

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องพฤติกรรมการรับแรงและการวิบัติ ของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

Development of Learning Media using Model Based for Load and Failure Behavior of Precast Concrete Joints

พงศ์ศักดิ์ สุขมณี¹ จุฑามาศ ลักษณะกิจ^{2,*} และ นันทชัย ชูศิลป์³

^{1,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา

*Corresponding author; E-mail address: chuthamat.l@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่องพฤติกรรม การรับแรงและการวิบัติของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ 2) หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจต่อการ ใช้สื่อการเรียนรู้ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นแบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลังการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบจำลองกายภาพ แบบจำลองเชิงภาพ และแบบจำลองคณิตศาสตร์ แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรม โยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จำนวน 25 คน ได้มาจากการสุ่มวิธีตามสะดวก ผลการวิจัยพบว่า (1) แบบทดสอบก่อนและหลังเรียนมีความเหมาะสมด้านเนื้อหาในระดับสูง โดยมีค่า IOC เท่ากับ 0.965 (2) คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบหลังเรียนสูง กว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบ หลังเรียนเท่ากับ 36.2 ก่อนเรียนเท่ากับ 13.2 (3) สื่อการเรียนรู้มีเกณฑ์ ประสิทธิภาพ E_1/E_2 มีค่า 33.0/88.2 เป็นไปตามสมมติฐานเฉพาะ ค่าประสิทธิภาพ E_2 เพราะมีค่าสูงกว่า 80 และ (4) กลุ่มตัวอย่างมีความ พึงพอใจต่อการใช้อุปกรณ์การเรียนรู้ในระดับดีถึงดีมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ย ระหว่าง 4.4 – 4.8

คำสำคัญ: แบบจำลองกายภาพ, แบบจำลองคณิตศาสตร์, สื่อการเรียนรู้

Abstract

The objectives of this research were 1) to develop a learning material on the failure behavior of precast concrete joints 2) to evaluate the effectiveness of these learning materials, and 3) to study the satisfaction of using the learning materials. This preliminary experimental study employed a single-group pre- and post-test design. The research tools were physical concrete models, visual models, mathematical models, and a satisfaction assessment. The sample consisted of 25 third-year civil engineering undergraduates from Rajamangala University of Technology Srivijaya. The findings indicated: (1) high content of the pre- and post-tests, with Index of Item-Objective Congruence (IOC) values of 0.965; (2) a statistically significant ($p < .05$) improvement in post-test scores (36.2) compared to pre-test scores (13.2); (3) the model-based learning materials

demonstrated an E_1/E_2 effectiveness ratio of 33.0/88.2 which is based on the assumption of only the E_2 efficiency value because it is higher than 80, and (4) a high level of satisfaction with the learning materials, with mean scores ranging from 4.4 to 4.8, indicating good to very good satisfaction.

Keywords: Physical Model, Mathematical Model, Learning Materials

1. บทนำ

การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีทักษะสอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และทักษะแห่งอนาคตมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะต้องเตรียมผู้เรียนให้ พร้อมกับการทำงานที่ท้าทายหลังจากสำเร็จการศึกษาและพร้อมรับมือกับ การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีต่าง ๆ จึงต้องคำนึงถึง องค์ประกอบที่มีผลต่อการจัดการเรียนการสอนให้รอบด้าน สื่อการเรียนรู้ เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่มีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สื่อการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งชี้ให้เห็นว่า การใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้วิชาในกลุ่มวิทยาศาสตร์ ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นยังช่วยให้ผู้เรียนมี ความคิดทางวิทยาศาสตร์ชัดเจนขึ้นสามารถเชื่อมโยงหรือแยกแยะและ อธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหรือ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างหนึ่งอย่างใดได้ดีขึ้น [1] เมื่อเทียบกับการ เรียนรู้แบบปกติ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านการ จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการโต้แย้งทาง วิทยาศาสตร์ในระดับสูงขึ้น [2 - 5]

การจัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาวิศวกรรมโยธามีรายวิชา ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมเชิงวิศวกรรมของธรรมชาติที่อยู่รอบตัว อาทิ พฤติกรรมการรับน้ำหนักของดินฐาน พฤติกรรมการไหลของน้ำบนผิวและ และได้ดิน ความเข้าใจต่อสิ่งเหล่านี้จะนำมาประกอบการออกแบบ สิ่งก่อสร้างหลากหลายรูปแบบที่มีความซับซ้อนให้รองรับความต้องการได้ การนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ เช่น แบบจำลอง เชิงรูปธรรม แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ แบบจำลองเชิงรูปภาพ แบบจำลองเชิงลักษณะทาง มาใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และทักษะ ที่จำเป็นของผู้เรียนย่อมส่งผลต่อคุณภาพของผู้เรียนอย่างเห็นได้ชัด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการสร้างสื่อการเรียนรู้เรื่อง พฤติกรรมการรับแรงและการวิบัติของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของ นักศึกษาให้มีคุณสมบัติของบัณฑิตนักปฏิบัติตามปรัชญาของมหาวิทยาลัย

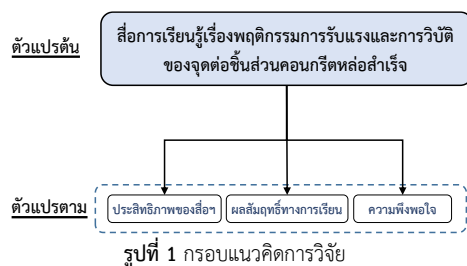
โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ (1) เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่องพฤติกรรมการรับแรงและการวิบัติของจุดต่อขึ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ (2) เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ และ (3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้อสื่อการเรียนรู้

ประชากรเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (มทร.ศรีวิชัย) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 3 หรือสูงกว่า ที่ผ่านการเรียนวิชาการทศวิชา 04-111-30 ชื่อวิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้แบบผู้สมัครใจที่มีคุณสมบัติตามเงื่อนไข โดยสุ่มตัวอย่างแบบตามสะดวก (Convenience Sampling) จำนวน 25 คน

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 กรอบแนวคิดการวิจัยและสมมุติฐานการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีพื้นฐานจากทฤษฎีสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งมีแนวคิดพื้นฐานจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์และวิกิออสกี [6] ประกอบกับผลการศึกษาที่ผ่านมายืนยันว่าแบบจำลองได้ทำหน้าที่ช่วยสร้างความเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับความเป็นจริงได้ดียิ่งขึ้น [7] แบบจำลองคณิตศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนเห็นแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงของค่าของตัวแปรผ่านค่าของตัวเลขหรือรูปร่างของกราฟแสดงผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ [8] และสามารถนำมาใช้ในการอธิบายพฤติกรรมที่ซับซ้อน ตัวอย่างเช่น การประเมินคุณภาพอากาศ ระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า การลดน้ำหลากในลุ่มน้ำได้ [9 - 11] พฤติกรรมของคานคอนกรีตสำเร็จรูปแบบอัดแรงบางส่วน [12] พฤติกรรมของรอยต่อก่อสร้างในคานคอนกรีต [13] พฤติกรรมของรอยต่อคานคอนกรีตสำเร็จรูปปรับโมเมนต์ดัด [14] กลไกการวิบัติแบบอาร์คในดินเหนียวอ่อน [15] กำลังรับน้ำหนักในแนวตั้งของเสาเข็มเดี่ยวที่มีมุมเอียง [16] และการกัดเซาะของดินกระจายตัวจากอิทธิพลของจำนวนรอบและระดับน้ำขึ้นลง [17] เห็นได้ชัดว่ามีการนำแบบจำลองมาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดการสร้างความรู้ใหม่ผ่านการประเมินหลักฐานและนำไปสู่การคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานของการปฏิบัติงาน โดยในการศึกษานี้มีตัวแปรต้นเป็นสื่อการเรียนรู้เรื่องพฤติกรรมการรับแรงและการวิบัติของจุดต่อขึ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ และตัวแปรตามเป็นประสิทธิภาพของสื่อฯ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้ใช้สื่อฯ และความพึงพอใจต่อการใช้อสื่อในการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อฯ ดังกล่าว ดังรูปที่ 1



2.2 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย 3 เครื่องมือ ดังต่อไปนี้

(1) สื่อการเรียนรู้เรื่องพฤติกรรมการรับแรงและการวิบัติของจุดต่อขึ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ มี 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 เป็นแบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete model) หรือที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในชื่อแบบจำลองกายภาพ แบบจำลองกายภาพที่จำลองลักษณะของจุดต่อคานและเสาโดยใช้มาตราส่วน 1 : 2 ใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัย 150 ksc แทนการจำลองโครงสร้างหลักของอาคาร เช่น คาน เสา ฐานราก ของอาคารเก่าที่คอนกรีตเกิดการเสื่อมสภาพแล้ว และ 590 ksc แทนการจำลองโครงสร้างคอนกรีตกำลังสูงที่ใช้กับโครงสร้างหลักของอาคารเช่นกัน ใช้เหล็กเสริมที่มีกำลังรับแรงดึงประลัย 2400 ksc และ 4000 ksc สำหรับรูปแบบ A - D และรูปแบบ E - H ตามลำดับ จุดต่อคาน - เสา ลักษณะของจุดต่อมีรูปแบบแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ รูปแบบ A และรูปแบบ E เป็นจุดต่อที่มีการเสริมเหล็กแบบต่อเนื่องเพื่อเชื่อมต่อคานทั้งสองด้านเข้าด้วยกันเป็นลักษณะของคานต่อเนื่อง ซึ่งการเสริมเหล็กในลักษณะนี้ใช้กับการก่อสร้างแบบเดิมที่ไม่ใช้ชิ้นส่วนหล่อสำเร็จมาประกอบเข้าด้วยกัน รูปแบบ B และรูปแบบ F เป็นจุดต่อที่มีชิ้นส่วนคานคอนกรีตหล่อสำเร็จทั้งสองด้านมาต่อเข้าด้วยกันโดยมีการเสริมเหล็กในลักษณะต่อทาบกับในบริเวณช่วงเสา ซึ่งทำให้บริเวณช่วงเสามีปริมาณของเหล็กเสริมเพิ่มมากขึ้น รูปแบบ C และ G เป็นจุดต่อที่มีคานขึ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จทั้งสองด้านมาต่อเข้าด้วยกันโดยมีการเสริมเหล็กในลักษณะต่อทาบกับในบริเวณช่วงเสา โดยมีการเพิ่มความยาวของระยะการต่อทาบเหล็กสำหรับรับแรงดึงเนื่องจากโมเมนต์ลบล้มมากขึ้น ซึ่งทำให้บริเวณช่วงเสามีปริมาณของเหล็กเสริมเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน และรูปแบบ D และ H เป็นจุดต่อที่มีคานขึ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จทั้งสองด้านมาต่อเข้าด้วยกันโดยใช้เหล็กสตั๊ดเป็นเหล็กเสริมคอนกรีตและใช้อุปกรณ์คอปเปิ้ลสำหรับเพิ่มความยาวของเหล็กสตั๊ดซึ่งอยู่ที่ปลายเหล็กสตั๊ดบริเวณขอบเสาทั้ง 4 ด้าน ดังแสดงในรูปที่ 2

ชั้นที่ 2 เป็นแบบจำลองเชิงรูปภาพ เป็นสไลด์บรรยายเนื้อหาเกี่ยวกับการออกแบบจุดต่อคาน - เสา คอนกรีตหล่อสำเร็จ และพฤติกรรมการรับแรงและวิบัติเมื่อผ่านการทดสอบการรับแรงดัดแบบ 3 จุดของแบบจำลองรูปแบบ A รูปแบบ B รูปแบบ C และรูปแบบ D จำนวน 1 ชุด

และชั้นที่ 3 เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ เป็นชุดโปรแกรมการคำนวณพฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของจุดต่อคาน - เสา จะใช้การคำนวณจากคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม EXCEL และ HTML โดยใช้สูตรคำนวณอย่างง่าย การคำนวณพฤติกรรมของคาน - เสา จะถูกจำลองให้เป็นเหมือนคานคอนกรีตเสริมเหล็กช่วงเดียวโดยส่วนกลางคานซึ่งเป็นเสามีเหล็กเสริมวางพาดผ่านเพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อคานทั้งสองด้านให้ติดกันเปรียบเสมือนเป็นคานขึ้นเดียวกัน การวิเคราะห์จะอาศัยความรู้ด้านการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นหลัก เพื่อทำนายพฤติกรรมของการรับแรงกับการแอ่นตัว (Load - Deflection) ของชิ้นส่วนคาน - เสา ดังกล่าว และปรับปรุงเป็นโมเมนต์ - ความโค้ง (Moment - Curvature) ของชิ้นส่วนคาน - เสา พร้อมกับการคาดการณ์ลักษณะการวิบัติของชิ้นส่วนจุดต่อดังกล่าวด้วย เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการต่อไป ตัวอย่างของสื่อการเรียนรู้ดังแสดงในรูปที่ 3

(2) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสื่อและกระบวนการจัดการเรียนรู้ของการวิจัยนี้ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับความรู้จุดต่อและพฤติกรรมการรับแรงของจุดต่อขึ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จจำนวน 15 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน รวม 30 คะแนน และตอนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการวิบัติของจุดต่อขึ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จจำนวน 5 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน รวม 10 คะแนน รวมคะแนนทั้งสิ้น 40 คะแนน ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 30 นาที

(3) แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้ใช้สื่อการเรียนรู้ ประเด็นการประเมินประกอบด้วย ความเหมาะสมกับเนื้อหาที่เรียน ส่งเสริมความเข้าใจในด้านคุณสมบัติของวัสดุและพฤติกรรมของจุดต่อแบบต่าง ๆ ช่วยในการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้น กระตุ้นความสนใจในการเรียน และส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงระบบ ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่ใช้ผ่านแพลตฟอร์ม Google Form บนระบบออนไลน์ จำนวนรวม 24 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 การประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อการเรียนรู้พฤติกรรม การรับแรงและการวิบัติของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ด้านเนื้อหา ด้านวัตถุประสงค์ ด้านการใช้ภาษา และด้านการสอบ/ประเมิน ซึ่งเป็นแบบประเมินค่าแบบมาตราวัดของลิเคิร์ต (Linkert Rating Scales) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยที่ระดับ 5 คือพึงพอใจมากที่สุด และระดับ 1 คือพึงพอใจน้อยที่สุด สำหรับตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ มีเป็นคำถามปลายเปิด

การกำหนดพิสัยของการตีความหมายหรือการแปลความหมายของคะแนนของแบบประเมินความพึงพอใจ ดังนี้ คะแนนระหว่าง 4.50 - 5.00 หมายถึงดีมาก คะแนนระหว่าง 3.50 - 4.49 หมายถึงดี คะแนนระหว่าง 2.50 - 3.49 หมายถึงปานกลาง คะแนนระหว่าง 1.50 - 2.49 หมายถึงพอใช้ และคะแนนระหว่าง 1.00 - 1.49 หมายถึงปรับปรุง

2.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยดังรูปที่ 4 มีรายละเอียดดังนี้

(1) ศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

(2) ออกแบบและจัดทำเครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วยสื่อการเรียนรู้แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ

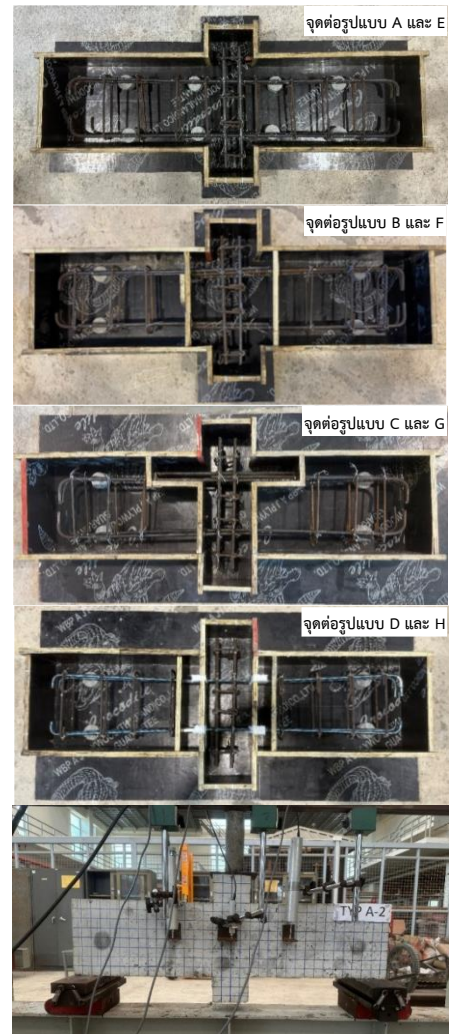
โดยในขั้นต้นผู้วิจัยได้จัดสร้างสื่อการเรียนรู้ซึ่งเป็นแบบจำลองกายภาพของโครงสร้างจุดต่อคาน - เสา ของชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ จำนวนสองกลุ่ม กลุ่มละ 4 รูปแบบ กลุ่มที่หนึ่งประกอบด้วย รูปแบบ A รูปแบบ B รูปแบบ C และรูปแบบ D กลุ่มที่สองประกอบด้วย รูปแบบ E รูปแบบ F รูปแบบ G และรูปแบบ H เก็บรวบรวมข้อมูลขั้นตอนการจัดทำแบบจำลอง จากนั้นจึงนำแบบจำลองกลุ่มที่หนึ่งมาทำการทดสอบการรับแรงดัดแบบสามจุด โดยทดสอบจนกระทั่งแบบจำลองวิบัติ เก็บรวบรวมข้อมูลแอมพลิจูด น้ำหนักกระทำในแต่ละช่วง และบันทึกภาพการวิบัติของแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบของแบบจำลองเชิงรูปภาพ โดยจัดทำเป็นไฟล์นำเสนอผลการสร้างและการทดสอบแบบจำลองกายภาพเพื่อใช้บรรยายให้ความรู้กับกลุ่มตัวอย่าง ก่อนที่จะให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนในลำดับต่อไป พร้อมกันนี้ได้จัดทำสื่อการเรียนรู้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในรูปแบบโปรแกรมคำนวณพฤติกรรมของโครงสร้างจุดต่อคาน - เสา ของชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ ซึ่งสามารถใช้งานบนเว็บไซต์ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างใช้ในการทำการการคำนวณพฤติกรรมของโครงสร้างจุดต่อคาน - เสา ของชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จของกลุ่มที่สองจำนวน 4 รูปแบบ คือ รูปแบบ E รูปแบบ F รูปแบบ G และรูปแบบ H ซึ่งมีความแตกต่างจากกลุ่มที่หนึ่งในด้านกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม

(3) ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ โดยการตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหาของแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ

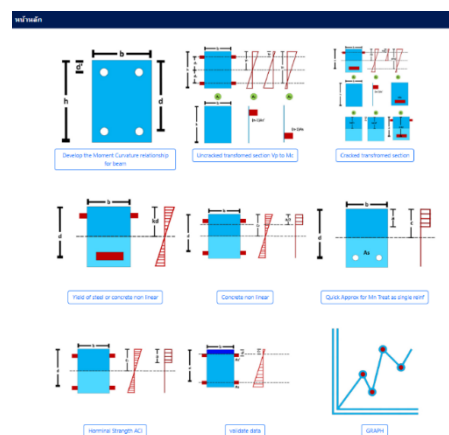
(4) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา

(5) วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูล

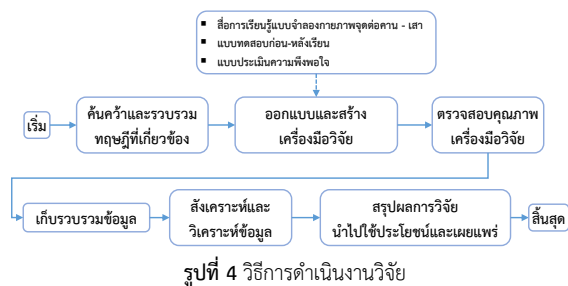
(6) สรุปผลการทดสอบ การประเมินผลการเรียนรู้ และจัดทำรายงาน



รูปที่ 2 สื่อการเรียนรู้ แบบจำลองกายภาพชิ้นส่วนจุดต่อคาน - เสา คอนกรีตหล่อสำเร็จ



รูปที่ 3 สื่อการเรียนรู้ หน้าจอหลักของโปรแกรมคำนวณพฤติกรรม การรับแรงของจุดต่อคาน - เสา บนเว็บไซต์



รูปที่ 4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3. ผลการวิจัย

3.1 คุณภาพของเครื่องมือวิจัย

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยแบบทดสอบก่อน - หลังเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ ใช้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หรือความเหมาะสม ได้สัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence, IOC) เท่ากับ 0.965 และ 0.982 และ 0.963 และ 0.975 ตามลำดับ จัดอยู่ในความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่นระดับสูง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือวิจัย	IOC	
	ความเหมาะสมด้านเนื้อหา	ความเหมาะสมด้านไวยากรณ์
แบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน	0.965	0.982
แบบประเมินความพึงพอใจ	0.963	0.975

3.2 ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการใช้สื่อการเรียนรู้เรื่องพฤติกรรมมารับแรงและการวิบัติของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จของการวิจัยนี้ซึ่งมีสื่อและกระบวนการที่ต้องใช้งานร่วมกัน ประกอบด้วย การใช้สื่อการเรียนรู้จากการฟังบรรยาย การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ และการใช้แบบจำลองกายภาพของโครงสร้างจุดต่อคาน - เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ ผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการสร้างความรู้โดยให้นักศึกษาได้ใช้สื่อการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายเพื่อให้นักศึกษาได้ประมวลองค์ความรู้และหลักวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาบูรณาการในการระบุพฤติกรรมมารับแรงและสามารถประเมินหรือคาดการณ์ลักษณะการวิบัติของโครงสร้างจุดต่อคาน - เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จได้ ผลการวัดประสิทธิภาพของการใช้สื่อการเรียนรู้จากแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า นักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการวิจัยมีคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนค่อนข้างต่ำ โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.4 แต่หลังจากการเข้าร่วมกิจกรรมของโครงการวิชานักศึกษามีคะแนนการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 36.2 และ 3.0 ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนการทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้ T-test Dependent พบว่าค่า T-test เท่ากับ 16.45 และค่า p-value เท่ากับ 0.00 น้อยกว่า .05 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับสถิติ .05 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน

ลำดับ	คะแนนเต็ม	คะแนนแบบทดสอบ	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	40	6	38
2	40	22	34
3	40	14	34
4	40	14	34
5	40	24	38
6	40	22	38
7	40	20	40
8	40	12	34
9	40	14	36
10	40	20	36
11	40	2	32
12	40	2	38
13	40	16	34
14	40	20	38
15	40	8	36
16	40	12	38
17	40	14	26
18	40	18	40
19	40	14	38
20	40	18	34
21	40	8	38
22	40	10	36
23	40	6	38
24	40	10	38
25	40	4	38
$\bar{X}$		13.2	36.2
SD		6.4	3.0

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมมติฐานของคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนนแบบทดสอบ	N	$\bar{X}$	SD	t-test	df	p-value
ก่อนเรียน	25	13.2	6.4	16.45	24	0.000
หลังเรียน	25	36.2	3.0			

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า การเรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้เรื่องพฤติกรรมมารับแรงและการวิบัติของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 3 เมื่อนำผลจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาจำนวน 25 คน มาหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยได้ 33 และ 90 ตามลำดับ โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.4 และ 3.0 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานประกอบด้วย แบบจำลองคณิตศาสตร์ แบบจำลองเชิงรูปภาพ และแบบจำลองกายภาพ มีเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 กล่าวคือ E_1/E_2 มีค่า $33.0/88.2$ ไม่เป็นไปตามสมมติฐานเฉพาะค่าประสิทธิภาพ E_1 เพราะมีค่าต่ำกว่า 80 เมื่อเปรียบเทียบผลต่างของค่า E_1 และ E_2 พบว่า มีความแตกต่างกันเกินร้อยละ 5 แสดงว่าการทำแบบทดสอบหลังเรียนง่ายกว่าก่อนเรียน

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียนรู้

รายการ	จำนวน นศ.	คะแนน เต็ม	ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
แบบทดสอบก่อนเรียน (E_1)	25	40	33.0	6.4
แบบทดสอบหลังเรียน (E_2)	25	40	90.0	3.0

3.3 ความพึงพอใจของการใช้สื่อการเรียนรู้

เมื่อพิจารณาผลการประเมินความพึงพอใจจากการใช้สื่อการเรียนรู้ดังตารางที่ 5 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจกับการใช้สื่อรายข้อในระดับดีและดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมินอยู่ระหว่าง 4.4 – 4.8 นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังมีความเห็นว่าสื่อการเรียนรู้จากสื่อโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของงานวิจัยนี้ “ดีมากครบถ้วนมีการสอนความรู้แบบอื่นอีก” เป็นต้น

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อการเรียนรู้

ข้อ	ความถี่					รวม (N)	$\bar{X}$	%	SD
	5	4	3	2	1				
1	18	5	2	0	0	25	4.6	92.8	0.39
2	17	5	2	1	0	25	4.5	90.4	0.65
3	18	5	1	1	0	25	4.6	92.0	0.56
4	16	7	1	1	0	25	4.5	90.4	0.57
5	17	4	3	1	0	25	4.5	89.6	0.73
6	19	3	2	1	0	25	4.6	92.0	0.64
7	15	8	1	1	0	25	4.5	89.6	0.57
8	17	5	2	1	0	25	4.5	90.4	0.65
9	15	8	1	1	0	25	4.5	89.6	0.57
10	20	3	1	1	0	25	4.7	93.6	0.54
11	15	7	2	1	0	25	4.4	88.8	0.65
12	15	7	2	1	0	25	4.4	88.8	0.65
13	17	6	1	1	0	25	4.6	91.2	0.57
14	16	6	2	1	0	25	4.5	89.6	0.65
15	17	6	1	1	0	25	4.6	91.2	0.57
16	18	5	1	1	0	25	4.6	92.0	0.56
17	18	5	1	1	0	25	4.6	92.0	0.56
18	18	5	1	1	0	25	4.6	92.0	0.56
19	18	5	1	1	0	25	4.6	92.0	0.56
20	19	4	1	1	0	25	4.6	92.8	0.55
21	21	3	0	1	0	25	4.8	95.2	0.42
22	19	3	2	1	0	25	4.6	92.0	0.64
23	19	5	0	1	0	25	4.7	93.6	0.46
24	18	5	2	0	0	25	4.6	92.8	0.39

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นมุ่งศึกษาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้เรื่องพฤติกรรมกรับแรงและการวิบัติของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบจำลองที่ใช้ประกอบด้วยแบบจำลองกายภาพ แบบจำลองเชิงรูปภาพ และแบบจำลองคณิตศาสตร์

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการวิจัยและได้ใช้สื่อการเรียนรู้เรื่องพฤติกรรมกรับแรงและการวิบัติของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีแบบจำลองทั้งสิ้น 3 รูปแบบดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่า

ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ประสิทธิภาพของสื่อ E_2 เป็นไปตามเกณฑ์ 80 ยังมีพัฒนาการในการคิดเชิงระบบดีขึ้นโดยนักศึกษาส่วนใหญ่สามารถเขียนแผนผังปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมกรับแรงและการวิบัติของจุดต่อคอนกรีตหล่อสำเร็จได้อย่างถูกต้องและครอบคลุมประเด็นสำคัญได้ครบถ้วน และระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังนี้

(1) คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาที่ผ่านการเรียนวิชาคอนกรีตเสริมเหล็กมาแล้วมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนเต็ม ทั้งนี้เนื่องจากความคงทนของความรู้ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ย แต่ภายหลังจากที่ได้ใช้สื่อการเรียนรู้แบบจำลองเชิงรูปภาพพร้อมทั้งบรรยายเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับจุดต่อคาน – เสาคอนกรีตหล่อสำเร็จ ซึ่งเป็นการทบทวนเนื้อหาที่นักศึกษาอาจลืมไปแล้วบางส่วน จึงทำให้สามารถรื้อฟื้นความรู้เดิมที่มีอยู่กลับมาได้และนำบูรณาการกับเนื้อหาใหม่ที่ได้รับเพิ่มเติมได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถยืนยันได้ว่าการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ การสร้างความเชื่อมโยงถึงอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมหรือกระบวนการตามธรรมชาติอย่างหนึ่งอย่างใดที่เป็นกรณีศึกษา ทั้งนี้การจัดให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมในการทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยตนเอง เป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้นักศึกษาได้เห็นความเชื่อมโยงขององค์ประกอบหลักและองค์ประกอบรองของสิ่งของหรือกระบวนการต่อพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่เป็นกรณีศึกษาได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้การนำข้อมูลจากผลการทดลองมาอธิบายพฤติกรรมและการวิบัติได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ถือเป็นการได้พัฒนาทักษะการแปลความหมายของผู้เรียนไปในเวลาเดียวกันทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ได้ ผลการวิจัยของการศึกษานี้มีทิศทางเช่นเดียวกับข้อค้นพบของ [1] ที่ว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำให้ผู้เรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผลการศึกษาก่อนหน้านี้ที่สนับสนุนว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไม่เพียงแต่จะช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นยังช่วยพัฒนามโนทัศน์ [2] พัฒนามโนทัศน์เกี่ยวกับพฤติกรรมหรือกระบวนการต่าง ๆ ตามธรรมชาติ พัฒนามโนทัศน์สร้างสรรค์ของ [4] พัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ [5] ได้อีกด้วย

(2) การใช้สื่อการเรียนรู้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณการรับแรงของจุดต่อคาน – เสาคอนกรีตหล่อสำเร็จ ซึ่งมีฟังก์ชันให้ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลกำลังของคอนกรีต กำลังของเหล็กเสริม ขนาดของแรงภายนอกที่กระทำกับโครงสร้างจุดต่อคาน – เสาคอนกรีต และมีการแสดงผลแบบกราฟฟิก ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจพฤติกรรมและอิทธิพลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับแรงและการวิบัติของจุดต่อคอนกรีตหล่อสำเร็จได้ดียิ่งขึ้น ประกอบกับการรับฟังการบรรยายเนื้อหาเกี่ยวกับจุดต่อคอนกรีตหล่อสำเร็จในขั้นตอนก่อนหน้านี้ จึงทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถใช้งานแบบจำลองคณิตศาสตร์ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง สามารถแปลความหมายของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ดียิ่งขึ้น

(3) แบบจำลองกายภาพเป็นเครื่องมือจะช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นสิ่งของหรือกระบวนการต่าง ๆ ในรูปแบบ 3 มิติ นอกจากจะนำมาใช้เพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้แล้ว ยังนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการวิจัยด้านวิศวกรรม จุดเด่นของแบบจำลองกายภาพคือสามารถจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อศึกษาอิทธิพลและทิศทางของปัจจัยหลักหรือปัจจัยรองต่อปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมทางธรรมชาติอย่างหนึ่งอย่างใดที่สนใจศึกษาเป็นการเฉพาะ เช่นเดียวกับการศึกษานี้ การให้กลุ่มตัวอย่างได้เรียนรู้ด้วยแบบจำลองกายภาพและให้เข้าร่วมการทดสอบการรับแรงของแบบจำลองในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นการจำลองสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจง จึงทำให้กลุ่ม

ตัวอย่างส่วนใหญ่สามารถพัฒนาการคิดเชิงระบบอย่างเห็นได้ชัด โดยจากสังเกตพบว่า ในระหว่างและหลังการทดสอบในห้องปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างสามารถระบุทิศทางและระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อการปฏิบัติของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จได้อย่างถูกต้อง การที่ผู้เรียนสามารถทำนายพฤติกรรมและลักษณะการปฏิบัติของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งยังสามารถเขียนแผนผังความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งหมดได้อย่างครบถ้วน จึงเป็นสิ่งสะท้อนว่าผู้เรียนได้เข้าถึงองค์รวมของความรู้ ความเข้าใจ ความเชื่อมโยงของความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าวได้ แสดงให้เห็นว่า การใช้สื่อการเรียนรู้แบบจำลองกายภาพและการสร้างประสบการณ์ให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมตั้งแต่จุดเริ่มต้นคือการออกแบบโครงสร้างของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์จนกระทั่งถึงจุดสิ้นสุดคือการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อพิสูจน์ว่าโครงสร้างที่กลุ่มตัวอย่างได้ออกแบบไว้นั้นสามารถรับแรงได้หรือไม่ กระบวนการนี้สร้างการรับรู้และสร้างภาพจำที่สามารถส่งเสริม สร้างประสบการณ์ และกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อสถานการณ์หรือพฤติกรรมทั้งในระดับจุลภาคได้เป็นอย่างดี และมีผลต่อเนื่องถึงการสร้างภาพจำในระดับมหภาคที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

(4) การสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีตามสะดวกเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้ผู้เรียนที่ใช้สื่อการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เพราะวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่สะท้อนถึงความสนใจและความตั้งใจในการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นทุนดั้งเดิมที่ดี และต่อจากนั้นเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย คือ แบบจำลองเชิงรูปภาพ แบบจำลองคณิตศาสตร์ และแบบจำลองกายภาพซึ่งเป็นสื่อการเรียนรู้แบบ 3 มิติที่สามารถสร้างความตื่นเต้นให้กับผู้เรียนได้ จึงทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนรู้ด้วยการฟังบรรยายซึ่งเป็นวิธีที่คุ้นชินและไม่สามารถสร้างความท้าทายหรือสร้างความตื่นเต้นให้กับผู้เรียนได้มากนัก เมื่อผู้เรียนได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการประเมินและทำนายผลการรับน้ำหนักและการปฏิบัติของจุดต่อคอนกรีตหล่อสำเร็จก่อนที่จะเข้าร่วมการทดสอบแบบจำลองกายภาพในห้องปฏิบัติการ และเมื่อผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการสอดคล้องกับสิ่งที่นักศึกษาประเมินไว้จึงถือเป็นการสร้างความสำเร็จให้กับผู้เรียน เมื่อสมอบรรลุถึงความสำเร็จนั้นก็จะไปกระตุ้นให้พึงพอใจในการเรียนรู้และจดจำสิ่งที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จนั้นได้ทันทีและคงทน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยในครั้งนี้ด้วยทุนโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ้ายคำตา, และ พจนารัตน์ สุวรรณรุจิ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, หน้า 97-124.
- [2] อรรถนา วิชาลัย และ สุวัตร นานันท์. (2561). การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิดร่วมกับการใช้แบบจำลองกายภาพ: ความเข้าใจโมเดลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, หน้า 74-85.
- [3] นิสิต ชานาญเพชร, สิริภา กิจเกื้อกูล, และ มลิวรรณ นาคขุนทด. (2562). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เคลย์แอนิเมชันร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ส่งเสริมการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, ปีที่ 21, ฉบับที่ 4, หน้า 183-197.
- [4] เสาวรภัย แสงอรุณ, นวลจิตต์ เขาวงกตพิงค์, และ ดวงเดือน สุวรรณจินดา. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, ปีที่ 21, ฉบับที่ 2, หน้า 157-173.
- [5] ศักรินทร์ อะจิมา และ สกลรัตน์ แก้วดี. (2564). ผลการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, ปีที่ 12, ฉบับที่ 2, หน้า 269-286.
- [6] Duffy, T. M., and Cunningham, D. J. (1996). *Constructivism: Implication for the Design and Delivery of Instruction*. Simon & Schuster Macmillan.
- [7] Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in Science Education*. Springer.
- [8] พงศกร วังศิลา, วรินทร์ สุภาพ, และ จักรกฤษ กลิ่นเยี่ยม. (2563). การศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, ปีที่ 22, ฉบับที่ 3, หน้า 150-163.
- [9] ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2550). การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศ ในพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยศรีปทุม ปีการศึกษา 2550*, กรุงเทพฯ, 6 สิงหาคม 2550, หน้า 17-24.
- [10] นนทการณ มังคลา, กองพล อารีรักษ์, ชาคิต ปานแปน, และ กองพัน อารีรักษ์. (2566). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีฮาร์ดแวร์ในรูปสำหรับระบบยานยนต์ไฟฟ้า. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม*, ปีที่ 16, ฉบับที่ 3, หน้า 105-118.
- [11] ภัทรพรรณ ธนามี, และ สนิท วงษา. (2566). การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood เพื่อศึกษาการลดน้ำหลากในลุ่มแม่น้ำป่าสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. *วารสารวิจัยราชมณฑลกรุงเทพ*, ปีที่ 17, ฉบับที่ 2, หน้า 71-80.
- [12] กรรณ คำลือ และ สิทธิชัย แสงอาทิตย์. (2548). พฤติกรรมของคานคอนกรีตสำเร็จรูปแบบอัดแรงบางส่วนภายใต้แรงกระทำตามขวาง. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10*, ชลบุรี, 2-4 พฤษภาคม 2548, หน้า ST- 58-63.
- [13] อัครพล นานนท์ และ วัจนวงศ์ กริพละ. (2550). การจำลองลักษณะรอยต่อก่อสร้างในคานคอนกรีตที่มีรูปแบบแตกต่างกัน, ปรินญา นิพนธ์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ประเทศไทย.
- [14] จิราชัย เลหาสมพลเลิศ. (2551). *พฤติกรรมของรอยต่อคานคอนกรีตสำเร็จรูปรับโมเมนต์ดัด*, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ประเทศไทย.

- [15] วรยุทธ ไชยสุข, พรพจน์ ตันเล็ง, และ วิษณุ คงสมพจน์. (2559). การระบุกลไกการวิบัติแบบอาร์คในดินเหนียวอ่อนที่อยู่หลังกำแพงเสาเข็มรูปตัวแอลตอกเรียงต่อเนื่องด้วยแบบจำลองกายภาพ. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 26, ฉบับที่ 1, หน้า 19-27.
- [16] คเชนทร์ จักรแก้ว, สุริยะ ทองมณี, พีรพงศ์ จิตเสงี่ยม, และ จักรพันธ์ ธงทอง, (2563). อิทธิพลของมุมเอียงเสาเข็มเดี่ยวต่อกำลังรับน้ำหนัก

- ในแนวดิ่ง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25, ชลบุรี, 15 - 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2563, หน้า GTE20-1 – GTE20-7.
- [17] กุลเดช แพนลา, ศุภกาญจน์ มงคลพูนเกษม, สุริศรภาส วชิรพงศ์ศิริ, และ วรัช ก้องกิจกุล. (2564). อิทธิพลของจำนวนรอบและระดับน้ำขึ้นลงต่อการกัดเซาะของดินกระจายตัว – การศึกษาด้วยแบบจำลองกายภาพ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26, การประชุมรูปแบบออนไลน์, 23 - 25 มิถุนายน 2564, หน้า GTE-05-1 - GTE-05-1.