

การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน  
โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

**Construction and Efficiency Instructional Package in Strength of Materials on  
Beams by Comparison of Theory and Finite Element Method**

ผนิจ ค้วงอำ<sup>1</sup>, สุรวุฒิ ยะนิล<sup>2</sup>

<sup>1</sup>วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษก มหานคร <sup>2</sup>ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**บทคัดย่อ**

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากนั้นสร้างชุดการสอน ที่มีความสอดคล้องกับสมรรถนะวิชา ของหลักสูตรวิชาชีพอาชีวศึกษา ประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน กลุ่มตัวอย่างในงานสารนิพนธ์ครั้งนี้เป็นนักศึกษา วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ ในภาคเรียนที่ 2/2558 จำนวน 30 คน เป็นนักศึกษาระดับปวส. 2 จากนั้น กำหนดให้นักศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่เรียนด้วยชุดการสอนกับกลุ่มที่เรียนปกติ ผลการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการหาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความสำคัญในระดับดีมาก ( $\bar{X}$ ) มีค่าเฉลี่ยรวม คือ 4.54 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าเฉลี่ยรวม คือ 0.50 2) ผลการหาประสิทธิภาพ  $E_p/E_t$  พบว่ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.84/82.41 สูงกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80 และ 3) ผลการเปรียบเทียบของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ผลปรากฏว่ากลุ่มทดลอง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าควบคุม ผลการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัย ดังนั้นชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ:** ชุดการสอน วิชาความแข็งแรงของวัสดุ คุณภาพ ประสิทธิภาพ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

**Abstract**

The purposes of this research were to Construction and Efficiency of Instructional Package in Strength of Materials on Beams by Comparison of Beam Theory and Finite Element Method. Using the documents and the related research to determine the behavioral objectives and construct of instructional package which accorded with occupational competency to survey according to the criteria assessment. To estimate the average quality overall from experts 9 people The sampling group in this research consisted of 30 second-year high vocational diploma students from Phetchabun Technical College in the second semester of 2558 and then assigned to the students are divided into 2 groups. First group

studied instructional package and standard method. The research found that 1) the quality of the specialist that are focused on a very good level ( $\bar{X} = 4.54$ ) and the standard deviation (S.D. = 0.50) 2) performance results for the  $E_1 / E_2$  showed that efficiency of 81.84 / 82.41 higher than the criteria set at 80.80 and 3) comparison and analyze different percentage of the achievement of the experimental group and the control group. The significance level of 0.05 results showed that the experimental group had higher achievement the control group. The research is objective and hypothesis. So the instructional package in Strength of Materials on beams by comparison between theory and finite element analysis, it can be used for teaching courses as efficiently.

**Keyword:** Instructional package Strength of Materials Quality Effectiveness Achievement

## 1. บทนำ

ความแข็งแรงของวัสดุ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาระภายนอก (External load) ที่เข้ามากระทำต่อวัสดุกับปฏิกิริยาภายในของวัสดุ ซึ่งอาจทำให้ความแข็งแรงของวัสดุหรือรูปร่างของวัสดุเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญการนำวัสดุไปใช้ในการออกแบบงานทางด้านวิศวกรรม ในที่นี้เราจะศึกษาทฤษฎี รวมถึงสูตรที่เราจะใช้ หรือกฎ ของการออกแบบสัญลักษณ์ต่างๆ ที่เป็นพื้นฐานของวิชาความแข็งแรงของวัสดุ

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สาขาวิชาเทคนิคยานยนต์ ได้นำวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ รหัสวิชา 3100-0107 ส่วนของมาตรฐานรายวิชาข้อที่ 5 ได้กล่าวถึงการคำนวณความแข็งแรงของคานรับแรงและโมเมนต์คัต มีเนื้อหาเกี่ยวกับ แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์คัต ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน ในเนื้อหาจะใช้สมการจากทฤษฎีสมการในบ้างข้อนั้นค่อนข้างซับซ้อนและไม่สามารถพิสูจน์ค่าที่ถูกต้องได้และผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงเพียงค่าเดียวหรือจุดใดจุดหนึ่งเท่านั้น อีกทั้งไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของวัสดุหลังเสีรูปได้ จะแสดงออกได้ในรูปตัวเลขเท่านั้น

ในปัจจุบันปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม (CAE) โดยใช้คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์สำเร็จรูปจำนวนมากที่สามารถออกแบบและวิเคราะห์พฤติกรรมของวัสดุได้ โดยใช้หลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาแก้ไขปัญหาสามารถสร้างรูปทรงของวัสดุได้และแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ เพื่อให้ซอฟต์แวร์คำนวณวิเคราะห์หาผลลัพธ์ได้ละเอียดซึ่งจะคำนวณออกมาเป็นจำนวนมากในรูปแบบตัวเลข การพลอตเลขออกมาในรูปแบบระดับสี เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ถึงปรากฏการได้อย่างรวดเร็ว สามารถทำนายพฤติกรรมของ

วัสดุในรูปทรงก่อนเสีรูปและหลังเสีรูปได้ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นรูปธรรมกว่าการคำนวณจากทฤษฎีปกติ ทำให้น่าสนใจในการเรียนรู้มากขึ้น แตกต่างไปจากการเรียนปกติที่เห็นเฉพาะสมการคณิตศาสตร์ ไม่สามารถเข้าใจความหมายอันแท้จริง

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการนำทฤษฎีวิชาความแข็งแรงของวัสดุ ซึ่งเป็นสมการในการคำนวณหาผลลัพธ์เปรียบเทียบค่าการจำลองจากซอฟต์แวร์ การแสดงค่าด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จะทำให้ผลการคำนวณจากทฤษฎีนั้นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ผู้เรียนสามารถยืนยันพิสูจน์ค่าผลลัพธ์ที่ถูกต้องได้และมองเห็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของวัสดุก่อนเสีรูปและหลังเสีรูปทำให้รวดเร็วและง่ายต่อการวิเคราะห์หามากขึ้นอีกด้วย

## 2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2.2 เพื่อหาคุณภาพของชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2.3 เพื่อประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2.4 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กับนักเรียนที่เรียนปกติ

### 3. สมมติฐาน

3.1 ชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพไม่ต่ำกว่า ระดับดี หรือมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3.50

3.2 ชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80

3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จะต้องสูงกว่านักศึกษาที่เรียน วิธีการเรียนปกติที่ระดับในสำคัญทางสถิติ 0.05

### 4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 ด้านเนื้อหา การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาในรายวิชา ความแข็งแรงของวัสดุ รหัสวิชา 3100 - 0107 ประกอบด้วย 5 หน่วย ดังนี้ คือ ทฤษฎีของคาน แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดโดยคติน้ำหนัก ความเค้นดัดในคาน และความเค้นเฉือนในคาน

4.2 ด้านการจำลองการคำนวณ วิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยใช้ซอฟต์แวร์จากคอมพิวเตอร์ ในการจำลองการคำนวณเพื่อหาค่าผลลัพธ์ของคาน

4.3 ด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.3.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เรียนระดับ ปวส. สาขาวิชาเทคนิคยานยนต์ ที่เรียนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ ภาคเรียนที่ 2/2558 วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ จำนวน 30 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุม จำนวน 15 คน เรียนแบบปกติ และกลุ่มทดลอง จำนวน 15 คน เรียนโดยใช้ชุดการสอนฯ

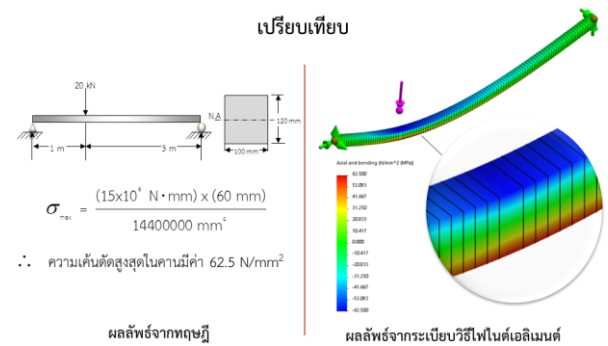
### 5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 เครื่องมือที่ใช้วิจัย ชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุนั้น จะต้องสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย ชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ แบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

5.2 การสร้างชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

5.2.1 ศึกษาค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูล ของ โครงสร้าง วิชาความแข็งแรงของวัสดุจากทฤษฎีและซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์

5.2.2 สร้างชุดการสอนที่ประกอบไปด้วยใบเนื้อหา ใบแบบฝึกหัด ใบเฉลยแบบฝึกหัด โดยในใบเนื้อหานั้นจะแสดง การคำนวณจากทฤษฎีและการจำลองจากซอฟต์แวร์เพื่อมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลลัพธ์ทั้งสอง โดยค่าคุณสมบัติค่าที่กำหนดตรงกันทั้งจากทฤษฎีและการจำลองจากคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

5.2.3 นำให้ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาตรวจสอบ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

5.2.4 นำไปใช้กับกลุ่มทดลอง (Try out) ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแต่มีคุณสมบัติเหมือนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการออกแบบชุดการสอนฯ เมื่อผ่านเกณฑ์จึงจัดทำชุดการสอนฯ

5.3 การประเมินคุณภาพของชุดการสอนฯ จากการออกแบบประเมินคุณภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นผู้วิจัยได้เชิญผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน ประเมินคุณภาพของชุดการสอนฯ เพื่อนำชุดการสอนที่มีคุณภาพนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

5.4 การหาประสิทธิภาพชุดการสอนฯ วิชาความแข็งแรงของวัสดุ โดยวัดจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80

5.5 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำค่าที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากกลุ่ม

ทดลองและกลุ่มควบคุม มาเปรียบเทียบทางสถิติ หาค่า t-test โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูล

5.6.1 ครูผู้สอนดำเนินการสอนทฤษฎี จากนั้นจึงสาธิตการจำลองจากซอฟต์แวร์ แล้วนำค่าที่ได้ทั้งสองมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล แล้วให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน

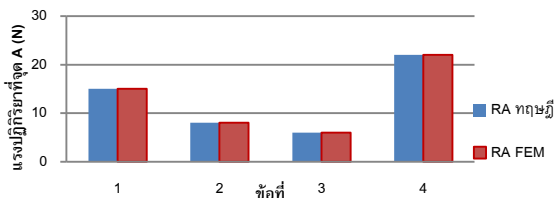
5.6.3 เมื่อจบทุกหน่วยการเรียนรู้แล้วจึงให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.6.4 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผลหาคุณภาพของชุดการสอนฯ ประสิทธิภาพของชุดการสอนฯ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

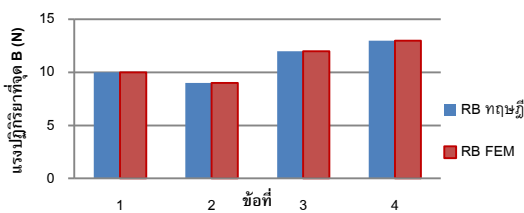
6. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 ผลการสร้างชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรืองคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีดังนี้คือ

6.1.1 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หน่วยที่ 9 ทฤษฎีคาน ดังภาพที่ 2 และ 3



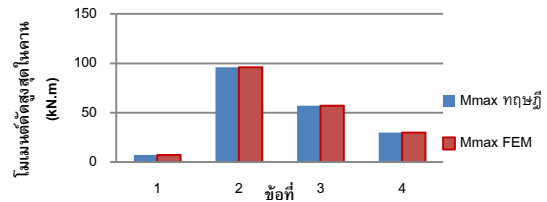
ภาพที่ 2 แสดงค่าแรงปฏิกิริยาที่จุด A



ภาพที่ 3 แสดงค่าแรงปฏิกิริยาที่จุด B

จากภาพที่ 2 และ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ในตัวอย่างหน่วยที่ 9 ทฤษฎีคาน โดยหาค่าแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับของคานแบบต่างๆ ซึ่งผลการคำนวณมีค่าตรงกันในทุกๆข้อ

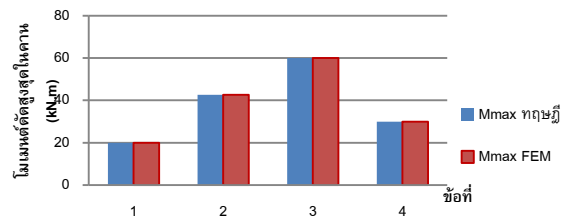
6.1.2 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หน่วยที่ 10 แรงเฉือนและโมเมนต์คดในคาน ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงค่าโมเมนต์คดสูงสุดในคาน

จากรูปที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ในตัวอย่างหน่วยที่ 10 แรงเฉือนและโมเมนต์คดในคาน โดยหาโมเมนต์คดสูงสุดในคานในแบบต่างๆ ซึ่งผลการคำนวณมีค่าตัวเลขตรงกันในทุกๆข้อ

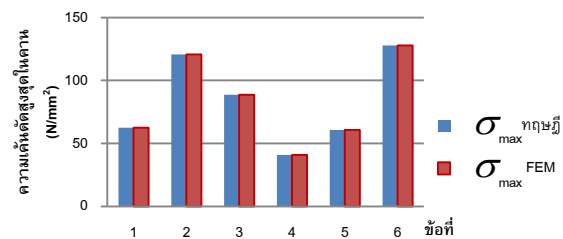
6.1.3 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หน่วยที่ 11 แรงเฉือนและโมเมนต์คดในคาน โดยคติน้ำหนัก ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงค่าโมเมนต์คดสูงสุดในคาน โดยคติน้ำหนัก

จากภาพที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ในตัวอย่างหน่วยที่ 11 แรงเฉือนและโมเมนต์คดในคาน โดยคติน้ำหนัก หาค่าโมเมนต์คดสูงสุดในคานแบบต่างๆ ซึ่งผลการคำนวณมีค่าตรงกันในทุกๆข้อ

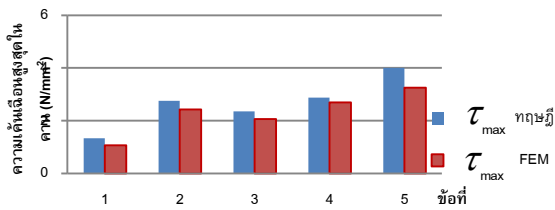
6.1.4 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หน่วยที่ 12 ความเค้นคดในคาน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงค่าความเค้นคดสูงสุดในคาน

จากภาพที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ทฤษฎีกับการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ในตัวอย่างหน่วยที่ 12 ความเค้นคัตในคาน หาค่าความเค้นคัตสูงสุดของคานแบบต่างๆ ผลการคำนวณมีค่าตรงกันในทุกๆข้อ

6.1.5 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างทฤษฎีกับการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หน่วยที่ 13 ความเค้นเฉือนในคาน ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงค่าความเค้นเฉือนสูงสุดในคาน

จากภาพที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ในตัวอย่างหน่วยที่ 13 ความเค้นคัตในคาน ซึ่งหาค่าความเค้นเฉือนสูงสุดของคานแบบต่างๆ ซึ่งผลการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกัน

6.2 การหาคุณภาพชุดการสอนจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน มีผลการประเมิน ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยรวมแบบประเมินคุณภาพของ ชุดการสอนฯ

ด้านที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	เกณฑ์การประเมิน
1	ด้านเนื้อหา	4.51	0.51	ดีมาก
2	ด้านภาพประกอบ	4.58	0.52	ดีมาก
3	ด้านตัวอักษร	4.61	0.51	ดีมาก
4	ด้านแบบฝึกหัด	4.42	0.47	ดี
5	ด้านแบบทดสอบ	4.61	0.50	ดีมาก
	เฉลี่ย	4.54	0.50	ดีมาก

จากตารางที่ 1 ผลจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน ในด้านค่าเฉลี่ยมากที่สุด 2 ด้าน คือ ด้านแบบทดสอบมีค่า ( $\bar{X} = 4.61$ , S.D. = 0.50) และ ด้านตัวอักษรมีค่า ( $\bar{X} = 4.61$ , S.D. = 0.51) อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยรวม คือ ( $\bar{X} = 4.61$ , S.D. = 0.51) อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

6.3 การหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรือคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีผลดังนี้ คือ

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดการสอนฯ

รายการคะแนน	N	คะแนนเต็ม	$\sum x$	$\sum y$	ร้อยละ
แบบฝึกหัด( $E_1$ )	15	20	245.53	-	81.84
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์( $E_2$ )	15	20	-	247.22	82.41

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่านักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทำคะแนนแบบฝึกหัดได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 81.84 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ของตัวแรกที่ตั้งไว้ และทำคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 82.41 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ของตัวหลังที่ตั้งไว้ ซึ่งแสดงว่าชุดการสอนฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

6.4 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์หาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

รายการ	N	คะแนนเต็ม	$\sum x$	ร้อยละ
$E_1$ กลุ่มควบคุม	15	15	220.00	73.33
$E_2$ กลุ่มทดลอง	15	15	247.22	82.41

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนกลุ่มทดลอง ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 82.41 และผู้เรียนกลุ่มควบคุมทำคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 73.33 แสดงได้ว่ากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดการสอนฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนปกติ

การเปรียบเทียบสมมติฐานทางการเรียน จากคะแนน( $E_2$ )กลุ่มทดลอง และคะแนน( $E_2$ )กลุ่มควบคุม โดยมีสมมติฐานทางสถิติ รายละเอียดดังนี้  $H_0$  : กลุ่มทดลอง = กลุ่มควบคุม และ  $H_1$  : กลุ่มทดลอง > กลุ่มควบคุม

โดยหาค่า t วิกฤติ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  จากตารางจะได้  $t = 2.0484$  ใช้สถิติ t-test Two Sample แบบ Independent



**ตารางที่ 4** ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

คะแนน	N	$\bar{x}$	S.D.	T-Value
กลุ่มทดลอง	15	16.48	0.72	7.62
กลุ่มควบคุม	15	14.67	0.55	

จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ ค่า  $t$  วิกฤติ จากตารางแจกแจง  $t$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05  $t_{วิกฤติ} = 2.0484$  เมื่อ  $t_{คำนวณ} > t_{วิกฤติ}$  ( $7.92 > 2.0484$ ) จึงปฏิเสธ  $H_0$  ยอมรับ  $H_1$  ดังนั้นผลการเปรียบเทียบคะแนนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ( $E_2$ ) กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## 7. สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

### 7.1 สรุปผลการวิจัย

7.1.1 ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน ที่มีต่อชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่อง คาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าเฉลี่ยรวม ( $\bar{x}$ ) มีค่าเท่ากับ 4.54 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าเท่ากับ 0.50 อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

7.1.2 ผลการหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่อง คาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่า กลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนฯ มีประสิทธิภาพการเรียน  $E_1/E_2$  เท่ากับ 81.84/82.41 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 มากกว่ากลุ่มควบคุมที่มีค่า  $E_1/E_2$  เท่ากับ 73.09/73.33

7.1.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยการทดสอบค่า T-Test ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการสอนฯ สูงกว่ากลุ่มที่เรียนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานที่ตั้งไว้

### 7.2 อภิปรายผลการวิจัย

7.2.1 การสร้างชุดการสอนวิชาความแข็งแรงของวัสดุ เรื่องคาน โดยเปรียบเทียบทฤษฎีกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

เมนต์ ผลลัพธ์การจำลองจากซอฟต์แวร์ นั้นมีค่าตรงตามทฤษฎีทั้ง 4 หน่วย มีเพียง ความเค้นเฉือนในคานที่มีค่าไม่ตรงกันแต่มีค่าใกล้เคียงกัน จึงทำให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบยืนยันค่าจากทฤษฎีได้

7.2.2 ในกระบวนการวิจัยชุดการสอนฯ จะเห็นได้ว่าการจำลองจากซอฟต์แวร์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยผู้สอนเป็นผู้สาคิด ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอนค่อนข้างน้อย เนื่องจากข้อจำกัดด้านการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งถ้ามีจำนวนคอมพิวเตอร์เพียงพอ ใช้วิธีการสอนแบบผู้เรียนฝึกปฏิบัติ จะทำให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

### 7.3 ข้อเสนอแนะ

#### 7.3.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากผลการวิจัย

ในการเรียนของผู้เรียนชุดการสอนฯ ผู้เรียนจำเป็นต้องผ่านการเรียนรายวิชาวิชาการเขียนด้วยคอมพิวเตอร์ก่อน เพื่ออำนวยความสะดวกและมีความเข้าใจและมีประสิทธิภาพในการสอนมากยิ่งขึ้น

#### 7.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรส่งเสริมให้ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการจำลองจากซอฟต์แวร์ นำไปประยุกต์ใช้กับรายวิชาทฤษฎีอื่นๆ ที่สามารถใช้ซอฟต์แวร์คำนวณได้

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะวิชาการอาชีวศึกษา. ความแข็งแรงของวัสดุ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด, 2541.
- [2] ชนะ กลิการ์. ความแข็งแรงของวัสดุ. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์, 2528.
- [3] บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2535.
- [4] ศ.ดร.ปราโมทย์ เฑาะอำไพ และคณะ. การประยุกต์ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วย SolidWorks Simulation. พิมพ์ ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2553.
- [5] ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สุวีริยา-สาส์น, 2543.