนที่ออกแบบ - แสดงการคำนวณความเค้นรวม - อธิบายเหตุผลในการออกแบบและการแก้ไขจุดวิกฤต นำเสนอผลงานการออกแบบหน้าชั้นเรียน (๒-๓ นาทีต่อกลุ่ม)

๕.๕ ขั้นสรุป/ประเมินผล (Wrap up)

ลำดับ	ครู	นักเรียน
๑)	ครูครูให้นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๘	นักเรียนทำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๘ ที่ครูมอบหมาย
๒)	ครูเฉลยกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ที่ ๘	นักเรียนนักเรียนตรวจคำตอบของตนเอง หากผิดให้แก้ไขให้ถูกต้อง
๓)	ครู สรุปสาระสำคัญของบทเรียน - หลักการรวมความเค้นตามแนวแกน - ผลของแรงกระทำเยื้องศูนย์กลาง - การรวมความเค้นจากโมเมนต์ดัดและแรงบิด - วิธีการวิเคราะห์และคำนวณความเค้นรวม	นักเรียนร่วมสรุปประเด็นสำคัญของบทเรียน
๔)	ครูตั้งคำถามทบทวนความเข้าใจ - เพราะเหตุใดการวิเคราะห์ความเค้นรวมจึงสำคัญในงานออกแบบวิศวกรรม - ชิ้นส่วนที่รับความเค้นรวม ควรมีลักษณะการออกแบบอย่างไร - ความเค้นประเภทใดที่มักเป็นสาเหตุของความเสียหายในชิ้นส่วนที่รับความเค้นรวม	นักเรียนตอบคำถามทบทวนความเข้าใจ
๕)	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย	นักเรียนซักถามข้อสงสัย (ถ้ามี)

๖. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๖.๑ สื่อสิ่งพิมพ์

๑๒.หนังสือเรียน หนังสือเรียน ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)
หน่วยการเรียนรู้ที่ ๘ การรวมความเค้น

๖.๒ สื่อโสตทัศน์

๒๐)สื่อนำเสนอ PowerPoint เรื่องการรวมความเค้น

๒๑)ภาพหรือวิดีโอแสดงความเสียหายที่เกิดจากความเค้นรวม

๖.๓ สื่อออนไลน์

-

๖.๔ สื่อจำลองหรือของจริง

๑) ตัวอย่างชิ้นส่วนหรือโมเดลที่แสดงการรวมความเค้น

๖.๕ อื่น ๆ

-

๗. หลักฐาน/เอกสารประกอบการเรียนรู้ *(เช่น ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ชิ้นงาน ฯลฯ)*

๗.๑ บันทึกการสอนของครู

๗.๒ แผนการจัดการเรียนรู้

๗.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘. การวัดและการประเมินผล

๘.๑ วิธีวัดและการประเมินผล

๑) ทดสอบหลังเรียน

๒) ตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) ตอบคำถาม

๔) ประเมินการสนทนา

๕) สังเกตพฤติกรรม

๘.๒ เครื่องมือวัดและการประเมินผล

๑) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒) ใบกิจกรรมการเรียนรู้

๓) แบบประเมินการตอบคำถาม

๔) แบบประเมินการสนทนา

๕) แบบสังเกตพฤติกรรม

๘.๓ เกณฑ์วัดและการประเมินผล

๑) เกณฑ์การทดสอบหลังเรียน คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๒) เกณฑ์การประเมินการตอบคำถาม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๓) เกณฑ์การประเมินการสนทนา คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๔) เกณฑ์การสังเกตพฤติกรรม คะแนนผ่านไม่ต่ำกว่า ๘๐%

๙. การบูรณาการกลุ่มอาชีพ หรือความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

บูรณาการกลุ่มอาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

๑. **วิชาคณิตศาสตร์** การคำนวณเวกเตอร์ การรวมแรง การหาผลรวม

๒. **วิชาฟิสิกส์** แรงและการเคลื่อนที่ สมดุลของวัตถุ

๓. **วิชาวัสดุศาสตร์** คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ การรับความเค้น

๔. **วิชาการเขียนแบบวิศวกรรม** การออกแบบและเขียนแบบชิ้นส่วน

๕. **วิชาการออกแบบเครื่องกล** การออกแบบเพลา ข้อต่อ และชิ้นส่วนเครื่องจักร

๖. **วิศวกรเครื่องกล** การออกแบบเพลาและชิ้นส่วนเครื่องจักร

๗. **วิศวกรโยธา/โครงสร้าง** การออกแบบโครงสร้างที่รับแรงซับซ้อน

๘. **วิศวกรอากาศยาน** การออกแบบชิ้นส่วนน้ำหนักเบาที่รับความเค้นซับซ้อน

๙. **นักออกแบบผลิตภัณฑ์** การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่รับแรงจากหลายทิศทาง

๑๐. **ช่างเทคนิค** การตรวจสอบและซ่อมบำรุงชิ้นส่วนที่รับความเค้นซับซ้อน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

๑) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ ..๑๔/๑๕... สาขา/ชั้นปี.....จำนวนนักเรียน.....คน

มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

๒) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

๑. การรวมความเค้นตามแนวแกน

๒. แรงกระทำเยื้องศูนย์กลาง

๓. ความเค้นที่เกิดจากการรวมโมเมนต์ดัดและแรงบิด

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

๓) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

๔) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

๑๐.๒ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

๑) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของนักเรียน : .....

.....

๒) สมรรถนะที่นักเรียนได้รับ : .....

.....

๓) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

๔) ผลการสอนของครู : .....

.....

๕) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

๑๐.๓ แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

๑) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

๒) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครู

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ที่ ๑๕	หน่วยที่ -
	ชื่อวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Materials)	สัปดาห์ที่ ๑๕
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๐๐ - ๑๐๑๕ **ท–ป–น** (๓ – ๐ – ๓)	สอนครั้งที่ ๑๕
	ชื่อหน่วย สอบปลายภาค	จำนวนชั่วโมง ๓ ชม.

๑. จุดประสงค์

เพื่อประเมินผลขั้นสุดท้ายของผู้เรียนแต่ละคน ทั้งในส่วนของ ด้านความรู้ (Knowledge) ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process) คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude) และด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

๒. สรุปผลการประเมิน

๒.๑ ด้านความรู้ (Knowledge)

ผู้เรียนทั้งหมด.....คน ผ่านเกณฑ์ .....คน ไม่ผ่านเกณฑ์ .....คน

แนวทางและวิธีการแก้ไข

.....

.....

๒.๒ ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

ผู้เรียนทั้งหมด.....คน ผ่านเกณฑ์ .....คน ไม่ผ่านเกณฑ์ .....คน

แนวทางและวิธีการแก้ไข

.....

.....

๒.๓ คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

ผู้เรียนทั้งหมด.....คน ผ่านเกณฑ์ .....คน ไม่ผ่านเกณฑ์ .....คน

แนวทางและวิธีการแก้ไข

.....

.....

๒.๔ ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ผู้เรียนทั้งหมด.....คน ผ่านเกณฑ์ .....คน ไม่ผ่านเกณฑ์ .....คน

แนวทางและวิธีการแก้ไข

.....

.....

สรุปผลรวม ทั้ง ๔ ด้าน

ผู้เรียนทั้งหมด.....คน ผ่านเกณฑ์ .....คน ไม่ผ่านเกณฑ์ .....คน

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....