



การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับ
นักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

นางสาวธนาภรณ์ อัมพพร้อม

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับ
นักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล



นางสาวธนาภรณ์ อัมพพร้อม

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองโครงการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

โดย นางสาวนาภรณ์ อิมพร้อม

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภวิโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์)

ชื่อ : นางสาวนาภรณ์ อิ่มพร้อม
 ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้น
 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภศิริโรจน์
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์
 ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมในปัจจุบันใช้ทฤษฎีความเค้นของวัสดุและการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) เพื่อจำลองและทำนายพฤติกรรมวัสดุก่อนและหลังการเสียรูป โดยแสดงผลด้วยตัวเลขและสีเพื่อช่วยให้นักศึกษาเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและประเมินประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับเกณฑ์ที่กำหนด เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 2) แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนักศึกษาจำนวน 20 คนจากวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) และใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ T-test for one sample ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด โดยได้ค่าเฉลี่ย 4.63 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.06 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเมื่อใช้กับนักศึกษา คะแนนระหว่างเรียน (E1) คิดเป็นร้อยละ 80.00 และคะแนนหลังเรียน (E2) คิดเป็นร้อยละ 85.16 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

(มีจำนวนทั้งสิ้น 143 หน้า)

คำสำคัญ : ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ความเค้น ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ
 ชั้นสูง

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Miss Tanaporn Improm
Independent Study Title : Development of Learning Activity module on topic
“stress in material” Using Finite Element Method for
Higher Vocational Certificate Students in Mechanical
Engineering
Major Field : Mechanical Engineering Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Independent Study Advisor : Associate Professor Dr. Kittiwoot Sutthivirode
Co-Advisor : Assistant Professor Dr. Tongchana Thongtip
Academic Year : 2024

ABSTRACT

The analysis and resolution of engineering problems today involve material stress theory and computer-aided design using the Finite Element Method (FEM) to simulate material behavior before and after deformation. Results are presented with numerical values and color coding to enhance students' understanding. This research aims to: 1) develop and evaluate the effectiveness of a learning activity package on material stress using FEM to improve learning outcomes for Higher Vocational Certificate students in Mechanical Engineering; and 2) compare the learning outcomes of students using the FEM-based material stress package with the established criteria. Tools used include: 1) the learning activity package, 2) an evaluation of its suitability, and 3) a test to measure students' outcomes. The sample consisted of 20 students from Ang Thong Technical College in the second semester of the 2024 academic year, selected by Cluster Random Sampling. Statistical methods such as percentage, mean, standard deviation, and T-test for one sample were used. Results showed: 1) the activity package was highly suitable, with a mean of 4.63 and a standard deviation of 0.06. Student scores during the activity (E1) were 80.00%, and after the activity (E2) were 85.16%; and 2) students' learning outcomes were significantly higher than the established criteria at the 0.05 significance level.

(Total 143 Pages)

Keywords: Finite Element Method, Stress, learning activity package, Higher Vocational Certificate

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ความเมตตาและความอนุเคราะห์จากรองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คอยให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง ให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการทำวิจัยมาโดยตลอด จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้องชนะ ทองทิพย์ ที่ท่านได้เมตตาให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงสารนิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งคณะอาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม แผนกวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ที่ได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ทักษะด้านการศึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาเป็นผู้ประเมินคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะ ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครูอาจารย์ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกลวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย จึงขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ เพื่อนร่วมงานที่คอยเป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ต่อไป

ธนาภรณ์ อิ่มพร้อม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.7 ประโยชน์ของการวิจัย	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 แนวคิดและทฤษฎีชุดกิจกรรมการเรียนรู้	6
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเรื่องความเค้นของวัสดุ	13
2.3 แนวคิดและทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	20
2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	24
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	35
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	35
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	35
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	41
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ	43
บทที่ 4 ผลการวิจัย	45
4.1 เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล	45
4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับเกณฑ์	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผล	50
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	50
5.3 ข้อเสนอแนะ	51
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก ก	55
รายนามผู้เชี่ยวชาญ	56
หนังสือขอความอนุเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญ	58
ภาคผนวก ข	63
แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล	64
แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล	68
ภาคผนวก ค	79
วิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint) ภาคทฤษฎี	80
ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล	81
ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	85
ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบหลังเรียน	87
ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80	88
ข้อมูลการหาการหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)	90
ข้อมูลการหาผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม	91

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง	92
หลักสูตรรายวิชา	93
ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	94
ใบเนื้อหา	96
ใบแบบฝึกหัด	106
คู่มือครู	108
ใบแบบทดสอบ	109
ใบเฉลยแบบทดสอบ	116
ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธี	117
ไฟไนต์เอลิเมนต์	
ภาคผนวก จ	119
คู่มือการใช้งานระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม SolidWorks	119
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	
ประวัติผู้วิจัย	143

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	แสดงแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดผลหลังการทดลอง	43
4-1	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สรุปลงในภาพรวม	46
4-2	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้	46
4-3	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้	47
4-4	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้	48
4-5	ผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล	49
4-6	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับเกณฑ์	49
ค-1	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค-2	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้	82
ค-3	ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้	83
ค-4	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ	84
ค-5	ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบหลังเรียน	86
ค-6	ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80	88

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย	3
2-1	วัตถุกับพื้นที่ผิววัตถุ	14
2-2	แสดงแรงดึงกระทำกับวัตถุ	15
2-3	แสดงแรงอัดกระทำกับวัตถุ	15
2-4	แสดงแรงเฉือนพยายามทำให้วัตถุขาด	16
2-5	แสดงลักษณะของแรงกระทำชนิดต่าง ๆ	17
2-6	ความเครียดเชิงเส้น (Linear Strain)	18
2-7	ความเครียดเฉือน (Shear Strain)	18
2-8	เส้นโค้งความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain Curve)	19
	แบบมีจุดคราก (Yield Point)	
2-9	แสดงขั้นตอนระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	21
2-10	ก ภาพแสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ	22
	ข ภาพแสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ และมีจุดเชื่อมกลาง	
2-11	สี่เหลี่ยมด้านขนาน (parallelogram) ภาพแสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่าง	23
	เอลิเมนต์ 2 มิติ	
2-12	แสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ	23
3-1	โปรแกรม Solid Work ที่นำมาสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้	36
	โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	
3-2	ครูผู้สอนทำการชี้แจงรายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน	42
3-3	ครูผู้สอนใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	42
3-4	นักศึกษาดำเนินการเรียนรู้ทำกิจกรรมและศึกษาข้อมูลผ่านชุดกิจกรรมการ	43
	เรียนรู้	
ค-1	แสดงผลข้อมูลการหาค่าความยากง่าย (p) จากโปรแกรม SPSS	90
ค-2	แสดงผลข้อมูลการหาค่าอำนาจจำแนก (r) จากโปรแกรม SPSS	90
ค-3	แสดงผลข้อมูลการหาผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของของชุดกิจกรรม	91
	จากโปรแกรม SPSS	
ง-1	แสดงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธี	117
	ไฟไนต์เอลิเมนต์	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาระภายนอก (External load) ที่เข้ามากระทำต่อวัสดุกับปฏิกิริยาภายในของวัสดุ คือความเค้น เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัสดุจะมีแรงภายในเกิดขึ้น ในเนื้อของวัสดุต่อต้านเอาไว้ แรงภายในนี้ คือ แรงยึดเหนี่ยวกันระหว่างเนื้อกับวัสดุ หรือเมื่อวัสดุถูกดึง หรือถูกกด หรือถูกเฉือนให้ขาดออกจากกันก็จะมีแรงปฏิกิริยาโต้ตอบต่อแรงภายนอกที่มากระทำ จะเกิดเป็นความสามารถของวัสดุในการต้านทานการเสียรูปหรือการแตกหักเมื่อมีแรงมากระทำต่อตัววัสดุ อาจทำให้ความแข็งแรงของวัสดุหรือรูปร่างของวัสดุเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้วัสดุ สำหรับการใช้งานในการออกแบบทางด้านวิศวกรรมและการออกแบบต่างๆ เพื่อให้มั่นใจว่าวัสดุนั้นจะสามารถทนทานต่อสภาวะการใช้งานที่กำหนดได้อย่างปลอดภัย (ผนิจ ด้วงอำ, สุรวุฒิ ยะนิล, 2560)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ได้กำหนดให้นักศึกษาต้องเรียนในรายวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ จะกล่าวถึงผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา คือสามารถประยุกต์ใช้หลักการความแข็งแรงของวัสดุในการคำนวณเพื่อออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ ซึ่งนักศึกษาจะต้องมีความรู้ความเข้าใจแนวคิดของความเค้น และประมวลความรู้เกี่ยวกับหลักการของความเค้นของวัสดุ (หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง 2567) การเรียนการสอนในวิชาความแข็งแรงของวัสดุสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มักเน้นที่การเรียนรู้ทฤษฎีและการทำแบบฝึกหัดพื้นฐาน ซึ่งอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้ให้นักศึกษาเข้าใจลึกซึ้งถึงพฤติกรรมของวัสดุภายใต้ความเค้นต่างๆ ซึ่งในเนื้อหาทางด้านทฤษฎีจะมีสมการในบางข้อที่ค่อนข้างซับซ้อนและไม่สามารถพิสูจน์ค่าที่ถูกต้องได้ อีกทั้งยังไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของวัสดุหลังเสียรูปได้ จะสามารถแสดงออกได้เฉพาะค่าในรูปตัวเลขเท่านั้น (วิเชียร จันทรชุม, 2563)

ในปัจจุบันการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาจะต้องใช้ทฤษฎีและการออกแบบทางวิศวกรรมเข้ามาช่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางด้านทฤษฎีเรื่องความเค้นที่เกิดขึ้นกับวัสดุต้องใช้ความรู้ในการออกแบบและวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อการจำลองสภาพของวัสดุ โดยการใช้หลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาแก้ไขปัญหา และสามารถจำลองรูปทรงของวัสดุได้ เพื่อให้ซอฟต์แวร์ (Software) วิเคราะห์หาผลลัพธ์ได้ละเอียดและแม่นยำ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบตัวเลข การแสดงผลจะออกมาเป็นระดับสี เป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การศึกษาเกิดความเข้าใจถึงปรากฏการณ์ได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถทำนายพฤติกรรมของวัสดุในรูปทรงก่อนการเสียรูปและหลังเสียรูปได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้การเรียนรู้น่าสนใจมากขึ้น และแตกต่างจากการเรียนด้วยทฤษฎีที่เรียนปกติจะเห็นเฉพาะสมการคณิตศาสตร์และค่าตัวเลข ไม่สามารถเข้าใจความหมายและเห็นรูปร่างของวัสดุที่แท้จริง (วรวิทย์ วรนาวัน และคณะ 2554)

จากความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตร

วิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยการนำทฤษฎีเรื่องความเค้น ในรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ มาเป็นสมการในการจำลองภาพจากซอฟต์แวร์และแสดงค่าพลอตตัวเลขด้วยระเบียบวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อให้ นักศึกษาสามารถหาผลลัพธ์ที่ถูกต้องและมองเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับวัสดุเมื่อมีความเค้นเกิดขึ้น ว่าได้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของวัสดุก่อนการเสียรูปและหลังการเสียรูป ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กับเกณฑ์

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1.4.1 ขอบเขตด้านกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.1.1 ประชากร

ประชากรได้แก่ นักศึกษาที่เรียนแผนกวิชาช่างยนต์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง กำลังศึกษาใน ปีการศึกษา 2567 รวมทั้งหมด 80 คน

1.4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

1.4.2 ขอบเขตด้านตัวแปร

1.4.2.1 ตัวแปรต้น

ตัวแปรต้น คือ การสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.4.2.2 ตัวแปรตาม

ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.4.3 ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาความแข็งแรงของวัสดุ จำนวน 1 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ความเค้น ที่ใช้ชุดกิจกรรมเรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีดังนี้

1) หน่วยการเรียนรู้ เรื่องความเค้น ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

1.1) ความเค้นปกติ

1.2) ความเค้นดัด

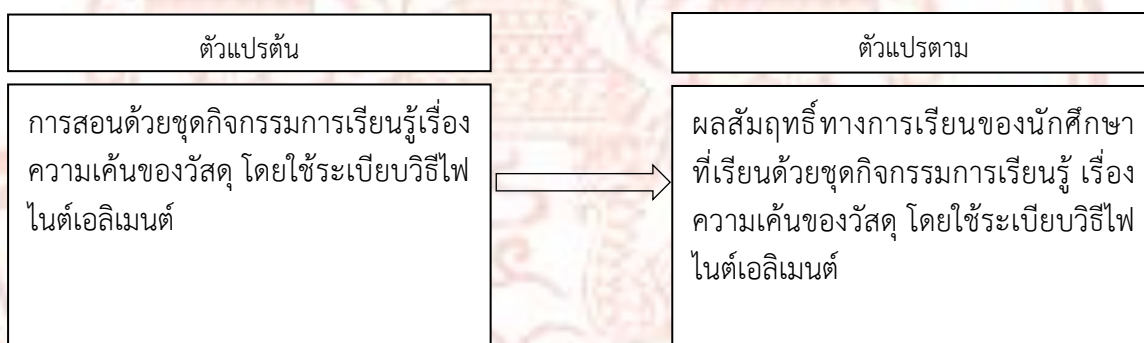
1.3) ความเค้นอัด

1.4.4 ขอบเขตด้านระยะเวลา

ผู้วิจัยกำหนด ขอบเขตด้านระยะเวลาตามระยะการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ระยะเวลา 2 สัปดาห์

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ผู้วิจัยเขียนกรอบแนวคิดตามตัวแปรที่ศึกษา ดังนี้



ภาพที่ 1-1 แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ชุดของกิจกรรมที่ออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการทดลองสิ่งต่าง ๆ เรื่อง เรื่องความเค้นของวัสดุ ประกอบด้วย แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใบเนื้อหาแบบบทเรียน แบบทดสอบหลังเรียน 1 ชุด

1.6.2 นักศึกษา หมายถึง นักศึกษาแผนกวิชาช่างยนต์ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2567 วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชางานความแข็งแรงของวัสดุ

1.6.3 ความแข็งแรงของวัสดุ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาระภายนอก (External load) ที่เข้ามากระทำต่อวัสดุกับปฏิกิริยาภายในของวัสดุ คือความเค้น เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัสดุจะมีแรงภายในเกิดขึ้น ในเนื้อของวัสดุต่อต้านเอาไว้ แรงภายในนี้ คือ แรงยึดเหนี่ยวกันระหว่างเนื้อกับวัสดุ หรือเมื่อวัสดุถูกดึง หรือถูกกด หรือถูกเฉือนให้ขาดออกจากกันก็จะมีแรงปฏิกิริยาโต้ตอบต่อแรงภายนอกที่มากระทำ จะเกิดเป็นความสามารถของวัสดุในการต้านทานการเสียรูปหรือการแตกหักเมื่อมีแรงมากระทำต่อตัววัสดุ อาจทำให้ความแข็งแรงของวัสดุหรือรูปร่างของวัสดุเปลี่ยนแปลงไป

1.6.4 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม หมายถึง คุณภาพชุดกิจกรรมที่วัดจากคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งหมดจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ E_1/E_2 โดยที่

1.6.4.1 E_1 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่ได้จัดไว้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หลังจากที่ได้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.6.4.2 E_2 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียน ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.6.5 เกณฑ์ที่กำหนด 80/80 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพที่คาดหวัง ซึ่งวัดได้จากค่าเฉลี่ยดังนี้ 80 ตัวแรก คือ คะแนนที่ได้จากแบบฝึกหัดระหว่างเรียนโดยคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง คือ คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยคิดเป็นร้อยละ

1.6.6 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของการเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ที่สร้างเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

1.6.7 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หรือที่เรียกย่อๆว่า FEM (Finite element method, finite element analysis) คือ วิธีการนำหลักการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในเชิงพฤติกรรมของวัสดุ เชิงโครงสร้าง ความร้อน หรือของไหล ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดขึ้น โดยอาศัยการแก้ปัญหาแบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อหาผลลัพธ์โดยประมาณของปัญหาที่กำหนดผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย

1.7.1 นักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

1.7.2 นักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เกิดแรงจูงใจในการเรียนเพิ่มมากขึ้น

1.7.3 ได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่สามารถนำไปใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ



บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่เกี่ยวกับการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์” ดังต่อไปนี้

- 2.1 แนวคิดและทฤษฎีชุดกิจกรรมการเรียนรู้
- 2.2 แนวคิดและทฤษฎีเรื่องความเค้นของวัสดุ
- 2.3 แนวคิดและทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดกิจกรรม ถือว่าเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่มีความสมบูรณ์ในตัวเองสามารถนำมาใช้ ประกอบในการจัดการเรียนรู้ได้ช่วยให้การศึกษา และการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม รวมทั้งยังเกิดแรงจูงใจในการเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่ามีนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้คือสื่อการเรียนที่ประกอบด้วยกิจกรรมหลายกิจกรรม ซึ่งเป็นสื่อประสมที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ โดยมีการจัดระบบเนื้อหาของกิจกรรมให้เหมาะสมกับความต้องการของนักเรียน และมีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจน โดยชุดกิจกรรมนี้จะมีความสมบูรณ์ในตัวเอง เพื่อให้นักเรียนสามารถศึกษาหรือปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้เอง ช่วยกระตุ้นความสนใจในระหว่างการเรียนรู้ และส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งครูอาจจัดทำชุดกิจกรรมที่ประกอบด้วยคู่มือครู แผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน และการประเมินผล โดยครูจะทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาเพื่อแนะนำและช่วยเหลือนักเรียนในการปฏิบัติตามขั้นตอนจนบรรลุจุดประสงค์ พร้อมทั้งสามารถประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ทันทีหลังจากจบชุดกิจกรรม (Good, 1973; วิชัย วงษ์ใหญ่, 2545)

2.1.2 แนวคิดทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ในการสร้างชุดกิจกรรมให้มีประสิทธิภาพ เราจำเป็นต้องอาศัยแนวคิด ทฤษฎีและหลักการ โดยมีนักการศึกษาได้ให้แนวคิด ทฤษฎีและหลักการ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ชม ภูมิภาค (2528) ได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎี ที่นำมาใช้ในการสร้างชุดการเรียนหรือชุดกิจกรรมว่า ควรพิจารณาในสิ่งต่อไปนี้

1. ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยคำนึงถึงความต้องการ ความถนัด และความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ เนื่องจากแต่ละบุคคลมีความแตกต่างในหลายด้าน เช่น ความสามารถ สติปัญญา ความสนใจ ร่างกาย อารมณ์ และสังคม ดังนั้น การนำหลักความแตกต่างเหล่านี้มาใช้ในการกระบวนการเรียนรู้จึงควรใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถปรับให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล เช่น การสอนรายบุคคลหรือการศึกษาแบบเรียนด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนได้มีอิสระในการเรียนตามความสามารถและความสนใจ โดยมีผู้ช่วยแนะนำอย่างเหมาะสม

2. การนำสื่อประสมมาใช้ ซึ่งคือการใช้สื่อการสอนหลายประเภทให้สัมพันธ์และส่งเสริมกันอย่างเป็นระบบ โดยสื่อการสอนหนึ่งอาจใช้เพื่อดึงดูดความสนใจ ขณะที่อีกสื่อหนึ่งใช้เพื่ออธิบายเนื้อหาและสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การใช้สื่อประสมจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่หลากหลายและมีความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น

3. การใช้กระบวนการกลุ่มในกระบวนการเรียนรู้ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกันนั้นเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งทฤษฎีกระบวนการกลุ่มถือเป็นแนวคิดทางพฤติกรรมศาสตร์ที่ควรนำมารวมในชุดการสอนเพื่อเพิ่มความร่วมมือและการเรียนรู้ร่วมกัน

4. ทฤษฎีการเรียนรู้โดยยึดหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ คือ โดยการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เข้าร่วมทำกิจกรรมด้วยตนเอง และรับรู้ผลการเรียนของตนเองทันที รวมถึงการเสริมแรงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทำพฤติกรรมซ้ำ และการเรียนรู้เป็นขั้นตอนตามความสามารถและความสนใจของผู้เรียน

5. การนำวิธีวิเคราะห์ระบบมาใช้ในการสร้างชุดการสอน โดยการจัดเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและวัยของผู้เรียน ซึ่งการนำชุดการสอนไปทดลองและปรับปรุงจนมีคุณภาพที่เชื่อถือได้ ก่อนที่จะนำมาใช้จริง พร้อมทั้งเสนอแนะวิธีการสอนให้ครูผู้สอน เริ่มจากการตั้งจุดมุ่งหมาย ขั้นตอนการจัดกิจกรรม สื่อการสอน และเครื่องมือการวัดผลที่เหมาะสม

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2545) มีแนวคิดพื้นฐานที่นำมาใช้ในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดหลัก 5 หลักการ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล มีการนำหลักจิตวิทยามาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงความถนัด ความต้องการ และความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างบุคคลนั้นมีหลายด้าน เช่น สติปัญญา ความสามารถ ความสนใจ และความต้องการในด้านต่าง ๆ รวมถึงร่างกายและอารมณ์ ดังนั้น การเลือกวิธีการจัดการเรียนการสอนจึงควรปรับให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลมากที่สุด เพื่อให้การเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

แนวคิดที่ 2 ความพยายามที่จะเปลี่ยนแปลงการสอนที่ยึดครูเป็นแหล่งเรียนรู้ มาเป็นการจัดประสบการณ์ให้นักเรียน โดยใช้สื่อการสอนในรูปแบบต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับเนื้อหาและประสบการณ์ในบทเรียนนั้น ๆ โดยครูจะถ่ายทอดความรู้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจากสิ่งที่ครูได้เตรียมไว้ในรูปของชุดกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ด้วยตัวเอง

แนวคิดที่ 3 การใช้โสตทัศนอุปกรณ์ในการจัดการเรียนการสอน โดยการใช้สื่อการสอนที่หลากหลายประเภทมาร่วมกันจัดระบบการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแหล่งการเรียนรู้ให้นักเรียน โดยผลิตสื่อการสอนแบบประสมและจัดในรูปแบบชุดกิจกรรมที่สามารถตอบสนองความต้องการของนักเรียนได้

แนวคิดที่ 4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน คือการนำกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยพัฒนาทักษะการแสดงออกของนักเรียน แต่ยังส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันในรูปแบบของชุดกิจกรรมที่เหมาะสมกับการทำงานเป็นกลุ่ม

แนวคิดที่ 5 การจัดสภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ โดยใช้หลักจิตวิทยาการเรียนรู้ในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เข้าร่วมกิจกรรมด้วยตนเอง และทราบผลการตัดสินใจหรือการปฏิบัติงานของตนเองทันที โดยจะได้รับการเสริมแรงในการเรียนรู้เพื่อให้พวกเขาได้เรียนรู้เป็นขั้นตอนตามความสามารถและความสนใจของตนเอง

บุญเกื้อ ครอบหาเวช (2545) ได้กล่าวถึงแนวคิดและหลักการในการนำชุดกิจกรรม การเรียนรู้มาใช้ มี 5 ประการ ดังนี้

1. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยคำนึงถึงความต้องการ ความถนัด และความสนใจของนักเรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการเรียนรู้ตามความสนใจของตน โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้แนะนำและให้คำปรึกษาตามความเหมาะสมของแต่ละบุคคล
2. เปลี่ยนแนวคิดการจัดการเรียนการสอน จากการที่ครูเป็นแหล่งความรู้หลัก มาเป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่นักเรียน โดยให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสนใจ ผ่านการใช้สื่อการสอนหรือแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ ที่เหมาะสม
3. การใช้สื่อหลากหลายรูปแบบในการสอนเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและสามารถเป็นแหล่งเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลา การผสมผสานสื่อการสอนหลายประเภทช่วยเสริมการเรียนรู้และทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์หลากหลาย
4. สร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับ สิ่งแวดล้อม เป็นการนำกระบวนการกลุ่มมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกิจกรรมและเรียนรู้จากกันและกันในสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน
5. การจัดระบบการเรียนการสอน ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เข้าร่วมกิจกรรมตามความสนใจและความสามารถของตนเอง พร้อมทั้งเรียนรู้เป็นขั้นตอนตามที่เหมาะสมกับพัฒนาการและความสนใจของแต่ละบุคคล

จากการที่ผู้วิจัยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้กับนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยพบว่า นักวิชาการและนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ให้หลักการ แนวคิด สามารถสรุปได้ดังนี้ การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้จำเป็นต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของนักเรียนแต่ละคนได้ การจัดประสบการณ์การเรียนรู้จะช่วยส่งเสริมกระบวนการกลุ่มและทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามขั้นตอนที่เหมาะสมกับความสามารถของตนเอง การใช้สื่อการสอนที่หลากหลายทั้งสื่อสิ่งพิมพ์และสื่อโสตทัศนูปกรณ์มีความสำคัญในการกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน ครูจะต้องมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนเพื่อแนะนำและช่วยเหลือในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงการเสริมแรงทางบวกเพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ ครูยังต้องให้ข้อมูลย้อนกลับและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนให้เข้าใจตรงกันในการเรียนรู้ชุดกิจกรรม เพื่อให้การ

2.1.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

พัฒนานักเรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (ชม ภูมิภาค, 2528; ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2545 และบุญเกื้อ ควรหาเวช, 2545)

2.1.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ในการสร้างชุดกิจกรรม ผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษาถึงองค์ประกอบหลักของชุดกิจกรรม เพื่อนำมากำหนดองค์ประกอบหลักของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะสร้างขึ้น โดยมีนักการศึกษากล่าวถึงองค์ประกอบหลักของชุดกิจกรรม ดังนี้

Houston ; et al. (1972) ได้ให้ส่วนประกอบของชุดการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. คำชี้แจง (Propectus) ในส่วนนี้จะอธิบายถึงความสำคัญและจุดมุ่งหมายของชุดการเรียนการสอน รวมถึงสิ่งที่ผู้เรียนจะมีความรู้ก่อนเริ่มเรียนและขอบข่ายของกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนนั้น ๆ

2. จุดมุ่งหมาย (Objectives) คือข้อความที่ชัดเจนและไม่กำกวม ที่ระบุว่า ผู้เรียนจะสามารถประสบความสำเร็จในด้านใดหลังจากการเรียนรู้เสร็จสิ้น

3. การประเมินผลเบื้องต้น (Pre-assessment) มีจุดประสงค์หลัก 2 ประการ คือ เพื่อประเมินความรู้หรือความสามารถของผู้เรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนการสอน และเพื่อทราบผลสัมฤทธิ์ของการเรียนในช่วงต้นว่าผู้เรียนสามารถบรรลุเป้าหมายได้มากน้อยเพียงใด

4. การกำหนดกิจกรรม (Enabling Activities) คือการออกแบบและกำหนดแนวทาง รวมถึงวิธีการเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่กำหนดขึ้นอย่างเต็มที่

5. ประเมินขั้นสุดท้าย (Post-assessment) เป็นการทดสอบที่ใช้เพื่อวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังจากการเรียนรู้เสร็จสิ้น เพื่อประเมินว่าผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

บุญชม ศรีสะอาด (2541) ได้กล่าวว่า ชุดการเรียนการสอนมีองค์ประกอบสำคัญ 4 ด้าน ดังนี้

1. คู่มือการใช้งานชุดกิจกรรม คือคู่มือที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้ชุดกิจกรรมศึกษาและปฏิบัติตามเพื่อให้บรรลุผลการเรียนรู้ โดยประกอบด้วยแผนการสอน สิ่งที่ต้องเตรียมก่อนการสอน บทบาทของผู้เรียน และการจัดชั้นเรียน

2. บัตรงาน คือบัตรคำสั่งที่กำหนดให้ผู้เรียนต้องปฏิบัติอะไรบ้าง โดยมีการระบุกิจกรรมที่ต้องทำตามลำดับขั้นตอน

3. แบบทดสอบความก้าวหน้าของผู้เรียน คือแบบทดสอบที่ใช้ตรวจสอบหลังจากการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมเสร็จสิ้นแล้ว เพื่อประเมินว่าผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่

4. สื่อการเรียนต่าง ๆ คือสื่อที่ใช้เพื่อให้ผู้เรียนศึกษา โดยมีหลายชนิดประกอบกัน เช่น สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น บทความ เนื้อหาเฉพาะเรื่อง หรือบทเรียนโปรแกรม และสื่อโสตทัศนูปกรณ์ เช่น รูปภาพ แผนภูมิ เทปบันทึกเสียง หรือสไลด์ เป็นต้น

2. คำชี้แจง อธิบายถึงความมุ่งหมายและความสำคัญของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเหตุผลและความจำเป็นในการทำกิจกรรมนั้น

3. จุดมุ่งหมาย ระบุถึงจุดมุ่งหมายที่สำคัญที่กิจกรรมนี้ต้องการบรรลุผล ซึ่งจะเป็นเป้าหมายที่ชัดเจนสำหรับผู้เรียน

4. แนวคิด ระบุเนื้อหาหรือมโนคติของกิจกรรม ซึ่งจะเป็นความคิดหรือทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรม

5. สื่อ คือวัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรม ซึ่งอาจรวมถึงสื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการช่วยสอน

6. เวลาที่ใช้ ระบุระยะเวลาที่กิจกรรมควรใช้ในการดำเนินการ เพื่อให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

7. ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม เป็นส่วนที่ระบุรายละเอียดในการจัดกิจกรรม เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

7.1 ขั้นนำ คือการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนก่อนเริ่มกิจกรรม

7.2 ขั้นกิจกรรม คือการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อสร้างประสบการณ์

7.3 ขั้นอภิปราย คือการให้ผู้เรียนมีโอกาสนำประสบการณ์ที่ได้รับมาวิเคราะห์และอภิปรายเพื่อให้เข้าใจ

7.4 ขั้นสรุป คือการประมวลผลความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรมและการอภิปราย เพื่อหาสาระสำคัญ

7.5 การประเมินผล คือการวัดความรู้และความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากจบกิจกรรม

7.6 ภาคผนวก เป็นส่วนที่ให้ความรู้กับครูผู้สอน

ทศนา แคมมณี (2543) กล่าวว่า ชุดกิจกรรมประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ชื่อกิจกรรม ประกอบด้วย หมายเลขกิจกรรม ชื่อของกิจกรรม และเนื้อหาของ กิจกรรม

2. คำชี้แจง ซึ่งเป็นส่วนที่จะอธิบายเป้าหมายหลักของกิจกรรม ลักษณะของกิจกรรม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนั้น

3. จุดมุ่งหมาย ซึ่งเป็นส่วนที่ระบุจุดมุ่งหมายที่สำคัญของกิจกรรม

4. ความคิดรวบยอด ซึ่งเป็นส่วนที่ระบุเนื้อหา ส่วนนี้ได้รับการย้ำและเน้นเป็นพิเศษ

5. สื่อ ซึ่งเป็นส่วนที่ระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรม เพื่อช่วยให้ครูผู้สอนทราบว่าต้องเตรียมอะไรบ้าง

6. เวลาที่ใช้ ซึ่งเป็นส่วนที่ระบุเวลาที่กิจกรรมนั้นควรใช้เวลาเพียงใด

7. ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม ซึ่งเป็นส่วนที่ระบุในการจัดกิจกรรม เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกให้แก่ครูในการดำเนินการ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

7.1 ขั้นนำ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียน

7.2 ขั้นกิจกรรม เป็นส่วนช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้เกิดผู้เรียนเกิดประสบการณ์นำไปสู่การเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์

7.3 ขั้นอภิปราย เป็นสิ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนจะได้มีโอกาสนำประสบการณ์ที่ได้รับจากชั้นกิจกรรมมาวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและอภิปราย

7.4 ขั้นสรุป เป็นส่วนที่ครูและผู้เรียนประมวลความรู้ที่ได้จากชั้นกิจกรรมและชั้นอภิปราย นำมาสรุปหาสาระสำคัญที่จะสามารถนำไปใช้ต่อไป

7.5 ขั้นฝึกปฏิบัติ เป็นส่วนช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนในกิจกรรม ไปฝึกปฏิบัติเพิ่ม

7.6 ขั้นประมวลผล เป็นส่วนที่วัดความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน หลังจากฝึก ปฏิบัติ กิจกรรมครบถ้วนทุกขั้นตอนแล้ว โดยให้ทำแบบฝึกหัดทบทวนท้ายกิจกรรม

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2545) กล่าวว่าองค์ประกอบที่สำคัญภายในชุดกิจกรรมสามารถจำแนกออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. คู่มือครู คือคู่มือและแผนการสอนที่จัดทำขึ้นสำหรับผู้สอนหรือผู้เรียนตามลักษณะของชุดกิจกรรม ซึ่งภายในคู่มือจะชี้แจงวิธีการใช้ชุดกิจกรรมอย่างละเอียด เพื่อให้การดำเนินการสอนหรือการเรียนรู้นี้มีประสิทธิภาพ

2. บัตรคำสั่งหรือคำแนะนำ คือส่วนที่กำหนดให้ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนที่ระบุไว้ ซึ่งประกอบด้วยคำอธิบายเนื้อหาที่จะศึกษา คำสั่งให้ผู้เรียนทำกิจกรรม และการสรุปบทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลที่ครบถ้วนและชัดเจน

3. เนื้อหาสาระและสื่อ คือสื่อการสอนที่รวมเนื้อหาสาระที่จะช่วยในการเรียนรู้ ซึ่งอาจประกอบด้วยสื่อที่หลากหลาย เช่น โปรแกรมสไลด์ เทปบันทึกเสียง หรือรูปภาพ ผู้เรียนจะได้ศึกษาจากสื่อเหล่านี้ตามที่กำหนดในชุดกิจกรรมโดยอ้างอิงจากบัตรคำสั่ง

4. แบบประเมินผล คือการประเมินผลความรู้ของผู้เรียนก่อนและหลังการเรียน โดยอาจเป็นแบบฝึกหัด แบบเลือกคำตอบ แบบจับคู่ หรือกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อวัดความเข้าใจและความสามารถของผู้เรียนในการเรียนรู้จากชุดกิจกรรม

2.1.4 ประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2545) ชุดกิจกรรมจัดเป็นสื่อการเรียนการสอนชนิดหนึ่งที่ได้รับ ความยอมรับอย่างแพร่หลาย ซึ่งประโยชน์ของชุดกิจกรรมที่มีต่อการเรียนการสอนหลายประการ ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้สอนสามารถถ่ายทอดเนื้อหาและประสบการณ์ที่ซับซ้อน ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรม ให้เข้าใจได้ง่าย

2. สร้างความสนใจของผู้เรียนต่อสิ่งที่กำลังศึกษาอยู่ เนื่องจากชุดกิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

4. ช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจให้แก่ผู้สอน โดยสามารถหยิบใช้ชุดกิจกรรมได้ทันที

5. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนของผู้เรียน เนื่องจากชุดกิจกรรมเป็นสื่อประสมที่มีระบบ และมีการเปลี่ยนกิจกรรมเพื่อรักษาระดับความสนใจของผู้เรียนตลอดเวลา

6. สามารถแก้ปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคล รวมทั้งส่งเสริมการศึกษารายบุคคลตามความสนใจ เวลา และโอกาสที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียน

7. ช่วยจัดปัญหาการขาดแคลนครู เนื่องจากนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และต้องการความช่วยเหลือจากครูเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

8. ช่วยให้ผู้เรียนทราบจุดมุ่งหมายของการเรียนชัดเจน ตลอดจนทราบวิธีการที่จะบรรลุจุดมุ่งหมาย ซึ่งจะเพิ่มการสนใจในการเรียน

9. มีการกำหนดบทบาทของครูและผู้เรียนอย่างชัดเจนว่าใครควรทำอะไรในตอนไหน เป็นการเพิ่มบทบาทให้กับผู้เรียนและลดบทบาทของครู

10. การใช้วิธีระบบในการสอนมีประสิทธิภาพ เพราะได้ผ่านการทดลองและทดสอบมาแล้ว

11. เป็นการฝึกให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนและการทำงานร่วมกัน

12. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกวัสดุการเรียนและกิจกรรมที่ตนเองชื่นชอบ

13. มีการวัดผลด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้กิจกรรมการกระทำของตนเอง และเพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียน

บำรุงศักดิ์ บุระสิทธิ์ (2548) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสอนของครูผู้สอน และลดบทบาทของครูลงในการจัดการเรียนการสอน

2. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนของผู้เรียน เนื่องจากการใช้สื่อผสมที่จัดไว้ช่วยรักษาระดับความสนใจของผู้เรียนได้ตลอดเวลา

3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเอง ซึ่งช่วยฝึกทักษะการแสวงหาความรู้และการตัดสินใจ รวมถึงการรับผิดชอบในกระบวนการเรียนรู้

4. เป็นการคำนึงถึงหลักจิตวิทยาและความรู้ที่ทันสมัยในการออกแบบการเรียนการสอน5. ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนครู

5. ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนครู เพราะผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและต้องการการดูแลจากครูเพียงเล็กน้อย

6. ส่งเสริมการศึกษานอกระบบ เนื่องจากชุดกิจกรรมสามารถนำไปใช้ได้ทุกเวลาและทุกสถานที่

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2551) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดกิจกรรมไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถในการศึกษาความรู้ในการเรียนการสอนด้วยตนเอง ซึ่งช่วยฝึกทักษะในการแสวงหาความรู้ การอ่าน และการสรุปความรู้อย่างเป็นระบบ

2. การฝึกทำแบบฝึกหัด และแบบฝึกทักษะการเรียนรู้และการคิดในส่วนท้ายของชุดกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนฝึกการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษา

3. ผู้เรียนมีวินัยในตนเอง เนื่องจากต้องปฏิบัติตามคำสั่งในขั้นตอนต่างๆ ของชุดกิจกรรม ซึ่งรวมถึงการตรวจแบบฝึกหัดหรือการทำใบงานด้วยตัวเอง ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติตามกติกา
4. ทำให้ผู้เรียนรู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น และรับฟังความคิดเห็นต่างๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการอยู่ร่วมกันในสังคมประชาธิปไตย
5. การใช้ชุดกิจกรรมสามารถศึกษานอกเวลาเรียนได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้สอนที่เอื้อต่อการศึกษด้วยตนเอง

ดังนั้นสรุปได้ว่าการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อตอบสนองความต้องการของนักเรียนและส่งเสริมการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่เหมาะสมกับความสามารถของแต่ละคน โดยใช้สื่อการสอนที่หลากหลายทั้งสื่อสิ่งพิมพ์และสื่อทัศนูปกรณ์ ครูมีบทบาทสำคัญในการสร้างปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน โดยให้คำแนะนำ เสริมแรงทางบวก กระตุ้นแรงจูงใจ และให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเรื่องความเค้นของวัสดุ

ความเค้น Von Mises (Sim Scale Documentation. What is von Mises Stress, 2023) เป็นค่าที่ใช้ในการพิจารณาว่าวัสดุที่เลือกมาใช้งานนั้นจะเกิดการคดโก่งหรือแตกหักหรือไม่ โดยส่วนใหญ่จะใช้กับวัสดุที่มีความเหนียว เช่น โลหะ เกณฑ์จุดครากของ Von Mises ระบุว่าหากความเค้น Von Mises ของวัสดุภายใต้การมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าขีดจำกัดครากของวัสดุชนิดเดียวกันภายใต้แรงดึงอย่างง่าย วัสดุนั้นจะถึงจุดคราก การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุเริ่มต้นจากการศึกษาของ Robert Hooke ในศตวรรษที่ 17 ซึ่งสำรวจแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนรูปของสปริงและการเคลื่อนที่ของคาน อย่างไรก็ตาม เกณฑ์เชิงวิศวกรรมนั้นไม่ใช่เหตุผลเดียวในการศึกษาทฤษฎีความยืดหยุ่น เพราะงานวิจัยนั้นเชื่อมโยงกับความพยายามในการตีความธรรมชาติและทฤษฎีของอีเทอร์ ในศตวรรษที่ 19 ทฤษฎีเชิงปริมาณและคณิตศาสตร์เกี่ยวกับความยืดหยุ่นของวัตถุและกลศาสตร์ความต่อเนื่องได้เกิดขึ้น ซึ่งอนุญาตให้ใช้แคลคูลัสเชิงปริพันธ์และเชิงอนุพันธ์ในการสร้างแบบจำลองปรากฏการณ์ยืดหยุ่น กลศาสตร์ความต่อเนื่องสมมติให้ตัวกลางเป็นสิ่งที่เรียกว่าโฮโมจีโนเซชัน โดยความผันผวนระดับจุลภาคจะถูกหาค่าเฉลี่ยและฟิลด์ต่อเนื่องที่สามารถจำลองตัวกลางได้ ทฤษฎีและแนวคิดมากมายเกิดจากกลศาสตร์ความต่อเนื่อง หนึ่งในนั้นคือทฤษฎีพลังงานบิดเบือนสูงสุด ซึ่งนำไปใช้ในหลายสาขา เช่น การออกแบบและพัฒนาตลับลูกปืนและการใช้งานกับวัสดุเหนียว โดยได้มีการเสนอครั้งแรกโดย Hubert ในปี 1904 และพัฒนาโดย Von Mises ในปี 1913 ซึ่งกล่าวว่าเมื่อพลังงานการบิดเบือนถึงค่าวิกฤตที่เป็นค่าเฉพาะสำหรับวัสดุแต่ละชนิดก็สามารถหาได้ง่ายจากการทดสอบแรงดึงอย่างง่าย

ความเค้น หมายถึง แรงต้านทานภายในเนื้อวัสดุที่มีต่อแรงภายนอกที่มากระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ แต่เนื่องจากความไม่เหมาะสมทางปฏิบัติ และความยากในการวัดหาค่านี้ เราจึงมักจะพูดถึงความเค้นในรูปของแรงภายนอกที่มากระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ด้วยเหตุผลที่ว่าแรงกระทำภายนอกมีความสมดุลกับแรงต้านทานภายใน ดังนั้นเราอาจนิยามความหมายของความเค้น ดังนี้

2.2.1 ความเค้น (Stress) คือ อัตราส่วนระหว่างแรงทั้งหมดที่กระทำต่อผิววัตถุกับพื้นที่ผิววัตถุ หรือ คือแรงภายนอกต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ใช้สัญลักษณ์ว่า σ (sigma) จากนั้น เราสามารถของความเค้นของวัสดุใดๆ ได้จาก

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2-1)$$

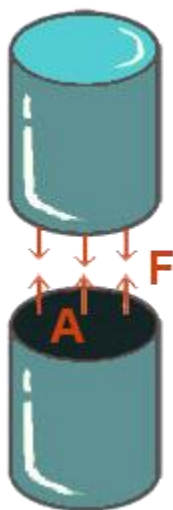
กำหนดให้

σ คือ เป็นแรงภายนอกต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งเรียกว่า ความเค้น (นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2))

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อนวัตถุ (ตารางเมตร (m^2))

F คือ แรงภายนอกที่กระทำกับวัตถุ (นิวตัน(N))

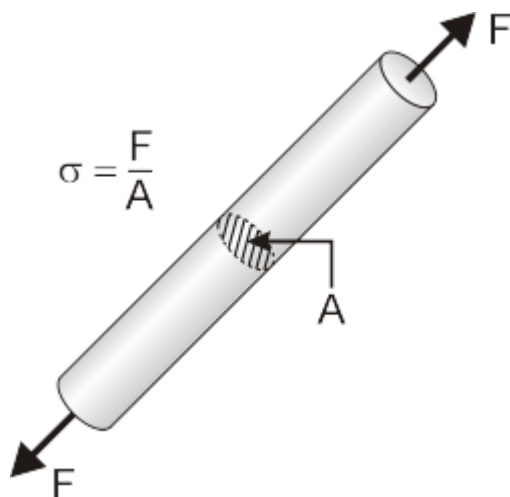
เนื่องจากในที่นี้เราจะใช้หน่วยระบบเอสไอ (SI metric units) ดังนั้นแรง (F) จึงมีหน่วยเป็นนิวตัน (N) พื้นที่ (A) มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2) และความเค้น (σ) มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือเรียกว่า ปาสคาล (Pa)



ภาพที่ 2-1 วัตถุกับพื้นที่ผิววัตถุ (Digital School, 2017)

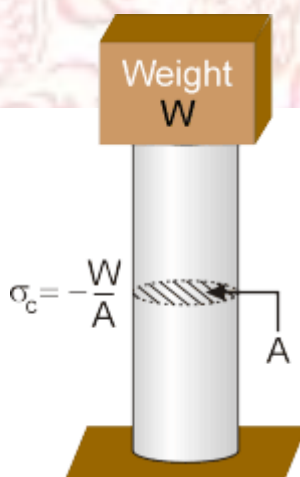
ชนิดของความเค้นที่เกิดขึ้นกับวัสดุสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. ความเค้นดึง (tensile stress) สัญลักษณ์ σ_t จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงดึง โดยแรงดึงจะต้องตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดที่กระทำนั้น ความเค้นดึงจะให้เครื่องหมายแสดงเป็นบวก



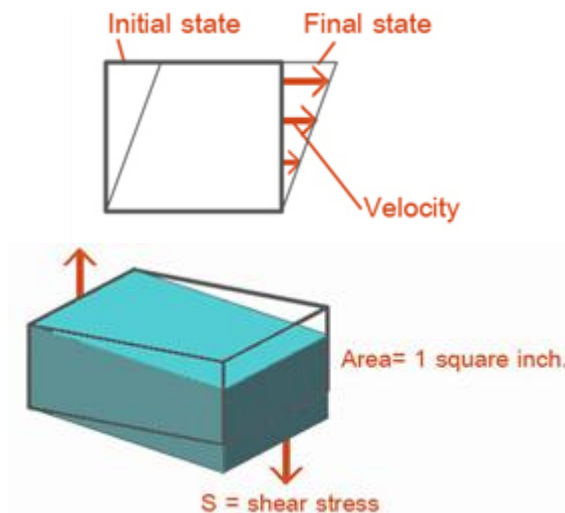
ภาพที่ 2-2 แสดงแรงดึงกระทำกับวัตถุ (Digital School, 2017)

2. ความเค้นอัด (compressive stress) สัญลักษณ์ σ_c จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงอัด โดยแรงอัดจะต้องกระทำตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของท่อนวัตถุที่กระทำนั้นความเค้นอัดจะให้เครื่องหมายแสดงเป็นลบ



ภาพที่ 2-3 แสดงแรงอัดกระทำกับวัตถุ (Digital School, 2017)

3. ความเค้นเฉือน (shear stress) สัญลักษณ์ τ (tau) เป็นแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุ นั้นโดยพยายามทำให้วัตถุเกิดการขาดจากกันตามแนวระนาบที่ขนานกับทิศทางของแรงนั้น



ภาพที่ 2-4 แสดงแรงเฉือนพยายามทำให้วัตถุขาด (Digital School, 2017)

2.2.2 ความหมายของความเค้น (Stress)

ความเค้น (Stress) หมายถึง แรงต้านทานภายในวัสดุที่มีต่อแรงภายนอกที่มากระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ แต่เนื่องจากการวัดค่าความเค้นภายในวัสดุโดยตรงนั้นยากและไม่สะดวกในการปฏิบัติ เราจึงมักจะพูดถึงความเค้นในแง่ของแรงภายนอกที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่แทน เนื่องจากแรงภายนอกนั้นมีความสมดุลกับแรงต้านทานภายในของวัสดุ การหาความเค้นสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2-2)$$

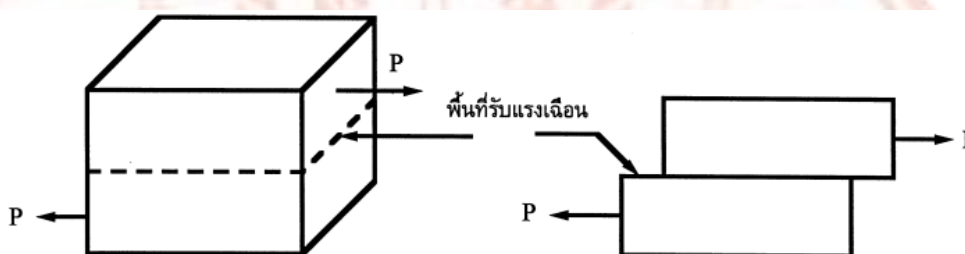
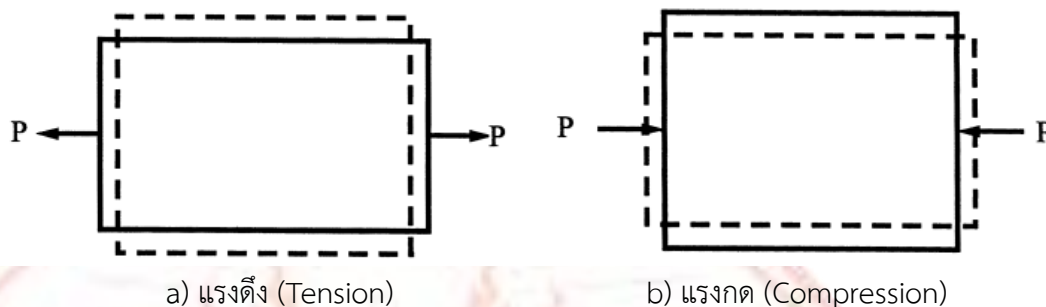
เมื่อ σ คือ ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็นปาสกาล (Pa, 1 Pa = 1N/m²) หรือ kgf/mm² หรือ psi (lbf/in²)

P คือ แรงภายนอกที่มากระทำ มีหน่วยเป็น N หรือ kgf หรือ lbf

A คือ พื้นที่ภาคตัดขวางที่แรงกระทำ : m² หรือ mm² หรือ in²

โดยทั่วไปความเค้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด แบ่งได้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ

1. ความเค้นแรงดึง (Tensile Stress) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงดึงมากระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง โดยพยายามจะแยกเนื้อวัสดุให้แยกขาดออกจากกัน



ภาพที่ 2-5 แสดงลักษณะของแรงกระทำชนิดต่าง ๆ Supachai, S. (2011)

2. ความเค้นแรงอัด (Compressive Stress) คือความเค้นที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกดมากระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำให้วัสดุนั้นมีขนาดสั้นลง ซึ่งสามารถเห็นได้จากการทดลองหรือในรูปที่แสดง

3. ความเค้นแรงเฉือน (Shear Stress) ใช้สัญลักษณ์ τ จะเกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำทำให้ทิศทางขนานกับพื้นที่ภาคตัดขวาง เพื่อให้วัสดุเคลื่อนผ่านจากกัน เทากับแรงเฉือน (Shear Force) ทหารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวาง A ซึ่งขนานกับทิศทางของแรงเฉือนในทางปฏิบัติความเค้นที่เกิดขึ้นจะมีทั้ง 3 แบบพร้อม ๆ กัน

2.2.3 ความเครียดและการเปลี่ยนรูป (Strain and Deformation)

ความเครียด (Strain) คือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุ (Deformation) เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ (เกิดความเค้น) ในการเปลี่ยนรูปของวัสดุเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ภายในเนื้อวัสดุ ซึ่งลักษณะของมันสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1. การเปลี่ยนรูปแบบอีลาสติกหรือความเครียดแบบคืนรูป (Elastic Deformation or Elastic Strain) คือ คือการเปลี่ยนรูปของวัสดุที่เมื่อปลดแรงที่กระทำออกไป อะตอมที่เคลื่อนไหวเนื่องจากผลของความเค้นจะเคลื่อนกลับไปตำแหน่งเดิม ทำให้วัสดุสามารถคืนรูปร่างเดิมได้ เช่น ในกรณีของยางยืดหรือสปริง หากเราดึงมันแล้วปล่อย วัสดุจะกลับไปมีขนาดและรูปร่างเดิม

2. การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติกหรือความเครียดแบบคงรูป (Plastic Deformation or Plastic Strain) คือ คือการเปลี่ยนรูปที่เมื่อปลดแรงที่กระทำออกไปแล้ว วัสดุยังคงรูปร่างตามที่ถูกเปลี่ยนแปลงไป โดยอะตอมที่เคลื่อนที่ไปแล้วจะไม่กลับคืนตำแหน่งเดิม ซึ่งจะทำให้วัสดุมีการยึดหรือบิดเพียงแค่บางส่วนที่ไม่สามารถกลับไปเป็นเหมือนเดิมได้.

วัสดุทุกชนิดจะมีพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปทั้งสองชนิดนี้ ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงที่มากระทำหรือความเค้นที่เกิดขึ้น หากความเค้นไม่เกินพิกัดการคืนรูป (Elastic Limit) วัสดุนั้นจะมีพฤติกรรมคืนรูปแบบอีลาสติก (Elastic Behavior) โดยจะสามารถกลับคืนรูปร่างเดิมได้ เมื่อแรงที่กระทำถูกปล่อยออกไป แต่หากความเค้นเกินพิกัดการคืนรูปนั้น วัสดุจะเกิดการเปลี่ยนรูปแบบถาวร หรือการเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก (Plastic Deformation) ซึ่งวัสดุจะไม่สามารถกลับคืนรูปร่างเดิมได้

นอกจากนี้ยังมีความเครียดประเภทหนึ่งที่สามารถพบได้ในวัสดุประเภทโพลิเมอร์ เช่น พลาสติก ซึ่งเรียกว่าความเครียดกึ่งอีลาสติก (Semi-elastic Strain) ลักษณะของความเครียดนี้คือ เมื่อไม่มีแรงที่กระทำต่อวัสดุ วัสดุจะมีการคืนรูป แต่ไม่สามารถกลับคืนไปยังสภาพเดิมได้อย่างสมบูรณ์ การวัดและคำนวณหาความเครียดมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

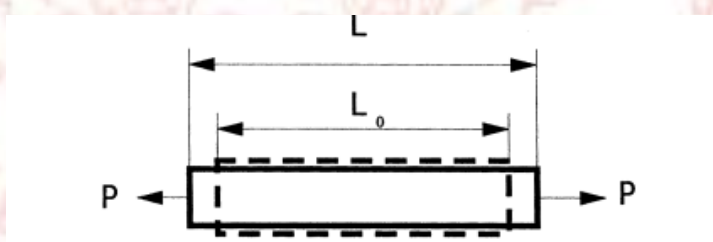
1. แบบเส้นตรง ความเครียดที่วัดได้จะเรียกว่า ความเครียดเชิงเส้น (Linear Strain) จะใช้ได้เมื่อแรงที่มากระทำมีลักษณะเป็นแรงดึงหรือแรงกด ดังรูป ค่าของความเครียดจะเท่ากับความยาวที่เปลี่ยนไปต่อความยาวเดิม ดังสมการ

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2-3)$$

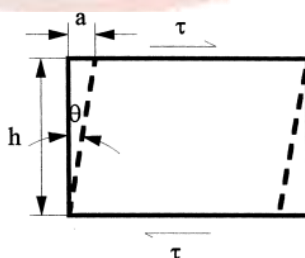
เมื่อ e = ความเครียดเชิงเส้น

ΔL = ความยาวที่เปลี่ยนไป

L_0 = ความยาวเดิมของวัสดุที่สนใจ หรือ Gage Length



ภาพที่ 2-6 ความเครียดเชิงเส้น (Linear Strain) Supachai, S. (2011)



ภาพที่ 2-7 ความเครียดเฉือน (Shear Strain) Supachai, S. (2011)

2. แบบเฉือน เรียกว่า ความเครียดเฉือน (Shear Strain) ใช้กับกรณีที่แรงที่กระทำมี ลักษณะเป็นแรงเฉือน (τ) ดังรูป ค่าของความเครียดจะเท่ากับระยะที่เคลื่อนที่ไปต่อระยะห่าง ระหว่างระนาบ ดังสมการ

$$\gamma = \frac{a}{h} \quad (2-4)$$

เมื่อ $\gamma = \tan \theta \approx \theta$ (Radian ในกรณีที่มุมน้อย)

a = ระยะที่เคลื่อนที่ไป (Displacement)

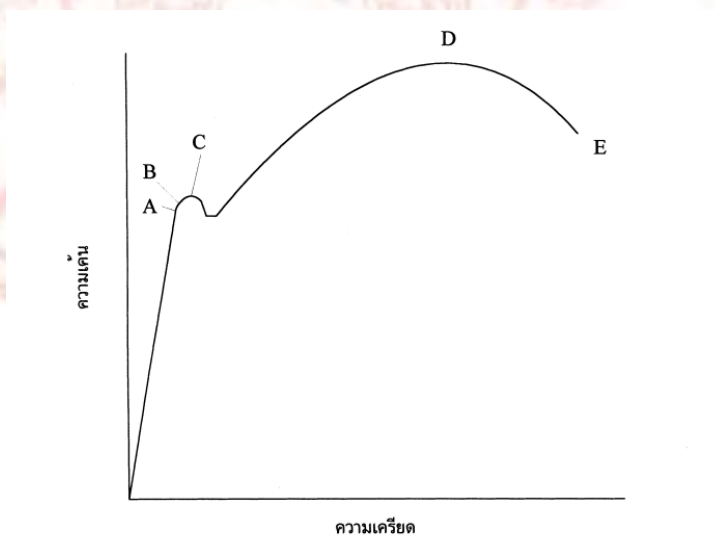
h = ระยะห่างระหว่างระนาบ

θ = มุมที่เปลี่ยนไป

จะเห็นว่าค่าของความเครียดทั้งสองแบบไม่มีหน่วย เพราะตัวตั้งและตัวหารมีหน่วยเป็นความยาวอยู่แล้ว

2.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด (Stress-Strain Relationship)

สามารถแสดงได้โดยใช้เส้นโค้งความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain Curve) ซึ่งได้จากการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) โดยจะทำการพลอตค่าของความเค้นในแกนตั้งและความเครียดในแกนนอน การทดสอบแรงดึงไม่เพียงแต่ให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด แต่ยังช่วยแสดงถึงความสามารถในการรับแรงดึงของวัสดุ, ความเปราะหีนียว (Brittleness) และความเหนียว (Ductility) ของวัสดุ รวมถึงสามารถใช้อธิบายถึงความสามารถในการขึ้นรูป (Formability) ของวัสดุในบางกรณีอีกด้วย



ภาพที่ 2-8 เส้นโค้งความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain Curve) แบบมีจุดคราก (Yield Point)

Supachai, S. (2011)

2.3 แนวคิดและทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method; FEM หรือ Finite Element Analysis; FEA) คือวิธีการที่ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในด้านพฤติกรรมของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้าง (Structural), ความร้อน (Heat Transfer), หรือการไหลของของไหล (Fluid Flow) ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนด โดยการใช้การแก้ปัญหาแบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (Partial Differential Equation) ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Methods) เพื่อหาผลลัพธ์ที่ประมาณของปัญหาที่กำหนด โดยอาศัยการคำนวณผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

2.3.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ปัญหาพื้นฐานคือการสร้างสมการที่สามารถประมาณค่าสมการที่กำลังศึกษาภายใต้เงื่อนไขที่มีความแน่นอนทางตัวเลข ซึ่งหมายความว่าความคลาดเคลื่อนในข้อมูลที่นำเข้ามา (input) และในการคำนวณระหว่างกลางจะต้องไม่ถูกนำมาคำนึง เพราะหากรวมเข้าไปอาจทำให้ข้อมูลส่งออก (output) ไม่มีความหมาย วิธีการแก้ปัญหานี้มีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) เป็นทางเลือกที่ดีในการแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยในขอบเขตที่ซับซ้อน (complex domains) เช่น ในการออกแบบรถยนต์หรือท่อส่งน้ำมัน ซึ่งขอบเขตเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ในช่วงของปฏิกิริยาโซลิดสเตทที่มีขอบเขตที่เคลื่อนที่ (solid state reaction with a moving boundary) หรือเมื่อผลลัพธ์ที่ต้องการมีการเปลี่ยนแปลงตลอดขอบเขต หรือเมื่อผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีความราบเรียบ

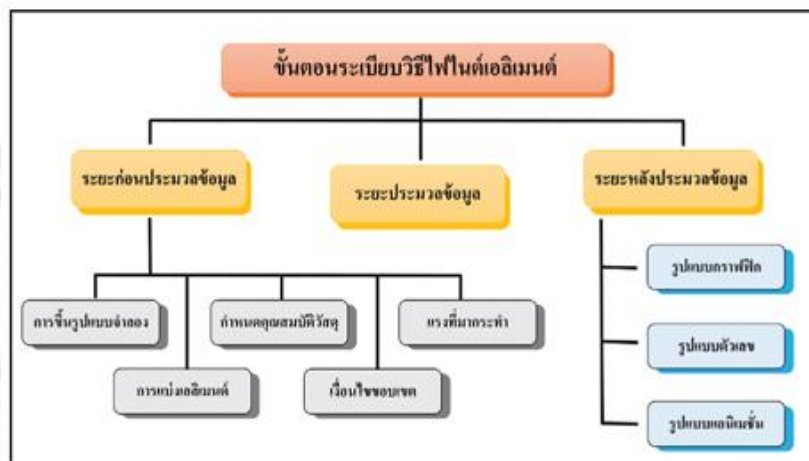
ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะเห็นได้ว่าเป็นรูปแบบ หนึ่งของการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมของชิ้นงานหรือ วัสดุในระดับโครงสร้างภายใต้สภาวะที่ต้องการศึกษาที่ได้รับ ความนิยมอย่างแพร่หลาย

2.3.2 ข้อดี และข้อจำกัดในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ข้อดีของการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย ในการขึ้นรูปแบบจำลองทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และเป็นเสมือนโครงสร้างจริง ส่งผลให้ในการคำนวณแม่นยำมากขึ้น ทดลองซ้ำได้ไม่จำกัดจำนวนครั้ง ปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ (parameter) ได้สะดวกเป็นไปตามคุณสมบัติ ที่แท้จริงของวัสดุที่ต้องการศึกษา การกำหนดทิศทางและปริมาณของแรงที่กระทำต่อวัสดุได้ ซึ่งสามารถศึกษาพฤติกรรมของวัสดุที่สถานะทางกายภาพแตกต่างกันทั้งของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ประเมินผลลัพธ์ได้หลายรูปแบบอย่างเช่น ความเค้น (stress) ความเครียด (strain) การเคลื่อนขยับ (displacement) การถ่ายเทความร้อนของกลศาสตร์ของไหล (fluid mechanic) เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยลดเวลาในการสร้างสถานการณ์จำลองจริง การสร้างแบบจำลองต้นแบบ เวลาในการทดสอบ และค่าใช้จ่ายในงานวิจัย (4-7) CM Dent J Vol. 39 No. 3 2018 ข้อดีดังกล่าวนี้ทำให้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธีที่นิยมใช้งานถึงปัจจุบัน โดยใช้ศึกษารูปแบบความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นภายในวัสดุเมื่อมีแรงที่กระทำขณะใช้งาน ทำให้ผู้วิจัยทราบพฤติกรรมเชิงกลต่อการตอบสนองของวัสดุ และยังสามารถพัฒนาการออกแบบให้มีความสอดคล้องกับสภาวะจริงเพิ่มขึ้นอีก แม้ว่าการศึกษาพฤติกรรมของวัสดุด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นมีข้อดีหลายประการ แต่ผู้วิจัยควรตระหนักเสมอว่าความถูกต้องแม่นยำของผลการศึกษาโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ขึ้นกับความถูกต้องในการสร้างแบบจำลอง

อีกทั้งควรมีวิธีการทดสอบอื่นๆ ช่วยยืนยันผลจากการวิเคราะห์ข้อจำกัดการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีการขึ้นรูปแบบจำลองดิจิทัลทำได้ยากต้องอาศัยทักษะและประสบการณ์มากพอ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณต้องมีประสิทธิภาพสูง โดยแบบจำลองที่ได้ อาจไม่เหมือนสภาวะจริงอย่างสมบูรณ์ ความคลาดเคลื่อนในการสร้างแบบจำลองเป็นสาเหตุสำคัญ



ภาพที่ 2-9 แสดงขั้นตอนระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ Duangrattanaprathip, (2018)

แผนภาพแสดงสัณฐานต่างๆ ของขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ทำให้ผลการศึกษาแตกต่างไปจากความเป็นจริง เนื่องจากการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตไม่อาจครอบคลุมสภาวะจริงได้ทั้งหมด ไม่สามารถถ่ายทอดผ่านการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ จึงควรมีการทดสอบอื่น เช่น การศึกษาในห้องปฏิบัติการ หรือการศึกษาในสัณฐานทดลอง เพื่อยืนยันผลการศึกษาาร่วมด้วยเสมอ

2.3.3 ขั้นตอนระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

องค์ประกอบพื้นฐานการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) ที่สำคัญ ประกอบด้วย แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ (geometry), ค่าเฉพาะของวัสดุที่ต้องการศึกษา (material parameters), เงื่อนไขขอบเขต (boundary conditions) และแรงที่มากกระทำ (loads) ในการศึกษาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้น แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ระยะก่อนประมวลข้อมูล (pre-processing phase), ระยะประมวลข้อมูล (solution phase), และระยะหลังประมวลข้อมูล (post-processing phase)

2.3.4 ระยะก่อนประมวลข้อมูล

ขั้นตอนการเตรียมแบบจำลองก่อนเข้าสู่ขั้นตอนประมวลผลซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องและแม่นยำในการวิเคราะห์ แบบจำลองที่ดีควรมีความเหมือนหรือใกล้เคียงสภาวะจริงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ทั้งมิติรูปร่างและคุณสมบัติเชิงกล เพื่อให้ผลลัพธ์ของพฤติกรรมตอบสนองต่อสภาวะที่กำหนดนั้นใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริงมากที่สุด แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นได้ทั้งแบบสองมิติหรือสามมิติขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยแบบจำลองสามมิติให้คุณภาพเสมือนจริง ปฏิบัติการตอบสนองเชิงชีวกลศาสตร์ที่แม่นยำมากกว่าแบบจำลองสองมิติ แต่การสร้างแบบจำลองสามมิตินั้นมีกระบวนการขึ้นรูปซับซ้อนมากกว่า ต้องอาศัยความชำนาญและเทคโนโลยีขั้นสูง วิธีการสร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธี

ไฟไนต์เอลิเมนต์ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญได้แก่ การขึ้นรูปแบบจำลอง การแบ่งเอลิเมนต์ การกำหนดคุณสมบัติวัสดุ เงื่อนไขขอบเขต และแรงที่มากระทำ

ก. การขึ้นรูปแบบจำลอง (Model Simulation) คือการสร้างแบบจำลองโดยการวาดหรือจำลองรูปทรงของวัตถุด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น AutoCAD, SolidWorks, Rhino 3D, Pro/Engineer เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคการถ่ายภาพหรือการกราดผิว (Scan) วัตถุต้นแบบหรือวัสดุต้นแบบที่เป็นเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตโดยใช้เครื่องกราดผิวสามมิติ หรือเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan, micro CT scan) สำหรับวัสดุต้นแบบที่เป็นสิ่งไม่มีชีวิตสามารถใช้เครื่องสแกนเนอร์สามมิติแบบเลเซอร์ (3-D Laser Scanner) ได้ เครื่องกราดผิววัตถุสามารถใช้ได้ทั้งในช่องปากและนอกช่องปาก ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการ และรูปร่างของวัตถุต้นแบบข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการขึ้นรูปแบบจำลองจะถูกเก็บในรูปแบบดิจิทัลที่เรียกว่า DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) จากนั้นจะนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรม SolidWorks เพื่อสร้างแบบจำลองดิจิทัลสำหรับการวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM).

ข. การแบ่งเอลิเมนต์ (Meshing Model) เป็นขั้นตอนในการแก้ปัญหาคำนวณการทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Discretization) โดยการแบ่งรูปร่าง (Meshing Geometry) และขอบเขตของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็นชิ้นส่วนย่อยที่เรียกว่า เอลิเมนต์ (Element) ซึ่งมีขนาดเล็กลง เพื่อให้ง่ายและสะดวกในการคำนวณ แต่ละเอลิเมนต์จะมีคุณสมบัติเฉพาะทางกายภาพ เช่น ความหนา, ความหนาแน่น, โมดูลัสของยัง (Young's Modulus) และอัตราส่วนปัวซอง (Poisson Ratio) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ต้องการศึกษาเอลิเมนต์ที่ถูกแบ่งจะมีรูปแบบความสัมพันธ์ฟังก์ชันการประมาณภายใน (Interpolation Functions) ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับรูปร่าง, ขอบเขต และจำนวนจุดต่อของเอลิเมนต์ที่ติดกัน โดยใช้จุดต่อร่วมกันที่มีขอบเป็นขอบเขตเชื่อมต่อกันระหว่างจุดต่อของเอลิเมนต์ จุดต่อเหล่านี้ไม่เพียงแต่จะอยู่บริเวณมุมของเอลิเมนต์ แต่ยังอยู่บนขอบที่เชื่อมต่อกันระหว่างจุดต่อสองจุด ซึ่งเรียกว่าจุดต่อกลาง (Midside Node) ดังในภาพที่ 2-10 การเพิ่มจำนวนจุดต่อในแบบจำลองช่วยให้การวิเคราะห์ผลมีความแม่นยำมากขึ้น ขึ้นอยู่กับความจำเป็นในรูปแบบการวิเคราะห์แบบจำลองการเลือกจำนวนจุดต่อและรูปแบบของเอลิเมนต์ที่เหมาะสมกับแบบจำลองศึกษา มีผลต่อการเลือกสมการเชิงอนุพันธ์ที่ใช้ในจุดต่อและฟังก์ชันการประมาณภายใน การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและการถ่ายทอดพลังงานที่เกิดขึ้น เมื่อวัสดุมีแรงมากระทำ ปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบลักษณะของเอลิเมนต์เพื่อให้การจำลองผลลัพธ์ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด ซึ่งถือเป็นหลักสำคัญในการทำให้กระบวนการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีความแม่นยำและเหมาะสมกับปัญหาที่กำหนด.

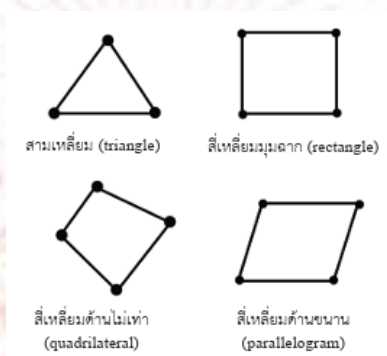


ภาพที่ 2-10 ก ภาพแสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ (มี 2 จุดต่อ) ข ภาพแสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ และมีจุดเชื่อมกลาง (มี 3 จุดต่อ) Duangrattanapraphip, (2018)

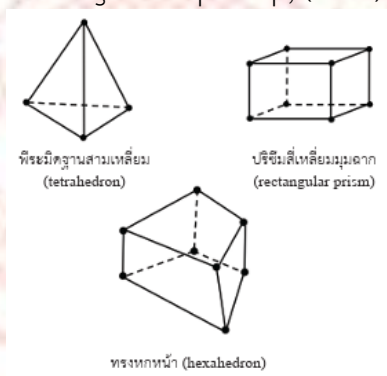
จากการศึกษาที่ผ่านมาสามารถจำแนกรูปร่างและความสัมพันธ์ของจุดต่อได้ดังนี้

1) รูปร่างเอลิเมนต์ 1 มิติ ได้แก่ ลักษณะเชิงเส้น (linear) เช่น คาน (beam) โครงถัก (truss) คานประกอบ ด้วย 3 จุดต่อ (quadratic beam) คานประกอบด้วย 4 จุด ต่อ (cubic beam)

2) รูปร่างเอลิเมนต์ 2 มิติ ได้แก่ เอลิเมนต์พื้นที่เชิงเส้น เป็นระนาบความเค้น ความเครียด ลักษณะเป็นแผ่น (plate) หรือเปลือกบาง (shell) มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม รูปร่างต่าง ๆ (รูปที่ 3)



ภาพที่ 2-11 สี่เหลี่ยมด้านขนาน (parallelogram) ภาพแสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 2 มิติ Duangrattanapraphip, (2018)



ภาพที่ 2-12 แสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ Duangrattanapraphip, (2018)

3) รูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ ได้แก่ เอลิเมนต์ปริมาตรอาจเป็นโครงสร้างพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (tetrahedron) ปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก (rectangular prism) หรือทรงหกหน้า (hexahedron)

สำหรับการเลือกรูปร่างของหน่วยย่อยจะพิจารณาตาม ประเภทของแบบจำลอง กรณีสร้างแบบจำลองประเภทสองมิติให้เลือกใช้เอลิเมนต์ย่อยรูปสามเหลี่ยม หรือรูปสี่เหลี่ยม และการจำลองประเภทสามมิติให้เลือกใช้เอลิเมนต์ย่อยพีระมิด ฐานสามเหลี่ยม ปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก หรือทรงหกหน้า เมื่อแบบจำลองถูกแบ่งเป็นหน่วยย่อยแล้วควรมีรูปร่างที่ใกล้เคียงกับรูปร่างเดิมมากที่สุด จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าการศึกษาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในทางทันตกรรม นิยมใช้หน่วยย่อยลักษณะพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

รูปร่างของเอลิเมนต์และความสัมพันธ์ของจุดเป็นได้ ทั้งหนึ่ง สอง และสามมิติ ซึ่งรวมทั้งขนาดและจำนวนของเอลิเมนต์ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลต่อรูปแบบการกระจาย ความเค้นและความเครียดภายในวัสดุที่ต้องการศึกษาในการปรับขนาดเอลิเมนต์ (mesh refinement) ที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงจะส่งผลต่อรูปร่างจำนวนจุดต่อ (node) จำนวนเอลิเมนต์และระดับขั้นความเสรี (degree of freedom) เปลี่ยนไปจุดสัมผัสระหว่างผิววัสดุที่มากจะสามารถปรับได้ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมได้ดียิ่งขึ้น ทำให้โอกาสเกิดการบิดเบี้ยว (distortion) การเคลื่อนขยับของเอลิเมนต์ลดน้อยลง ทำให้การประมวลข้อมูลแม่นยำเพิ่มขึ้นอาจใช้เวลาในการประมวลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์มากขึ้น การปรับความละเอียดของเอลิเมนต์เฉพาะตำแหน่งที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งขนาดของเอลิเมนต์ที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับประเภทการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การปรับขนาดเอลิเมนต์ให้เล็กลงจะช่วยลดความผิดพลาด และช่วยให้การจำลองสถานการณ์ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงมากขึ้นดังนั้นควรคำนึงถึงศักยภาพอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้

ค. การกำหนดคุณสมบัติและพฤติกรรมวัสดุ การกำหนดคุณสมบัติและความสัมพันธ์ของแต่ละหน่วยย่อยตามลักษณะของพฤติกรรมและคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ต้องการศึกษาเบื้องต้นหลังแบ่งแบบจำลองเป็นเอลิเมนต์ ในแต่ละเอลิเมนต์จะมีลักษณะเหมือนกันวัสดุ อีกระยะที่แยกจากกัน จำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติและความสัมพันธ์ของแต่ละเอลิเมนต์ตามพฤติกรรมเชิงกล และคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุให้ใกล้เคียงกับลักษณะจริงของวัสดุชนิดนั้นๆ รวมถึงการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของวัตถุที่ต้องการศึกษาให้วัตถุเคลื่อนขยับ หยุดนิ่ง หรือมีแรงมากระทำบริเวณใดด้วยขนาดของแรงเท่าใด มีตำแหน่งถ่ายเท แรงระหว่างแต่ละหน่วยย่อยมีลักษณะเป็นจุดหรือเป็นพื้นที่ เพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีพฤติกรรมในระดับโครงสร้าง ที่สอดคล้องกับสภาวะที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด

2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

“ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” (Learning Achievement) เป็นผลที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในการจัดการศึกษาให้กับนักเรียนโดยนักเรียนได้ให้ความสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลที่สามารถบอกถึงคุณภาพการศึกษาของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

2.4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง การเปลี่ยนแปลงในด้านความรู้ ความเข้าใจ ความสามารถ และทักษะทางวิชาการ รวมถึงสมรรถภาพทางสมองและประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับจากการเรียนการสอน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถแสดงออกมาได้ผ่านคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการทดสอบจะสะท้อนถึงการเรียนรู้และพัฒนาการทางด้านวิชาการที่นักเรียนได้จากการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2530 : 29)

Good (1973, p.7) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ (Achievement) หมายถึง ความสำเร็จหรือความคล่องแคล่วในการใช้ทักษะหรือการประยุกต์ใช้ความรู้ต่างๆ ที่ได้เรียนรู้และฝึกฝนจนเกิดความชำนาญ ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) หมายถึง ความรู้หรือทักษะที่เกิดจากการเรียนรู้ในวิชาต่างๆ ซึ่งสามารถวัดได้จากผลการทดสอบที่จัดทำโดยครูผู้สอนหรือผู้รับผิดชอบในการสอน หรืออาจจะรวมถึงการประเมินผลจากทั้งสองฝ่ายร่วมกัน

อรรถัย จันใด (2553, หน้า 18) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความรู้และความสามารถในการเข้าถึงและประยุกต์ใช้ความรู้หรือทักษะต่างๆ ที่เกิดจากการกระทำที่มีการประสานกัน ซึ่งต้องอาศัยความพยายามอย่างมากในด้านต่างๆ ทั้งในด้านสติปัญญาและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะถูกแสดงออกในรูปแบบของความสำเร็จ ซึ่งสามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยาหรือแบบทดสอบที่ออกแบบมาเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชนิดา ยอดสาลี และ กาญจนา บุทสง (2559, หน้า 13) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความรู้หรือทักษะที่ได้จากการใช้สติปัญญาและสมรรถภาพทางสมองที่ได้รับจากการสอน ซึ่งแสดงออกในรูปแบบของความสำเร็จ โดยสามารถวัดได้จากการแสดงออกใน 3 ด้าน ได้แก่ พุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย และใช้แบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาที่เรียน

ดังนั้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในที่นี้ หมายถึง ผลที่เกิดจากการกระทำของบุคคล เป็นการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมโดยเป็นผลมาจากการได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง หรือจากการเรียนการสอนในชั้นเรียน ซึ่งสามารถประเมินหรือวัดประมาณได้จากการทดสอบหรือการสังเกตพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป

2.4.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการด้านการศึกษาค้นคว้าให้ความหมายเกี่ยวกับ “การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” ไว้ดังนี้ บุญชม ศรีสะอาด (2544) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง การประเมินความสามารถของนักเรียนหลังจากการเรียนการสอนในแต่ละหน่วยหรือวิชาจบลง เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละรายวิชามีมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการพัฒนาแนวทางการเรียนการสอนต่อไป โดยการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล การสร้างแบบทดสอบมักเป็นแบบสอบหรือเลือกตอบ เนื่องจากเป็นแบบทดสอบที่สะดวกและรวดเร็วในการให้คะแนน และสามารถปรับปรุงให้มีคุณภาพและมาตรฐานสูง รวมทั้งสามารถเก็บข้อมูลได้อย่างเที่ยงตรงและมีความเชื่อมั่นสูง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงกลุ่ม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงเกณฑ์

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2562) อธิบายว่า การวัดผล (Measurement) คือ การกำหนดตัวเลขให้กับวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ หรือพฤติกรรมต่าง ๆ หรืออาจใช้เครื่องมือไปวัดเพื่อให้ได้ตัวเลขแทนคุณลักษณะต่าง ๆ การวัดผลแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- 1) วัดทางตรง การวัดคุณลักษณะที่ต้องการโดยตรง เช่น การวัดส่วนสูง น้ำหนัก เป็นต้น ซึ่งมาตรวัดจะอยู่ในระดับ Ratio Scale ที่สามารถเปรียบเทียบและมีจุดเริ่มต้นที่เป็นศูนย์แท้จริง
- 2) วัดทางอ้อม การวัดคุณลักษณะที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง ต้องใช้กระบวนการทางสมอง เช่น การวัดความรู้ เจตคติ หรือบุคลิกภาพ เป็นต้น ซึ่งมาตรวัดจะอยู่ในระดับ Interval Scale ที่มีความห่างเท่ากันระหว่างหน่วยแต่ละหน่วย แต่ไม่มีจุดเริ่มต้นที่เป็นศูนย์แท้จริง

2.1) ด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) เช่น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดเชาวน์ ปัญญา วัดความถนัดทางการเรียน หรือวัดความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

2.2) ด้านความรู้สึก (Affective Domain) เช่น การวัดความสนใจ เจตคติ บุคลิกภาพ ความวิตกกังวล หรือจริยธรรม เป็นต้น

2.3) ด้านทักษะกลไก (Psychomotor Domain) เช่น การเคลื่อนไหว การปฏิบัติโดยใช้เครื่องมือ เป็นต้น

สรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง การประเมินความสามารถของผู้เรียน หลังจากการจัดการเรียนการสอนในแต่ละหน่วย เพื่อให้ทราบถึงพัฒนาการของนักเรียนว่ามีความรู้ และความสามารถเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยใช้แบบทดสอบต่าง ๆ เช่น แบบทดสอบ แบบฝึกหัด การสังเกต หรือใบงาน ซึ่งจะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถประเมินผลและติดตามความก้าวหน้าของนักเรียนได้ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงกลุ่ม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงเกณฑ์

2.4.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการด้านการศึกษาค้นคว้าให้ความหมายของ “แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” ไว้ดังต่อไปนี้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) อธิบายว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความรู้ของนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักจะประกอบไปด้วยคำถามที่ให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอ หรือการให้ปฏิบัติจริงเพื่อทดสอบความเข้าใจและทักษะที่ได้เรียนมา

ศิริพร มาวรณ (2546) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองในด้านต่าง ๆ เพื่อประเมินความสำเร็จทางวิชาการของนักเรียนว่ามีความรู้หรือความสามารถมากน้อยเพียงใดจากการเรียนการสอนที่ได้รับ

สมนึก ภัททิยธนี (2546) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพทางสมองต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนได้รับการเรียนรู้มาแล้ว โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐาน เนื่องจากครูต้องทำหน้าที่ในการวัดผลนักเรียน โดยการเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการสอนที่ครูได้จัดการเรียนการสอน ซึ่งแบบทดสอบที่ครูสร้างมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง เป็นข้อสอบที่มีคำถามให้แก่ผู้เรียนแล้วให้เขียนตอบอย่างเสรี โดยนักเรียนสามารถบรรยายตามความรู้และความคิดเห็นของตนเองได้

2. ข้อสอบแบบถูก-ผิด เป็นข้อสอบที่มีตัวเลือก 2 ตัวเลือก ซึ่งมักจะเป็นคำที่มีความหมายตรงข้ามกัน เช่น ถูก-ผิด, ใช่-ไม่ใช่, จริง-ไม่จริง เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ เป็นข้อสอบที่มีประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ และให้ผู้ตอบเติมคำหรือประโยคลงในช่องว่างเพื่อให้เนื้อหา มีความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เป็นข้อสอบที่คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันตรงที่ข้อสอบนี้จะมีคำถามเป็นประโยคสมบูรณ์ และให้ผู้ตอบเขียนคำตอบที่สั้นและกะทัดรัด โดยไม่เป็นการบรรยายเหมือนข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบเลือกตอบประเภทหนึ่งที่มีคำหรือข้อความใน 2 ชุดแยกจากกัน จากนั้นให้ผู้ตอบเลือกจับคู่คำหรือข้อความจากชุดหนึ่ง (ตัวยืน) กับคำหรือข้อความจากชุดอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนด

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตอนนำหรือคำถาม และตอนเลือกที่มีตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง โดยปกติจะมีคำถามที่ให้ผู้ตอบเลือกคำตอบที่ถูกต้องจากตัวเลือกที่มี

สมพร เชื้อพันธ์ (2547) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้ในการวัดความสำเร็จหรือความสามารถของนักเรียนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้สอน โดยการทดสอบนี้จะช่วยให้ทราบว่า นักเรียนสามารถบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ได้มากน้อยเพียงใด

สรุปได้ว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความรู้หรือความสามารถของผู้เรียนหลังจากที่ได้ผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนจากครู ซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะได้รับการออกแบบตามบริบทของวิชาและสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบทดสอบที่เป็นปรนัย แบบทดสอบที่เป็นอัตนัย และแบบทดสอบที่เป็นการฝึกปฏิบัติ หรือการสร้างชิ้นงานจริง

2.4.4 การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้ศึกษาได้วิเคราะห์จากนักวิชาการได้ลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบมีดังนี้ (สุทธิวรรณ พิศักดิโสภณ, 2562)

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้ชัดเจนว่า จะสอบเพื่ออะไร สอบกับใคร และในระดับชั้นใด

2. กำหนดลักษณะของสิ่งที่จะวัด ในการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วัดต้องรู้ว่าสิ่งที่ต้องการจะวัดนั้นคืออะไร เช่น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วัดต้องทราบว่าในสาระของกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์นี้มีจุดมุ่งหมายการเรียนการสอนอย่างไร ประกอบด้วยเนื้อหาใดบ้าง และต้องการให้ผู้เรียนบรรลุพฤติกรรมใดบ้าง พฤติกรรมเหล่านั้นเป็นอย่างไร โดยอาจศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา และทฤษฎีต่าง ๆ ในขั้นตอนนี้อาจพิจารณาจากตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่ได้ทำไว้แล้ว

3. กำหนดชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด การกำหนดชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัดนั้นต้องพิจารณาจากคุณลักษณะของสิ่งที่เราจะวัดว่า คืออะไร ซึ่งสามารถดูได้จากตารางวิเคราะห์หลักสูตร และต้องพิจารณาด้วยว่าวัดพฤติกรรมใด จะวัดกับใคร ที่ไหน เมื่อไร อย่างไร เพราะเครื่องมือที่ใช้วัดมีหลายชนิด แต่ละชนิดก็เหมาะสมกับคุณลักษณะที่จะวัดต่างกัน ดังนั้นผู้สร้างต้องรู้ลักษณะของเครื่องมือแต่ละชนิดด้วย

4. เขียนข้อสอบ เมื่อกำหนดได้แล้วถึงชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ ก็เริ่มลงมือเขียนข้อสอบโดยเขียนให้สอดคล้องกับคุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดและให้ถูกต้องตามหลักวิชาของการเขียนข้อสอบแต่ละชนิด

5. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไข เมื่อเขียนข้อสอบเสร็จแล้ว ควรให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญควรประกอบด้วยบุคคล 2 ฝ่าย คือ ผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระวิชา

และผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ทางด้านวัดผลเพื่อพิจารณาคำถามและคำตอบว่าถูกต้องตามหลักวิชาหรือไม่ ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ อีกทั้งภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบถูกต้องตามหลักวิชาหรือไม่

6. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไข เมื่อเขียนข้อสอบเสร็จแล้ว ควรให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญควรประกอบด้วยบุคคล 2 ฝ่าย คือ ผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระวิชา และผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ทางด้านวัดผลเพื่อพิจารณาคำถามและคำตอบว่าถูกต้องตามหลักวิชาหรือไม่ ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ อีกทั้งภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบถูกต้องตามหลักวิชาหรือไม่

7. สร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนน การสร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนน ก็เพื่อต้องการบอกให้ทราบว่าถ้าบุคคลใดสอบได้คะแนนเท่าไร เขาจะเป็นผู้ที่มีความสามารถหรือมีลักษณะพฤติกรรมอย่างไร

8. การเขียนรายงานและคู่มือการใช้ การเขียนรายงานและคู่มือการใช้จะทำให้ผู้นำไปใช้ได้ทราบถึงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบนั้น และรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการสอบว่าจะปฏิบัติอย่างไร คะแนนที่แต่ละคนสอบได้จะแปลความหมายอย่างไร ซึ่งจะเป็นข้อมูลให้ผู้เลือกใช้แบบทดสอบได้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายในการสอบด้วย

2.4.5 ชนิดของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการด้านการศึกษได้ให้ “ชนิดของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” ไว้ดังต่อไปนี้ ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538) อธิบายว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนไปแล้วซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริงซึ่งแบ่งแบบทดสอบประเภทนี้เป็น 2 ประเภทคือ

1) แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้นักเรียนได้เรียนในห้องเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่านักเรียนมีความรู้ในระดับใด และสามารถระบุได้ว่ามีความบกพร่องในส่วนไหน เพื่อให้ครูสามารถสอนซ่อมเสริมหรือเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียนในเนื้อหาต่อไป ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความต้องการของครูในการประเมินผล

2) แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่ได้สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาหรือจากครูที่สอนวิชานั้นๆ โดยผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้งจนมั่นใจในคุณภาพดี จึงสร้างเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการใช้แบบทดสอบนั้นๆ ซึ่งสามารถใช้ในการเปรียบเทียบผลการเรียนการสอนในเรื่องใดๆ ได้ แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือที่แสดงวิธีการสอบและมาตรฐานในการแปลคะแนน รวมถึงแนวทางในการใช้ข้อคำถามเพื่อวัดเนื้อหาหรือพฤติกรรมต่างๆ ใน 4 ด้าน

2.1) วัดด้านการนำไปใช้

2.2) วัดด้านการวิเคราะห์

2.3) วัดด้านการสังเคราะห์

2.4) วัดด้านการประเมินค่า

สันติ งามเสริมฐ (2553) อธิบายว่า การวัดและประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการศึกษา โดยทำหน้าที่ตรวจสอบ ติดตามผลการดำเนินการจัดการทุกระยะ ทำให้การจัดการศึกษาเป็นไปอย่าง

ครบถ้วนสมบูรณ์ การวัดและประเมินผลการศึกษา มีหลายรูปแบบตามสาระที่จำแนก ในที่นี้ผู้เขียนขอเสนอเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1) จำแนกตามจุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผล มีด้วยกัน 6 ประเภท ดังนี้

1.1) การวัดและประเมินผลเพื่อจัดตำแหน่ง (Placement) เป็นการตรวจสอบ ความรู้ของนักเรียนก่อนที่จะเรียนรู้ เพื่อต้องการทราบว่านักเรียนมีพื้นฐานความรู้ ความสามารถอยู่ใน ระดับใด หากพบว่านักเรียนยังไม่มีความรู้ในด้านนั้น ๆ หรือความรู้ยังไม่พอ จะต้องทำการปรับความรู้พื้นฐานก่อน แต่ถ้าพบว่า นักเรียนมีพื้นฐานความรู้ดีแล้วก็ไม่จำเป็นที่จะต้องเรียนเนื้อหา นั้น ๆ ซ้ำอีก ตัวอย่างของเครื่องมือในประเภทนี้ได้แก่ แบบสอบความพร้อม (Readiness Test) แบบสอบก่อนเรียน (Pretest) แบบสอบวัดความถนัด (Aptitude Test) เป็นต้น

1.2) การวัดและประเมินผลเพื่อคัดเลือก (Selection) เป็นการวัดและ ประเมินผลเพื่อ คัดเลือกคน โดยมีเกณฑ์การตัดสินผลและมีผลการตัดสินเป็น “รับ และ ไม่รับ” ไม่ว่าจะ เป็นการสอบคัดเลือกเข้าสถานศึกษา การสอบชิงทุนศึกษาต่อ การคัดเลือกคนเข้าทำงาน โดย เครื่องมือจะต้องมี ความยาก เนื่องจากต้องการคนเก่ง

1.3) การวัดและประเมินผลเพื่อวินิจฉัย (Diagnosis) เป็นการวัดและ ประเมินผลเพื่อ ค้นหาว่า นักเรียนเก่งหรืออ่อนเพราะเหตุใด เก่งหรืออ่อนในเรื่องอะไร เพื่อหาสาเหตุใน การพัฒนา และปรับปรุงการเรียนการสอนให้เหมาะกับนักเรียน ดังนั้นแบบสอบที่สร้างขึ้นจะต้องจัด ขั้นตอนหรือ เรื่องราวให้ละเอียด เพื่อที่จะได้ทราบว่าผู้เรียนมีจุดอ่อนในขั้นตอนใด หรือเรื่องใด

1.4) การวัดและประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบ (Assessment) เป็นการวัดและ ประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการของนักเรียน ว่ามีความเจริญงอกงามเพียงใด โดยการ เปรียบเทียบเป็นระยะ ๆ คนละช่วงเวลา อาจเป็นช่วงก่อนเรียน หลังเรียน และสิ้นสุดภาคเรียน แต่ก็ ต้องคำนึงถึงเนื้อหาที่วัดนั้นจะต้องเป็นเนื้อหาเดียวกัน เครื่องมือที่ใช้ได้เช่น แบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made Test) แบบสัมภาษณ์ (Interview) แบบสังเกต (Observe) เป็นต้น

1.5) การวัดและประเมินผลเพื่อพยากรณ์ (Prediction) เป็นการวัดและ ประเมินผลเพื่อ คาดคะเนล่วงหน้าว่าอนาคตจะสามารถเรียนได้สำเร็จหรือไม่ หรือควรเรียนต่ออะไร หรือประกอบ อาชีพอะไร ซึ่งจะช่วยให้เป็นสัญญาณเตือนให้คอยปรับปรุงหรือรักษาระดับการเรียนถ้าผล การเรียนไม่ดี ก็ควรต้องแก้ไขวิธีการเรียนเสียใหม่ ถ้าผลการเรียนอยู่ในระดับดีก็แสดงให้เห็นถึงวิธีการเรียนที่ เหมาะสม ควรพยายามรักษาระดับไว้ต่อไป เพื่อปรับปรุงพัฒนาให้เรียนดียิ่งขึ้น เครื่องมือ ประเภทนี้ ได้แก่ แบบสอบวัดความถนัด (Aptitude Test) เป็นต้น

1.6) การวัดและประเมินผลเพื่อประเมินค่า (Evaluation) เป็นการวัดและ ประเมินผล เพื่อสรุปคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนว่านักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ในรายวิชาหรือ ใน ระดับชั้นนั้นเพียงใด โดยนำผลการวัดทั้งหมดตลอดภาคเรียนมาเป็นข้อมูลในการตัดสินผลขั้น สิ้นสุดท้าย ในรูปของเกรด เช่น เกรด A-F หรือในรูปแบบของระดับคุณภาพ ได้แก่ ดีมาก ดี ผ่าน หรือ ได้ หรือ ตก เครื่องมือวัดประเภทนี้ได้แก่ แบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made Test) แบบสอบ มาตรฐาน (Standardized Test)

2) จำแนกตามขั้นตอนของกระบวนการเรียนการสอน แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1) การวัดและประเมินผลก่อนเรียน (Pre-Evaluation) เป็นการวัดและ ประเมินผล ก่อนที่จะมีการจัดการเรียนการสอนเกิดขึ้น เพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานและทักษะของ นักเรียนว่ามีความรู้เพียงพอที่จะเรียนวิชาใหม่หรือไม่ การสอบก่อนเรียนมิใช่เป็นการสอบเพื่อวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่เป็นการสอบเพื่อให้ครูผู้สอนทราบพื้นฐานความรู้ของนักเรียน เพื่อช่วยให้ ครูผู้สอนวางแผนการสอนได้อย่างเหมาะสม เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made Test) แบบสังเกต (Observe) แบบสัมภาษณ์ (Interview) เป็นต้น

2.2) การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Evaluation) เป็นการวัดและ ประเมินผลในระหว่างที่มีการจัดการเรียนการสอน เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของ นักเรียนว่าบรรลุ วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้หรือไม่ หากพบว่ามีความบกพร่องในเรื่องใด หรือ ในจุดประสงค์ใด เครื่องมือที่ใช้วัดประเภทนี้ได้แก่ แบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made Test) แบบสัมภาษณ์ (Interview) แบบสอบปากเปล่า (Oral Test) เป็นต้น

2.3) การวัดและประเมินผลหลังเรียน (Summative Evaluation) เป็นการวัด และ ประเมินผลหลังจากที่สิ้นสุดการเรียนการสอน เพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนว่ารอบรู้เนื้อหา มากน้อยเพียงใด มีความสามารถในระดับใด ควรตัดสินได้-ตก ผ่าน-ไม่ผ่าน หรือได้เกรดอะไร เครื่องมือที่ใช้วัดประเภทนี้ได้แก่ แบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made Test) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) เป็นต้น

3) จำแนกตามความหมายของคะแนน แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

3.1) การประเมินแบบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced) เป็นการนำคะแนนที่ได้ จากการทดสอบหรือผลงานของบุคคลใดบุคคลหนึ่งไปเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ได้ทำแบบทดสอบ ฉบับเดียวกันหรือได้ทำงานอย่างเดียวกัน การประเมินแบบอิงกลุ่มเป็นการใช้เพื่อจำแนกหรือจัดลำดับบุคคลในกลุ่มการประเมินแบบนี้มักใช้กับการประเมินเพื่อคัดเลือกเข้าศึกษาต่อในสถาบันการศึกษาต่าง ๆ หรือจัดลำดับอาวุโสของนักเรียนนายเรือ หรือภายหลังสำเร็จการศึกษาของนักเรียนนายเรือ

3.2) การประเมินแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced) เป็นการนำคะแนน ที่ได้จากแบบทดสอบหรือผลงานของบุคคลใดบุคคลหนึ่งไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ เช่น การประเมินระหว่างเรียนการสอนว่านักเรียนได้บรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่ได้กำหนดไว้หรือไม่

3.3) การประเมินแบบอิงเกณฑ์และอิงกลุ่ม (Norm-Criterion Referenced) เป็นการประเมินที่ผสมผสานกัน โดยมีแนวความคิดตั้งอยู่บนทฤษฎีที่ว่า “การเปรียบเทียบคะแนนของ ผู้เรียนกันเองภายในกลุ่มจะมีความสมบูรณ์ขึ้น ถ้านักเรียนได้มีความรู้ ความสามารถตามคุณสมบัติขั้น ต่ำแล้ว” กล่าวคือ เมื่อนักเรียนผ่านการตรวจสอบความรู้ ความสามารถขั้นต่ำระหว่างการเรียน การสอนแล้ว น่าจะทำให้การเปรียบเทียบคะแนนรวมภายในกลุ่มนักเรียนหลังเสร็จสิ้นการเรียนการสอนมีความเหมาะสม และสามารถตัดสินระดับการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

ดังนั้นสรุปได้ว่า ชนิดของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ครูออกแบบให้ เหมาะกับรายวิชาที่สอนหรือเป็นการนำแบบทดสอบที่มีผู้สร้างขึ้นมาใช้ เพื่อวัดในด้าน ความรู้ ความสามารถ และพฤติกรรมของนักเรียน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประพรรณ เกษหอม และ อีราพรรณ แซ่แห้ว (2567) ศึกษาเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการเรียนรู้เสริมความรู้ เรื่อง ความเค้นและความเครียดดึง สำหรับนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม ของวิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ พบว่า ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการพัฒนาชุดการเรียนรู้เสริมความรู้ เรื่อง ความเค้นและความเครียดดึง มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 88.75/84.67 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ 2) นักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยชุดการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดการเรียนรู้เสริมความรู้ เรื่อง ความเค้นและความเครียดดึง พบว่า โดยรวมนักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (= 4.54, S.D. = 0.52)

ตมิจ ด้วงอ่ำ และ สุรวุฒิ ยะนิล (2560) ศึกษาเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการหาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความสำคัญในระดับดีมาก ($\bar{X}$) มีค่าเฉลี่ยรวม คือ 4.54 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าเฉลี่ยรวม คือ 0.50 2) ผลการหาประสิทธิภาพ E1/E2 พบว่าประสิทธิภาพเท่ากับ 81.84/82.41 สูงกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80 และ 3) ผลการเปรียบเทียบของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ผลปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าควบคุม ผลการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัย ดังนั้นชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อาพิศรา ดวงธนู และจิตตรี พละกุล (2563) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องสมบัติทางกายภาพของวัสดุสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลประทานอนุเคราะห์ อำเภอนาย้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ผลการวิจัยพบว่า (1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ (E1/ E2) เท่ากับ 89.96/80.86 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) ผลความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

Bo Song and Brett Sanborn (2561) ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของความเค้นอัด-ความเครียดของวัสดุวิศวกรรมที่ได้มาจากวิศวกรรมที่คงที่และอัตราความเครียดที่แท้จริง พบว่า จากการทดลองที่อัตราวิศวกรรมคงที่และอัตราความเครียดจริง มีความเบี่ยงเบนเพียงเล็กน้อยระหว่างเส้นโค้งความเค้น-ความเครียดที่ได้จากการทดลองที่อัตราวิศวกรรมคงที่และอัตราความเครียดจริงเดียวกัน เส้นโค้งความเค้น-ความเครียดที่ได้จากการทดลองที่อัตราวิศวกรรมคงที่หรืออัตราความเครียดจริงสามารถแปลงจากแบบหนึ่งเป็นอีกแบบหนึ่งได้ ซึ่งทั้งสองแบบแสดงถึงการตอบสนองของวัสดุที่แท้จริง ไม่จำเป็นต้องระบุข้อกำหนดการทดสอบของอัตราวิศวกรรมคงที่หรืออัตราความเครียดจริงสำหรับการกำหนดลักษณะของคุณสมบัติของวัสดุ โดยให้ค่าทางวิศวกรรมคงที่หรืออัตราความเครียดจริงคงที่ไว้ระหว่างการทำทดลอง

สภาพร ศิริเล็ก (2560) ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ความเค้นเนื่องจากแรง-ความร้อนบนหัวเชื่อมอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่า อิเล็กทรอนิกส์ช่องขนานใช้ในการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก มีราคาสูง เนื่องจากมีขนาดเล็กและผลิตจากทั้งสแตน เมื่อมีใช้งานสักระยะเวลาหนึ่งจะเกิด การเสื่อมสภาพบริเวณพื้นที่ผิวสัมผัสของอิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลให้รอยเชื่อมที่เกิดขึ้นมีคุณภาพลดลง งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาพฤติกรรมการเชื่อมและวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพบน อิเล็กทรอนิกส์ช่องขนานจากแรงและความร้อนในกระบวนการเชื่อม ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ร่วมกับแบบจำลอง Electrical/Thermal/Mechanical บนซอฟต์แวร์ MSC Mentat ผลการศึกษาพบว่า ในการเชื่อมเกิดอุณหภูมิสูงสุดบนอิเล็กทรอนิกส์เท่ากับ 1,040.77 เคลวิน และ Normal Stress สูงสุด เท่ากับ 646.08 เมกะปาสคาล บริเวณขอบหน้าสัมผัสของอิเล็กทรอนิกส์ช่องขนานที่อยู่ติดกับบริเวณ การเกิดอุณหภูมิสูงสุดบนเส้นลวดทองแดง โดยความร้อนเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้เกิดความเค้นสูง ซึ่งความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่าความเค้นสูงสุดที่ทั้งสแตนจะต้านได้ จากการทดสอบแรงกด จึงไม่ทำให้อิเล็กทรอนิกส์เกิดการแตกหักหรือเสียรูปโดยทันที แต่หากอิเล็กทรอนิกส์มีการใช้งานมากขึ้น จะส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพเพิ่มมากขึ้นด้วย

เวชากิยะห์ วาน (2566) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริงโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นมีค่าเท่ากับ 76.70/75.20 เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 โดยคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) คะแนนเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.87, S.D. = 0.33) ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนผ่านสื่อที่จับต้องได้และมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์ในทุกขั้นตอนของการทำกิจกรรมช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของตนเองได้เป็นอย่างดี

จุฑามาศ มงคลสุภา และ สุชาวัลย์ หาญจรสุข (2568) ศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วัสดุธรรมชาติทำวิศวกรรมน้อย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า 1) ชุดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วัสดุธรรมชาติทำวิศวกรรมน้อย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยภาพรวมมีคุณภาพความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.86, S.D. = 0.23) 2) ผลการทดลองใช้ชุดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วัสดุธรรมชาติทำวิศวกรรมน้อย มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 21.334, p -value = .000)

กฤษฎาภรณ์ ศุภระมูล และคณะ 2566 ศึกษาเรื่อง การตรวจสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการออกแบบแชสซี สำหรับยานพาหนะการเกษตร ผลการทดลองพบว่าเมื่อเลือกใช้เหล็ก AISI 1035 ค่าความเค้นพอนมิชเชสมากสุดที่เกิดขึ้นที่บริเวณกึ่งกลางของแชสซีมีค่า 170.7 MPa ค่าความเครียด

สูงสุด 5.3×10^{-4} ค่าระยะขจัดสูงสุด 2.819 mm และค่าความปลอดภัยต่ำสุด 1.2 เมื่อเลือกใช้สแตนเลส SUS 304 ค่าความเค้นพอนมิชเซสมากสุดที่เกิดขึ้นที่บริเวณกึ่งกลางของแชสซีมีค่า 169.6 MPa ค่าความเครียดสูงสุด 5.058×10^{-4} ค่าระยะขจัดสูงสุด 2.681 mm และค่าความปลอดภัยต่ำสุด 1.42 ยานพาหนะเพื่อการเกษตรที่ออกแบบโดยเลือกใช้วัสดุทั้ง 2 ประเภทนี้มีความแข็งแรงเพียงพอในการนำไปใช้งานในสภาวะปกติ

วิเชียร จันทรชุม 2563 ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ปัญหาความเค้นใน 2 มิติด้วยวิธีสมูทไฟไนท์เอลิเมนต์จากการสร้างเอลิเมนต์รูปสี่เหลี่ยมใด ๆ แบบ 4 ส่วนย่อย พบว่า การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีสมูทไฟไนท์เอลิเมนต์โดยการสร้างความเครียดแบบสม่ำเสมอสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาความเค้นใน 2 มิติ ด้วยการสร้างเอลิเมนต์รูปสี่เหลี่ยมใด ๆ แบบ 4 ส่วนย่อย โดยทำการศึกษาผลของการสร้างโดเมนสม่ำเสมอแบบกำหนดอัตราส่วนความยาวของเอลิเมนต์ย่อยต่อความยาวของเอลิเมนต์หลักที่เท่ากันทั้งสองแกน จำนวน 3 ช่วงคือ 0.2-0.3, 0.3-0.4 และ 0.4-0.5 วิเคราะห์ร่วมกับการแบ่งโครงตาข่ายเอลิเมนต์จำนวน 5 ชุด คือ 16×4 , 24×6 , 32×8 , 40×10 และ 48×12 ตามลำดับ ปัญหาที่ใช้สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ เป็นปัญหาความเค้นในระนาบของคานยื่นปลายรับแรงกระทำซึ่งมีการกระจายตัวเป็นรูปพาราโบลาในแนวตั้งที่ปลายคานเป็นตัวอย่างในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีสมูทไฟไนท์เอลิเมนต์ (CS-FEM) โดยกำหนดจำนวนการแบ่งโครงตาข่ายของเอลิเมนต์หลักเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า สำหรับเอลิเมนต์สม่ำเสมออยู่ภายในเอลิเมนต์หลักนั้น ทำการแบ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมโดยขึ้นอยู่กับค่าของอัตราส่วนความยาวของเอลิเมนต์ย่อยต่อความยาวของเอลิเมนต์หลักร่วมกับการอาศัยหลักการความสมมาตรของรูปทรงแบบ semi-unit-cell ผลของการวิเคราะห์เชิงตัวเลขที่ได้ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎีของการเปลี่ยนตำแหน่ง (displacement) ความเค้นตั้งฉาก (normal stress) และความเค้นเฉือน (shear stress) ที่หน้าตัด $L/2$ และ $L/4$ ตามลำดับผลการวิจัยพบว่า ที่อัตราส่วนความยาวของเอลิเมนต์ย่อยต่อความยาวของเอลิเมนต์หลัก และจำนวนของโครงตาข่ายมีค่ามากที่สุดนั้น ค่าความแตกต่างของการเปลี่ยนตำแหน่งที่ปลายคานจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้ทางทฤษฎีมีค่าเป็นร้อยละ 0.09 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเค้นตั้งฉากที่ระยะ $L/2$ มีค่าเป็นร้อยละ 1.11 และที่ระยะ $L/4$ มีค่าเป็นร้อยละ 1.03 ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเค้นเฉือนในระนาบที่ระยะ $L/2$ มีค่าเป็นร้อยละ 2.26 ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนความยาวของเอลิเมนต์ย่อยต่อความยาวของเอลิเมนต์หลักในโครงตาข่ายที่หนาเบ ส่งผลให้การคำนวณค่าความเค้นตั้งฉากเข้าใกล้ค่าจากทฤษฎีได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ค่าความเค้นเฉือนนั้น การเพิ่มขึ้นของค่าอัตราส่วนดังกล่าว ไม่ได้ส่งผลให้ผลการคำนวณเข้าใกล้ค่าจากทฤษฎีอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าการเพิ่มจำนวนของการแบ่งเอลิเมนต์

ภาคิน ลอยเจริญ และคณะ (2563) แบบจำลองไฟไนท์เอลิเมนต์สำหรับการประเมินกำลังและพฤติกรรมการวิบัติของสมอยึดแบบใช้สาร์ยัดเหนียวในคอนกรีตร้าวและไม่ร้าว พบว่า ระบบฝังยึดแบบใช้สาร์ยัดเหนียวเป็นที่นิยมใช้ในงานต่อเติมและเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การทำนายกำลังและพฤติกรรมของระบบฝังยึดแบบใช้สาร์ยัดเหนียวในคอนกรีตจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในคอนกรีตร้าวที่มีความยุ่งยากในการศึกษาพฤติกรรมเชิงลึกจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ในงานวิจัยนี้แบบจำลองไฟไนท์เอลิเมนต์ในระบบสามมิติ ของระบบฝังยึดแบบใช้สาร์ยัดเหนียวทั้งในคอนกรีตไม่ร้าวและคอนกรีตร้าวจะถูกสร้างและถูกสอบเทียบกับ

ผลทดสอบตัวอย่างจริงจากงานวิจัยในอดีต ผลการสอบเทียบพฤติกรรมการวิบัติและค่าแรงดึงถอนสูงสุดพบว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ รูปแบบความสัมพันธ์ของแรงดึงถอนและการเคลื่อนที่ที่ปลายสมอยึดทั้งในช่วงก่อนและหลังจุดที่แรงดึงถอนมีค่าสูงสุดมีรูปแบบคล้ายคลึงกัน อีกทั้งยังพบว่าสมการ Uniform bond model สามารถทำนายค่าแรงดึงถอนสูงสุดในกรณีคอนกรีตไม่ร้าวได้ใกล้เคียงค่าที่ได้จากแบบจำลองมากที่สุด ส่วนในกรณีคอนกรีตร้าวที่มีระนาบการร้าววิ่งชนผิวสัมผัสระหว่างสารยึดเหนี่ยวกับคอนกรีต พบว่าอัตราส่วนของค่าแรงดึงถอนสูงสุดในกรณีคอนกรีตร้าวเทียบกับกรณีคอนกรีตไม่ร้าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อความยาวระยะฝังยึดมีค่ามากขึ้น

วรวิทย์ วรรณวิน และคณะ (2554) ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ความเข้มของความเค้นที่เกิดขึ้นภายในหัวรีฟอร์มโดยระเบียบวิธีไฟไนต์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งหัวรีฟอร์มมีลักษณะเป็น C-clamp ใช้ในการบีบอัดหน้าแปลนเสาเหล็กลำดับหลัง โปรแกรม SolidWorks และ Cosmos ใช้ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ตามลำดับ ผลการทดสอบจริงและวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีความคลาดเคลื่อน 8.1% สรุปว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาได้ ผลวิเคราะห์ที่ความดัน 230, 270, 300, 350 และ 380 bar พบว่า ความเข้มของความเค้นที่คอของหัวรีฟอร์มเท่ากับ 227, 265, 289, 354, 382 MPa และมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.3, 2.0, 1.8, 1.5, 1.38 ตามลำดับ ความเข้มของความเค้นจะแปรผันตรงตามค่าความดันที่ลดลง การเพิ่มรัศมีความโค้งเป็นแบบไม่คงที่ที่คอหัวรีฟอร์ม จะสามารถลดความเข้มของความเค้นลงได้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล เป็นการศึกษาที่บูรณาการการจัดการเรียนรู้จากรายวิชางานความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องความเค้นของวัสดุ มาใช้ร่วมกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดคำนวณ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและวางแผนวิธีการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2567 วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่เรียนในรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อใช้ทดสอบกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ผู้วิจัยได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

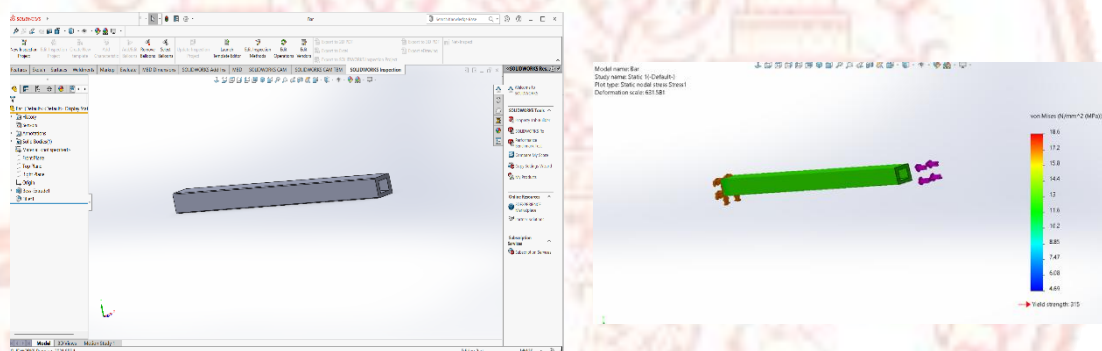
- 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 2) แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องความเค้นของวัสดุ

3.2.1 สร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อใช้ทดสอบกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยได้ทำการออกแบบเอกสารประกอบการจัดการเรียนการสอน ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำวิจัย โดยเอกสารจะประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ ใบเนื้อหา แบบฝึกหัด ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบเพื่อวัดทักษะของนักศึกษา ซึ่งมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่วิเคราะห์ไว้ โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้สอนในเนื้อหาภาคทฤษฎี มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

- 1) ศึกษาโครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีพุทธศักราช 2567 รายวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ และศึกษาเนื้อหาที่สอน วัตถุประสงค์ วิธีการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จากเอกสาร ตำรา งานวิจัย และบทความ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุด กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 2) รวบรวมข้อมูลและเนื้อหา เรื่องความเค้นของวัสดุ
- 3) เขียนโครงสร้างหรือรูปแบบในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 4) ออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการ เรียนรู้ ด้านการใช้ประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้
- 5) นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ผ่านการปรึกษาและตรวจสอบ มาปรับปรุงแก้ไขตามอาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำ
- 6) โปรแกรมที่ใช้สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้แก่ SolidWorks



ภาพที่ 3-1 โปรแกรม SolidWorks ที่นำมาสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

- 7) สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในชุดกิจกรรมการเรียนรู้จะระบุเกี่ยวกับหัวข้อ สำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาการเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้การสอน
- 8) นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่สร้างขึ้น สอบถามอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อปรับปรุงแก้ไขตามอาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำ
- 9) สร้างใบเนื้อหา แบบฝึกหัดระหว่างเรียน ให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ซึ่ง เนื้อหาที่นำมาสร้างสามารถค้นคว้าได้จาก ตำรา หนังสือ งานวิจัย ประสบการณ์ครูผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้เนื้อหาที่ถูกต้อง และมีความเหมาะสมกับผู้เรียน โดยเนื้อหาจะเรียงลำดับตามหัวข้อ และมีความเหมาะสมด้านระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน
- 10) นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขอย่างสมบูรณ์แล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพในแต่ละด้านต่อไป

การหาประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้ มีขั้นตอนดังนี้

1) การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมกับนักศึกษา 1-3 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือกิจกรรม หรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงสาระกิจกรรมระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยวนั้นจะได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุงแล้วจะสูงขึ้นมากก่อนนำไปทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม ทั้งนี้ E_1/E_2 ที่ได้จะมีค่าประมาณ 60/60

2) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับนักศึกษา 6-10 คน (คละผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางกับอ่อน) ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทดสอบประสิทธิภาพให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและประเมินผลลัพธ์ คือการทดสอบหลังเรียน และงานสุดท้ายที่มอบให้นักเรียนทำส่งก่อนสอบประจำหน่วยให้นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของนักศึกษาจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่าเกณฑ์โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10% นั่นคือ E_1/E_2 ที่ได้ จะมีค่าประมาณ 70/70

3) การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพชุดกิจกรรมกับนักศึกษาทั้งชั้นเรียน ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาว่า หงุดหงิด ทำหน้าฉงน หรือทำท่าทางไม่เข้าใจหรือไม่ หลังจากทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามแล้ว ให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำ และทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำกับนักศึกษาต่างกลุ่ม อาจทดสอบประสิทธิภาพ 2-3 ครั้ง จนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ ปกติไม่น่าจะทดสอบประสิทธิภาพเกินสามครั้ง ด้วยเหตุนี้ขั้นทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามจึงแทนด้วย 1:100

ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สามารถหาค่า E_1/E_2 ได้ดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556)

$$E_1 = \frac{\Sigma \times A}{N} \times 100 \quad (3-1)$$

- เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ
 $\Sigma \times$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบหรืองานที่ทำระหว่างเรียน
 A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน
 N คือ จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \frac{\Sigma \times B}{N} \times 100 \quad (3-2)$$

- เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
 ΣF คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน
 B คือ คะแนนเต็มของการประเมินหลังเรียนและประเมินงานสุดท้าย
 N คือ จำนวนผู้เรียน

3.2.1.2 แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ขั้นตอนในการสร้างแบบสอบถาม มีขั้นตอนต่อไปนี้

1) ศึกษาเนื้อหารายละเอียดของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อกำหนดประเด็นการตั้งข้อคำถาม

2) ศึกษาการเขียนข้อคำถาม โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งคือข้อคำถามเกี่ยวกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ส่วนที่สองคือแบบสอบถาม โดยให้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3) สร้างข้อคำถามให้ครอบคลุม โดยสร้างขึ้นเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) ซึ่งกำหนดค่าคะแนนเป็นระดับตามวิธีของลิเคอร์ท ใช้เกณฑ์ตามที่ Likert Scale กำหนดค่าระดับน้ำหนักคะแนน ดังนี้

- | | |
|-----------|--|
| 4.51-5.00 | หมายถึง ระดับความเหมาะสมเห็นด้วยมากที่สุด |
| 3.51-4.50 | หมายถึง ระดับความเหมาะสมเห็นด้วยมาก |
| 2.51-3.50 | หมายถึง ระดับความเหมาะสมเห็นด้วยปานกลาง |
| 1.51-2.50 | หมายถึง ระดับความเหมาะสมเห็นด้วยน้อย |
| 1.00-1.50 | หมายถึง ระดับความเหมาะสมเห็นด้วยน้อยที่สุด |

เกณฑ์การยอมรับคุณภาพ คือ ตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป

แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบ มีรายนามผู้เชี่ยวชาญ ดังต่อไปนี้

- 1) นายสุรพงษ์ พงษ์ศรี ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
 ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 2) นายบรรเจิด เปาจีน ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
 ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

- 3) นายณัฐวุฒิ ชังภัย ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 4) นายอดุล ชันแก้ว ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพพนมมณฑราชินีมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 5) นายปัญญา เชื้อคำจันทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพพนมมณฑราชินีมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

4) จัดพิมพ์แบบสอบถามความคิดเห็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ที่เกี่ยวข้อง

3.2.1.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องความเค้นของวัสดุ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาเอกสาร เนื้อหา ตำรา และกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในหัวข้อเรื่อง ความเค้นของวัสดุ
- 2) สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint) เพื่อสร้างข้อสอบได้ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องความเค้นของวัสดุ ที่ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ
- 4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องความเค้นของวัสดุ ที่สร้างขึ้น ตรวจสอบหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา ภาษาที่ใช้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ซึ่งใช้วิธีการตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง (Index of item – Objective Congruence) หรือ IOC และต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 (ลัวัน อังคณา. 2538) โดยผู้เชี่ยวชาญประเมิน จำนวน 5 ท่าน นำผลมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีรายนามผู้เชี่ยวชาญ ดังต่อไปนี้

- 1) นายสุรพงษ์ พงษ์ศรี ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 2) นายบรรเจ็ด เปาจีน ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 3) นายณัฐวุฒิ ชังภัย ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

- 4) นายอดุล ชันแก้ว ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพพนมมณฑราชินมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 5) นายปัญญา เชื้อคำจันทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพพนมมณฑราชินมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

โดยเกณฑ์การพิจารณาระดับค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม คำนวณจากสูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2553)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3-3)$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามเทียบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
 $\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญ
 N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

มีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หมายเหตุ : ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.50 - 1.00

5) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องความเค้นของวัสดุ ไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง

6) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก โดยทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาด้วยแบบทดสอบเรื่องความเค้นของวัสดุ ทั้ง 40 ข้อ โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$p = \frac{R}{N} \quad (3-4)$$

เมื่อ p คือ ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ
 R คือ จำนวนคนที่ทำข้อสอบถูก
 N คือ จำนวนคนผู้เข้าสอบทั้งหมด

หมายเหตุ : ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความยากง่าย (p) ที่นำมาใช้ ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 สูตรค่าอำนาจจำแนก

$$r = \frac{R_H - R_L}{N} \quad (3-5)$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
 R_H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูง (เก่ง) ที่ตอบข้อนั้น ๆ
 R_L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำ (อ่อน) ที่ตอบถูก

N คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

หมายเหตุ : ผลการตรวจสอบค่าอำนาจจำแนก (r) ที่นำมาใช้ ควรมีค่ามากกว่า 0.20

7) ได้คะแนนที่วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นแล้ว นำแบบทดสอบที่ผ่านการวิเคราะห์และคัดเลือกหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งหมด โดยใช้วิธีการของ (kuder – Richardson) KR-20 ดังนี้ (Ebel, R.L. and Frisbie. 1986)

$$r_{KR-20} = \left[\frac{K}{K-1} \right] \left[\frac{1-\sum pq}{S^2} \right] \quad (3-6)$$

เมื่อ r_{KR-20} คือ ค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งหมด

K คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ

S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

P คือ อัตราส่วนของผู้ตอบถูก

q คือ อัตราส่วนของผู้ตอบผิด

หมายเหตุ : โดยเกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบที่นำมาใช้เป็นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ควรมีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ผู้วิจัยเลือกใช้กลุ่มทดลอง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล จำนวน 20 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ โดยดำเนินการวิจัยดังนี้

3.3.1 การดำเนินการและเก็บผลการทดลองงานวิจัยการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

3.3.1.1 ติดต่อยื่นคำร้องขออนุมัติหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญในการทำวิจัยจากภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3.3.1.2 นำหนังสือเชิญขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญในการทำวิจัยส่งให้ผู้อำนวยการวิทยาลัยต่าง ๆ เพื่อขอความอนุเคราะห์และประสานงานในการเก็บข้อมูลงานวิจัย

3.3.1.3 ดำเนินการขอความอนุเคราะห์จากสถานศึกษา เพื่อขออนุญาตใช้สถานที่ บุคลากร และวัสดุอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลงานวิจัย

3.3.1.4 ทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง

3.3.1.5 ปรับปรุง แก้ไข และจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ฉบับสมบูรณ์

3.3.1.6 นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง โดยมีนักศึกษาจำนวน 20 คน เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เน้นทำกิจกรรมร่วมกันในชั้นเรียน และปรึกษาเรียนรู้ภาคทฤษฎีร่วมกัน แล้วทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากแบบทดสอบ และจากการวัดด้านทักษะการคำนวณตามโจทย์ที่ครูผู้สอนกำหนด โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบตรวจสอบรายการให้นักศึกษากลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน โดยแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 4 คน ได้ทั้งหมด 5 กลุ่ม จากนั้นครูผู้สอนดำเนินการสอนโดยการสร้างแรงจูงใจให้กับนักศึกษาโดยการนำเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยายถึงความสำคัญของความเค้นของวัสดุ จากนั้นทำการชี้แจงรายละเอียดของเนื้อหาที่นักศึกษาได้เรียนรู้ ตามหน่วยการเรียนรู้ที่จะต้องดำเนินการกิจกรรม จากนั้นนักศึกษาแต่ละกลุ่มจะต้องใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จากนั้นให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาข้อมูลด้วยตนเองและปฏิบัติตามวิธีการดำเนินงานของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จากนั้นดำเนินการทดสอบนักศึกษาโดยใช้แบบทดสอบภาคทฤษฎี เป็นแบบทดสอบปรนัย ดังนั้นจึงได้รูปแบบกระบวนการเรียนการสอนและการดำเนินงาน

3.3.1.7 ครูผู้สอนทำการชี้แจงรายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน เพื่อให้ นักศึกษาได้ทราบถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่นักศึกษาจะต้องเรียนรู้



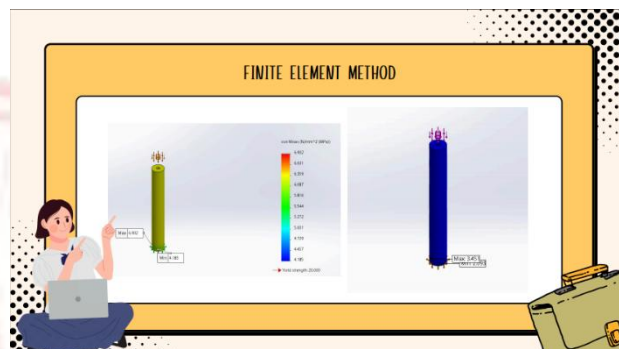
ภาพที่ 3-2 ครูผู้สอนทำการชี้แจงรายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอน

3.3.1.8 ครูผู้สอนใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ใช้ในการเรียนรู้ให้กับนักศึกษา เพื่อให้ นักศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองและสามารถทบทวนความรู้เดิมได้จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนส่งให้



ภาพที่ 3-3 ครูผู้สอนใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.3.1.9 นักศึกษาดำเนินการเรียนรู้ตามกลุ่ม ทำกิจกรรมและศึกษาข้อมูลผ่านชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ ทำการศึกษาข้อมูลจากเนื้อหาที่กำหนดให้ด้วยตนเอง และสมาชิกในกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน โดยมีครูผู้สอนคอยให้ความรู้ และให้คำปรึกษาแนะนำ



ภาพที่ 3-4 นักศึกษาดำเนินการเรียนรู้ทำกิจกรรมและศึกษาข้อมูลผ่านชุดกิจกรรมการเรียนรู้

3.3.2 การใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบประเมินผลการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 20 คน ซึ่งมีแบบแผนการทดลองในแบบ One Shot Case Study เป็นแบบแผนการวิจัยที่ไม่มีการทดสอบหรือวัดผลก่อนทำการทดลอง มีการผลเพียงครั้งเดียว วัดผลหลังการทดลอง (ศรีมาจ ญ วิเชียร, 2556) โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนทราบถึงเป้าหมายของการเรียนรู้ ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานวิจัยตามลำดับขั้นตอนดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แสดงแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดผลหลังการทดลอง

ตัวแปรจัดการกระทำ	หลังการทดลอง
X	O ₁

ความหมายสัญลักษณ์

X หมายถึง Experimental (การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน)

O₁ หมายถึง Observe (ระหว่างทำกิจกรรมวัดทักษะการทำงานเป็นทีม และหลังจากการทำกิจกรรม วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลและสูตรการหาคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

3.4.1 สถิติที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

3.4.1.1 การหาค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยใช้สูตรดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N} \quad (3-7)$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง
 $\sum x$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
 N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.4.1.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี. 2546)

$$S.D. = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}{n} \quad (3-8)$$

เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มทดลอง
 X_i คือ ผลรวมของข้อมูลแต่ละตัวหรือจุดกึ่งกลางชั้นแต่ละตัว
 n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มทดลอง
 $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

3.4.1.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับเกณฑ์ สถิติที่ใช้ในการทดสอบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test for one sample) (ชูศรี วงศ์รัตน์ , 2552)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad \text{โดยมี } df = n-1 \quad (3-9)$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
 μ_0 คือ เกณฑ์ร้อยละ 80
 s คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
 n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
 df คือ ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยและทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามหัวข้อรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

4.1.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สรุปในภาพรวม

4.1.2 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้

4.1.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้

4.1.4 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

4.1.5 ผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับเกณฑ์

4.1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

4.1.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเปียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สรุปในภาพรวม ซึ่งผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล สรุปในภาพรวม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.60	0.12	มากที่สุด
2. ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.60	0.14	มากที่สุด
3. ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.70	0.14	มากที่สุด
รวม	4.63		มากที่สุด

จากตารางที่ 4-1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด คือ ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.06) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละรายการประเมิน พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.06) รองลงมา คือด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.12) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.14) ตามลำดับ

4.1.2 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้			
1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ลำดับความสำคัญของเนื้อหาได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง	4.20	0.45	มาก
1.3 ปริมาณเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.40	0.55	มาก
1.4 เนื้อหาการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อระดับของผู้เรียน	4.40	0.55	มาก
1.5 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนชัดเจนผู้เรียนสามารถศึกษาเข้าใจได้ง่าย	4.60	0.55	มากที่สุด
1.6 เนื้อหามีความน่าสนใจ สร้างความสนใจให้กับผู้เรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
1.7 ความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.60	0.55	มากที่สุด
1.8 ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระยะเวลาเรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
1.9 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาบทเรียนได้ด้วยตนเอง	4.60	0.55	มากที่สุด
1.10 ความเหมาะสมของแบบทดสอบ	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.60		มากที่สุด

จากตารางที่ 4-2 พบว่าผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด คือ ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.12) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือข้อที่ 1.1 เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$, S.D. = 0.00) และข้อที่ 1.8 ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระยะเวลาเรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$, S.D. = 0.00) ค่าเฉลี่ยลำดับที่ 2 ได้แก่ข้อที่ 1.5 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนชัดเจน ผู้เรียนสามารถศึกษาเข้าใจได้ง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55), ข้อที่ 1.6 เนื้อหาที่น่าสนใจ สร้างความสนใจให้กับผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55), ข้อที่ 1.7 ความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55), ข้อที่ 1.9 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาบทเรียนได้ด้วยตนเอง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) และข้อที่ 1.10 ความเหมาะสมของแบบทดสอบ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) ค่าเฉลี่ยลำดับที่ 3 ได้แก่ ข้อ 1.3 ปริมาณเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.55) และข้อ 1.4 เนื้อหาการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อระดับของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.55) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ข้อที่ 1.2 ลำดับความสำคัญของเนื้อหาได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$, S.D. = 0.45) ตามลำดับ

4.1.3 ผลการประเมินความเหมาะสมชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขางานเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
2. ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้			
2.1 การใช้ชุดกิจกรรมมีเนื้อหาบทเรียนทำได้ง่าย	4.20	0.45	มาก
2.2 ชุดกิจกรรมสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาก่อนทำแบบฝึกหัด	4.40	0.55	มาก
2.4 ชุดกิจกรรมมีความสะดวกในการศึกษาเรียนรู้ใช้งานได้ง่าย	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.60		มากที่สุด

จากตารางที่ 4-3 พบว่าผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด คือ ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.14) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละข้อ พบว่าข้อที่มี

ค่าเฉลี่ยสูงสุด คือข้อที่ 2.4 ชุดกิจกรรมมีความสะดวกในการศึกษาเรียนรู้ใช้งานได้ง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$, S.D. = 0.00) ค่าเฉลี่ยลำดับที่ 2 ได้แก่ ข้อที่ 2.2 ชุดกิจกรรมสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) ค่าเฉลี่ยลำดับที่ 3 ได้แก่ ข้อที่ 2.3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหา ก่อนทำแบบฝึกหัด มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.55) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ข้อที่ 2.1 การใช้ชุดกิจกรรมมีเนื้อหาบทเรียนทำได้ง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$, S.D. = 0.45) ตามลำดับ

4.1.4 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
3. ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้			
3.1 การนำเสนอเนื้อหาเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 การออกแบบชุดกิจกรรมมีความน่าสนใจเหมาะสมกับการใช้เป็นสื่อการเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
3.3 เนื้อหาบทเรียนเหมาะสมและสมบูรณ์	4.60	0.55	มากที่สุด
3.4 ปริมาณเนื้อหาที่ใช้ในการสอนมีความเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
3.5 ภาษาที่ใช้ประกอบการสอนมีความเหมาะสม	4.80	0.45	มากที่สุด
3.6 คุณภาพของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว มีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.70		มากที่สุด

จากตารางที่ 4-4 พบว่าผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด คือ ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.14) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ข้อที่ 3.6 คุณภาพของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว มีความเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$, S.D. = 0.00) ค่าเฉลี่ยลำดับที่ 2 ได้แก่ ข้อที่ 3.1 การนำเสนอเนื้อหาเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) และข้อที่ 3.5 ภาษาที่ใช้ประกอบการสอนมีความเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.45) ค่าเฉลี่ยลำดับที่ 3 ได้แก่ ข้อที่ 3.3 เนื้อหาบทเรียนเหมาะสมและสมบูรณ์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) และข้อที่ 3.4 ปริมาณเนื้อหาที่ใช้ในการสอนมีความเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.55) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ข้อที่ 3.2 การออกแบบชุดกิจกรรมมีความน่าสนใจเหมาะสมกับการใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.55) ตามลำดับ

4.1.5 ผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ซึ่งผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-5 ผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

คะแนน	n	คะแนน		ค่าเฉลี่ยร้อยละ	เกณฑ์
		คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย		
ระหว่างเรียน (E_1)	20	30	24.00	80.00	80
หลังเรียน (E_2)		30	25.55	85.16	

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน (E_1) ในขณะที่เรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีคะแนนเฉลี่ย 24.00 จากคะแนนเต็ม 30 คิดเป็นร้อยละ 80.00 และได้ประเมินผลการเรียนหลังเรียน (E_2) กับนักศึกษา มีคะแนนเฉลี่ย 25.55 จากคะแนนเต็ม 40 คิดเป็นร้อยละ 85.16 จึงสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 80/80

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ตารางที่ 4-6 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับเกณฑ์

คะแนน	n	$\bar{X}$	S.D.	T	df	P-Value
ประเมินหลังเรียน	20	25.55	3.25	4.41	19	.00

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4-6 พบว่า ผลการวิเคราะห์และการแปลความของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่านักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่เรียนในรายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ จำนวน 20 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 25.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.25 เมื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย พบว่านักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T=4.41$, $df=19$, $P = .00$)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคนิคเครื่องกล

5.1 สรุปผล

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คิดเป็นร้อยละ 92.00 อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก ซึ่งได้แบ่งหัวข้อพิจารณาออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 92.6 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 92.00 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 94.00 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพการเรียนรู้ E_1/E_2 เท่ากับ 80.00/85.16 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการทดสอบค่า T-test ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการสรุปผลการวิจัย มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ ได้แก่ เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

5.2.1 จากการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ผลการประเมินในภาพรวมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น มีความเหมาะสมและเมื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนสามารถทำให้นักศึกษาสามารถเข้าใจเนื้อหาในรายวิชามากยิ่งขึ้น ซึ่งชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของพนิจ ด้วงอ่ำ, สุรวุฒิ ยะนิล (2564) เรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุด

การสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้วิจัยเกี่ยวกับการสร้างชุดการสอน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนสูงกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80

5.2.2 ผลการวิจัยประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ E_1/E_2 จากการสรุปผลพบว่า ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประพรรณ เกษหอม และ อีราพรรณ แซ่แห้ว (2567) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนในกรณีที่ใช้การสอนหลายครั้ง มีการวัดผลผู้เรียนในระหว่างเรียนหลายครั้งโดยเทียบกับเกณฑ์ ที่ใช้ 80/80

5.2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับเกณฑ์ จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยอยู่ที่ .00 ผลลัพธ์นี้ความสอดคล้องกับงานวิจัยของ ด้วงอ่ำ, สุรวุฒิ ยะนิล (2564) ผลการเปรียบเทียบผู้เรียนที่เรียนโดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เรื่องคาน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.3 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคนิคเครื่องกล มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ก่อนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ นักศึกษาจำเป็นต้องผ่านการเรียนรายวิชาเขียนแบบชิ้นส่วนเครื่องกลด้วยคอมพิวเตอร์ก่อน เพื่อถ่ายทอดความเข้าใจและมีประสิทธิภาพในการเรียนมากยิ่งขึ้น

2) การนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้งานควรปรับปรุงและพัฒนาชุดกิจกรรมให้สามารถรองรับรูปแบบการเรียนการสอนทั้งในชั้นเรียนปกติและการเรียนการสอนออนไลน์

3) การนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้งานควรใช้โปรแกรม SolidWorks และโปรแกรม SPSS ที่ถูกต้องตามลิขสิทธิ์ ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยได้รับอนุญาตให้ใช้ โปรแกรม SolidWorks และ SPSS ภายใต้ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรส่งเสริมให้มีการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการจำลองจากซอฟต์แวร์ใช้กับรายวิชาทฤษฎีอื่นๆ ที่สามารถใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการคำนวณได้

2) ควรศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมเพิ่มเติม โดยเน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น ซอฟต์แวร์วิเคราะห์ความเค้นแบบอินเตอร์แอคทีฟ หรือแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กฤษฏางค์ ศุภระมุล, ศักย บุญชูวิทย์, วัชรระ เพิ่มชาติ, ชัยชโย ชื่อดตรง และ สัญลักษณ์ กิ่งทอง.

(2566). การตรวจสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการออกแบบแชสซี สำหรับยานพาหนะ การเกษตร. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

จุฑามาศ มงคลสุภา และ สุธาวลัย หาญจรสุข. (2568). การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง วัสดุธรรมชาติทำวิศวกรรมน้อย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. สาขาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชนิดา ยอดสาลี, และกาทจนา บุทสง. (2559, มกราคม-เมษายน). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาประจวบคีรีขันธ์เขต 2. วารสารวิชาการ

ตมิจ ด้วงอำ และ สุรวุฒิ ยะนิล. (2560). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกมหานคร,ภาควิชาครุศาสตร์ เครื่องกล, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บทความเรื่อง ความเค้น [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2567].

จาก<http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin/1523-ความเค้น?groupid=277>.

ประพรรณ เกษหอม และ จีราพรรณ แซ่แห้ว. (2567). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการเรียนรู้เสริมความรู้ เรื่อง ความเค้นและความเครียดดึง สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม ของวิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปริญญญา บุญ มา เลิศ, & ธนู ฉุยฉาย. (2018). การศึกษาเปรียบเทียบการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และระเบียบวิธีไรโครงตาข่าย. Kasem Bundit Engineering Journal, 8(1), 163-174.

ภาคิน ลอยเจริญ, เกรียงศักดิ์ แก้วกุลชัย และ กิตติศักดิ์ ชันติวิชัย. (2563). แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการประเมินกำลังและพฤติกรรมการวิบัติของสมอยึดแบบใช้สกรียึดเหนี่ยวในคอนกรีตร้าและไม้ร้าว. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

วรวิทย์ วรรณวิน, สมชาย เหลืองสด, & ประกอบ ชาติภักต์. (2011). การวิเคราะห์ความเข้มของความเค้นที่เกิดขึ้นในหัววีฟฟอร์มด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. RMUTP Research Journal Sciences and Technology, 5(1), 13-23.

วิเชียร จันทรชุม. (2563). การวิเคราะห์ปัญหาความเค้นใน 2 มิติด้วยวิธีสมูทไฟไนต์เอลิเมนต์จากการสร้างเอลิเมนต์รูปสี่เหลี่ยมใด ๆ แบบ 4 ส่วนย่อย. คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

แนวชาเกียรติ วาน. (2566). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการลงมือปฏิบัติจริงโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. สาขาวิชาการสอน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ.(2567). [ออนไลน์]. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพเครื่องกลและยานยนต์ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล. [สืบค้นวันที่ 10 กรกฎาคม 2567] จาก

<https://bsq.vec.go.th/Portals/9/Course/30/2567/30100/30101v7.pdf>

สุภาพร ศิริเล็ก. (2560). การวิเคราะห์ความเค้นเนื่องจากแรง-ความร้อนบนหัวเชื่อมอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุวรรณ ใจเที่ยง. (2563). ความแข็งแรงของวัสดุ. พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 3,000 เล่ม. นนทบุรี : บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด.

อรรถัย จันใด. (2553). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษ นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสกลนคร. วิทยานิพนธ์ปริิพาทมหา บัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อาพิศรา ดวงธนู และจิตตรี พลทะกุล. (2563.) การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องสมบัติทาง กายภาพของวัสดุสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลประทานอนุเคราะห์ อำเภอน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีและ วิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ วไลยอลงกรณ์ ในพระบรม ราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี.

ภาษาอังกฤษ

ANSYS. (2020) . [ออนไลน์]. ANSYS Mechanical User's Guide. เอกสารคู่มือการใช้ซอฟต์แวร์ ANSYS สำหรับการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมด้วย FEM. [สืบค้นวันที่ 12 กรกฎาคม 2567] จาก <https://www.scribd.com/document/593280137/ANSYS-Mechanical-Users-Guide>

Bo Song and Brett Sanborn. (2018). Relationship of compressive stress-strain response of engineering materials obtained at constant engineering and true strain rates. Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM 87185, United States.

Dechaumphai P. Finite element method in engineering. 5th ed. Chulalongkorn University Press; 2555: 1-5.)

Good, Carter V. (1973). Dictionary of Education (3rd ed). New York: McGraw-Hill.

Kestel P, Schneyer T, Wartzack S. (2016). Feature-based approach for the automated setup of accurate, design accompanying Finite Element Analyses. DS 84:

- Proceedings of the DESIGN 2016 14th International Design Conference. 2016.)
- Koepe, A. (2021). Deep learning in the finite element method (Doctoral dissertation, Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, 2021).
- Mohammed SD, Desai H. (2016). Basic Concepts of Finite Element Analysis and its Applications in Dentistry: An Overview. J Oral Hyg Health 2014; 2(5): 1-5.)
- Veridian E –Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ, 9(1), 1208-1223.



ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญ



รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล มีดังนี้

- 1) นายสุรพงษ์ พงษ์ศรี ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 2) นายบรรเจิด เปาจีน ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 3) นายณัฐวุฒิ ชังภัย ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 4) นายอดุล ชันแก้ว ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชินีมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 5) นายปัญญา เชื้อคำจันทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชินีมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของแบบประเมินความสอดคล้องของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล มีดังนี้

- 1) นายสุรพงษ์ พงษ์ศรี ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 2) นายบรรเจิด เปาจีน ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 3) นายณัฐวุฒิ ชังภัย ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 4) นายอดุล ชันแก้ว ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชินีมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- 5) นายปัญญา เชื้อคำจันทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชินีมุกดาหาร
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา



ที่ อว 7104.1/39

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาชื่น 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

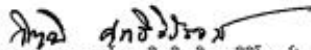
ด้วยนางสาวธนาภรณ์ อิ่มพร้อม รหัสประจำตัว 66-020178-5605-7 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภวิจิโรจน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายสุรพงษ์ พงษ์ศรี ตำแหน่งครูเชี่ยวชาญ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภวิจิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 062-329-0277 (นางสาวธนาภรณ์ อิ่มพร้อม)



ที่ อว 7104.1/40

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาชื่นรัง 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

ด้วยนางสาวธนาภรณ์ อิมพร้อม รหัสประจำตัว 66-020178-5605-7 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภวิจิโรจน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายบรรเจิต เปาจีน ตำแหน่งครูเชี่ยวชาญ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง เป็นผู้ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภวิจิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 062-329-0277 (นางสาวธนาภรณ์ อิมพร้อม)



ที่ อว 7104.1/41

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

ด้วยนางสาวธนาภรณ์ อัมพพร้อม รหัสประจำตัว 66-020178-5605-7 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความดันของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิวิโรจน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายณัฐวุฒิ ช้างภัย ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 062-329-0277 (นางสาวธนาภรณ์ อัมพพร้อม)



ที่ อว 7104.1/42

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขออนุญาตเคราะหิให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีวศึกษาปทุมธานี

ด้วยนางสาวธนาภรณ์ อัมพพร้อม รหัสประจำตัว 66-020178-5605-7 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภศิริโรจน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขออนุญาตเคราะหิให้ นายอตุล ชันแก้ว ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยการอาชีวศึกษาปทุมธานี เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภศิริโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 062-329-0277 (นางสาวธนาภรณ์ อัมพพร้อม)



ที่ อว 7104.1/43

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีวศึกษามินทรราชินิมุขดาหาร

ด้วยนางสาวธนาภรณ์ อัมพพร้อม รหัสประจำตัว 66-020178-5605-7 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติภูมิ สุทธิวิโรจน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายปัญญา เชื้อคำจันทร์ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยการอาชีวศึกษามินทรราชินิมุขดาหาร เป็นผู้ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติภูมิ สุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 062-329-0277 (นางสาวธนาภรณ์ อัมพพร้อม)

ภาคผนวก ข

- แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
- แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล



แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ
โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

ชื่อสารนิพนธ์ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์
เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิค
เครื่องกล

ชื่อนักศึกษา นางสาวธนาภรณ์ อัมพร้อม

รหัสประจำตัว 6602017856057

สาขา วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

คณะ คุรุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ
โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

คำชี้แจง : แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ ได้ทำการกรอกข้อมูลตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด ข้อมูลที่ได้จากท่านจะนำไปแปลผลและสรุปรวม ซึ่งไม่มีผลต่อตัวท่านและสถานศึกษาแต่อย่างใด เครื่องมือในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินความคิดเห็น

ตอนที่ 2 : รายการประเมินความคิดเห็นต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ตอนที่ 3 : ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามความคิดเห็น

กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง () ที่ตรงกับข้อมูลของท่าน ตามความเป็นจริง

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. วุฒิการศึกษา

() ปริญญาตรี

() ปริญญาโท

() ปริญญาเอก หรือสูงกว่า

3. ประสบการณ์ในการทำงานด้านการสอน

() ต่ำกว่า 5 ปี

() 6 - 10 ปี

() 11 - 15 ปี

() 15 ปีขึ้นไป

ตอนที่ 2 : ความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง () ประเมินตามความคิดเห็นของท่าน

ระดับความคิดเห็น 5 หมายถึง มีความเหมาะสมดีมาก

ระดับความคิดเห็น 4 หมายถึง มีความเหมาะสมดี

ระดับความคิดเห็น 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ระดับความคิดเห็น 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ระดับความคิดเห็น 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้						
1	เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2	ลำดับความสำคัญของเนื้อหาได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง					
3	ปริมาณเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
4	เนื้อหาการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อระดับของผู้เรียน					
5	เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนชัดเจนผู้เรียนสามารถศึกษาเข้าใจได้ง่าย					
6	เนื้อหา มีความน่าสนใจ สร้างความสนใจให้กับผู้เรียน					
7	ความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้					
8	ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระยะเวลาเรียน					
9	ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาบทเรียนได้ด้วยตนเอง					
10	ความเหมาะสมของแบบทดสอบ					
ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้						
1	การใช้ชุดกิจกรรมมีเนื้อหาบทเรียนทำได้ง่าย					
2	ชุดกิจกรรมสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น					
3	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหา ก่อนทำแบบฝึกหัด					
4	ชุดกิจกรรมมีความสะดวกในการศึกษาเรียนรู้ใช้งานได้ง่าย					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้						
1	การนำเสนอเนื้อหาเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน					
2	การออกแบบชุดกิจกรรมมีความน่าสนใจเหมาะสมกับการใช้เป็นสื่อการเรียนรู้					
3	เนื้อหาบทเรียนเหมาะสมและสมบูรณ์					
4	ปริมาณเนื้อหาที่ใช้ในการสอนมีความเหมาะสม					
5	ภาษาที่ใช้ประกอบการสอนมีความเหมาะสม					
6	คุณภาพของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว มีความเหมาะสม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)
การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

ชื่อสารนิพนธ์ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

ชื่อนักศึกษา นางสาวธนาภรณ์ อิ่มพร้อม

รหัสประจำตัว 6602017856057

สาขา วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)
วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (รหัสวิชา 30100-0105) เรื่อง ความเค้นของวัสดุ
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกความหมายของความเค้นได้
2. บอกชนิดของความเค้นได้
3. อธิบายความหมายของความเค้นชนิดต่างๆได้
4. อธิบายความหมายของสมการความเค้นชนิดต่างๆได้
5. คำนวณหาค่าความเค้นชนิดต่างๆได้

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าข้อคำถามที่สร้างขึ้น สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดหรือไม่โดยการพิจารณาให้น้ำหนัก ดังนี้

- 1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด
 0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดหรือไม่
 +1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 1 : บอกความหมายของความเค้นได้ (ข้อที่ 1-6)	1. ความเค้นในวัสดุเกิดจากอะไร ก. ความร้อน ข. แรงภายนอกที่กระทำ ค. สนามแม่เหล็ก ง. การเปลี่ยนสีของวัสดุ เฉลย: ข. แรงภายนอกที่กระทำ				
	2. ความเค้นอัด ข้อใดต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างที่ถูกต้อง ก. ดอกตะปูลงในไม้ ข. ดึงยางให้ยืดออก ค. ชันน็อต ง. ผูกเชือก เฉลย: ก. ดอกตะปูลงในไม้				
	3. แรงดึงที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดผลเสียใดในวัสดุ ก. วัสดุอัดตัว ข. วัสดุเปลี่ยนสี ค. วัสดุแตกหัก ง. วัสดุยืดตัว เฉลย: ค. วัสดุแตกหัก				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 1 : บอกความหมาย ของความเค้นได้ (ข้อที่ 1-6)	4. ความเค้นดึงมีผลอย่างไรต่อวัสดุ ก. ทำให้วัสดุหดตัว ข. ทำให้วัสดุยืดตัว ค. ทำให้วัสดุแตกหัก ง. ทำให้วัสดุเปลี่ยนสี เฉลย: ข. ทำให้วัสดุยืดตัว				
	5. ความเค้นใดที่เกิดขึ้นในวัสดุที่ถูกยืดออก ก. ความเค้นอัด ข. ความเค้นดึง ค. ความเค้นเฉือน ง. ความเค้นบิด เฉลย: ข. ความเค้นดึง				
	6. ความเค้นดึงในวัสดุทำให้เกิดอะไร ก. ความแข็งแรง ข. ความยืดหยุ่น ค. ความยาวที่เพิ่มขึ้น ง. ความแข็ง เฉลย: ค. ความยาวที่เพิ่มขึ้น				
จุดประสงค์ที่ 2 : บอกชนิดของ ความเค้นได้ (ข้อที่ 7)	7. ความเค้นสามารถแบ่งออกเป็นกี่ชนิดและ อะไรบ้าง? ก. 1 = ชนิด 1.ความเค้นวัสดุ ข. 2 ชนิด 1.ความเค้นดึง 2.ความเค้นอัด ค. 3 ชนิด 1.ความเค้นดึง 2.ความเค้นอัด 3. ความเค้นเฉือน ง. 4 ชนิด 1.ความเค้นดึง 2.ความเค้นอัด 3. ความเค้นเฉือน 4.ความเค้นเส้นรอบวง เฉลย : ค. 3 ชนิด 1.ความเค้นดึง 2.ความเค้นอัด 3.ความเค้นเฉือน				
จุดประสงค์ที่ 3 : อธิบาย ความหมายของ ความเค้นชนิด ต่างๆได้ (ข้อที่ 8-15)	8. ความเค้นเฉือนในวัสดุเกิดขึ้นได้อย่างไร? ก. เมื่อมีแรงดึงกระทำ ข. เมื่อมีแรงกดกระทำ ค. เมื่อมีแรงคู่บิดกระทำ ง. เมื่อมีแรงเฉือนหรือบิดกระทำ เฉลย : ง. เมื่อมีแรงเฉือนหรือบิดกระทำ				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 3 : อธิบาย ความหมายของ ความเค้นชนิด ต่างๆได้ (ข้อที่ 8-15)	9. ความเค้นที่เกิดขึ้นในวัสดุเมื่อมีการบิดเรียกว่าอะไร? ก. ความเค้นดึง ข. ความเค้นกด ค. ความเค้นเฉือน ง. ความเค้นบิด เฉลย : ง. ความเค้นบิด				
	10. หากแรงกระทำบนวัสดุเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า แต่พื้นที่หน้าตัดคงเดิม ความเค้นจะเปลี่ยนไปอย่างไร? ก. เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ข. ลดลงครึ่งหนึ่ง ค. ไม่เปลี่ยนแปลง ง. เพิ่มขึ้นเป็นสามเท่า เฉลย : ก. เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า				
	11. ความเค้นดึงเกิดขึ้นเมื่อใด ก. เมื่อวัสดุถูกดึงให้ยืดออก ข. เมื่อวัสดุถูกบีบให้หดเข้า ค. เมื่อวัสดุถูกหมุน ง. เมื่อวัสดุถูกตัดโค้ง เฉลย : ก. เมื่อวัสดุถูกดึงให้ยืดออก				
	12. ความเค้นอัดมีหน่วยวัดคืออะไร ก. นิวตัน ข. ปาสกาล ค. จูล ง. วัตต์ เฉลย : ข. ปาสกาล				
	13. ค่าความเค้นที่มากที่สุดที่วัสดุสามารถรับได้ก่อนแตกเรียกว่าอะไร? ก. ความเค้นดึงสูงสุด ข. ความเค้นคราก ค. ความเค้นปลอดภัย ง. ความเค้นเฉือน เฉลย : ก. ความเค้นดึงสูงสุด				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 3 : อธิบายความหมาย ของความเค้นชนิด ต่างๆได้ (ข้อที่ 8-15)	14. วัสดุที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus) สูง หมายถึงอะไร? ก. วัสดุแข็งมาก ข. วัสดุอ่อนมาก ค. วัสดุยืดหยุ่นได้ดี ง. วัสดุเสียรูปง่าย เฉลย : ก. วัสดุแข็งมาก				
	15. ความเค้นดึงและความเค้นอัดมีทิศทางอย่างไร? ก. ความเค้นดึงและความเค้นอัดมีทิศทางเดียวกัน ข. ความเค้นดึงมีทิศออกจากวัสดุ ส่วนความเค้นอัดมีทิศเข้าสู่วัสดุ ค. ความเค้นดึงมีทิศเข้าสู่วัสดุ ส่วนความเค้นอัดมีทิศออกจากวัสดุ ง. ความเค้นดึงและความเค้นอัดไม่มีทิศทางที่แน่นอน เฉลย : ข. ความเค้นดึงมีทิศออกจากวัสดุ ส่วนความเค้นอัดมีทิศเข้าสู่วัสดุ				
จุดประสงค์ที่ 4 : อธิบายความหมาย ของสมการความ เค้นชนิดต่างได้ (ข้อที่ 16-24)	16. การคำนวณความเค้นดึงต้องใช้อะไรบ้าง ก. แรงและพื้นที่หน้าตัด ข. แรงและความยาวของวัสดุ ค. น้ำหนักและพื้นที่หน้าตัด ง. น้ำหนักและความยาวของวัสดุ เฉลย : ก. แรงและพื้นที่หน้าตัด				
	17. ความเค้นของวัสดุ (Stress) คำนวณได้จากสมการใด? ก. $\sigma = \frac{F}{A}$ ข. $\sigma = \frac{A}{F}$ ค. $\sigma = F + A$ ง. $\sigma = F \times A$ เฉลย : ก. $\sigma = \frac{F}{A}$				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความ	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 4 : อธิบาย ความหมายของ สมการความเค้น ชนิดต่างได้ (ข้อที่ 16-24)	18. ความเค้นเฉือน (Shear Stress) คำนวณจาก สมการใด? ก. $\tau = \frac{F}{A}$ ข. $\tau = \frac{A}{F}$ ค. $\tau = F + A$ ง. $\tau = F \times A$ เฉลย : ก. $\tau = \frac{F}{A}$				
	จากสูตรใช้ตอบคำถามข้อ 19 - 21 $\sigma = \frac{F}{A}$ 19. σ คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้น ข. พื้นที่หน้าตัด ค. เส้นผ่านศูนย์กลาง ง. แรง เฉลย : ก. ความเค้น				
	20. F คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้น ข. พื้นที่หน้าตัด ค. เส้นผ่านศูนย์กลาง ง. แรง เฉลย : ง. แรง				
	21. A คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้น ข. พื้นที่หน้าตัด ค. เส้นผ่านศูนย์กลาง ง. แรง เฉลย : ข. พื้นที่หน้าตัด				
	22. σ_t คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้นเส้นรอบวง ข. ความเค้นดึง ค. ความเค้นอัด ง. ความเค้นเฉือน เฉลย : ข. ความเค้นดึง				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 4 : อธิบาย ความหมายของ สมการความเค้น ชนิดต่างได้ (ข้อที่ 16-24)	23. σ_c คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้นเส้นรอบวง ข. ความเค้นดึง ค. ความเค้นอัด ง. ความเค้นเฉือน เฉลย : ค. ความเค้นอัด				
	24. τ คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้นเส้นรอบวง ข. ความเค้นดึง ค. ความเค้นอัด ง. ความเค้นเฉือน เฉลย : ง. ความเค้นเฉือน				
จุดประสงค์ที่ 5 : คำนวณหาค่า ความเค้นชนิด ต่างๆได้ (ข้อที่ 25-40)	25. เหล็กกล้าชนิดหนึ่งมีขีดจำกัดความเค้น 300 MPa หากใช้แท่งเหล็กที่มีพื้นที่หน้าตัด 20 ตาราง มิลลิเมตร รับแรงได้สูงสุดกี่นิวตัน? ก. 6000 N ข. 60000 N ค. 600000 N ง. 6000000 N เฉลย : ก. 6000 N				
	26. หากมีแรง 2000 N กระทำในทิศทางตั้งฉาก กับพื้นที่ 100 cm ² จะเกิดความเค้นกี่ N/cm ² ? ก. 20 N/cm ² ข. 200 N/cm ² ค. 2 N/cm ² ง. 0.2 N/cm ² เฉลย : ก. 20 N/cm ²				
	27. ถ้าวัสดุมีความเค้นดึง 150 MPa และรับแรง ดึง 15000 N พื้นที่หน้าตัดของวัสดุมีค่าเท่าใด? ก. 100 mm ² ข. 10 mm ² ค. 1 mm ² ง. 0.1 mm ² เฉลย : ก. 100 mm ²				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความ	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 5 : คำนวณหาค่า ความเค้นชนิด ต่างๆได้ (ข้อที่ 25-40)	28. วัสดุที่รับแรงเฉือน 3000 N ด้วยพื้นที่หน้าตัด 30 cm ² จะมีความเค้นเฉือนเท่าใด? ก. 1 N/mm ² ข. 10 N/mm ² ค. 0.1 N/mm ² ง. 100 N/mm ² เฉลย : ก. 1 N/mm ²				
	29. หากวัตถุได้รับแรงดึง 100 kN บนพื้นที่หน้าตัด 0.002 m ² ความเค้นที่เกิดขึ้นคือเท่าใด? ก. 25 N/mm ² ข. 50 N/mm ² ค. 100 N/mm ² ง. 200 N/mm ² เฉลย : ข. 50 N/mm ²				
	30. เหล็กทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm และรับแรงเฉือน 10 kN ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นคือเท่าใด? ก. 2.55 N/mm ² ข. 5.10 N/mm ² ค. 10.20 N/mm ² ง. 15.30 N/mm ² เฉลย : ข. 5.10 N/mm ²				
	31. เสาอาคารทำจากคอนกรีตมีพื้นที่หน้าตัด 0.01 m ² และรับน้ำหนัก 500 kN ความเค้นอัดที่เกิดขึ้นคือเท่าใด? ก. 15 N/mm ² ข. 25 N/mm ² ค. 50 N/mm ² ง. 75 N/mm ² เฉลย : ค. 50 N/mm ²				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 5 : คำนวณหาค่า ความเค้นชนิด ต่างๆได้ (ข้อที่ 25-40)	32. จงหาความเค้นดึงที่เกิดขึ้นในเส้นลวด เมื่อวัตถุ มีมวล 120 กิโลกรัมแขวนอยู่ กับเส้นลวดขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ก. 85 N/mm ² ข. 94 N/mm ² ค. 105 N/mm ² ง. 143 N/mm ² เฉลย : ข. 94 N/mm ²				
	33. จงหาความเค้นดึงที่เกิดขึ้นของสายเบรก รถยนต์เมื่อทำการเบรกโดยใช้แรงดึง 1.8 กิโลนิว ตัน และสายเบรกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ก. 15 N/mm ² ข. 23 N/mm ² ค. 30 N/mm ² ง. 56 N/mm ² เฉลย : ข. 23 N/mm ²				
	34. จงหาแรงที่ใช้ในการตัดเจาะ และความเค้นที่ เกิดขึ้นจากการตัดเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแผ่นโลหะ หนา 2 มิลลิเมตร ให้เป็นรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร กำหนดให้ความเค้นเฉือนของโลหะ เท่ากับ 360 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ก. 73.62 KN ข. 92.10 KN ค. 101.26 KN ง. 135.72 KN เฉลย : ง. 135.72 KN				
	35. จงหาความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในหมุดย้ำ ซึ่งมี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตรและอยู่ ภายใต้แรงเฉือน 2.5 กิโลนิวตัน ก. 9.82 N/mm ² ข. 11.25 N/mm ² ค. 22.68 N/mm ² ง. 37.14 N/mm ² เฉลย : ก. 9.82 N/mm				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความ	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 5 : คำนวณหาค่า ความเค้นชนิด ต่างๆได้ (ข้อที่ 25-40)	36. จงหาความเค้นอัดที่เกิดขึ้นในเสา ซึ่งมีหน้าตัด เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 220 มิลลิเมตร รับแรงกดในแนวแกน 260 กิโลนิว ตัน ก. 3 N/mm ² ข. 5 N/mm ² ค. 7 N/mm ² ง. 9 N/mm ² เฉลย : ค. 7 N/mm ²				
	37. จงหาความเค้นอัดที่เกิดขึ้นในขาเก้าอี้ เมื่อ สมชายมีมวล 80 กิโลกรัม นั่งอยู่บนเก้าอี้สมมติให้ ขาเก้าอี้ทั้งสองรับแรงเท่ากัน และพื้นที่หน้าตัดของ ขาเก้าอี้ แต่ละขาเท่ากับ 680 ตารางมิลลิเมตร ก. 0.145 N/mm ² ข. 0.289 N/mm ² ค. 0.425 N/mm ² ง. 0.759 N/mm ² เฉลย : ข. 0.289 N/mm ²				
	38. จงหาความเค้นที่เกิดขึ้นในเส้นลวดขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ภายใต้แรงดึง 150 นิวตัน ก. 30.22 N/mm ² ข. 52.36 N/mm ² ค. 84.88 N/mm ² ง. 92.34 N/mm ² เฉลย : ค. 84.88 N/mm ²				
	39. จงหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเบรก รถยนต์ เมื่ออยู่ภายใต้แรงดึง 1.8 กิโลนิวตัน ถ้าให้ ความเค้นดึงห้ามเกิน 220 นิวตันต่อตาราง มิลลิเมตร ก. 1 mm ข. 3 mm ค. 5 mm ง. 7 mm เฉลย : ข. 3 mm				

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความ	ค่าความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
จุดประสงค์ที่ 5 : คำนวณหาค่า ความเค้นชนิด ต่างๆได้ (ข้อที่ 25-40)	40. จงหาแรงในการตัดเจาะแผ่นโลหะขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร แผ่นโลหะหนา 18 มิลลิเมตร และความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นเท่ากับ 280 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ก. 80 KN ข. 100 KN ค. 160 KN ง. 190 KN เฉลย : ง. 190 KN				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญประเมิน
(.....)

ภาคผนวก ค

- วิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint) ภาคทฤษฎี
- ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
- ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบหลังเรียน
- ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80
- ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- ข้อมูลการหาการหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)
- ข้อมูลการหาผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

วิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint) ภาคทฤษฎี
เรื่อง ความเค้นของวัสดุ

.....

วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ (รหัสวิชา 30101-2105) แผนกวิชาช่างยนต์ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 (เวลาที่ใช้ในการทดสอบ 1 ชม.)

หน่วยที่ / เรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ปริมาณคะแนนรวม	ระดับพฤติกรรมพึงพอใจ					
			ดีมาก	ดี	พอ	น้อย	ไม่พอ	ไม่ผ่าน
1. ความเค้นของวัสดุ	1. บอกความหมายของความเค้นได้	15	6	4	-	-	-	-
	2. บอกชนิดของความเค้นได้	3	1	-	-	-	-	-
	3. อธิบายความหมายของความเค้นชนิดต่างๆได้	20	8	2	-	-	-	-
	4. อธิบายความหมายของสมการความเค้นชนิดต่างๆได้	22	9	-	-	-	-	-
	5. คำนวณหาค่าความเค้นชนิดต่างๆได้	40	16	-	-	16	-	-
	รวม	100	40	6	-	16	-	-

ตารางที่ ค-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ชุดกิจกรรมการเรียนรู้					$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. ด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้								
1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ลำดับความสำคัญของเนื้อหาได้อย่าง เหมาะสมและถูกต้อง	4	4	5	4	4	4.20	0.45	มาก
1.3 ปริมาณเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้มี ความเหมาะสม	4	5	5	4	4	4.40	0.55	มาก
1.4 เนื้อหาการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อ ระดับของผู้เรียน	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
1.5 เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนชัดเจนผู้เรียน สามารถศึกษาเข้าใจได้ง่าย	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
1.6 เนื้อหามีความน่าสนใจ สร้างความ สนใจให้กับผู้เรียน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.7 ความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหา ชุดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
1.8 ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระยะเวลา เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.9 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาบทเรียน ได้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
1.10 ความเหมาะสมของแบบทดสอบ	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม						4.60		มากที่สุด

ผลการประเมินชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ค่าเฉลี่ยที่ระดับ 4.60 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ ประโยชน์จากชุดกิจกรรม การเรียนรู้					$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
2. ด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้								
2.1 การใช้ชุดกิจกรรมมีเนื้อหาบทเรียน ทำได้ง่าย	4	5	4	4	4	4.20	0.45	มาก
2.2 ชุดกิจกรรมสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียน เกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยให้ ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาบทก่อนทำแบบฝึกหัด	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
2.4 ชุดกิจกรรมมีความสะดวกใน การศึกษาเรียนรู้ใช้งานได้ง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม						4.60		มากที่สุด

ผลการประเมินชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ประโยชน์จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ค่าเฉลี่ยที่ระดับ 4.60 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

ตารางที่ ค-3 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุด กิจกรรมการเรียนรู้					$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
3. ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้								
3.1 การนำเสนอเนื้อหาเข้าใจได้ง่ายไม่ ซับซ้อน	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 การออกแบบชุดกิจกรรมมีความ น่าสนใจเหมาะสมกับการใช้ป็นสื่อการเรียนรู้	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
3.3 เนื้อหาบทเรียนเหมาะสมและสมบูรณ์	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.4 ปริมาณเนื้อหาที่ใช้ในการสอนมีความ เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.5 ภาษาที่ใช้ประกอบการสอนมีความ เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.6 คุณภาพของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว มีความเหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม						4.70		มากที่สุด

การแปลผลคะแนนจากแบบประเมิน (ด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้) ใช้เกณฑ์ตามที่ Likert Scale กำหนดค่าระดับน้ำหนักคะแนน ดังนี้

- 4.51-5.00 หมายถึง ระดับความเหมาะสมเห็นด้วยมากที่สุด
- 3.51-4.50 หมายถึง ระดับความเหมาะสมเห็นด้วยมาก
- 2.51-3.50 หมายถึง ระดับความเหมาะสมเห็นด้วยปานกลาง
- 1.51-2.50 หมายถึง ระดับความเหมาะสมเห็นด้วยน้อย
- 1.00-1.50 หมายถึง ระดับความเหมาะสมเห็นด้วยน้อยที่สุด

เกณฑ์การยอมรับคุณภาพ คือ ตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป

ผลการประเมินชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ค่าเฉลี่ยที่ระดับ 4.70 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

ตารางที่ ค-4 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ

วัตถุ ประสงค์ ที่	ข้อ ที่	วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ค่าความยากง่าย (p)		ค่าอำนาจจำแนก (r)		ความ เหมาะสม ของข้อสอบ
			ระดับ	แปลผล	ระดับ	แปลผล	
1	1	บอกความหมาย	0.55	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.74	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	2	ของความเค้นได้	0.55	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.59	ดี	นำไปใช้ได้
	3		1.00	ง่ายมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	4		0.50	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.65	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	5		0.60	ค่อนข้างง่าย	0.70	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	6		1.00	ง่ายมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
2	7	บอกชนิดของ ความเค้นได้	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.52	ดี	นำไปใช้ได้
3	8	อธิบาย	0.50	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.56	ดี	นำไปใช้ได้
	9	ความหมายของ	1.00	ง่ายมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	10	ความเค้นชนิด	0.00	ยากมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	11	ต่างๆได้	0.55	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.40	ดี	นำไปใช้ได้
	12		0.25	ค่อนข้างยาก	0.11	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	13		0.65	ค่อนข้างง่าย	0.85	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	14		0.15	ยากมาก	0.08	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	15		0.65	ค่อนข้างง่าย	0.57	ดี	นำไปใช้ได้
4	16	อธิบาย	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.37	พอใช้	ปรับปรุง
	17	ความหมายของ	0.45	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.46	ดี	นำไปใช้ได้
	18	สมการความเค้น	0.55	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.96	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	19	ชนิดต่างได้	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.71	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	20		0.65	ค่อนข้างง่าย	0.77	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	21		0.55	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.80	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	22		0.65	ค่อนข้างง่าย	0.77	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	23		0.55	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.41	ดี	นำไปใช้ได้
	24		1.00	ง่ายมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
5	25	คำนวณหาค่า	0.00	ยากมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	26	ความเค้นชนิด	0.00	ยากมาก	0.00	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	27	ต่างๆได้	0.55	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.58	ดี	นำไปใช้ได้
	28		0.60	ค่อนข้างง่าย	0.88	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	29		0.05	ยากมาก	0.25	ต่ำมาก	ตัดทิ้ง
	30		0.45	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.59	ดี	นำไปใช้ได้
	31		0.45	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.78	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	32		0.70	ค่อนข้างง่าย	0.67	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	33		0.50	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.64	ดีมาก	นำไปใช้ได้

ตารางที่ ค-4 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (ต่อ)

วัตถุ ประสงค์ ที่	ข้อ ที่	วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ค่าความยากง่าย (p)		อำนาจจำแนก (r)		ความ เหมาะสม ของข้อสอบ
			ระดับ	แปลผล	ระดับ	แปลผล	
5	34	คำนวณหาค่า	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.75	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	35	ความเค้นชนิด	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.57	ดี	นำไปใช้ได้
	36	ต่างๆได้	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.69	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	37		0.65	ค่อนข้างง่าย	0.86	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	38		0.55	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.72	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	39		0.55	ความยากง่ายพอเหมาะ	0.66	ดีมาก	นำไปใช้ได้
	40		0.60	ค่อนข้างง่าย	0.66	ดีมาก	นำไปใช้ได้

จากตารางที่ ค-4 พบว่า ข้อมูลตามตารางข้างต้น พิจารณาผลได้ จำนวนข้อสอบที่มีความเหมาะสม และนำไปปรับปรุงเพื่อเลือกข้อคำถามนำไปออกข้อสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ

**วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องความเค้นของวัสดุ จำนวน 40 ข้อ**

ตารางที่ ค-5 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบ
หลังเรียน

ข้อ	คะแนนการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ดัชนีความ สอดคล้อง IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	0	4/5	0.60	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5/5	0.00	ใช้ได้
4	1	1	1	0	1	4/5	0.80	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	0	4/5	0.80	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
8	1	1	0	1	1	4/5	0.80	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	0	1	1	4/5	0.80	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	0	1	4/5	0.80	ใช้ได้
13	1	1	1	1	0	4/5	0.80	ใช้ได้
14	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
17	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ ค-5 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) เพื่อสร้างแบบทดสอบหลังเรียน (ต่อ)

ข้อ	คะแนนการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ดัชนีความ สอดคล้อง IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
22	0	1	1	1	1	4/5	0.80	ใช้ได้
23	0	1	1	1	1	4/5	0.80	ใช้ได้
24	1	1	1	1	0	4/5	0.80	ใช้ได้
25	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
26	0	1	1	1	1	4/5	0.80	ใช้ได้
27	1	1	1	0	1	4/5	0.80	ใช้ได้
28	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
29	1	1	1	1	0	4/5	0.80	ใช้ได้
30	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
31	1	1	0	1	1	4/5	0.80	ใช้ได้
32	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
33	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
34	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
35	1	0	1	1	1	4/5	0.80	ใช้ได้
36	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
37	1	1	0	1	1	4/5	0.80	ใช้ได้
38	1	1	1	1	1	5/5	1.00	ใช้ได้
39	0	1	1	1	1	4/5	0.80	ใช้ได้
40	0	1	1	1	1	4/5	0.80	ใช้ได้

ตารางที่ ค-6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80

นักเรียน	ระหว่างเรียน	หลังเรียน
คะแนนเต็ม	30	30
คนที่ 1	26	28
คนที่ 2	20	24
คนที่ 3	26	28
คนที่ 4	26	28
คนที่ 5	27	29
คนที่ 6	25	26
คนที่ 7	26	28
คนที่ 8	22	20
คนที่ 9	23	23
คนที่ 10	20	20
คนที่ 11	25	28
คนที่ 12	21	20
คนที่ 13	20	21
คนที่ 14	26	28
คนที่ 15	26	27
คนที่ 16	27	28
คนที่ 17	26	30
คนที่ 18	20	24
คนที่ 19	24	25
คนที่ 20	24	26

จากตารางที่ ค-6 คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนในขณะที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล มีคะแนนเฉลี่ย 24.00 จากคะแนนเต็ม 30 คิดเป็นร้อยละ 80.00 และได้ประเมินผลการเรียนหลังเรียนกับนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ย 25.55 จากคะแนนเต็ม 30 คิดเป็นร้อยละ 85.16 จึงสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 80/80

ตารางที่ ค-7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ค่าความเชื่อมั่น (Reliability Statistics)	
Cronbach's Alpha	N of Items
0.93104	40

จากตาราง ค-7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่าค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.93 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเนื่องจากมีค่ามากกว่า 0.60 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่กำหนดไว้ในเกณฑ์การประเมินความเชื่อมั่นของข้อสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าค่าความเชื่อมั่นควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.60 ทั้งนี้ การได้ค่าความเชื่อมั่นที่สูงเช่นนี้แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือและสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ข้อมูลการหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)

Item Statistics							
	Mean	Std. Deviation	N				
N1	.5500	.51042	20	N21	.5500	.51042	20
N2	.5500	.51042	20	N22	.6500	.48936	20
N3	1.0000	.00000	20	N23	.5500	.51042	20
N4	.5000	.51299	20	N24	1.0000	.00000	20
N5	.6000	.50262	20	N25	.0000	.00000	20
N6	1.0000	.00000	20	N26	.0000	.00000	20
N7	.6000	.50262	20	N27	.5500	.51042	20
N8	.5000	.51299	20	N28	.6000	.50262	20
N9	1.0000	.00000	20	N29	.0500	.22361	20
N10	.0000	.00000	20	N30	.4500	.51042	20
N11	.5500	.51042	20	N31	.4500	.51042	20
N12	.2500	.44426	20	N32	.7000	.47016	20
N13	.6500	.48936	20	N33	.5000	.51299	20
N14	.1500	.36635	20	N34	.6000	.50262	20
N15	.6500	.48936	20	N35	.7000	.47016	20
N16	.7500	.44426	20	N36	.6000	.50262	20
N17	.4500	.51042	20	N37	.6500	.48936	20
N18	.5500	.51042	20	N38	.5500	.51042	20
N19	.6000	.50262	20	N39	.5500	.51042	20
N20	.6500	.48936	20	N40	.6000	.50262	20

ภาพที่ ค-1 แสดงผลข้อมูลการหาค่าความยากง่าย (p) จากโปรแกรม spss

Item-Total Statistics									
	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted					
N1	21.3000	102.537	.740	.950	N21	21.3000	101.905	.804	.949
N2	21.3000	104.011	.593	.951	N22	21.2000	102.589	.769	.950
N3	20.8500	110.450	.000	.953	N23	21.3000	105.905	.408	.952
N4	21.3500	103.397	.651	.950	N24	20.8500	110.450	.000	.953
N5	21.2500	103.039	.701	.950	N25	21.8500	110.450	.000	.953
N6	20.8500	110.450	.000	.953	N26	21.8500	110.450	.000	.953
N7	21.2500	104.829	.522	.951	N27	21.3000	104.116	.583	.951
N8	21.3500	104.345	.557	.951	N28	21.2500	101.250	.885	.949
N9	20.8500	110.450	.000	.953	N29	21.8000	109.221	.252	.953
N10	21.8500	110.450	.000	.953	N30	21.4000	104.042	.590	.951
N11	21.3000	106.116	.387	.952	N31	21.4000	102.147	.779	.950
N12	21.6000	109.200	.113	.954	N32	21.1500	103.818	.669	.950
N13	21.2000	101.853	.846	.949	N33	21.3500	103.503	.640	.951
N14	21.7000	109.695	.081	.954	N34	21.2500	102.513	.755	.950
N15	21.2000	104.484	.572	.951	N35	21.1500	104.766	.568	.951
N16	21.1000	106.832	.373	.952	N36	21.2500	103.145	.691	.950
N17	21.4000	105.411	.456	.952	N37	21.2000	101.747	.857	.949
N18	21.3000	100.326	.965	.948	N38	21.3000	102.747	.719	.950
N19	21.2500	102.934	.712	.950	N39	21.3000	103.379	.656	.950
N20	21.2000	102.589	.769	.950	N40	21.2500	103.461	.659	.950

ภาพที่ ค-2 แสดงผลข้อมูลการหาค่าอำนาจจำแนก (r) จากโปรแกรม spss

- ข้อมูลการหาผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของของชุดกิจกรรม

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest	25.55	20	3.252	.727
	study	24.00	20	2.575	.576

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Posttest & study	20	.880	.000

Paired Samples Test									
		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Posttest - study	1.550	1.572	.352	.814	2.286	4.410	19	.000

ภาพที่ ค-3 แสดงผลข้อมูลการหาผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของของชุดกิจกรรม
จากโปรแกรม spss

ภาคผนวก ง

- หลักสูตรรายวิชา
- ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้
- ใบเนื้อหา
- ใบแบบฝึกหัด
- ใบแบบทดสอบ
- ใบเฉลยแบบทดสอบ
- คู่มือครู
- ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธี
ไฟไนต์เอลิเมนต์

หลักสูตรรายวิชา

หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ประเภทวิชา ช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชา เทคนิคเครื่องกล รหัสวิชา 30100-1015

วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ หน่วยกิต 3 หน่วยกิต เวลาเรียน 3 ชั่วโมง/สัปดาห์

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ประยุกต์ใช้หลักการความแข็งแรงของวัสดุในการคำนวณเพื่อกออกแบบและตรวจสอบ
ชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

จุดประสงค์รายวิชา

1. เข้าใจแนวคิดของความเค้นและความเครียด และสมบัติต้านความแข็งแรงของวัสดุ
2. สามารถประยุกต์ใช้หลักความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วน
โครงสร้างและเครื่องจักรกล
3. มีเจตคติที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้หลักเหตุผลของกลศาสตร์ของแข็งในการแก้
ปัญหาที่มีความตระหนักถึงความปลอดภัยและความคุ้มค่าของวัสดุ
4. สามารถประยุกต์ใช้หลักความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วน
โครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

สมรรถนะรายวิชา

1. ประมวลความรู้เกี่ยวกับหลักการของความเค้น ความเครียด แรงบิด แรงดัด โมเมนต์
ร่วมกับพื้นที่และสมบัติต้านความแข็งแรงของวัสดุ
2. คำนวณความแข็งแรงของชิ้นส่วนโครงสร้างและเครื่องจักรกล คำนวณและออกแบบ
ภาชนะความดันเพลารับแรงและทอร์ค คานรับแรงและโมเมนต์ดัด
3. ประยุกต์ใช้หลักความแข็งแรงของวัสดุในการออกแบบและตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้าง
และเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาแนวคิดและองค์ประกอบของความเค้นและความเครียด ความสัมพันธ์ระหว่างความ
เค้นและ ความเครียดของวัสดุ กฎสภาพยืดหยุ่นของฮุก มอดูลัสความยืดหยุ่น ความเค้นเนื่องจาก
อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ความเค้นในวัสดุซึ่งต่อกันโดยการเชื่อมและการใช้หมุดย้ำ ความเค้นในภาชนะ
ความดัน การบิดของเพลลา ทฤษฎีของคาน แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด ความเค้นดัดและความ
เค้นเฉือนในคาน การหาระยะแอนตัว ของคานโดยวิธีโมเมนต์ร่วมกับพื้นที่ การรวมความเค้นและการ
ประยุกต์ความรู้ในงานอาชีพ

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ชุดกิจกรรม การจัดการเรียนรู้	หน้า 1/2
กิจกรรมการเรียนการสอน 1. มอบหมายให้นักศึกษา ศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เรื่อง ความเค้นของวัสดุ 2. ครูผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนและนำภาพของแรงที่กระทำกับวัตถุแบบต่างๆมาให้นักศึกษาดูเพื่อให้เกิดความสนใจในการเรียนรู้ 3. แจงจุดประสงค์รายวิชา หัวข้อที่จะต้องเรียน การวัดกระประเเมนผล ข้อตกลงต่างๆแก่นักศึกษา 4. ครูผู้สอนให้นักศึกษาได้ร่วมพูดคุย ปรีกษาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และซักถาม จากเนื้อหา ที่ได้ศึกษาจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม และศึกษาไปความรู้ เรื่อง ความเค้นของวัสดุ 6. นักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์ และสรุปผลการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ 7. นักศึกษาทำแบบทดสอบ สื่อการเรียนรู้ 1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 2. ใบเนื้อหา 3. ใบแบบฝึกหัด 4. ความเค้นของวัสดุ 5. แบบทดสอบเรื่องความเค้นของวัสดุ การวัดและประเมินผลการเรียนการสอน 1. แบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ แบบ 4 ตัวเลือก 2. เกณฑ์การประเมินคะแนนของผู้เรียนสูงกว่าร้อยละ 80			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ		ภาควิชาเครื่องกลศึกษา			
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ		ชุดกิจกรรม การจัดการเรียนรู้		หน้า 2/2	
กิจกรรมการเรียนการสอน / สื่อการเรียนรู้ / การวัดผล (เวลา 3 ชั่วโมง/สัปดาห์)						
ขั้นตอน	หัวข้อ เรื่อง	กิจกรรมผู้สอน	กิจกรรมผู้เรียน	สื่อการ เรียนรู้	การ วัดผล	เวลา (นาที)
ขั้นเข้าใจ จุดประสงค์ การเรียนรู้	มอบหมาย งาน	มอบหมายให้ นักศึกษา ศึกษาชุด กิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธีไฟ ไนต์เอลิเมนต์ เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	นักศึกษา ศึกษาชุด กิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธีไฟ ไนต์เอลิเมนต์ เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ชุดกิจกรรม การเรียนรู้ ด้วยระเบียบ วิธีไฟไนต์เอลิ เมนต์	-	15
นำเข้าสู่ บทเรียน	ทำความเข้าใจ	ครูผู้สอน นำเข้าสู่บทเรียน	นักศึกษาทำความเข้าใจ ศึกษาเรื่อง ความเค้นของวัสดุ	-	-	15
ทบทวน ตรวจสอบ	เนื้อหาชุด กิจกรรมการ เรียนรู้	ครูผู้สอนให้นักศึกษา ได้ร่วมพูดคุย ปรีกษา แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และซักถาม จาก เนื้อหา ที่ได้ศึกษา จากชุดกิจกรรมการ เรียนรู้	ถาม-ตอบเกี่ยวกับ เนื้อหาในชุด กิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยระเบียบวิธีไฟ ไนต์เอลิเมนต์ เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	-	-	20
ขั้นทดลอง	มอบหมาย งาน	ครูผู้สอนมอบหมาย ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม และศึกษาใบความรู้ เรื่อง ความเค้นของ วัสดุ	นักศึกษาแบ่งกลุ่ม และศึกษาใบ ความรู้เรื่อง ความ เค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	-	20
ขั้นสรุปผล	สรุปผลการ เรียนรู้เรื่อง ความเค้น ของวัสดุ	ครูผู้สอนให้นักศึกษา ร่วมกันวิเคราะห์ และฝึกทำแบบฝึกหัด	นักศึกษาร่วมกัน วิเคราะห์ และ สรุปผลการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของ วัสดุ	ใบแบบฝึกหัด	-	30
ขั้น ประเมินผล	แบบทดสอบ	ครูผู้สอน เฉลยแบบทดสอบ	นักศึกษา ทำแบบทดสอบ	-	แบบ ทดสอบ	80

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	หน้า 1/10
หัวข้อเรื่อง 1. ความเค้นของวัสดุ สาระสำคัญ วัตถุเมื่อมีแรงมากระทำ จะทำให้เกิดความเค้นและความเครียดขึ้น ความเค้น หมายถึง แรงต้านทานภายในต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัดของวัตถุเนื่องจากมีแรงมากระทำภายนอก แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ความเค้นดึง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน สมรรถนะประจำหน่วย 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นของวัตถุเมื่อถูกแรงมากระทำ 2. คำนวณเกี่ยวกับความเค้นของวัตถุเมื่อถูกแรงกระทำ จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. บอกความหมายของความเค้นได้ 2. บอกชนิดของความเค้นได้ 3. อธิบายความหมายของความเค้นชนิดต่างๆได้ 4. อธิบายความหมายของสมการความเค้นชนิดต่างๆได้ 5. คำนวณหาค่าความเค้นชนิดต่างๆได้			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	หน้า 2/10

ความเค้น (Stress)

ความเค้น คือ อัตราส่วนระหว่างแรงภายในต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ที่วัตถุต่อต้าน (internal resisting force) แรงภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุนั้น โดยมีแรงรวมเท่าแรงภายนอก แต่มีทิศทางตรงกันข้าม

ค่าแรงเค้นที่คำนวณได้นี้เป็นเพียงค่าเฉลี่ยเท่านั้น (โดยสมมุติว่าความเค้นกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วหน้าตัดที่รับแรง) แต่ในความเป็นจริงการกระจายของความเค้นอาจยุ่งยากมากกว่านี้แล้วแต่กรณี



ภาพที่ ง-1 แรงภายนอกที่มากระทำกับวัตถุ

ฉะนั้น ความเค้น (Stress) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความเค้น} &= \frac{\text{แรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุ}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ}} \\ \therefore \sigma &= \frac{F}{A} \quad (\text{ง-1}) \end{aligned}$$

เมื่อ σ = ความเค้นที่เกิดขึ้น (N/mm^2 , MN/m^2)

F = แรงภายนอกที่กระทำกับวัตถุ (N , MN)

A = พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ (mm^2 , m^2)

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	หน้า 3/10

ความเค้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ความเค้นปกติ และความเค้นเฉือน

1. ความเค้นปกติ (Normal stress)

ความเค้นปกติ (Normal stress) หรือความเค้นตึงฉาก แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความเค้นดึงและความเค้นอัด

1.1 ความเค้นดึง (tensile stress) หรือ σ_t จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงดึง โดยแรงดึงจะต้องตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดที่กระทำนั้น

ภาพที่ ง-2 ความเค้นดึง

$\therefore$ จะได้ $\sigma_t = \frac{F}{A}$ (ง-2)

เมื่อ σ_t =ความเค้นที่เกิดขึ้น (N/mm² , MN/n²)

F = แรงภายนอกที่กระทำกับวัตถุ (N, MN)

A = พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ (mm² , m²)

1.2 ความเค้นอัด (compressive stress) หรือ σ_c จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงอัดโดยแรงอัดจะต้องกระทำตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของท่อนวัตถุที่กระทำนั้น

ภาพที่ ง-3 ความเค้นอัด

$\therefore$ จะได้ $\sigma_c = \frac{F}{A}$ (ง-3)

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	หน้า 4/10

เมื่อ σ_c = ความเค้นอัด (N/mm^2 , MN/n^2)
 F = แรงภายนอกที่กระทำกับวัตถุ (N , MN)
 A = พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ (mm^2 , m^2)

สรุป สมการที่ใช้หาค่าความเค้นปกติ คือ

1. สมการความเค้นดึง คือ $\sigma_t = \frac{F}{A}$
2. สมการความเค้นอัด คือ $\sigma_c = \frac{F}{A}$

2. ความเค้นเฉือน (shear stress) หรือ τ เป็นแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุ นั้นโดยพยายามทำให้วัตถุเกิดการขาดจากกันตามแนวระนาบที่ขนานกับทิศทางของแรงนั้น แรง ที่กระทำนี้เรียกว่าแรงเฉือน

ภาพที่ ง-4 ความเค้นเฉือน

$\therefore$ จะได้ $\tau = \frac{F}{A}$ (ง-4)

เมื่อ τ = ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้น (N/mm^2 , MN/n^2)
 F = แรงภายนอกที่กระทำกับวัตถุ (N , MN)
 A = พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ (mm^2 , m^2)

ความเค้นเฉือนแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ความเค้นเฉือนระนาบเดียว (Single shear stress)
2. ความเค้นเฉือนสองระนาบ (Double shear stress)

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	หน้า 5/10

1. ความเค้นเฉือนระนาบเดียว (Single shear stress) เป็นการเฉือนที่ทำให้วัตถุขาดออกเป็นสองท่อน จะมีพื้นที่โดยเฉือนเพียงพื้นที่เดียว พิจารณาจากภาพที่ ง-5 แผ่นเหล็ก 2 แผ่นถูกยึดด้วยหมุดย้ำและถูกดึงด้วยแรง F ทำให้หมุดย้ำโดนเฉือนขาดออกเป็น 2 ท่อน ซึ่งมีพื้นที่ที่หมุดย้ำโดนเฉือนขาดเท่ากับ $A = \frac{\pi d^2}{4}$ ความเค้นเฉือนแบบระนาบเดียวหาได้จากสูตร $\tau = \frac{F}{A}$

ภาพที่ ง-5 ความเค้นเฉือนระนาบเดียว

2. ความเค้นเฉือนสองระนาบ (Double shear stress) เป็นความเค้นที่เกิดจากการที่ วัตถุโดนแรงเฉือนขาดออกเป็น 3 ท่อน จะมีพื้นที่ที่โดนเฉือน 2 พื้นที่ พิจารณาจากภาพที่ ง-6 แผ่น เหล็ก 3 แผ่น ถูกยึดด้วยหมุดย้ำและถูกดึงด้วยแรง F ทำให้หมุดย้ำโดนเฉือนขาดออกเป็น 3 ท่อน ซึ่งมีพื้นที่ที่หมุดย้ำโดนเฉือนขาดเท่ากับ $2A = 2 \times \frac{\pi d^2}{4}$ ความเค้นเฉือนแบบสองระนาบหาได้จากสูตร $\tau = \frac{F}{2A}$

ภาพที่ ง-6 ความเค้นเฉือนสองระนาบ

สรุปเนื้อหา
สมการการหาค่าความเค้นเฉือน คือ

1. ความเค้นเฉือนระนาบเดียว คือ $\tau = \frac{F}{A}$ (ง-5)
2. ความเค้นเฉือนสองระนาบ คือ $\tau = \frac{F}{2A}$ (ง-6)

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	หน้า 6/10
ตัวอย่างที่ 1 เหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ถูกดึงด้วยแรง 240 นิวตัน จงคำนวณหา ความเค้นดึงของเหล็กเส้นนี้ <u>วิธีทำ</u> จากสูตร $\sigma_t = \frac{F}{A}$ $d = 5 \text{ mm}$ แทนค่าในสูตร $\sigma_t = \frac{240}{19.63}$ $F = 240 \text{ N}$ $= 12.23 \text{ N/mm}^2$ $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi 5^2}{4}$ $= 19.63 \text{ mm}^2$ <u>ตอบ</u> ความเค้นดึงเท่ากับ 12.23 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ตัวอย่างที่ 2 เสาคอนกรีตกลวงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 350 มิลลิเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง ภายใน 100 มิลลิเมตร อยู่ภายใต้แรงอัด 560 กิโลนิวตัน <u>วิธีทำ</u> จากสูตร $\sigma_c = \frac{F}{A}$ $D = 350 \text{ mm} , d = 100 \text{ mm}$ แทนค่าในสูตร $\sigma_c = \frac{560 \times 10^3}{88357.29}$ $F = 560 \times 10^3 \text{ N}$ $= 6.36 \text{ N/mm}^2$ $A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} (350^2 - 100^2)$ $= 88357.29 \text{ mm}^2$ <u>ตอบ</u> ความเค้นอัดเท่ากับ 6.36 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	หน้า 7/10

ตัวอย่างที่ 3

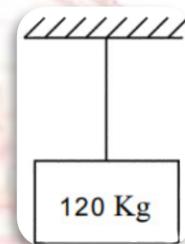
จงหาความเค้นดิ่งที่เกิดขึ้นในเส้นลวด เมื่อวัตถุมีมวล 120 กิโลกรัมแขวนอยู่กับเส้นลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร (ดังภาพ)

วิธีทำ จากสูตร $\sigma_t = \frac{F}{A}$

$$F = mg = 120 \times 9.81 = 1,177.2 \text{ N}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (4)^2}{4} = 12.57 \text{ mm}^2$$

แทนค่าในสูตร $\sigma_t = \frac{1,177.2}{12.57} \text{ N/mm}^2$
 $= 93.65 \text{ N/mm}^2$



ตอบ ความเค้นดิ่งในเส้นลวดเท่ากับ 93.65 N/mm^2

ตัวอย่างที่ 4

จงหาความเค้นอัดที่เกิดขึ้นในเสา ซึ่งมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 220 มิลลิเมตร รับแรงกดในแนวแกน 260 กิโลนิวตัน

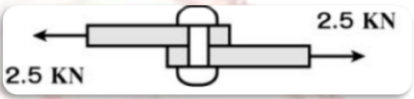
วิธีทำ จากสูตร $\sigma_c = \frac{F}{A}$

$$F = 260,000 \text{ N}$$

แทนค่าในสูตร $\sigma_c = \frac{260,000}{33,000} \text{ N/mm}^2$
 $= 7.88 \text{ N/mm}^2$

$$A = 150 \times 220 = 33,000 \text{ mm}^2$$

ตอบ ความเค้นอัดในเสาเท่ากับ 7.88 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	หน้า 8/10
ตัวอย่างที่ 5 จงหาความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในหมุดย้ำ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร และอยู่ภายใต้แรงเฉือน 2.5 กิโลนิวตัน (ดังภาพ) วิธีทำ จากสูตร $\tau = \frac{F}{A}$ $F = 2,500 \text{ N}$ $A = \frac{\pi d^2}{4}$ $= \frac{\pi(18)^2}{4} = 254.47 \text{ mm}^2$ แทนค่าในสูตร $\tau = \frac{2,500}{254.47} \text{ N/mm}^2$ $= 9.28 \text{ N/mm}^2$  ตอบ ความเค้นเฉือนในหมุดย้ำ = 9.28 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ตัวอย่างที่ 6 ใช้เครื่องตัดเจาะแผ่นโลหะแผ่นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ใช้ตัดแผ่น ทองแดงหนา 13 มิลลิเมตร ซึ่งแผ่นทองแดงมีค่าความเค้นเฉือนเท่ากับ 86 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร จงหาแรงที่ใช้ในการเจาะ วิธีทำ จากสูตร $\tau = \frac{F}{A}$ แทนค่าในสูตร $86 = \frac{F}{1429.42}$ $F = 86 \times 1429.42 \frac{\text{N} \cdot \text{mm}^2}{\text{mm}^2}$ $= 12,2930.12 \text{ N}$ $d = 35 \text{ mm}$ $t = 13 \text{ mm}$ $A = \pi dt = \pi(35)(13)$ $A = 1429.42 \text{ mm}^2$ $F = 86 \text{ N/mm}^2$ ตอบ ความเค้นเฉือนในหมุดย้ำเท่ากับ 12,2930.12 นิวตัน			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	หน้า 9/10
ตัวอย่างที่ 7 เหล็กแผ่น 3 แผ่นถูกยึดด้วยหมุดย้ามีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2.4 เซนติเมตร ถูกดึงด้วยแรง ขนาด 46 กิโลนิวตัน จงหาความเค้นเฉือนของหมุดย้า วิธีทำ จากสูตร $\tau = \frac{F}{2A}$ $d = 24 \text{ mm}$ แทนค่าในสูตร $\tau = \frac{46 \times 10^3 \text{ N}}{2 \times 18.85 \text{ mm}^2}$ $F = 46 \times 10^3 \text{ mm}$ $F = 1220.16 \text{ N/mm}^2$ $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (24)^2}{4}$ $= 1.22 \text{ KN/mm}^2$ $A = 18.85 \text{ mm}^2$ <u>ตอบ</u> ความเค้นเฉือนในหมุดย้าเท่ากับ 1,220.16 นิวตัน หรือ 1.22 กิโลนิวตัน ตัวอย่างที่ 8 จงหาแรงดึงในแท่งโลหะที่ต่อกันโดยหมุดย้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 2 ตัว (ดังภาพ) และให้ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นห้ามเกิน 90 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร วิธีทำ จากสูตร $\tau = \frac{F}{A}$  แทนค่าในสูตร $A = \frac{\pi d^2}{4} \times 2 = \frac{\pi (12)^2}{4} \times 2$ $A = 226.19 \text{ mm}^2$ $F = 90 \text{ N/mm}^2$ $F = \tau \times A$ $d = 12 \text{ mm}$ $= 90 \text{ N/mm}^2 \times 226.19 \text{ mm}^2$ $= 20,357.10 \text{ N}$ <u>ตอบ</u> แรงดึงในแท่งโลหะ เท่ากับ 20,357.10 นิวตัน หรือ 20.35 กิโลนิวตัน			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเนื้อหา	หน้า 10/10

ตัวอย่างที่ 9

จงหาความเค้นอัดในเสาเหล็กกลมกลวง ซึ่งอยู่ภายใต้แรงอัด 220 กิโลนิวตัน ถ้าเสาเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 120 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 50 มิลลิเมตร

วิธีทำ จากสูตร $\sigma_c = \frac{F}{A}$ $F = 220,000 \text{ N}$

$$A = \frac{\pi(D-d)^2}{4} = \frac{\pi(120-50)^2}{4}$$

$$= 9,346.24 \text{ mm}^2$$

แทนค่าในสูตร $\sigma_c = \frac{220,000}{9,346.24} \text{ N/mm}^2 = 23.54 \text{ N/mm}^2$

ตอบ ความเค้นอัดในเสาเหล็กเท่ากับ 23.54 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตัวอย่างที่ 10

จงหาแรงที่ใช้ในการตัดเจาะ และความเค้นที่เกิดขึ้นจากการตัดเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแผ่นโลหะหนา 2 มิลลิเมตร ให้เป็นรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร กำหนดให้ความเค้นเฉือนของโลหะเท่ากับ 360 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

วิธีทำ หาแรงที่ใช้ในการตัดเจาะ $\tau = \frac{F}{A}$ $\tau = 360 \text{ N/mm}^2$

$$A = \pi dt = \pi \times 60 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} = 376.99 \text{ mm}^2$$

แทนค่าในสูตร $F = \tau.A \text{ N/mm}^2$

$$= 360 \text{ N/mm}^2 \times 376.99 \text{ N/mm}^2 = 135.72 \text{ KN}$$

หาความเค้นที่เกิดขึ้น $\sigma_c = \frac{F}{A}$ $F = 135,716.4 \text{ N}$

แทนค่า $\sigma_c = \frac{135,716.4}{2,827.43} \text{ N/mm}^2$ $A = \frac{\pi(D)^2}{4} = \frac{\pi(60)^2}{4}$

$$= 47.99 \text{ N/mm}^2$$
 $A = 2,827.43 \text{ mm}^2$

ตอบ แรงที่ใช้ในการตัดเจาะเท่ากับ 135.72 กิโลนิวตัน
และความเค้นอัดเท่ากับ 47.99 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

[illegible]

[illegible]

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	คู่มือครู	หน้า 1/1
คู่มือครู สำหรับแผนการจัดกิจกรรมชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล 1. ทำความเข้าใจ และศึกษาเรื่องความเค้นของวัสดุ พร้อมแนะนำหัวข้อและความสำคัญของหัวข้อให้นักศึกษา ก่อนเข้าสู่บทเรียน 2. ครูผู้สอนนำนักศึกษาเข้าสู่บทเรียน 3. ครูผู้สอนให้นักศึกษาได้ร่วมพูดคุย ประเมินแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และซักถาม จากเนื้อหาที่ได้ศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 4. ครูผู้สอนมอบหมายให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม และศึกษาเนื้อหาเรื่องความเค้นของวัสดุ 5. ให้นักศึกษาทำใบแบบฝึกหัดหลังเรียน เรื่องความเค้นของวัสดุ 6. ให้นักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์ และสรุปผลการเรียนรู้เรื่องความเค้นของวัสดุ 7. ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้เกณฑ์การประเมินคะแนนของผู้เรียนสูงกว่าร้อยละ 80			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบแบบทดสอบ	หน้า 1/7
คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ 1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบอัตนัย แบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 2. เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที คำสั่ง : จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว - ความเค้นในวัสดุเกิดจากอะไร - ความร้อน - แรงภายนอกที่กระทำ - สนามแม่เหล็ก - การเปลี่ยนสีของวัสดุ - ความเค้นอัด ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวอย่างที่ถูกต้อง - ตอกตะปูลงในไม้ - ดิ่งยางให้ยืดออก - ชั้นน็อต - ผูกเชือก - ความเค้นดึงมีผลอย่างไรต่อวัสดุ - ทำให้วัสดุหดตัว - ทำให้วัสดุยืดตัว - ทำให้วัสดุแตกหัก - ทำให้วัสดุเปลี่ยนสี - ความเค้นใดที่เกิดขึ้นในวัสดุที่ถูกยืดออก - ความเค้นอัด - ความเค้นดึง - ความเค้นเฉือน - ความเค้นบิด			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ระบบส่งกำลังแปรผันต่อเนื่อง	ใบแบบทดสอบ	หน้า 2/7
5. ความเค้นสามารถแบ่งออกเป็นกี่ชนิดและอะไรบ้าง? ก. 1 ชนิด 1.ความเค้นวัสดุ ข. 2 ชนิด 1.ความเค้นดึง 2.ความเค้นอัด ค. 3 ชนิด 1.ความเค้นดึง 2.ความเค้นอัด 3.ความเค้นเฉือน ง. 4 ชนิด 1.ความเค้นดึง 2.ความเค้นอัด 3.ความเค้นเฉือน 4.ความเค้นเส้นรอบวง 6. ความเค้นเฉือนในวัสดุเกิดขึ้นได้อย่างไร? ก. เมื่อมีแรงดึงกระทำ ข. เมื่อมีแรงกดกระทำ ค. เมื่อมีแรงคู่บิดกระทำ ง. เมื่อมีแรงเฉือนหรือบิดกระทำ 7. ความเค้นดึงเกิดขึ้นเมื่อใด ก. เมื่อวัสดุถูกดึงให้ยืดออก ข. เมื่อวัสดุถูกบีบให้หดเข้า ค. เมื่อวัสดุถูกหมุน ง. เมื่อวัสดุถูกตัดโค้ง 8. ค่าความเค้นที่มากที่สุดที่วัสดุสามารถรับได้ก่อนแตกเรียกว่าอะไร? ก. ความเค้นดึงสูงสุด ข. ความเค้นคราก ค. ความเค้นปลอดภัย ง. ความเค้นเฉือน 9. ความเค้นดึงและความเค้นอัดมีทิศทางอย่างไร? ก. ความเค้นดึงและความเค้นอัดมีทิศทางเดียวกัน ข. ความเค้นดึงมีทิศออกจากวัสดุ ส่วนความเค้นอัดมีทิศเข้าสู่วัสดุ ค. ความเค้นดึงมีทิศเข้าสู่วัสดุ ส่วนความเค้นอัดมีทิศออกจากวัสดุ ง. ความเค้นดึงและความเค้นอัดไม่มีทิศทางที่แน่นอน			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบแบบทดสอบ	หน้า 3/7
10. การคำนวณความเค้นดึงต้องใช้อะไรบ้าง ก. แรงและพื้นที่หน้าตัด ข. แรงและความยาวของวัสดุ ค. น้ำหนักและพื้นที่หน้าตัด ง. น้ำหนักและความยาวของวัสดุ 11. ความเค้นของวัสดุ (Stress) คำนวณได้จากสมการใด? ก. $\sigma = \frac{F}{A}$ ข. $\sigma = \frac{A}{F}$ ค. $\sigma = F + A$ ง. $\sigma = F \times A$ 12. ความเค้นเฉือน (Shear Stress) คำนวณจากสมการใด? ก. $\tau = \frac{F}{A}$ ข. $\tau = \frac{A}{F}$ ค. $\tau = F + A$ ง. $\tau = F \times A$ จากสูตรใช้ตอบคำถามข้อ 13 - 15 $\sigma = \frac{F}{A}$ 13. σ คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้น ข. พื้นที่หน้าตัด ค. เส้นผ่านศูนย์กลาง ง. แรง			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบแบบทดสอบ	หน้า 4/7
14. F คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้น ข. พื้นที่หน้าตัด ค. เส้นผ่านศูนย์กลาง ง. แรง 15. A คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้น ข. พื้นที่หน้าตัด ค. เส้นผ่านศูนย์กลาง ง. แรง 16. σ_t คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้นเส้นรอบวง ข. ความเค้นดึง ค. ความเค้นอัด ง. ความเค้นเฉือน 17. σ_c คือ ตัวย่อในข้อใด ก. ความเค้นเส้นรอบวง ข. ความเค้นดึง ค. ความเค้นอัด ง. ความเค้นเฉือน 18. ถ้าวัสดุมีความเค้นดึง 150 MPa และรับแรงดึง 15000 N พื้นที่หน้าตัดของวัสดุมีค่าเท่าใด? ก. 100 mm² ข. 10 mm² ค. 1 mm² ง. 0.1 mm²			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบแบบทดสอบ	หน้า 5/7
19. วัสดุที่รับแรงเฉือน 3000 N ด้วยพื้นที่หน้าตัด 30 cm² จะมีความเค้นเฉือนเท่าใด? ก. 1 N/mm² ข. 10 N/mm² ค. 0.1 N/mm² ง. 100 N/mm² 20. เหล็กทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm และรับแรงเฉือน 10 kN ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นคือเท่าใด? ก. 2.55 N/mm² ข. 5.10 N/mm² ค. 10.20 N/mm² ง. 15.30 N/mm² 21. เสาอาคารทำจากคอนกรีตมีพื้นที่หน้าตัด 0.01 m² และรับน้ำหนัก 500 kN ความเค้นอัดที่เกิดขึ้นคือเท่าใด? ก. 15 N/mm² ข. 25 N/mm² ค. 50 N/mm² ง. 75 N/mm² 22. จงหาความเค้นดึงที่เกิดขึ้นในเส้นลวด เมื่อวัตถุมีมวล 120 กิโลกรัม แขวนอยู่กับเส้นลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ก. 85 N/mm² ข. 94 N/mm² ค. 105 N/mm² ง. 143 N/mm²			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบแบบทดสอบ	หน้า 6/7
23. จงหาความเค้นดึงที่เกิดขึ้นของสายเบรกรถยนต์เมื่อทำการเบรกโดยใช้แรงดึง 1.8 กิโลนิวตัน และสายเบรกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ก. 15 N/mm² ข. 23 N/mm² ค. 30 N/mm² ง. 56 N/mm² 24. จงหาแรงที่ใช้ในการตัดเจาะ และความเค้นที่เกิดขึ้นจากการตัดเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแผ่น โลหะหนา 2 มิลลิเมตร ให้เป็นรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร กำหนดให้ความเค้นเฉือนของโลหะเท่ากับ 360 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ก. 73.62 KN ข. 92.10 KN ค. 101.26 KN ง. 135.72 KN 25. จงหาความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในหมุดย้ำ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตรและอยู่ ภายใต้แรงเฉือน 2.5 กิโลนิวตัน ก. 9.82 N/mm² ข. 11.25 N/mm² ค. 22.68 N/mm² ง. 37.14 N/mm² 26. จงหาความเค้นอัดที่เกิดขึ้นในเสา ซึ่งมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 220 มิลลิเมตร รับแรงกดในแนวแกน 260 กิโลนิวตัน ก. 3 N/mm² ข. 5 N/mm² ค. 7 N/mm² ง. 9 N/mm²			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบแบบทดสอบ	หน้า 7/7
27. จงหาความเค้นอัดที่เกิดขึ้นในขาเก้าอี้ เมื่อสมชายมีมวล 80 กิโลกรัม นั่งอยู่บนเก้าอี้สมมติให้ขาเก้าอี้ทั้งสี่รับแรงเท่ากัน และพื้นที่หน้าตัดของขาเก้าอี้ แต่ละขาเท่ากับ 680 ตารางมิลลิเมตร ก. 0.145 N/mm² ข. 0.289 N/mm² ค. 0.425 N/mm² ง. 0.759 N/mm² 28. จงหาความเค้นที่เกิดขึ้นในเส้นลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ภายใต้แรงดึง 150 นิวตัน ก. 30.22 N/mm² ข. 52.36 N/mm² ค. 84.88 N/mm² ง. 92.34 N/mm² 29. จงหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายเบรกรถยนต์ เมื่ออยู่ภายใต้แรงดึง 1.8 กิโลนิวตัน ถ้าให้ความเค้นดึงห้ามเกิน 220 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ก. 1 mm ข. 3 mm ค. 5 mm ง. 7 mm 30. จงหาแรงในการตัดเจาะแผ่นโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร แผ่นโลหะหนา 18 มิลลิเมตร และความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นเท่ากับ 280 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ก. 80 KN ข. 100 KN ค. 160 KN ง. 190 KN *****			

	วิชา ความแข็งแรงของวัสดุ	ภาควิชาเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง ความเค้นของวัสดุ	ใบเฉลยแบบทดสอบ	หน้า 1/1

เฉลยแบบทดสอบ

1 ข.	16 ข.
2 ก.	17 ค.
3 ข.	18 ก.
4 ข.	19 ข.
5 ค.	20 ข.
6 ง.	21 ค.
7 ก.	22 ข.
8 ก.	23 ข.
9 ข.	24 ง.
10 ก.	25 ก.
11 ก.	26 ค.
12 ก.	27 ข.
13 ก.	28 ค.
14 ง.	29 ข.
15 ข.	30 ง.

ความเค้น (STRESS)

ความเค้น คือ อัตราส่วนระหว่างแรงภายในต่อพื้นที่หน่วยพื้นที่ ที่วัตถุต่อต้าน (internal resisting force) แรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุนั้น โดยมีแรงรวมเท่าแรงภายนอกแต่มีทิศทางตรงกันข้าม

ค่าแรงเค้นที่คำนวณได้นี้เป็นเพียงค่าเฉลี่ยเท่านั้น (โดยสมมติว่าความเค้นกระจาย อย่างสม่ำเสมอทั่วหน้าตัดที่รับแรง) แต่ในความเป็นจริงการกระจายของความเค้นอาจยุ่งยาก มากกว่านี้แล้วแต่กรณี



ฉะนั้น ความเค้น (Stress) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ความเค้น} = \frac{\text{แรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุ}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ}}$$

$$\therefore \sigma = \frac{F}{A}$$

EXAMPLE 2

เสาคอนกรีตกลวงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 350 มิลลิเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง ภายใน 100 มิลลิเมตร อยู่ภายใต้แรงอัด 560 กิโลนิวตัน

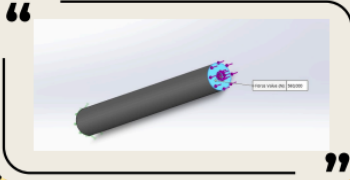
วิธีทำ จากสูตร $\sigma_c = \frac{F}{A}$ $D = 350 \text{ mm}, d = 100 \text{ mm}$

แทนค่าในสูตร $\sigma_c = \frac{560 \times 10^3}{88357.29}$ $F = 560 \times 10^3 \text{ N}$

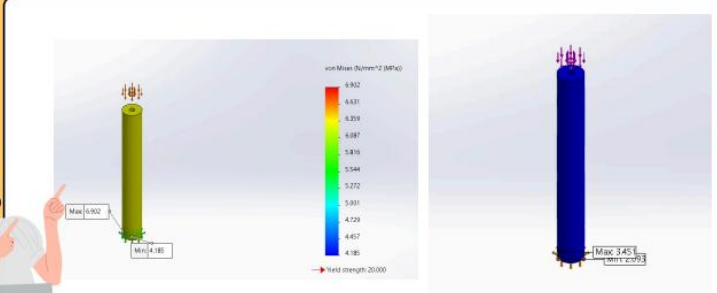
$= 6.36 \text{ N/mm}^2$ $A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} (350^2 - 100^2)$

$= 88357.29 \text{ mm}^2$

ตอบ ความเค้นอัดเท่ากับ 6.36 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร



FINITE ELEMENT METHOD



The figure displays two finite element analysis (FEA) results for a column. The left image shows a stress distribution plot with a color scale ranging from 4.185 MPa (blue) to 6.932 MPa (red). The right image shows a displacement plot with a maximum displacement of 3.45 mm.

ภาพที่ ง-1 แสดงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องความเค้นของวัสดุ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

The seal of Rajabhat Nakhon Phanom is a circular emblem. It features a central five-tiered umbrella (Chatra) with a flame-like finial. Above the umbrella is a sunburst. Flanking the central emblem are two smaller, similar structures. The entire design is enclosed within a circular border containing the university's name in Thai script: "มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ".

ภาคผนวก จ

- คู่มือการใช้งานระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม SolidWorks สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

คำนำ

คู่มือเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method - FEM) ในการวิเคราะห์และจำลองพฤติกรรมของโครงสร้างและชิ้นส่วนเครื่องกลด้วยโปรแกรม SolidWorks Simulation เบื้องต้นประกอบการเรียนการสอนรายวิชาความแข็งแรงวัสดุ โดยมุ่งเน้นให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจหลักการพื้นฐานและสามารถประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื้อหาในคู่มือครอบคลุมพื้นฐานของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การเตรียมชิ้นงาน การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและโหลด ไปจนถึงการวิเคราะห์ผลลัพธ์และการแปลผล คู่มือเล่มนี้เหมาะสำหรับนักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจในการใช้ SolidWorks Simulation เพื่อการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์ในการเพิ่มพูนทักษะและประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ใช้ทุกท่าน

ธนาภรณ์ อิมพร้อม



สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความสำคัญของการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม	1
2. หลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method - FEM)	1
3. บทบาทของ SolidWorks Simulation ในการวิเคราะห์โครงสร้าง	3
บทที่ 2 การเริ่มต้นใช้งาน SolidWorks Simulation	4
1. ทำความรู้จักกับโปรแกรม SolidWorks Simulation	4
บทที่ 3 การวิเคราะห์ชิ้นส่วน	11
1. เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม SolidWorks	11
2. สร้างการศึกษาสถานการณ์จำลอง	13
3. การเพิ่มคุณสมบัติของวัสดุ	15
4. การใช้อุปกรณ์จับยึด	16
5. การใช้แรง	17
6. การตีตาข่ายและคำนวณ	19
7. การตรวจสอบผลลัพธ์	20
บทที่ 4 สรุป	22
1. สรุป	22
2. การประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมจริง	22

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญของการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม

ในงานออกแบบทางวิศวกรรม การวิเคราะห์โครงสร้างและพฤติกรรมของชิ้นส่วนเครื่องกลเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้สามารถประเมินประสิทธิภาพ ความแข็งแรง และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ก่อนการผลิตจริง วิธีการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมช่วยลดต้นทุน ลดระยะเวลาในการพัฒนา และเพิ่มความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ปัจจุบัน การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมมีบทบาทสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method - FEM) ซึ่งเป็นเทคนิคเชิงตัวเลขที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์โครงสร้าง การถ่ายเทความร้อน และกลศาสตร์ของไหล

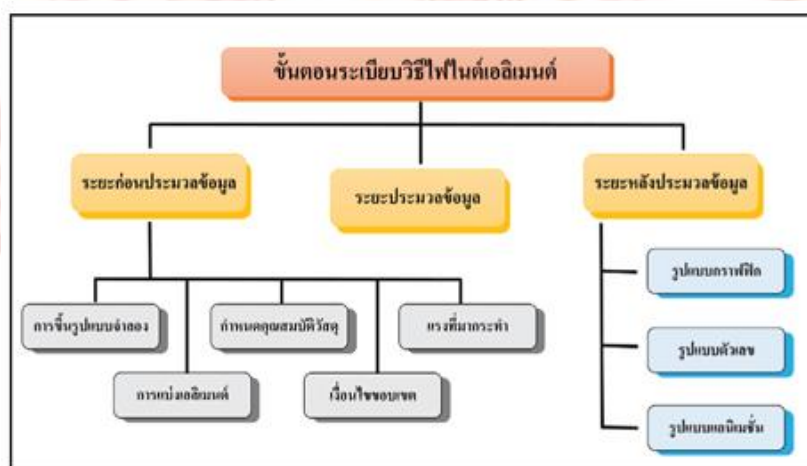
2. หลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method - FEM)

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method; FEM หรือ finite element analysis; FEA) คือ วิธีการนำ หลักการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในเชิงพฤติกรรมของวัสดุเชิงโครงสร้าง (structural) ความร้อน (heat transfer) หรือของไหล (fluid flow) ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดขึ้น โดยอาศัยการแก้ปัญหาระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (partial differential equation) ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (numerical methods) เพื่อหาผลลัพธ์โดยประมาณ (approximate solution) ของปัญหาที่กำหนดผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ในการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยนั้น ปัญหาพื้นฐานคือการสร้างสมการที่สามารถประมาณค่าสมการที่กำลังสนใจศึกษาแต่มีความแน่นอนทางตัวเลข ซึ่งหมายความว่าความคลาดเคลื่อนในข้อมูลนำเข้า (input) และการคำนวณระหว่างกลางจะไม่ถูกรวมเข้าไปและส่งผลให้ข้อมูลส่งออก (output) ไร้ความหมาย ซึ่งวิธีการนั้นมีหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นทางเลือกที่ดีในการแก้ปัญหสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยในขอบเขตที่ซับซ้อน (complex domains) เช่น ในรถยนต์หรือท่อส่งน้ำมันเมื่อขอบเขตมีการเปลี่ยนแปลง เช่นในช่วงปฏิกิริยาโซลิดสเตตที่ขอบเขตมีการเคลื่อนที่ (solid state reaction with a moving boundary) หรือเมื่อผลแม่นยำที่ต้องการมีการเปลี่ยนแปลงตลอดขอบเขต หรือเมื่อผลลัพธ์ไม่มีความราบเรียบ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะเห็นได้ว่าเป็นรูปแบบ หนึ่งของการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมของชิ้นงานหรือ วัสดุในระดับโครงสร้างภายใต้สภาวะที่ต้องการศึกษาที่ได้รับ ความนิยมอย่างแพร่หลาย

2.1 ข้อดี และข้อจำกัดการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ข้อดีของการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้การขึ้นรูปแบบจำลองทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และเป็นเสมือนโครงสร้างจริง ส่งผลให้การคำนวณแม่นยำมากขึ้น ทดลองซ้ำได้ไม่จำกัด จำนวนครั้ง ปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ (parameter) ได้สะดวกเป็นไปตามคุณสมบัติ ที่แท้จริงของ วัสดุที่ต้องการศึกษา กำหนดทิศทางและปริมาณแรงที่กระทำต่อวัสดุได้ ซึ่งสามารถศึกษาพฤติกรรม ของวัสดุที่สถานะทางกายภาพแตกต่างกันทั้งของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ประเมินผลลัพธ์ที่ได้หลาย รูปแบบ เช่น ความเค้น (stress) ความเครียด (strain) การเคลื่อนขยับ (displacement) การถ่ายเท ความร้อนกลศาสตร์ของไหล (fluid mechanic) เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยลดเวลาในการ สร้าง สถานการณ์จำลองจริง การสร้างแบบจำลองต้นแบบ เวลาในการทดสอบ และค่าใช้จ่ายในงานวิจัย (4-7) CM Dent J Vol. 39 No. 3 2018 ข้อดีดังกล่าวทำให้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธี ที่นิยม ใช้จนถึงปัจจุบัน โดยศึกษารูปแบบความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นภายในวัสดุเมื่อมีแรงกระทำ ขณะใช้งาน ทำให้ผู้วิจัยทราบพฤติกรรมเชิงกลต่อการตอบสนองของวัสดุ และสามารถพัฒนาการ ออกแบบให้มีความสอดคล้องกับสภาวะจริงเพิ่มขึ้นแม้ว่าการศึกษาพฤติกรรมของวัสดุด้วย ระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์มีข้อดีหลายประการ แต่ผู้วิจัยควร ตระหนักเสมอว่าความถูกต้องแม่นยำของผล การศึกษาด้วย ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ขึ้นกับความถูกต้องในการสร้างแบบจำลอง ควรมีวิธีการ ทดสอบอื่นๆ ช่วยยืนยันผลจากการ วิเคราะห์ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิ เมนต์ การสร้างแบบจำลองใช้วิธีการขึ้นรูปแบบจำลองดิจิทัลซึ่งทำได้ยากต้องอาศัยทักษะและ ประสบการณ์มากพอ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณต้องมีประสิทธิภาพสูง โดยแบบจำลองที่ได้อาจ ไม่เหมือนสภาวะจริงอย่างสมบูรณ์ ความคลาดเคลื่อนในการสร้างแบบจำลองเป็นสาเหตุสำคัญ



ภาพที่ 1.1 แสดงขั้นตอนระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

แผนภาพแสดงสรุประยะต่าง ๆ ของขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ทำให้ผล การศึกษาแตกต่างไปจากความเป็นจริง เนื่องจาก การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตไม่อาจครอบคลุม

สภาวะจริงได้ ทั้งหมด ไม่สามารถถ่ายทอดผ่านการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ จึงควรมีการทดสอบอื่น เช่น การศึกษาในห้องปฏิบัติการ หรือการศึกษาในสัตว์ทดลอง เพื่อยืนยันผลการศึกษาร่วมด้วยเสมอ

2.2 ขั้นตอนระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

องค์ประกอบพื้นฐานการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์ที่สำคัญ ประกอบด้วย แบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ (geometry) ค่าเฉพาะของวัสดุที่ต้องการศึกษา (materials parameters) เงื่อนไขขอบเขต (boundary conditions) และแรงที่มากระทำ (load) ขั้นตอนการศึกษาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย ะยะก่อนประมวลข้อมูล (pre-processing phase) ะยะประมวลข้อมูล (solution phase) และระยะหลังประมวลข้อมูล (postprocessing phase)

3. บทบาทของ SolidWorks Simulation ในการวิเคราะห์โครงสร้าง

SolidWorks Simulation เป็นซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมที่ใช้หลักการของ FEM โดยสามารถใช้ในการจำลองและวิเคราะห์โครงสร้างของชิ้นส่วนเครื่องกลในรูปแบบ 3 มิติได้อย่างมีประสิทธิภาพคุณสมบัติหลักของ SolidWorks Simulation รองรับการวิเคราะห์โครงสร้าง (Static Analysis) วิเคราะห์การเสียรูปและการเคลื่อนที่ของชิ้นงานวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน (Thermal Analysis) วิเคราะห์ความแข็งแรงและอายุการใช้งานของวัสดุ (Fatigue Analysis) ใช้งานง่ายและเชื่อมต่อกับ SolidWorks ได้อย่างสมบูรณ์ การใช้ SolidWorks Simulation ช่วยให้วิศวกรสามารถทดสอบและวิเคราะห์การทำงานของผลิตภัณฑ์ได้ตั้งแต่ระยะออกแบบ ลดความเสี่ยงจากข้อผิดพลาด และเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบ

บทที่ 2

การเริ่มต้นใช้งาน SolidWorks Simulation

1. ทำความรู้จักกับโปรแกรม SolidWorks Simulation

โปรแกรม SolidWorks Simulation คือ ระบบการวิเคราะห์และออกแบบอย่างสมบูรณ์ซึ่งทำงานร่วมกันกับโปรแกรม SolidWorks ซึ่งโปรแกรม SolidWorks Simulation สามารถวิเคราะห์ปัญหาทางด้านความร้อน (Thermal), ความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain), ความถี่ (Frequency), การโก่งงอ (Buckling), ความล้า (Fatigue), การตกกระแทก (Drop Test), การวิเคราะห์ปัญหาแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear Analysis), การวิเคราะห์ปัญหาแบบไดนามิกเชิงเส้น (Linear Dynamic Analysis) และการออกแบบปัญหางานลักษณะท่อที่รับแรงดัน (Pressure Vessel Design) ได้ภายในเวลาอันรวดเร็วและง่ายดาย ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งแบบ Notebook และแบบ PC

1.1 การวิเคราะห์ขั้นพื้นฐานด้วย SolidWorks Simulation

โปรแกรม SolidWorks Simulation ใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) “FEM” ในการวิเคราะห์ปัญหา FEM คือ วิธีการประมาณเชิงตัวเลข (Numerical Method) เพื่อใช้คำนวณหาผลเฉลยโดยประมาณของปัญหาที่กำหนดมาให้ โดยการแบ่งรูปร่างขอบเขตของปัญหาออกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ ที่เรียกว่า เอลิเมนต์ (Element) แล้วสร้างสมการของแต่ละเอลิเมนต์ให้สอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้น โดยที่เอลิเมนต์ต่างๆ เหล่านี้จะเชื่อมต่อกันที่จุดต่อ (Node) และจะเข้าไปแทนที่ในชิ้นงานที่มีลักษณะซับซ้อน ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะคำนวณค่าตัวแปรตามที่ต้องการ โดยอาศัยหลักการที่ว่า “นำปัญหาง่ายๆ หลายๆ ปัญหาไปทดแทนปัญหาที่ยากซับซ้อน และทำการแก้ปัญหาร่วมกันครั้งเดียว”



ภาพที่ 2.1 การขึ้นรูปและการสร้างเอลิเมนต์สำหรับปัญหาแบบสามมิติ

1.2 ข้อมูลที่ต้องทราบก่อนการติดตั้ง SolidWorks Simulation

การติดตั้งโปรแกรม SolidWorks Simulation จะต้องทำการติดตั้งโปรแกรม SolidWorks เสียก่อน มิฉะนั้นจะไม่สามารถใช้งานโปรแกรม SolidWorks Simulation ได้โดยประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ซึ่งหากเครื่องคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพสูงก็จะช่วยให้การทำงานเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว โดยการใช้งานของโปรแกรมโดยทั่วไปผู้ผลิตมักจะกำหนดคุณสมบัติขั้นต่ำของ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่โปรแกรมนั้นๆ ต้องการ เพื่อให้การใช้งานของ Software เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและ สมบูรณ์ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้งานควรมีข้อมูลจำเพาะขั้นต่ำดังต่อไปนี้

ระบบ Operating System (OS)

- Microsoft® Windows® 2000 Professional
- Microsoft® Windows® XP Professional (32-bit, 64-bit)

1.3 ข้อควรระวังในการใช้ซอฟต์แวร์ SolidWorks Simulation

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ซอฟต์แวร์ในการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์จะมีความถูกต้องเที่ยงตรงสูง มากเท่าใดนั้น จะขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ของผู้ใช้ โดยที่ผู้ใช้นั้นจำเป็นต้องทราบให้ชัดเจนว่า ซอฟต์แวร์นั้น ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาชนิดใด ตั้งอยู่บนพื้นฐานของสมการเชิงอนุพันธ์แบบใด และต้องทราบโดยคร่าวๆ ว่ามีกระบวนการวิเคราะห์ภายในอย่างไรบ้าง จึงจะสามารถบอกได้ว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นนั้นมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงเพียงใด นอกจากนั้นแล้ว ตัวผู้ใช้งานเองควรที่จะมีความรู้ขั้นพื้นฐานในเรื่องทฤษฎีของการทำการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์บ้างไม่มากก็น้อย เพื่อที่จะให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูง โดยสิ่งที่ทำ 15 รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร แคมสิม่วง 2564 ให้ผลลัพธ์มีการผิดพลาดมักจะเกิดจากการที่ผู้ใช้เกิดความผิดพลาดในขณะที่ทำการป้อนค่าข้อมูลลงใน ซอฟต์แวร์นั่นเอง อาทิเช่น ค่าเฉพาะของคุณสมบัติของวัสดุ ค่าการประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตที่ไม่ถูกต้อง ค่า การสร้างรูปแบบจำลองทางไฟไนต์ เอลิเมนต์ที่มีความคลาดเคลื่อนไปจากรูปทรงทางเรขาคณิตดั้งเดิมของ ปัญหา การเลือกใช้ชนิดของ เอลิเมนต์ที่ไม่เหมาะสมและไม่ครอบคลุมชิ้นงานตัวอย่างทั้งหมด การสร้าง โครงข่ายจำลองชิ้นงานรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ซึ่งจะประกอบไปด้วยเอลิเมนต์ที่มีขนาดใหญ่หรือเรียวยาว เกินไป เป็นต้น ความชัดเจนในการดำเนินการของกระบวนการต่างๆ เหล่านี้ จะเพิ่มมากขึ้นหลังจากที่นักศึกษาผู้อ่าน และผู้สนใจทั่วไปนั้น ได้ทำการศึกษาทางทฤษฎีและตัวอย่างการใช้ซอฟต์แวร์ SolidWorks Simulation ในบทต่อไป ไป รวมทั้งการได้ให้เวลากับการใช้ซอฟต์แวร์ SolidWorks Simulation อันจะก่อให้เกิด ประสบการณ์การใช้ที่เพิ่มพูนมากยิ่งขึ้น

1.4 ทำความรู้จักกับแถบเครื่องมือของ SolidWorks Simulation

การใช้งานของโปรแกรม SolidWorks Simulation นั้นจะมีกล่องเครื่องมือหรือแถบเครื่องมือ เพื่อช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น และสะดวกในการใช้งาน ซึ่งแถบเครื่องมือต่างๆ ของโปรแกรม SolidWorks Simulation จะแบ่งเป็นหมวดหมู่ตามขั้นตอนของการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจ และเรียงลำดับขั้นตอนต่างๆ ได้ง่ายขึ้นโดยจะแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ด้วยกัน โดยจะเรียงตามขั้นตอนการใช้งานดังนี้

- SolidWorks Simulation Toolbar-Main

แถบเครื่องมือหลัก SolidWorks Simulation Main เป็นแถบเครื่องมือที่ใช้ในการเริ่มต้นในการแก้ปัญหาด้วยวิธี FEM โดยมีความหมายของปุ่มไอคอนต่างๆ ในแถบเครื่องมือ SolidWorks Simulation Main ดังแสดงในตารางด้านล่างนี้

สัญลักษณ์ปุ่มเครื่องมือ	ลักษณะคำสั่ง	ลักษณะวัตถุประสงค์ของงาน
	New Study	การเลือกวิธีการแก้ปัญหา เช่น Static, Frequency, Buckling เป็นต้น
	Apply Material	การเลือกคุณสมบัติทางกลของวัสดุให้กับชิ้นงาน
	Create Mesh	การสร้างโครงข่ายเอลิเมนต์บนชิ้นงาน
	Run	เริ่มต้นการหาผลเฉลยของปัญหาทาง FEM
	Apply Control	การควบคุม และกำหนดค่าของโครงข่ายเอลิเมนต์บนชิ้นงาน
	Global Contact	การกำหนดเงื่อนไขของจุดสัมผัสบนชิ้นงานทั้งหมด
	Contact Set	การกำหนดเงื่อนไขของจุดสัมผัสระหว่างชิ้นงานแต่ละชิ้น
	Drop Test Setup	การสร้างเงื่อนไขของปัญหาการตกกระแทกของชิ้นงาน
	Result Options	การปรับตั้งค่าของผลเฉลย

- SolidWorks Simulation Toolbar-Fixtures/External Loads

แถบเครื่องมือ SolidWorks Simulation Fixtures/External Loads เป็นแถบเครื่องมือที่ใช้ในการจำกัดขอบเขตของปัญหาที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน และรูปแบบของภาระภายนอก โดยมี ความหมายของปุ่มไอคอนต่างๆ จากแถบเครื่องมือของ SolidWorks Simulation Fixtures/External Loads ดังแสดงในตารางด้านล่างนี้

สัญลักษณ์ปุ่มเครื่องมือ	ลักษณะคำสั่ง	ลักษณะวัตถุประสงค์ของงาน
	Fixtures	การกำหนดขอบเขตของจุดยึดให้กับชิ้นงาน
	Pressure	การกำหนดขอบเขตของความดันให้กับชิ้นงาน
	Force	การกำหนดขอบเขตของแรงที่มากระทำกับชิ้นงาน
	Gravity	การกำหนดขอบเขตของแรงโน้มถ่วงให้กับชิ้นงาน
	Centrifugal Force	การกำหนดขอบเขตของแรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางให้กับชิ้นงาน
	Remote Load/Mass	การกำหนดขอบเขตของแรงตามตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวชิ้นงาน
	Rigid Connection	การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างจุดยึดกับพื้นผิวของชิ้นงาน
	Bearing Load	การกำหนดทิศทางของแรงบนพื้นผิวทรงกระบอก
	Temperature	การกำหนดขอบเขตของอุณหภูมิบนพื้นผิวของชิ้นงาน

- SolidWorks Simulation Toolbar-Thermal Loads

แถบเครื่องมือ SolidWorks Simulation Thermal Loads เป็นแถบเครื่องมือที่ใช้ในการจำกัดขอบเขตของปัญหาทางด้านความร้อนที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน โดยมีความหมายของปุ่มไอคอนต่างๆ จากแถบเครื่องมือ SolidWorks Simulation Thermal Loads ดังแสดงในตารางด้านล่างนี้

สัญลักษณ์ปุ่มเครื่องมือ	ลักษณะคำสั่ง	ลักษณะวัตถุประสงค์ของงาน
	Temperature	การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิบนพื้นผิวชิ้นงาน
	Convection	การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน บนพื้นผิวชิ้นงาน
	Heat Flux	การกำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงของความร้อนบนพื้นผิวชิ้นงาน
	Heat Power	การกำหนดค่าการเกิดพลังงานความร้อนบนพื้นผิวชิ้นงาน
	Radiation	การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนบนพื้นผิวชิ้นงาน

- SolidWorks Simulation Toolbar-Result Tools

แถบเครื่องมือ Simulation Toolbar-Result Tools เป็นแถบเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงผลเฉลย ของข้อมูลที่ได้จากการแก้ปัญหาทางไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยมีความหมายของปุ่มไอคอนต่างๆ จากแถบเครื่องมือ Simulation Toolbar-Result Tools ดังนี้

สัญลักษณ์ปุ่มเครื่องมือ	ลักษณะคำสั่ง	ลักษณะวัตถุประสงค์ของงาน
	Factor of Safety	การแสดงค่าความปลอดภัยที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน
	Stress	การแสดงค่าความเค้นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน
	Displacement	การแสดงค่าระยะขจัดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน
	Strain	การแสดงค่าความเครียดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน
	Thermal	การแสดงผลการกระจายของพลังงานความร้อนและอุณหภูมิที่เกิดขึ้น
	Design Insight	การแสดงค่ารายละเอียดที่ออกแบบภายใน สำหรับชิ้นที่กำลังศึกษาอยู่
	Report	การสร้างรายงานของผลเฉลยของปัญหาที่สร้างขึ้น
	Include Image for Report	การแสดงผลภาพถ่ายแบบจำลองสำหรับรายงานผล

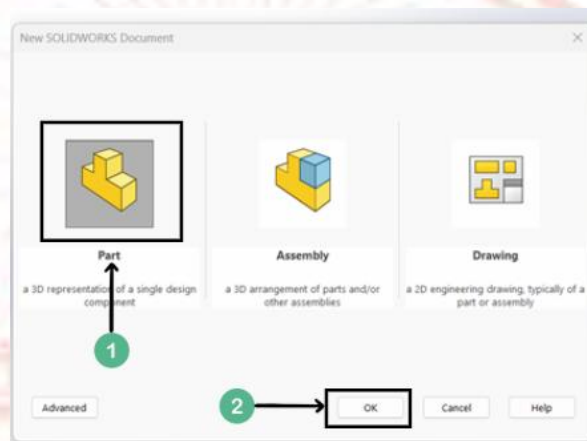
	Animate	การแสดงผลภาพเคลื่อนไหว และการเปลี่ยนลักษณะรูปร่างของชิ้นงาน
	Section Clipping	การแสดงผลข้อมูลสัดส่วนของเขตสีที่เกิดขึ้นในเนื้อชิ้นงาน
	Iso Clipping	การแสดงผลข้อมูลสัดส่วนของเขตสีที่เกิดขึ้นในเนื้อชิ้นงาน
	Plot Settings	การปรับตั้งรูปแบบการแสดงผลค่าต่างๆ ของผลเฉลย
	Probe	การเลือกแสดงผลข้อมูลเฉพาะจุดที่เกิดขึ้นในตำแหน่งต่างๆ บนชิ้นงาน
	List Selected	การแสดงผลข้อมูลทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวหรือขอบชิ้นงาน (กราฟ)
	Save As	การบันทึกข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ (รูปภาพ)
	Show/Hide Mesh	การแสดงผลโครงข่ายเอลิเมนต์และไม่แสดงผลโครงข่ายเอลิเมนต์
	Show/Hide Result	การแสดงผลแบบจำลองเอลิเมนต์และผลที่เกิดขึ้น
	Compare Results	เปรียบเทียบผลด้านต่อต้าน
	Deformed Result	การแสดงผลแบบจำลองในรูปแบบการเสียรูป

บทที่ 3 การวิเคราะห์ชิ้นส่วน

1. เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม SolidWorks

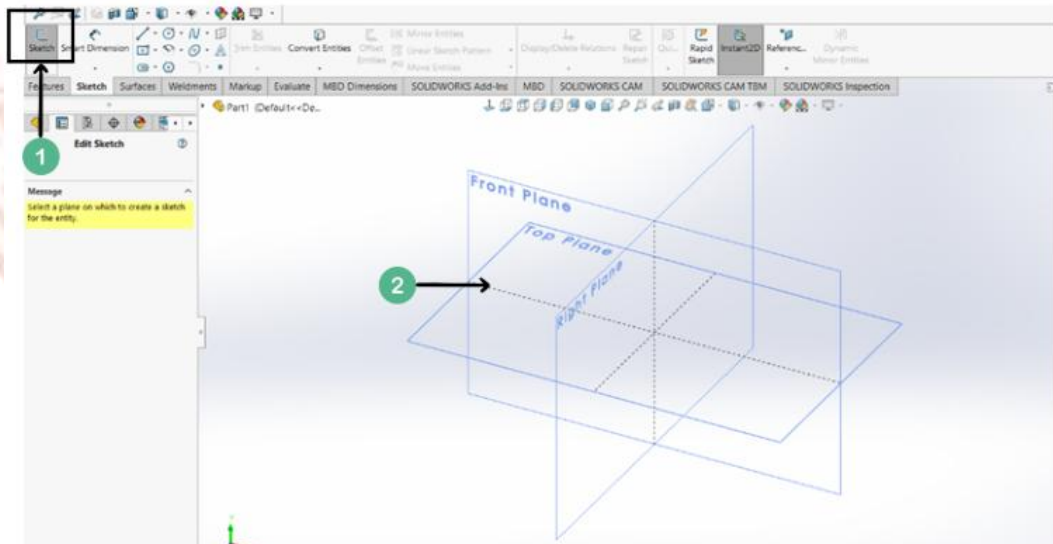
เปิดโปรแกรม SolidWorks และทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 แสดงหน้าต่างดังภาพที่ 3.1 เลือก Part แล้วคลิก OK



ภาพที่ 3.1 การสร้างชิ้นงานใหม่

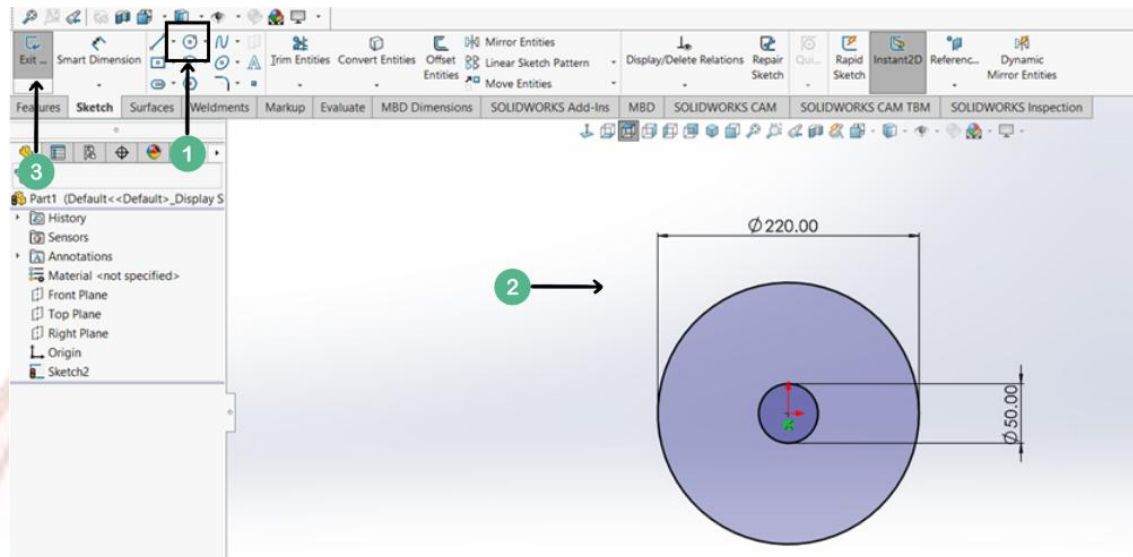
1.2 คลิกตัวจัดการ Sketch ดังแสดงในภาพที่ 3.2 และเลือกระนาบ Top



ภาพที่ 3.2 การเริ่มต้นคำสั่งร่างภาพ (Sketch)

1.3 สร้างภาพร่างของเสาเหล็กกลมด้วยเครื่องมือ Circle  และสร้างขนาดดังในภาพที่ 3.3

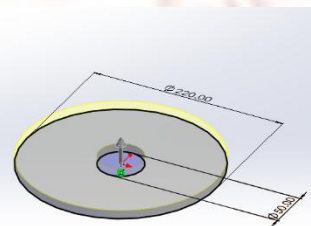
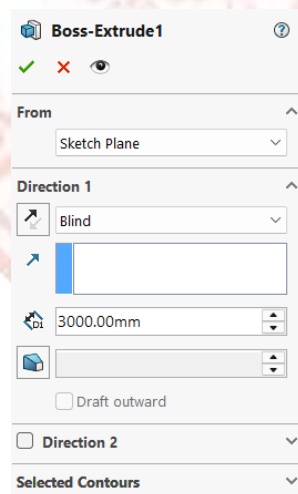
1.4 คลิกที่สัญลักษณ์ Exit Sketch ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ส่วนของเส้นที่ร่างไว้

1.5 สร้างชิ้นงาน 3D ด้วยคำสั่ง Extruded Boss/Base 

1.6 หลังจากขั้นตอนที่ 5 จะแสดงหน้าต่าง Boss- Extrude  มา เลือกรูปแบบการยืดชิ้นงานแบบ Blind ซึ่งมีระยะ 3000 mm เลือก  จะได้ชิ้นงานขึ้นดังภาพที่ 3.4



(a)

(b)

ภาพที่ 3.4 (a) หน้าต่าง Boss- Extrude (b) ชิ้นงาน 3D

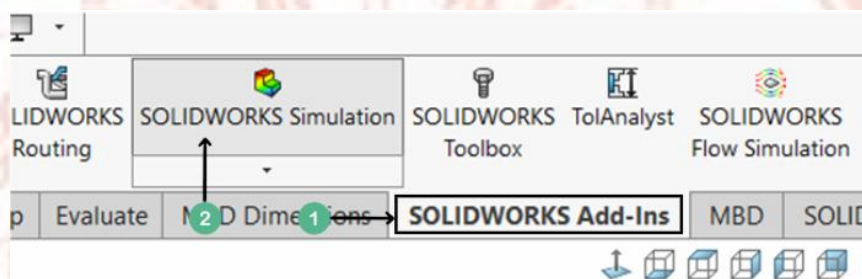
2. สร้างการศึกษาก่อนการจำลอง

ส่วนนี้ประกอบด้วยส่วนย่อยหลายส่วน แต่ละส่วนเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะที่แตกต่างกันของงานจำลอง ส่วนย่อยแรกเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการเปิดใช้งานสำหรับการจำลองการศึกษา ตามด้วยข้อกำหนดเฉพาะของวัสดุสำหรับชิ้นส่วน หลังจากนั้นเราก็จะเจาะลึกถึงการใช้งานรองรับ (Fixture) และโหลด (Load) ส่วนย่อยสุดท้ายเกี่ยวข้องกับการเมทซิงโครงสร้างควบคู่ไปกับการดำเนินการศึกษาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 เปิดใช้งานแท็บการจำลองและสร้างการศึกษาใหม่

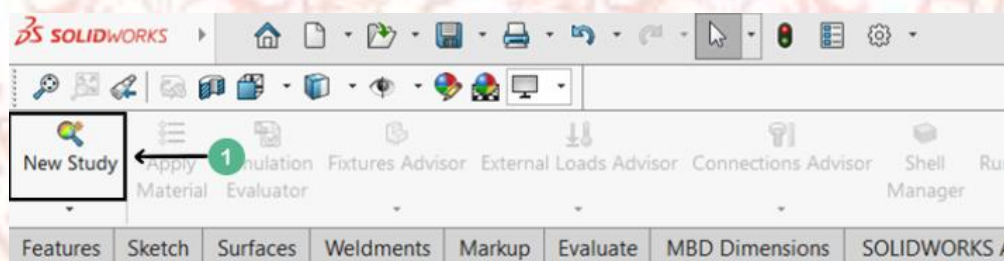
2.2 คลิกที่ Add-In ของ SolidWorks

2.3 คลิกที่ SolidWorks Simulation เพื่อเปิดใช้งานแท็บการจำลอง ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 การเปิดใช้งานแท็บการจำลอง

2.4 เมื่อแท็บการจำลองทำงานอยู่ ให้คลิกที่ New Study ดังภาพที่ 3.6

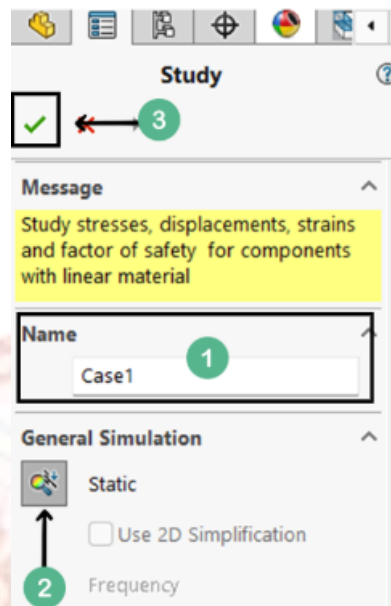


ภาพที่ 3.6 การเปิดใช้งานการศึกษาใหม่

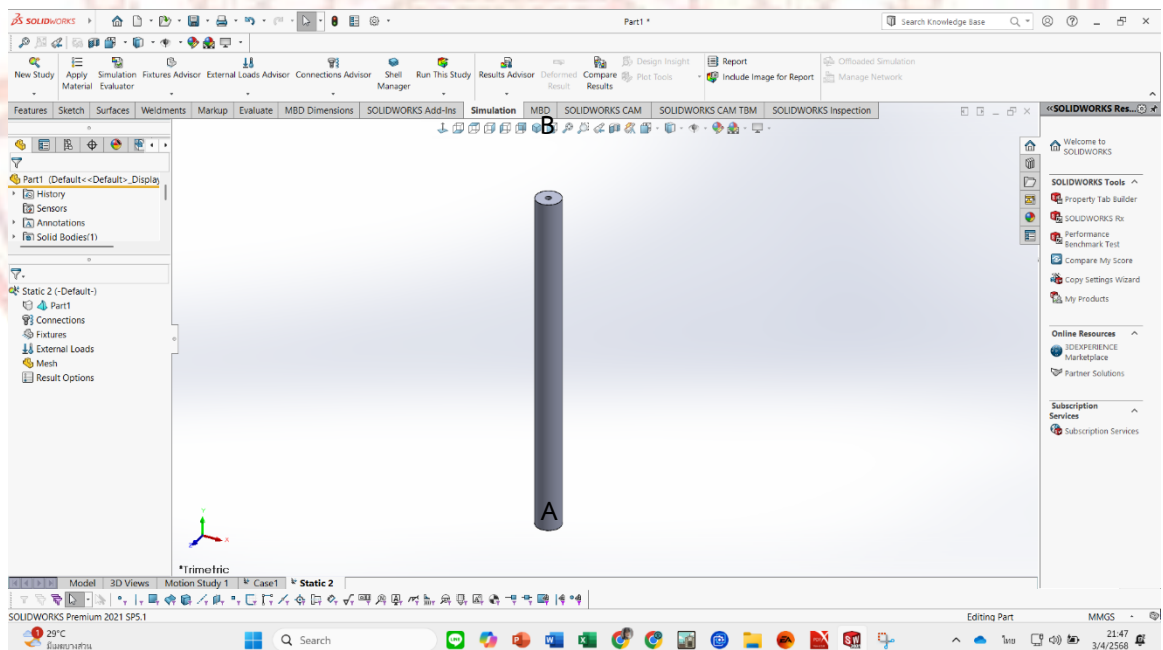
2.5 ป้อนชื่อการศึกษาในกล่องชื่อ เช่น Case 1

2.6 เก็บตัวเลือกการวิเคราะห์แบบคงที่ไว้ ดังแสดงในภาพที่ 3.7

2.7 คลิกตกลง/เครื่องหมายถูกสีเขียว ✓



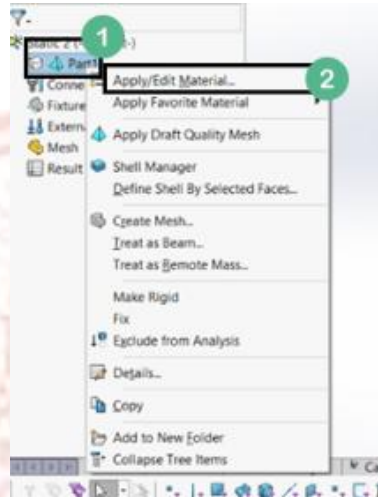
ภาพที่ 3.7 การระบุตัวเลือกสำหรับ Study Property Manager เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 2.5–2.7 เสร็จแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ แผนผังการศึกษาการจำลองเริ่มทำงาน



ภาพที่ 3.8 Property การศึกษาการจำลอง

3. การเพิ่มคุณสมบัติของวัสดุ

3.1 ได้แผนผังการศึกษาการจำลอง คลิกขวาที่ Part1 สิ่งนี้จะแสดงตัวเลือกให้เลือกและใช้คุณสมบัติของวัสดุ ดังแสดงในภาพที่ 3.9

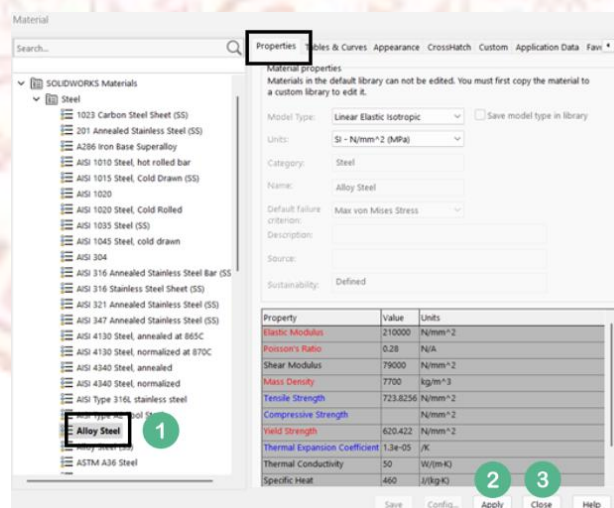


ภาพที่ 3.9 การเปิดใช้งานฐานข้อมูลวัสดุ

โปรดสังเกตว่าขั้นตอนที่ 3.1 จะเปิดฐานข้อมูลวัสดุดังแสดงในภาพที่ 3.10 กับหน้าต่างวัสดุเปิดขึ้น ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.2 มองหาโฟลเดอร์ Steel

3.3 คลิกที่ Alloy Steel > คลิก Apply > คลิก Close



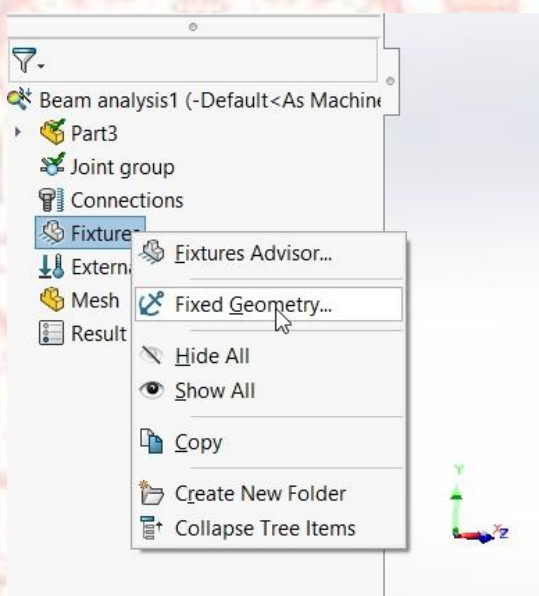
ภาพที่ 3.10 ตัวเลือกสำหรับข้อกำหนดวัสดุ

* เมื่อคลิกที่ Alloy Steel คุณสมบัติจะปรากฏทางด้านขวาของหน้าต่างวัสดุ ในช่อง Property บางส่วนชื่อจะใช้แบบอักษรสีน้ำเงินในขณะที่ชื่ออื่นๆ จะใช้แบบอักษรสีแดงหรือสีดำ โดยทั่วไป คุณสมบัติของวัสดุที่มีชื่อเป็นตัวอักษรสีแดงคือคุณสมบัติที่ต้องระบุไว้สำหรับการวิเคราะห์แบบคงที่ ชื่อคุณสมบัติอื่นๆ ที่เป็นแบบอักษรสีน้ำเงินหรือสีดำ เป็นทางเลือกสำหรับการวิเคราะห์แบบคงที่หรือ จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์แบบไดนามิกและเชิงความร้อนด้วยรายละเอียดสั้นๆ เกี่ยวกับหน้าต่างวัสดุ

4. การใช้อุปกรณ์จับยึด

อุปกรณ์จับยึดใช้เพื่อป้องกันโครงสร้างทางวิศวกรรมจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เสถียรมากเกินไป เมื่อโหลดถูกนำไปใช้กับวัสดุ สำหรับปัญหาที่กำลังวิเคราะห์จุดรองรับที่พบในตำแหน่ง A ตามที่ระบุใน ภาพที่ 3.8 จะแสดงถึงจุดจับยึดและติดตั้ง ดังขั้นตอนต่อไปนี้

4.1 คลิกขวาที่ Fixtures จากนั้นเลือก Fix Geometry จากหน้าต่างเมนูที่ปรากฏขึ้น

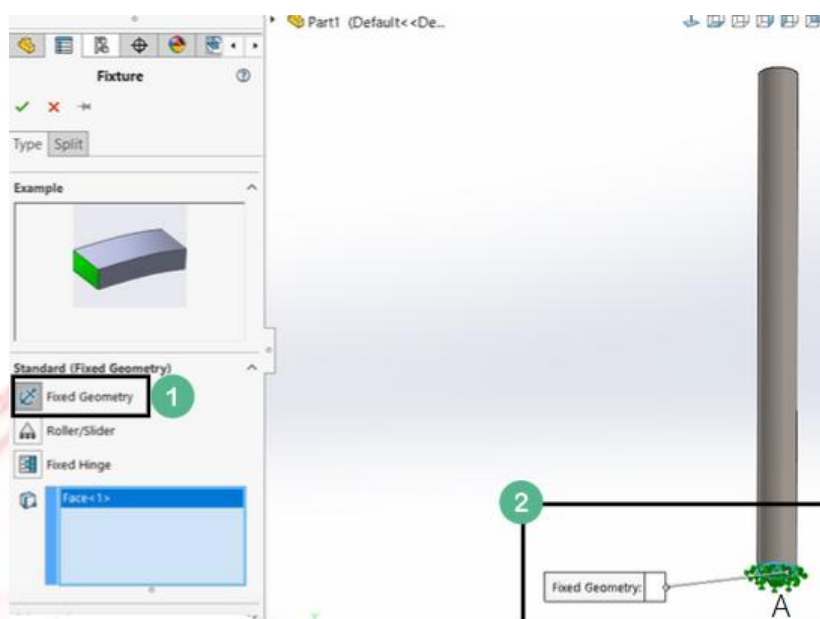


ภาพที่ 3.11 การเปิดใช้งาน Fix Property Manager

4.2 ภายใต้ Fix Property Manager ภาพที่ 3.12 เลือก Fixed Geometry

4.3 เลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่หน้าต่างกราฟิกแล้วเลือกที่จุด A

4.4 คลิกตกลง ✓

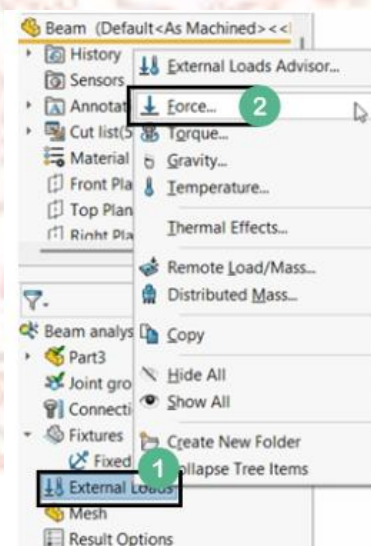


ภาพที่ 3.12 การเลือกอุปกรณ์จับยึดและตำแหน่งยึดเสถียร

5. การใช้แรง

ภายใต้แผงผังการศึกษาการจำลอง ให้ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

5.1 คลิกขวาที่ External Loads จากนั้นเลือก Force ดังแสดงในภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 การเปิดใช้งานตัวจัดการคุณสมบัติแรง/แรงบิด (Force/Torque)

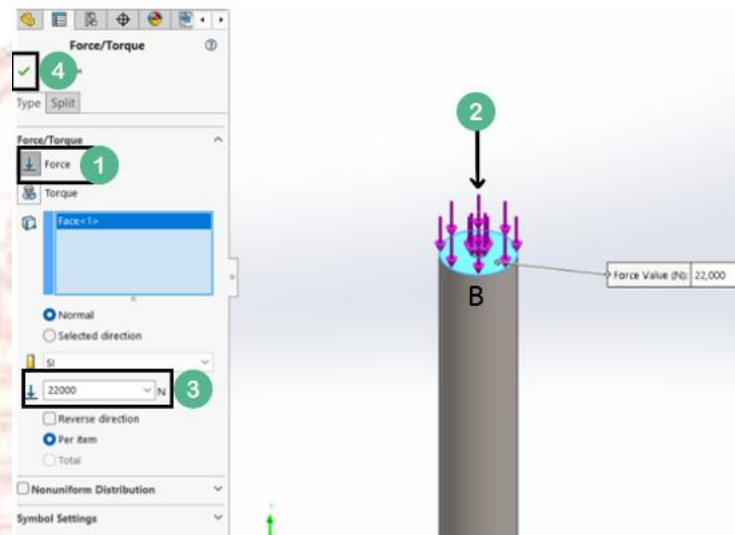
ภายใน Force/Torque Property Manager ให้ทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.2 ภายใต้ Selection ให้คลิกที่สัญลักษณ์ Force หมายเลข 1 ในภาพที่ 3.14

5.3 ไปที่หน้าต่างกราฟิกและเลือกบริเวณจุด B

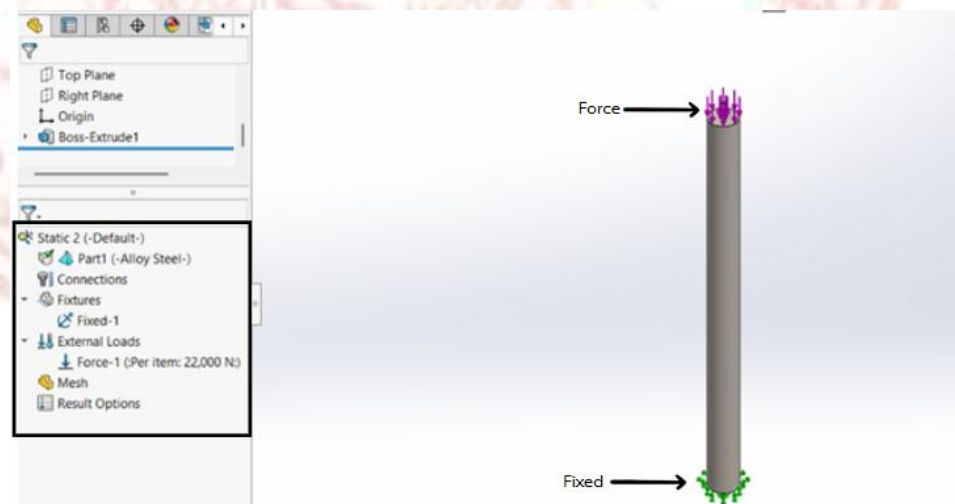
5.4 ภายใต้ Force ให้กำหนดแรง 220,000 N (ตรวจสอบให้แน่ใจว่าตั้งหน่วยเป็นระบบ SI)

5.5 คลิกตกลง



ภาพที่ 3.14 การใช้แรง

หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนก่อนหน้านี้แล้ว รูปลักษณะของโมเดลกราฟิกของคุณหน้าต่างควรจะเป็นดังภาพที่ 3.15



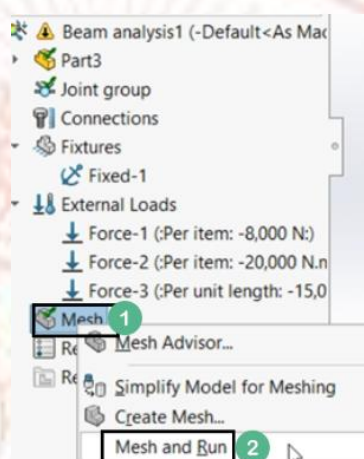
ภาพที่ 3.15 ลักษณะของเสาเหล็กที่กำหนดแรงและจุดยึด

6. การตีตาข่ายและคำนวณ

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการเตรียมโมเดลก่อนการประมวลผลล่วงหน้า การตีตาข่ายเป็นขั้นตอนสำคัญของการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ในบทที่ 2 สำหรับการดำเนินการต่อไปให้ทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

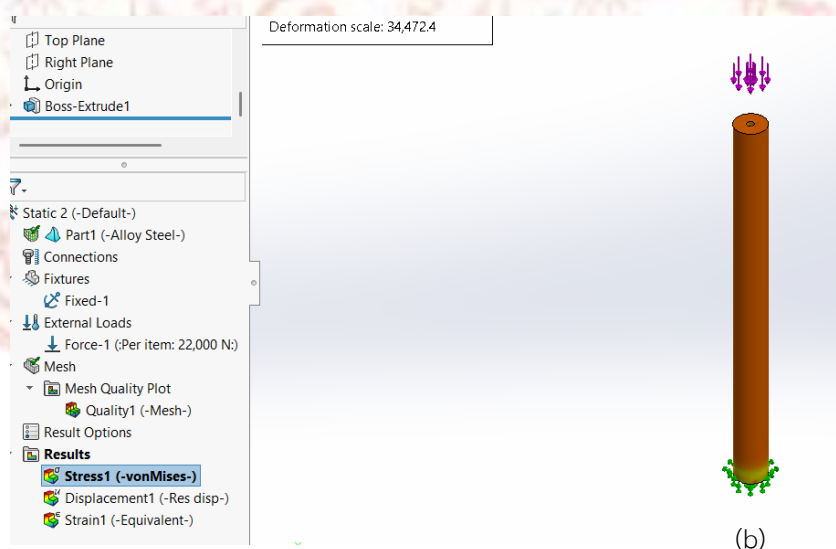
6.1 คลิกขวาที่ Mesh

6.2 เลือก Mesh and Run ดังในภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 การเปิดใช้งานตัวเลือก meshing และ running

หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนที่ 6.1 และ 6.2 แผนผังการศึกษาและหน้าต่างกราฟิกจะปรากฏขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.17



(a)

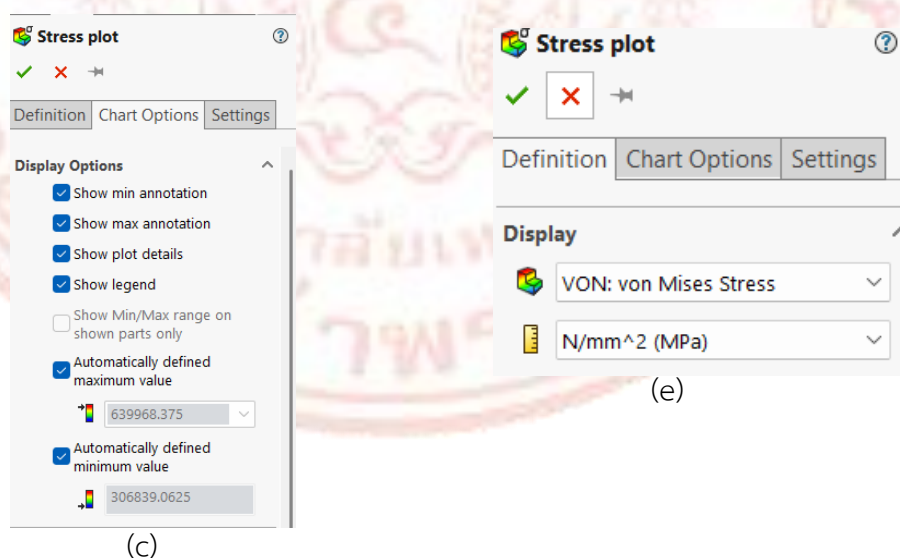
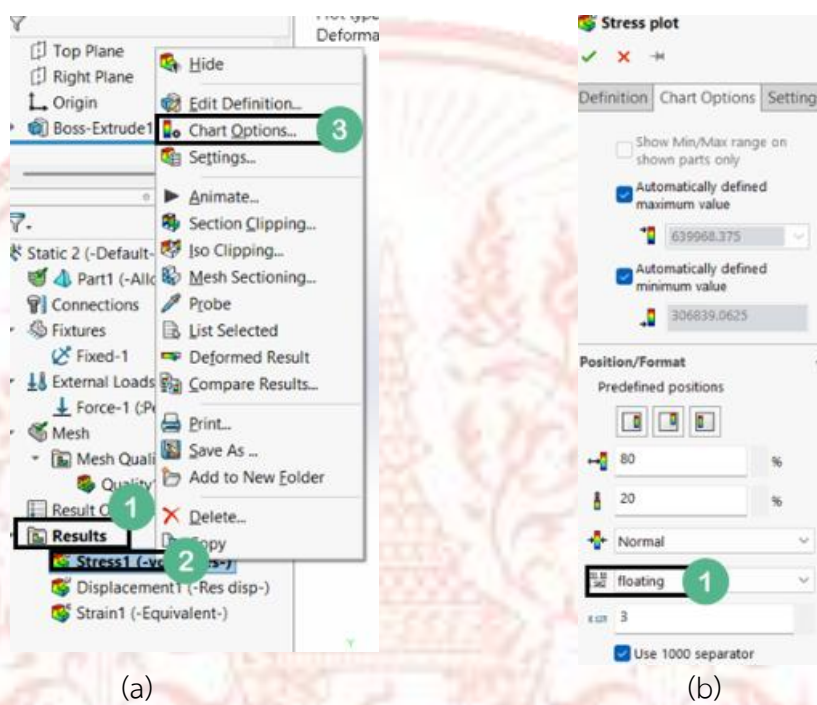
ภาพที่ 3.17 (a) ลักษณะคำอธิบายประกอบของแผนผังศึกษา (b) ผลการจำลองหลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนทั้งหมด

7. การตรวจสอบผลลัพธ์

7.1 คลิกโฟลเดอร์ที่ผลลัพธ์ (Results)

7.2 เลือก Stress1 และคลิกที่ Chart Options จะปรากฏหน้าต่าง Stress plot ดังภาพที่

3.18



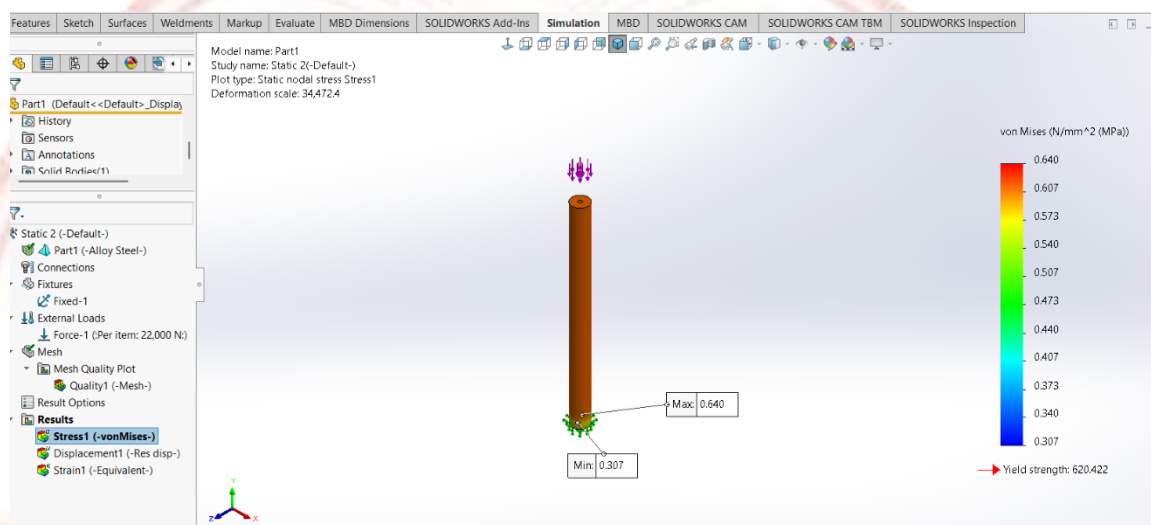
ภาพที่ 3.18 การเลือกตัวเลือกการแสดงผลข้อมูล

7.3 ภายใต้แท็บ Definition ตัวเลือก Display เลือกหน่วย Mpa

7.4 ภายใต้แท็บ Chart Options เลือกตามภาพที่ 3.18c ขณะที่ยังอยู่ในแท็บ Chart Options ภายใต้ตำแหน่ง/รูปแบบ ให้เปลี่ยนรูปแบบตัวเลขเป็นแบบลอยตัว (Floating) สำหรับการแสดงค่าตัวเลขที่อ่านได้ง่ายขึ้น ภาพที่ 3.18b

7.5 คลิ๊กตกลง

หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนที่ 7.1 – 7.5 หน้าต่างกราฟิกจะเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลของข้อมูล ดังภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 แสดงผลของข้อมูลของเสา

บทที่ 4

สรุป

1. สรุป

จากเนื้อหาทั้งหมดในคู่มือนี้ เราได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการของ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method - FEM) และการนำไปใช้ในงานวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมผ่านซอฟต์แวร์ SolidWorks Simulation โดยครอบคลุมตั้งแต่การเตรียมโมเดล การตั้งค่าเงื่อนไขขอบเขตและโหลด การวิเคราะห์ และการแปลผลลัพธ์ SolidWorks Simulation เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับวิศวกรและนักออกแบบที่ต้องการทดสอบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจริง ช่วยลดต้นทุนการพัฒนา ลดเวลาทดสอบ และเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2. การประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมจริง

จากความสามารถของ SolidWorks Simulation ผู้ใช้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลายสาขาทางวิศวกรรม เช่น

1. วิศวกรรมเครื่องกล: วิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นส่วนเครื่องจักรและโครงสร้างต่างๆ
2. วิศวกรรมยานยนต์: วิเคราะห์ความทนทานของชิ้นส่วนรถยนต์และการทดสอบโหลดแบบไดนามิก
3. วิศวกรรมการบินและอวกาศ: วิเคราะห์น้ำหนักเบาและความแข็งแรงของโครงสร้างอากาศยาน
4. วิศวกรรมการแพทย์: วิเคราะห์วัสดุและโครงสร้างของอุปกรณ์ทางการแพทย์

หวังว่าคู่มือเล่มนี้จะช่วยให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจและใช้งาน SolidWorks Simulation ได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงและต่อยอดความรู้ในด้านการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงต่อไปขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความสนใจและขอให้ประสบความสำเร็จในการใช้งาน SolidWorks Simulation 🚀

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวธนาภรณ์ อิมพร้อม
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ความเค้นของวัสดุโดยใช้ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
ประวัติ	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ครูแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

