



วารสาร

วิจัยและพัฒนาอาชีวศึกษา

Journal of Research and Vocational Education Development (JRVED)

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน 2569 Vol. 5 No.1 January - June 2026



สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4

Institute of Vocational Education : Northeastern Region 4



วารสาร

วิจัยและพัฒนาอาชีวศึกษา

Journal of Research and Vocational Education Development (JRVED)

สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน 2569 Vol. 5 No. 1 January - June 2026

สารบัญ

นวัตกรรมการบริหารงานวิชาการหนึ่งโรงเรียนสองระบบในยุคดิจิทัลเพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียน โรงเรียนวัดเขมาภิรตาราม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาหนองบัวลำภู กรชนก สุตะพาหะ	1-14
รูปแบบการพัฒนาศูนย์การเรียนรู้อาชีววิทยาลัยอาชีวศึกษาอุบลราชธานี (UVC) เพื่อเสริมสร้าง สมรรถนะผู้เรียนอาชีวศึกษาสู่การเป็นผู้ประกอบการในศตวรรษที่ 21 ลฎาภา แสงทรัพย์	15-34
อิทธิพลของปัจจัยการยอมรับปัญญาประดิษฐ์แบบสนทนาต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ของ ผู้บริโภคกลุ่มเจนเอเรชันซี ในจังหวัดยโสธร อานนท์ พัสตร, ยุพรัตน์ พัสตร, เข้มชาติ พงษ์พาน, ก้องกุล กุลแก้ว และจักรกฤษ ศรีวิเศษ	35-50
การพัฒนาและหาประสิทธิภาพเครื่องอัดกระดาษจากใบและขุยมะพร้าวด้วยระบบไฮดรอลิก ชนะ สุทธิประภา, ศักรินทร์ ไชยปัญญา และนุชจิรา วรรณสิทธิ์	51-66
การพัฒนาแบบการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านอัจฉริยะโดยใช้ AI Chatbot เพื่อเสริมสร้าง การเรียนรู้เท่าทันปัญญาประดิษฐ์ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรีสายอาชีวศึกษา สุนันทา กลิพันธ์, วราภรณ์ สารวัน, เพชรรัตน์ บัวทุม, กฤษณ์ กนิษฐยาพร และพลอย ประทุมชาติ	67-82
การพัฒนาแบบการสอนโครงงานร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เชิงสร้างสรรค์ รายวิชาโครงงาน พรธิวา วงษ์พิทักษ์, นที จันทร์เทียม, วุฒิไกร หนูคอนทราย, รุ่งวิรุณ โกมลิตธิพงศ์, ศักดิ์ศรี สุยะรา ปรัชญานันท์ ญาณเพิ่ม และสุริพร คินดี	83-96
อิทธิพลของคุณภาพการบริการและอัตลักษณ์ท้องถิ่นต่อความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว Generation Z ในจังหวัดศรีสะเกษ บุหพันธ์ อาสาสนา, ณัฏกมนต์ โตไทยะ และณัฐวุฒิ รอดพันธุ์	97-110
การศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองผสมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ ธนวรรณ ธนศิริสกุลสิทธิ์, โกสินทร์ แข่งขัน, สมคิด สิ้นเดิม, พิธภัส ถาวรกุล และวสันต์ บุตรยศ	111-121
การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ร่วมกับการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านรายวิชาการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เพื่ออาชีพ ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคเดชอุดม พัฒน์นิดา บุญสนอง, ธนชน อินทจันทร์, สายฝน สารผล, พยุงศักดิ์ สบายใจ และวีรยา โนนจันทร์	122-136

การศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง
ผสมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ
Study on Compressive Strength of Hooked-End Steel Fiber Reinforced
Self-Compacting Concrete

ธนวรรณ ธนศิริสกุลสิทธิ์*¹ โกสินทร์ แข่งขัน² สมคิด สิ้นเดิม³ พิธภัส ถาวรกุล⁴ และวสันต์ บุตรยศ⁵

ภาควิชาเทคโนโลยีโยธา วิทยาลัยการอาชีพศรีสะเกษ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4 ¹²³⁴⁵

Corresponding Author; E-mail address: Pjtcone2@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง การศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองผสมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (Self-Compacting Concrete: SCC) และคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ร่วมกับการผสมเส้นใยเหล็กแบบตะขอที่ปริมาณต่างๆ คือ 0%, 0.25%, 0.50%, และ 1.0% โดยปริมาตรของคอนกรีต การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาด 15 × 30 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C39/C39M-23 ที่อายุการบ่ม 28 วัน ผลการวิจัยพบว่า คอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่เสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอมีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น โดยมีกำลังรับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 53.1 MPa ที่ปริมาณเส้นใย 1.00 % และเพิ่มขึ้นร้อยละ 31.76 เมื่อเทียบกับส่วนผสมควบคุม ขณะที่คอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ร่วมกับการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าส่วนผสมควบคุมในทุกๆ ระดับการผสม โดยมีกำลังรับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 55.9 MPa ที่ปริมาณเส้นใย 1.00% และเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.15 เมื่อเทียบกับส่วนผสมควบคุม องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้เถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์ร่วมกับการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอสามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองได้ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและออกแบบคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่มีสมรรถนะด้านกำลังรับแรงอัดสูงขึ้นได้

คำสำคัญ: [คอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง] [เส้นใยเหล็กแบบตะขอ] [เถ้าลอย] [กำลังรับแรงอัด]

Abstract

This research investigated the compressive strength of self-compacting concrete (SCC) incorporating hooked-end steel fibers. The objectives were to study the compressive strength of self-compacting concrete and self-compacting concrete in which 20% of Portland cement by weight was replaced with fly ash, in combination with hooked-end steel fibers at dosages of 0%, 0.25%, 0.50%, and 1.00% by volume of concrete. The study employed an experimental research methodology. The compressive strength of cylindrical concrete specimens measuring 15 × 30 cm was determined in accordance with ASTM C39/C39M-23 after 28 days of curing. The results indicated that the compressive strength of self-compacting concrete incorporating hooked-end steel fibers increased with increasing fiber content. The maximum compressive strength was 53.1 MPa at a steel fiber content of 1.00% by volume, representing a 31.76% increase compared with the control mixture. Meanwhile, self-compacting concrete containing 20% fly ash as a replacement for Portland cement, combined with hooked-end steel fibers, exhibited higher compressive strength than the control mixture at all fiber dosages. The maximum compressive strength was 55.9 MPa at a steel fiber content of 1.00% by volume, representing a 32.15% increase compared with the control mixture. The findings demonstrate that the use of fly ash as a partial replacement for Portland cement in combination with hooked-end steel fibers can enhance the compressive strength of self-compacting concrete. The results can be used as a guideline for the development and design of self-compacting concrete with enhanced compressive strength performance.

Keywords: [Self-Compacting Concrete] [Hooked-End Steel Fiber] [Fly Ash] [Compressive Strength]

1. บทนำ/ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คอนกรีตเป็นวัสดุหลักที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในงานวิศวกรรมโยธา เนื่องจากมีความสามารถในการรับแรงอัดสูง มีความคงทน และสามารถขึ้นรูปได้หลากหลายรูปแบบ อย่างไรก็ตาม การก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความซับซ้อนหรือมีการจัดวางเหล็กเสริมอย่างหนาแน่น มักประสบปัญหาในการเทและการอัดแน่นของคอนกรีต โดยเฉพาะบริเวณที่มีช่องว่างระหว่างเหล็กเสริม จำกัด ส่งผลให้คอนกรีตไม่สามารถไหลเข้าไปเต็มเต็มแบบหล่อได้อย่างสมบูรณ์ และอาจเกิดโพรงอากาศหรือรังผึ้ง (Honeycombing) ซึ่งส่งผลต่อกำลังรับน้ำหนักและความทนทานของโครงสร้างในระยะยาว

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (Self-Compacting Concrete: SCC) ซึ่งเป็นคอนกรีตที่สามารถไหลและอัดแน่นได้ด้วยน้ำหนักของตัวเองโดยไม่ต้องอาศัยการจี้เขย่า คอนกรีตประเภทนี้มีคุณสมบัติเด่นด้านความสามารถในการไหลผ่าน การไหลผ่านช่องว่างระหว่างเหล็กเสริม และการต้านทานการแยกตัวของวัสดุ ทำให้สามารถเทลงในโครงสร้างที่มีรูปทรงซับซ้อนหรือมีเหล็กเสริมหนาแน่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม แม้คอนกรีต SCC จะมีความสามารถในการไหลและการอัดแน่นที่ดี แต่ยังคงมีข้อจำกัดด้านความเปราะและความสามารถในการต้านทานการแตกร้าวเช่นเดียวกับคอนกรีตทั่วไป

การเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ (Hooked-end Steel Fiber) เป็นแนวทางหนึ่งที่ได้รับการสนใจในการพัฒนาสมบัติเชิงกลของคอนกรีต เนื่องจากเส้นใยเหล็กสามารถช่วยยับยั้งการเกิดและการขยายตัวของรอยร้าว เพิ่มความเหนียว และช่วยปรับปรุงความสามารถในการรับแรงของคอนกรีต โดยเฉพาะเมื่อเส้นใยสามารถกระจายตัวและยึดเหนี่ยวกับเนื้อคอนกรีตได้อย่างเหมาะสม เส้นใยเหล็กแบบตะขอสามารถทำหน้าที่ถ่ายแรงและต้านทานการเปิดขยายของรอยร้าวภายในเนื้อคอนกรีต ส่งผลให้คอนกรีตมีพฤติกรรมการรับแรงที่ดีขึ้น นอกจากนี้ การนำเถ้าลอย (Fly Ash) ซึ่งเป็นวัสดุปอซโซลานมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์บางส่วน เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้รับการสนใจในการพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีต เนื่องจากเถ้าลอยสามารถเกิดปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) กับผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเติมเต็มช่องว่างภายในโครงสร้างของเนื้อคอนกรีตและเพิ่มความหนาแน่นของโครงสร้างจุลภาค ซึ่งอาจส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยเฉพาะเมื่อมีการบ่มเป็นระยะเวลานาน

ในปัจจุบัน มีงานวิจัยที่ศึกษาผลของการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอต่อสมบัติเชิงกลของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง รวมทั้งการใช้เถ้าลอยเป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลรวมของการใช้เถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ร่วมกับการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอในปริมาณที่แตกต่างกันต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองยังมีข้อมูลที่จำกัด โดยเฉพาะการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีและไม่มีเถ้าลอยภายใต้ปริมาณเส้นใยเหล็กที่แตกต่างกัน จากประเด็นดังกล่าว จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาอิทธิพลของการใช้เถ้าลอยร่วมกับการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง เพื่อสร้างองค์ความรู้และข้อมูลสำหรับอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างส่วนผสมของคอนกรีตกับกำลังรับแรงอัด การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่เสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ และคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ร่วมกับการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอในปริมาณที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบผลของส่วนผสมดังกล่าวต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาส่วนผสมคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่เหมาะสมต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่เสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ
- 2.2 เพื่อศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ร่วมกับการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ

3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (สรุปด้วยกรอบแนวคิดการวิจัย)

คอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (Self-Compacting Concrete: SCC) หรือที่เรียกโดยย่อว่า SCC เป็นนวัตกรรมวัสดุศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อขจัดปัญหาการหล่อคอนกรีตในโครงสร้างที่มีเหล็กเสริมหนาแน่น โดยมีคุณสมบัติเด่น 3 ประการในขณะยังไม่แข็งตัว คือ ความสามารถในการไหลแทรกตัวเข้าเต็มแบบหล่อ (Filling Ability) ความสามารถในการแปรเปลี่ยนรูปร่างผ่านสิ่งกีดขวาง (Passing Ability) และความสามารถในการต้านทานการแยกตัว (Segregation Resistance) ทำให้เนื้อคอนกรีตสามารถไหลเข้าเต็มทุกซอกมุมของแบบหล่อได้ด้วยน้ำหนักของตัวเองโดยไม่ต้องอาศัยการจี้เขย่า

คอนกรีตเสริมเส้นใย (Fiber Reinforced Concrete: FRC) คือ คอนกรีตที่ผสมวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใย (Fibers) กระจายตัวอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตอย่างสม่ำเสมอแบบสุ่มหรือไม่เป็นทิศทางแน่นอน (Random Distribution) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต โดยเฉพาะการยกระดับกำลังรับแรงดึง กำลังรับแรงดัด และความเหนียว (Ductility) เพื่อขจัดข้อจำกัดดั้งเดิมของคอนกรีตทั่วไปที่มีพฤติกรรมเปราะและแตกร้าวได้ง่าย

เกษม สายสำราญ และชูชัย สุจิวิรกูล ได้ศึกษากำลังและพฤติกรรมการดึงของคอนกรีตบดอัดด้วยตนเองที่เสริมด้วยเส้นใยเหล็กแบบตะขอพบว่า คอนกรีตบดอัดด้วยตนเองจะให้ประสิทธิภาพในการรับแรงดึงของคอนกรีตเสริมเส้นใยดีกว่า คอนกรีตปกติเล็กน้อย และการเพิ่มอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใย ปริมาณการผสมเส้นใย ส่งผลให้กำลังดึงและความเหนียวของคอนกรีตเสริมเส้นใยที่ใช้คอนกรีตแบบบดอัดด้วยตนเองสูงขึ้น

Grunewald และ Walraven รวมถึง Berhe และ Ladkany ได้ศึกษาพฤติกรรมความหนืดของคอนกรีต SCC เมื่อมีการผสมเส้นใย พบผลเชิงประจักษ์ที่สอดคล้องกันว่า ปริมาณเส้นใยที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ความเค้นจุดครากและความหนืดพลาสติกในคอนกรีตสดสูงขึ้น ซึ่งส่งผลลดทอนความสามารถในการไหลแผ่และการเทได้ อย่างไรก็ตาม สามารถควบคุมและแก้ไขปัญหาคความหนืดดังกล่าวได้ด้วยการเลือกใช้สารลดน้ำพิเศษ (Superplasticizer) และสารเพิ่มความหนืด (VMA) ในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อรักษาสมดุลโครงสร้างของวัสดุ

การศึกษาผลกระทบของการใช้เส้นใยเหล็กและเถ้าลอยต่อสมรรถนะของคอนกรีต เพื่อให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของเส้นใยที่ช่วยเสริมความแข็งแรงของโครงสร้าง และผลของเถ้าลอยที่ช่วยเพิ่มความหนาแน่นให้กับเนื้อคอนกรีต ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าว เพื่อสรุปเป็นแนวทางในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคอนกรีตสมรรถนะสูงให้มีความคุ้มค่าและนำไปประยุกต์ใช้งานในงานก่อสร้างจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ขอบเขตของการวิจัย

- 4.1 กำหนดให้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- 4.2 กำหนดให้ใช้ทรายน้ำจืดล้างสะอาด เป็นมวลรวมละเอียด
- 4.3 กำหนดให้ใช้หินย่อยขนาด 3/8 นิ้ว เป็นมวลรวมหยาบ
- 4.4 กำหนดให้ใช้น้ำประปาสะอาดทั่วไป
- 4.5 กำหนดให้สารลดน้ำพิเศษ (Superplasticizer) ประเภท F
- 4.6 กำหนดให้ใช้เถ้าลอยที่ได้จากการผลิตภายในโรงงานไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง โดยนำมาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง
- 4.7 อัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าลอยเท่ากับร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก
- 4.8 เส้นใยเหล็กแบบตะขอ (Hooked-End Steel Fiber) มีความยาว 35 มิลลิเมตร และมีอัตราส่วนความชะลุดเท่ากับ 65
- 4.9 ปริมาณเส้นใยเหล็กแบบตะขอที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ 0%, 0.25%, 0.50% และ 1.00% โดยปริมาตรของคอนกรีต
- 4.10 แบบหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม และสูง 30 ซม
- 4.11 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compression Testing Machine)

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้มีกำลังรับแรงอัดที่ออกแบบเท่ากับ 40 MPa ที่อายุการบ่ม 28 วัน แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย (Fly Ash) ในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก และเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอในปริมาณ ที่ 0%, 0.25%, 0.5% และ 1.00% โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ คอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองผสมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ ซึ่งใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน ดังแสดงในตารางที่ 1 และคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ

ส่วนผสม	อัตราส่วนผสมคอนกรีต (กก./ม ³)					สารลดน้ำ (ร้อยละ 2)
	ปูน	ทราย	หิน	น้ำ	เส้นใย	
SC: $V_f = 0\%$	650	850	696	182	-	13
SC: $V_f = 0.25\%$	650	850	696	182	19.68	13
SC: $V_f = 0.5\%$	650	850	696	182	39.36	13
SC: $V_f = 1.0\%$	650	850	696	182	78.72	13

ตารางที่ 2 สัดส่วนผสมของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองแทนที่ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ

ส่วนผสม	อัตราส่วนผสมคอนกรีต (กก./ม ³)						สารลดน้ำ (ร้อยละ 2)
	ปูน	เถ้าลอย	ทราย	หิน	น้ำ	เส้นใย	
SC-FA20: $V_f = 0\%$	520	130	850	696	182	-	13
SC-FA20: $V_f=0.25\%$	520	130	850	696	182	19.68	13
SC-FA20: $V_f = 0.5\%$	520	130	850	696	182	39.36	13
SC-FA20: $V_f = 1.0\%$	520	130	850	696	182	78.72	13

หมายเหตุ : SC หมายถึง คอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองควบคุม V_f หมายถึง ปริมาณการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ และ SC-FA20 หมายถึง คอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย ในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก

5.2 การทดสอบระยะการไหลแผ่ (Slump flow) ตามมาตรฐาน ASTM C1611 โดยใช้ Abram's cone วางบนแผ่นเหล็กเดิมคอนกรีตจนเต็มโดยไม่ต้องทำการกระทุ้งให้แน่นจากนั้นทำการยก Abram's cone ขึ้นในแนวตั้งแล้วปล่อยให้คอนกรีตไหลแผ่โดยอิสระด้วยน้ำหนักตนเอง จนหยุดไหลจากนั้นทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 2 ทิศทางการไหลเพื่อหาค่าเฉลี่ยระยะในการไหลแผ่สูงสุดของคอนกรีต ผลการทดสอบ พบว่าคอนกรีตสดที่อัตราการผสมเส้นใยที่ 0%, 0.25%, 0.5% และ 1.00% มีระยะการไหลแผ่เท่ากับ 780, 730, 670 และ 650 มม ตามลำดับ ส่วนคอนกรีตสดที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 20 มีระยะการไหลแผ่เท่ากับ 790, 760, 700 และ 660 มม ตามลำดับ จากผลการทดสอบจะเห็นว่าค่าการไหลแผ่ของส่วนผสมที่มีเถ้าลอยให้ค่าที่สูงกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะเถ้าลอยมีลักษณะเป็นทรงกลมตันทำให้เพิ่มความสามารถในการไหลแผ่ของคอนกรีตได้ดีขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของ EFNARC ที่มีค่าอยู่ในช่วง 650-800 มม. แสดงถึงคอนกรีตสดทั้ง 2 แบบ ที่ปริมาณการใช้เส้นใยต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และความสามารถในการไหลแผ่ได้อยู่ในระดับที่ดี

5.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง เมื่อตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. และสูง 30 ซม. ได้รับการบ่มจนครบอายุ 28 วันแล้วจึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C39/C39M-23 ดังแสดงในภาพที่ 2 ก่อนการทดสอบ ทำการเช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของแท่งทดสอบ ชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นนำตัวอย่างวางในเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด

(Compression Testing Machine) และทำการเพิ่มแรงกดอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งตัวอย่างเกิดการวิบัติ พร้อมบันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ได้จากเครื่องทดสอบ ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตคำนวณจากสมการที่ 1

$$\text{สมการกำลังรับแรงอัด (MPa)} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

เมื่อ P = ค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้ตัวอย่างวิบัติ (N)

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งทดสอบ (mm^2)



ภาพที่ 2 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง

6. ผลการวิจัย

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร โดยใช้ตัวอย่างทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่างต่อระดับปริมาณเส้นใย เหล็กแบบตะขोที่ปริมาณ 0%, 0.25%, 0.5% และ 1.00% รวมทั้งสิ้น 24 ตัวอย่าง ที่อายุการบ่ม 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C39/C39M-23 ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ

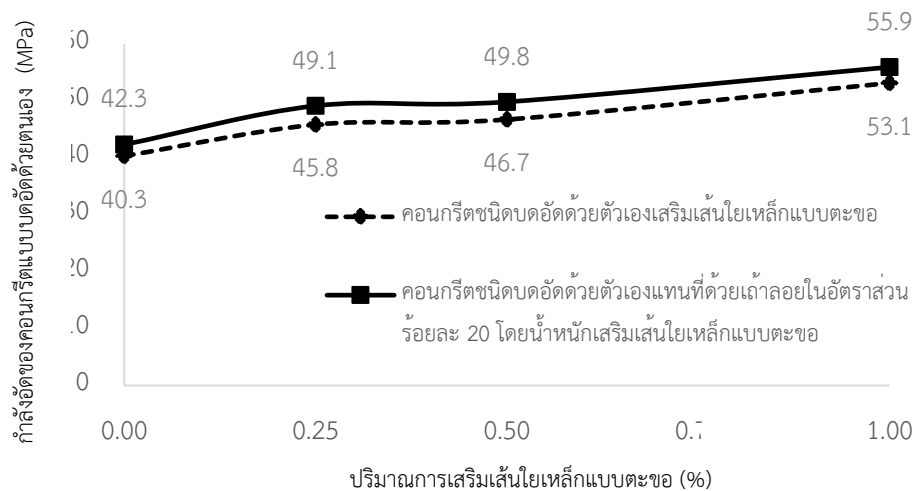
อัตราส่วนผสม	ค่ากำลังรับแรงอัด (MPa)			
	1	2	3	$\bar{X}$
SC: $V_f = 0\%$	39.5	41.2	40.2	40.3
SC: $V_f = 0.25\%$	44.9	46.5	46.0	45.8
SC: $V_f = 0.5\%$	45.5	47.8	46.8	46.7
SC: $V_f = 1.0\%$	51.8	54.2	53.3	53.1

ตารางที่ 4 ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองแทนที่ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ

อัตราส่วนผสม	ค่ากำลังรับแรงอัด (MPa)			
	1	2	3	$\bar{X}$
SC-FA20: $V_f = 0\%$	41.5	43.2	42.2	42.3
SC-FA20: $V_f = 0.25\%$	48.5	50.1	48.7	49.1
SC-FA20: $V_f = 0.5\%$	49.0	51.2	49.2	49.8
SC-FA20: $V_f = 1.0\%$	54.8	56.5	56.4	55.9

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองผสมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ ที่ปริมาณการใช้เส้นใย เท่ากับ 0%, 0.25%, 0.50% และ 1.00% มีกำลังรับแรงอัด เท่ากับ 40.3, 45.8, 46.7 และ 53.1 MPa ตามลำดับ และตารางที่ 4 พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดของ คอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ร่วมกับการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 42.3, 49.1, 49.8 และ 55.9 MPa ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า กำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเหล็กแบบ ตะขอเพิ่มขึ้น

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มปริมาณเส้นใยเหล็กแบบตะขอส่งผลให้กำลังรับ แรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองเพิ่มขึ้น และการใช้เถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ร่วมกับการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอสามารถช่วยเพิ่มกำลังรับแรงอัดของ คอนกรีตได้สูงกว่าส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนในทุกะดับการผสม ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ และคอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก เสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ ที่ปริมาณเส้นใยเหล็กต่างกัน ณ อายุการบ่ม 28 วัน

7. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

7.1 ผลการศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต SC ในสัดส่วนปริมาณเส้นใยเหล็กที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต SC ที่อายุการบ่ม 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C39/C39M-23 พบว่า การเพิ่มปริมาณเส้นใยเหล็กแบบตะขอจาก 0% เป็น 1.00% ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นจาก 40.3 MPa เป็น 53.1 MPa หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 31.76 เมื่อเทียบกับส่วนผสมควบคุม แสดงให้เห็นว่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยเหล็กที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของเกษม สายสำราญ และชูชัย สุจิธรกุล ที่ศึกษากำลังและพฤติกรรมการดึงของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่เสริมด้วยเส้นใยเหล็กแบบตะขอ และพบว่า การเพิ่มปริมาณเส้นใยและอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย ส่งผลให้กำลังรับแรงดึงและความเหนียวของคอนกรีตเสริมเส้นใยเพิ่มขึ้น ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของเส้นใยเหล็กแบบตะขอในการช่วยต้านทานการเกิดและการขยายตัวของรอยแตกร้าวภายในคอนกรีต ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการรับแรงของคอนกรีตเสริมเส้นใย และสอดคล้องกับแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดที่พบจากการทดสอบในครั้งนี้

7.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต SC-FA20 พบว่า การเพิ่มปริมาณเส้นใยเหล็กแบบตะขอจาก 0 % เป็น 1.00% ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นจาก 42.3 MPa เป็น 55.9 MPa หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.15 เมื่อเทียบกับส่วนผสมที่ไม่มีการเสริมเส้นใยเหล็ก ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดอาจเป็นผลจากเส้นใยเหล็กแบบตะขอที่ช่วยยึดเหนี่ยวและถ่ายแรงภายในเนื้อคอนกรีต รวมทั้งช่วยยับยั้งการเกิดและการขยายตัวของรอยร้าวขนาดเล็กภายในเนื้อคอนกรีต ส่งผลให้โครงสร้างภายในของคอนกรีต

สามารถต้านทานแรงอัดได้ดีขึ้น สำหรับคอนกรีตที่ใช้เถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก พบว่าคอนกรีต SC-FA20 มีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีต SC ทั้งในส่วนผสมที่ไม่มีเส้นใยเหล็กและส่วนผสมที่เสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ การเพิ่มขึ้นดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับลักษณะของอนุภาคเถ้าลอยและการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลาน ซึ่งส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาที่ช่วยเติมเต็มช่องว่างภายในโครงสร้างของเนื้อคอนกรีตและเพิ่มความหนาแน่นของโครงสร้างจุลภาค ส่งผลให้คอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงอัดเพิ่มขึ้น ผลการทดลองจึงแสดงให้เห็นว่า การใช้เถ้าลอยร่วมกับการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอสามารถส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต SC-FA20 โดยปริมาณเส้นใยเหล็กที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มช่วยเพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

7.3 ผลการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดระหว่างคอนกรีต SC และคอนกรีต SC-FA20 โดยที่ปริมาณการเสริมเส้นใยที่ 0 % ให้ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต SC-FA20 เท่ากับ 42.3 MPa ของคอนกรีต SC เท่ากับ 40.3 MPa เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.96 ที่ปริมาณการเสริมเส้นใยที่ 0.25 % ให้ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต SC-FA20 เท่ากับ 49.1 MPa ของคอนกรีต SC เท่ากับ 45.8 MPa เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.20 ที่ปริมาณการเสริมเส้นใยที่ 0.50 % ให้ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต SC-FA20 เท่ากับ 49.8 MPa ของคอนกรีต SC เท่ากับ 46.7 MPa เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.64 และที่ปริมาณการเสริมเส้นใยที่ 1.00 % ให้ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต SC-FA20 เท่ากับ 55.9 MPa ของคอนกรีต SC เท่ากับ 53.1 MPa เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.27 จากผลการเปรียบเทียบพบว่า คอนกรีต SC-FA20 มีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีต SC ในทุกระดับปริมาณการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ โดยมีค่าการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดอยู่ในช่วงร้อยละ 4.96–7.20 ผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ร่วมกับการเสริมเส้นใยเหล็กแบบตะขอ มีส่วนช่วยให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดอาจเกี่ยวข้องกับผลของเถ้าลอยที่ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของเนื้อคอนกรีตให้มีความหนาแน่นมากขึ้น ขณะที่เส้นใยเหล็กแบบตะขอช่วยต้านทานและยับยั้งการเกิดและการขยายตัวของรอยแตกร้าวภายในคอนกรีต ส่งผลให้คอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงอัดสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของผลการทดสอบที่พบว่าการรับแรงอัดของคอนกรีต SC-FA20 สูงกว่าคอนกรีต SC ในทุกระดับปริมาณเส้นใยเหล็กที่ศึกษา

8. ข้อเสนอแนะการวิจัย

8.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกลด้านอื่นของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเองที่เสริมด้วยเส้นใยเหล็กแบบตะขอ เช่น กำลังรับแรงดึง โมดูลัสยืดหยุ่น และความสามารถในการต้านทานแรงกระแทก เพื่อให้สามารถประเมินพฤติกรรมด้านความเหนียวและความสามารถของเส้นใยเหล็กในการต้านทานและยับยั้งการเกิดและการขยายตัวของรอยร้าวได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

8.2 ควรมีการศึกษาผลของการเพิ่มปริมาณเส้นใยเหล็กแบบตะขอในระดับที่สูงกว่า 1.00% รวมถึงศึกษาการใช้เส้นใยชนิดอื่นหรือการใช้เส้นใยหลายชนิดร่วมกัน (Hybrid Fiber) เพื่อประเมินผลของชนิดและปริมาณเส้นใยที่มีต่อกำลังรับแรงอัดและคุณสมบัติทางกลด้านอื่นของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง

8.3 ควรมีการศึกษาผลของการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าลอยในสัดส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาแนวโน้มของกำลังรับแรงอัดและคุณสมบัติของคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง และหาอัตราส่วนการแทนที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาคอนกรีตที่มีสมรรถนะด้านกำลังรับแรงอัดตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

9. บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

เกษม สายสำราญ, & ชูชัย สุจิวรกุล. (2556, 21–23 ตุลาคม). กำลังและพฤติกรรมการดึงของคอนกรีตบดอัดด้วยตนเองที่เสริมด้วยเส้นใยเหล็กแบบตะขอ. ใน การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 9. พิษณุโลก, ประเทศไทย.

เฉลิมชัย วัฒนล้ำเลิศ, & สมนึก ตั้งเต็มศิริกุล. (2554). Self-compacting concrete และการใช้งานในอุตสาหกรรมการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป Precast Concrete. วารสารคอนกรีต, 5–6.

ASTM International. (2023). ASTM C39/C39M-23: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. ASTM International.

EFNARC. (2002). Specification and guidelines for self-compacting concrete. EFNARC.

Berhe, A., & Ladkany, S. (2011). Characterization of high strength steel fiber reinforced concrete and self-consolidating concrete mixtures with various steel volume fractions for infrastructures. In Structures Congress 2011 (pp. 1839–1849). American Society of Civil Engineers. [https://doi.org/10.1061/41171\(401\)160](https://doi.org/10.1061/41171(401)160)

Grunewald, S., & Walraven, J. C. (2010). Maximum fiber content and passing ability of self-consolidating fiber-reinforced concrete. In SP274-02 (pp. 15–30).



สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4

Institute of Vocational Education : Northeastern Region 4



สอบถามเพิ่มเติม

สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4

632 หมู่ 4 ตำบลบึงไผ่ อำเภอลืออำนาจ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

Tel : 045-210-691 Website : www.ivene4.ac.th