

การใช้วัสดุพอลิโพรไพลีนในประเทศไทยกับคอนกรีตเสริมเส้นใย

วันชัย สะตะ*

บทคัดย่อ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้กันมาตั้งแต่อดีตและเป็นวัสดุที่ใช้กันมากที่สุดในงานก่อสร้าง ส่วนประกอบที่สำคัญของคอนกรีต คือ ปูนซีเมนต์ ซึ่งในกระบวนการผลิตต้องใช้พลังงานมากและก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม วิธีที่ช่วยลดปัญหานี้คือการใช้วัสดุพอลิโพรไพลีนทดแทนหรือแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในงานคอนกรีต การใช้วัสดุพอลิโพรไพลีนนอกจากทำให้การใช้ปูนซีเมนต์น้อยลงแล้ว ยังสามารถใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต เช่น เพิ่มความสามารถในการทำงานได้ ลดความร้อนในคอนกรีตสด เพิ่มกำลังอัดที่อายุปลายและเพิ่มความทนทานแก่คอนกรีต วัสดุพอลิโพรไพลีนที่มีอยู่ในประเทศไทย ได้แก่ แก้วฉนวนหุ้ม แก้วเคลือบ แก้วเคลือบ-เปลือย แก้วเคลือบ-เปลือย แก้วเคลือบ-เปลือย แก้วเคลือบ-เปลือย เป็นต้น

คอนกรีตเสริมเส้นใย คือคอนกรีตที่ได้จากการผสมกันระหว่างปูนซีเมนต์ น้ำ มวลรวม และเส้นใยขนาดเล็กที่ไม่ต่อเนื่องกัน วัตถุประสงค์หลักของการใช้เส้นใยในงานคอนกรีตคือเพิ่มกำลังรับแรงดึงและเพิ่มกำลังดัดแก่คอนกรีต ทั้งนี้คุณสมบัติของคอนกรีตเสริมเส้นใยขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายชนิด เช่น ชนิด, ปริมาณที่ใส่, รูปร่าง, ขนาดและการกระจายตัวของเส้นใย เป็นต้น ประเภทของเส้นใยที่มีการนำมาใช้ในงานคอนกรีต ได้แก่ เส้นใยเหล็ก ใยแก้ว เส้นใยที่ได้จากการสังเคราะห์ และเส้นใยจากธรรมชาติ

ถึงแม้ว่าวัสดุพอลิโพรไพลีนช่วยปรับปรุงคุณสมบัติบางประการแก่คอนกรีต ทำให้ราคาคอนกรีตถูกลงและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การใช้เส้นใยโพลีโพรไพลีนเสริมเข้าไปในคอนกรีตช่วยเพิ่มกำลังดึง เพิ่มกำลังดัดและเพิ่มความเหนียวแก่คอนกรีต และจากรายงานวิจัยพบว่าการใช้วัสดุพอลิโพรไพลีนสามารถนำมาใช้ในคอนกรีตเสริมเส้นใยได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาการใช้วัสดุพอลิโพรไพลีนในคอนกรีตเสริมเส้นใยยังมีน้อยโดยเฉพาะวัสดุพอลิโพรไพลีนในประเทศไทย อีกทั้งวัสดุพอลิโพรไพลีนและเส้นใยเองก็มีหลากหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกัน ดังนั้นควรมีการศึกษาและวิจัยให้กว้างและละเอียดอย่างจริงจังก่อนนำไปใช้งาน

คำสำคัญ: พอลิโพรไพลีน, ประเทศไทย, คอนกรีตเสริมเส้นใย

* อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น 40002,
อีเมล: vancsa@kku.ac.th

The Use of Local Pozzolan in Fiber Reinforced Concrete

Vanchai Sata *

Abstract

Concrete is the most commonly used construction materials and have been used for a long time. An important ingredient in the conventional concrete is cement. The cement production is an energy intensive process and causes environmental problem. The one solution to reduce these problems is utilization of pozzolan to replace cement in concrete. The use of pozzolans not only reduce cement consumption but also can improve some concrete properties such as increase workability, reduce heat of hydration in fresh concrete, improve long term strength and durability of concrete. Pozzolans in Thailand are namely fly ash, rice husk ash, rice husk-bark ash and palm oil fuel ash.

Fiber reinforced concrete (FRC) can be simply defined as concrete made primarily of hydraulic cements, aggregates, and discrete reinforced fibers. The main purpose of using fibers in concrete is to enhance tensile and flexural properties. The characteristics of fiber reinforced concrete depend upon types, volume proportion, geometrics and distribution of fiber. The basic fiber categories are steel fiber, glass fiber, synthetic fiber, and natural fiber.

Although the utilization of pozzolan in concrete enhances some concrete properties, reduces materials costs, and environmental friendly. The addition of fiber in concrete mixture has been shown to increase the tensile strength, flexural strength, and ductility of concrete. Many researchers found that pozzolan can be used in fiber concrete. However, the research on using local pozzolan is limited. In addition, there are numerous types with different properties of pozzolan and fiber materials. Therefore, reinforcing fibers with local pozzolan in concrete needs more study.

Keywords: Pozzolan, Thailand, Fiber reinforced concrete.

* Lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002,
E-mail: vancsa@kku.ac.th

1. บทนำ

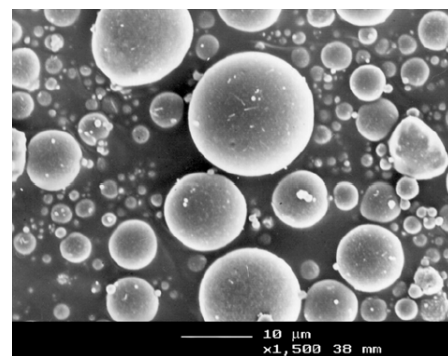
คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้กันมาตั้งแต่อดีตและถือว่าเป็นวัสดุที่ใช้กันมากที่สุดในงานก่อสร้างเนื่องจากสามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ราคาถูกและไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานฝีมือ อย่างไรก็ตามการผลิตคอนกรีตเป็นกระบวนการที่สร้างผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมโดยการผลิตคอนกรีตต้องใช้ทรัพยากรมากมาย เช่น หินทราย หรือ ปูนซีเมนต์ โดยเฉพาะการผลิตปูนซีเมนต์นอกจากใช้ทรัพยากรจำนวนมากแล้วยังต้องใช้พลังงานสูงในการเผาวัตถุดิบให้กลายเป็นปูนเม็ดและยังปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสู่บรรยากาศของโลกด้วยก่อให้เกิดมลภาวะเรือนกระจกและเกิดสภาวะโลกร้อนวิธีที่ช่วยลดการใช้พลังงานหรือลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตคอนกรีต คือ ลดการใช้ปูนซีเมนต์โดยการใช้วัสดุอื่นที่สามารถทดแทนหรือแทนที่ปูนซีเมนต์ได้ เช่น วัสดุปอซโซลาน เป็นต้น

การนำวัสดุปอซโซลานมาใช้ในงานคอนกรีตนอกจากทำให้การใช้ปูนซีเมนต์น้อยลงแล้ว ยังสามารถใช้ปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น เพิ่มความสามารถในการทำงานได้ ลดความร้อนในคอนกรีตสด เพิ่มกำลังอัดที่อายุปลาย เพิ่มความทนทานแก่คอนกรีต และการใช้วัสดุปอซโซลานยังทำให้ราคาคอนกรีตลดลง นอกจากนั้นการใช้วัสดุปอซโซลานที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมจะช่วยลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้านด้วย แต่อย่างไรก็ตามการใช้วัสดุปอซโซลานควรมีการศึกษาให้ดีกว่านำไปใช้จริงเพราะการใช้วัสดุปอซโซลานก็มีข้อเสีย เช่น ใช้ไม่ถูกต้องหรือใช้ในปริมาณที่มากเกินไป อาจทำให้กำลังคอนกรีตที่อายุต้นและอายุปลายต่ำกว่าปกติ เป็นต้น

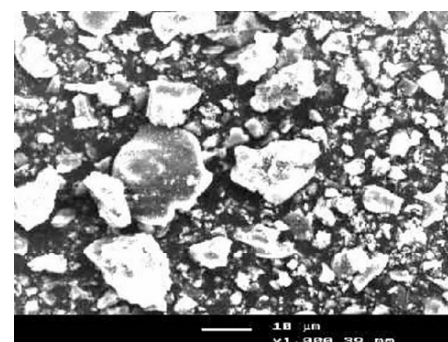
2. วัสดุปอซโซลานในประเทศไทย

วัสดุปอซโซลาน หรือสารปอซโซลาน (Pozzolanic materials) ตามมาตรฐาน ASTM C 618 (2001) คือ “วัสดุที่มีซิลิกา (SiO_2) หรือซิลิกา (SiO_2) และอะลูมินา (Al_2O_3) เป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้วสารปอซโซลานไม่มีคุณสมบัติในการเชื่อมประสาน แต่ถ้ามีความละเอียดและมีความชื้นเพียงพอ สามารถทำปฏิกิริยากับ

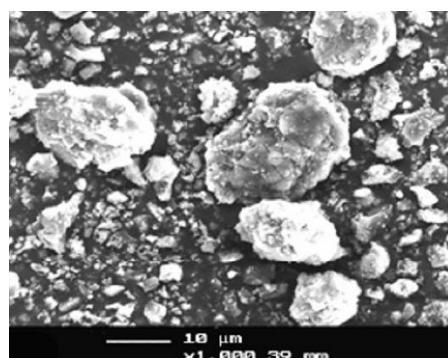
แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน” วัสดุปอซโซลานที่มีอยู่ในประเทศไทย ได้แก่ เถ้าถ่านหิน เถ้าแกลบ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ เถ้าปาล์มน้ำมัน เถ้าขาน้อย เป็นต้น รูปที่ 1-3 แสดงภาพขยายกำลังสูงของตัวอย่างอนุภาควัสดุปอซโซลานชนิดต่างๆที่มีอยู่ในประเทศไทย



รูปที่ 1 เถ้าถ่านหินรูปร่างกลมมน



รูปที่ 2 เถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด



รูปที่ 3 เถ้าปาล์มน้ำมันบดละเอียด

2.1 เถ้าถ่านหิน

เถ้าถ่านหินหรือเถ้าลอย (Fly ash, FA หรือ Pulverized fuel ash, PFA) เป็นวัสดุพลอยได้จากการเผาถ่านหินหรือถ่านหินบดละเอียดในเตาเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยทั่วไปอนุภาคเถ้าถ่านหินจะมีขนาดใหญ่กว่าปูนซีเมนต์เล็กน้อย อนุภาคอาจกลมมนหรือเป็นเหลี่ยมมุมขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านหินหรือวิธีการเผา ปัจจุบันประเทศไทยได้นำเอาเถ้าถ่านหินมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในคอนกรีตอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์คือร้อยละ 10-30 โดยน้ำหนัก โดยเถ้าถ่านหินที่มีขนาดอนุภาคเล็ก มีพื้นที่ผิวมาก สามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้เร็วจึงพัฒนากำลังอัดในช่วงอายุต้นได้สูงและรวดเร็ว นอกจากนั้นการใช้เถ้าถ่านหินผสมในคอนกรีตจะเพิ่มความทนทานแก่คอนกรีต ช่วยลดการแทรกซึมของน้ำและลดการซึมผ่านของคลอไรด์ (ธวัชชัยและคณะ, 2550)

2.2 เถ้าแกลบ

เถ้าแกลบ (Rice husk ash, RHA) ได้จากการเผาแกลบที่เป็นวัสดุพลอยได้จากการผลิตข้าว ซึ่งอาจเป็นการเผาแกลบโดยตรงหรือได้จากการเผาเพื่อเป็นเชื้อเพลิงโรงงานไฟฟ้าชีวมวล คุณสมบัติทางเคมีของเถ้าแกลบที่ได้ อาจต่างกันเล็กน้อยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเผาและอุณหภูมิของการเผา จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าเถ้าแกลบประกอบด้วยซิลิกามากกว่าร้อยละ 80 จึงมีคุณสมบัติความเป็นปอซโซลาน แต่เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาโดยตรงมักมีอนุภาคมีขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงต้องมีการนำมามาให้ละเอียดก่อนนำมาใช้ในงาน (ปริญญญาและคณะ, 2530) การใช้เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์จะใช้ในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 30 ถ้าเป็นคอนกรีตสด ค่ายุบตัวจะน้อยกว่าคอนกรีตปกติ เพิ่มระยะเวลาก่อตัวและลดความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน เพราะปริมาณปูนซีเมนต์น้อยลง ที่อายุปลายกำลังรับแรงอัดสามารถสูงกว่าคอนกรีตปกติ นอกจากนั้นทำให้คอนกรีตมีความทนทานต่อการกัดกร่อนมากขึ้น

2.3 เถ้าแกลบ-เปลือกไม้

เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ (Rice husk-bark ash, RHBA) เป็นวัสดุพลอยได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งใช้แกลบและเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเผาเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า เถ้าแกลบ-เปลือกไม้จากโรงงานโดยตรงมีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าปูนซีเมนต์มาก ดังนั้นถ้าจะนำมาใช้ในงานคอนกรีตจึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพให้มีความละเอียดมากขึ้น จากการศึกษาหาค่าดัชนีกำลังปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ที่บดละเอียด พบว่ามีดัชนีกำลังที่ 7 และ 28 วันมากกว่าร้อยละ 75 (สำเริง, 2548) ใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ในคอนกรีตกำลังสูงในอัตราร้อยละ 10-20 พบว่าให้กำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุปลาย นอกจากนั้นการใช้ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียดทำให้คอนกรีตมีความการ ซึมผ่านน้ำต่ำ (Chindaprasirt et al., 2007) ช่วยให้คอนกรีตมีความทนทานต่อการกัดกร่อนมากขึ้น

2.4 เถ้าปาล์มน้ำมัน

เถ้าปาล์มน้ำมัน (Palm oil fuel ash, POFA) คือผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นเถ้าที่ได้จากการนำเศษกะลาและเส้นใยผลปาล์มที่ใช้เผาเป็นเชื้อเพลิงเมื่อนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาบดให้ละเอียดพบว่าสามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานได้ การใช้เถ้าปาล์มน้ำมันที่บดละเอียดพบว่าสามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในงานคอนกรีตกำลังสูงได้และยังทำให้ความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของคอนกรีตลดลง (Sata et al., 2004) อย่างไรก็ตามการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันในงานคอนกรีตต้องมีการศึกษาก่อนนำมาใช้งานจริงเพราะเถ้าปาล์มน้ำมันจากแหล่งต่างๆ มีการเผาที่ต่างกันย่อมส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตที่ต่างกันด้วย (ธีระวุฒิ และสุรินทร์, 2551)

ถึงแม้คอนกรีตเป็นวัสดุที่นิยมมาใช้ในการก่อสร้าง เพราะรับกำลังอัดได้ดี ราคาถูก และการใช้ปอซโซลานก็ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติบางประการเท่านั้น แต่คอนกรีตก็ยังมีความข้อด้อย คือ รับกำลังดึงได้ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ

กำลังอัด มีความเปราะ และมีความยืดหยุ่นต่ำ จึงมีการนำวัสดุอื่นมาใช้ร่วมกับคอนกรีตเพื่อให้คอนกรีตมีความยืดหยุ่นและรับแรงดึงได้มากขึ้น เช่น เหล็กเส้น หรือการใช้เส้นใย (Fiber) เสริมเข้าไปในคอนกรีตก็เป็นอีกวิธีที่นิยมใช้กัน

3. คอนกรีตเสริมเส้นใย

คอนกรีตเสริมเส้นใย (Fiber reinforced concrete, FRC) คือคอนกรีตที่ได้จากการผสมกันระหว่างปูนซีเมนต์ น้ำ และมวลรวม นอกจากนั้นจะต้องมีเส้นใยใส่เข้าไปเพื่อเพิ่มกำลังรับแรงดึงและกำลังดัดแก่คอนกรีต โดยเส้นใยที่ใส่จะต้องเป็นเส้นใยที่มีขนาดเล็ก ไม่ต่อเนื่องกันและมีการกระจายที่ดีในระหว่างการผสม ทั้งนี้คุณสมบัติของคอนกรีตเสริมเส้นใยขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายชนิด เช่น ส่วนผสมของคอนกรีต ปริมาณของเส้นใย ชนิดและขนาดของเส้นใย เป็นต้น

3.1 ประเภทของคอนกรีตเสริมเส้นใย

ACI 544.1R-96 (2000) ได้แบ่งคอนกรีตเสริมเส้นใยไว้ 4 ประเภท ดังนี้

3.1.1 คอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็ก (Steel fiber reinforced concrete, SFRC) เส้นใยเหล็กที่ใช้เสริมคอนกรีตต้องเป็นเส้นใยที่สั้นและไม่ต่อเนื่องกัน มีหลายชนิด ตามชนิดของเหล็ก หลายขนาด หรือหน้าตัด เช่น อาจตรงธรรมดา บิดเป็นเกลียว หรืออปลายทั้งสองข้าง หน้าตัดอาจกลม เหลี่ยม เป็นต้น กำลังของเส้นใยเหล็ก ความเหนียวและแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็ก โดยกำลังยึดเหนี่ยวของเส้นใยขึ้นอยู่กับค่า Aspect ratio (ความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย) โดยทั่วไปเส้นใยเหล็กมีค่า Aspect ratio ประมาณ 20-100 ยาว 6.4-76 มม. การใช้งานถ้าเป็นคอนกรีตหล่อในที่ จะใช้ในปริมาณร้อยละ 0.25-1.5 โดยปริมาตร เพราะถ้าใส่ในปริมาณที่มากกว่านี้จะทำให้ความสามารถในการทำงานได้ของคอนกรีตลดลง

3.1.2 คอนกรีตเสริมเส้นใยแก้ว (Glass fiber reinforced concrete, GFRC) ใยแก้วหรือไฟเบอร์กลาส เป็นเส้นใยที่ได้จากวัสดุประเภทแก้วต่างๆ เช่น E-glass, A-glass,

AR-glass โดยคุณสมบัติของคอนกรีตเสริมใยแก้วขึ้นอยู่กับปริมาณเส้นใย อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ปริมาณทราย คุณสมบัติของเส้นใย การบ่ม เป็นต้น คอนกรีตเสริมใยแก้วนอกจากมีความแข็งแรง ทนแรงดึงได้ดีแล้ว เส้นใยแก้วยังมีความเป็นฉนวน ไม่มีการดูดซับน้ำ และมีช่องว่างระบายอากาศ จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้งานตกแต่งอาคาร งานชิ้นส่วนสำเร็จรูป งานวัสดุทนไฟ เป็นต้น

3.1.3 คอนกรีตเสริมเส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic fiber reinforced concrete, SNFRC) เส้นใยสังเคราะห์คิดค้นและผลิตขึ้นจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (Petrochemical industry) และสิ่งทอ (Textile industry) ที่นำมาใช้ในงานคอนกรีต เช่น acrylic, aramid, carbon, nylon, polyester, polyethylene และ polypropylene โดยทั่วไปจะใช้เส้นใยในปริมาณร้อยละ 0.10-0.80 โดยปริมาตร ปัจจุบันเส้นใยสังเคราะห์มีการนำมาประยุกต์ใช้งานคอนกรีตหลายด้าน เช่น คอนกรีตพื้นโรงงาน คอนกรีตพื้นลาดอุโมงค์ ถนน งานชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นต้น

3.1.4 คอนกรีตเสริมเส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber reinforced concrete, NFRC) คอนกรีตเสริมเส้นใยธรรมชาติเป็นคอนกรีตที่เสริมเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ เช่น ใยป่าน (Sisal fiber) ใยมะพร้าว (Coconut fiber) ชานอ้อย (Sugar cane bagasse fiber) ไม้ไผ่ (Bamboo fiber) เป็นต้น ทำให้งานคอนกรีตเสริมเส้นใยมีความประหยัดขึ้น ทั้งนี้การใช้เส้นใยธรรมชาติระยะยาวต้องระวังเรื่องความคงทนโดยเฉพาะเส้นใยที่ไม่ผ่านขบวนการปรับปรุงก่อนการใช้งาน

รูปที่ 4-6 แสดงตัวอย่างเส้นใยชนิดต่างๆ



รูปที่ 4 เส้นใยเหล็ก ชนิดCrimped-end steel fiber



รูปที่ 5 เส้นใยสังเคราะห์ ชนิดPolyethylene fiber



รูปที่ 6 เส้นใยธรรมชาติ ชนิดCoconut fiber

3.2 คุณสมบัติของคอนกรีตเสริมเส้นใย

3.2.1 ความสามารถในการทำงานได้ (Workability)

การผสมเส้นใยลงในคอนกรีตมีผลให้ความสามารถในการทำงานได้ลดลงและมีการสูญเสียค่ายุบตัว (Slump loss) มากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า Aspect ratio ชนิด รูปปร่าง ปริมาณของเส้นใย เนื่องจากคอนกรีตมีแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคของส่วนผสมมากขึ้นและความยาวของเส้นใยจะไปขวางการไหลของคอนกรีต การใส่เส้นใยในปริมาณมากกว่าปกติอาจต้องใช้สารลดน้ำพิเศษ เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานได้

3.2.2 กำลังอัด (Compressive strength) โดยทั่วไปการผสมเส้นใยลงในคอนกรีตไม่ได้มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มกำลังรับแรงอัดโดยตรงแต่อาจทำให้กำลังอัดสูงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยถ้าเป็นเส้นใยเหล็กกำลังอัดอาจสูงเพิ่มขึ้น 0-15% ถ้าใส่ไม่เกินร้อยละ 1.5 โดยปริมาตร แต่ถ้าใส่มากเกินไป จะทำให้การอัดแน่นกระทำได้ยากและทำให้กำลังอัดอาจลดลงได้ โดยปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อกำลังอัดของคอนกรีตเสริมเส้นใยนอกจากขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยแล้วยังขึ้นอยู่กับส่วนผสมของคอนกรีต และปริมาณของเส้นใย

3.2.3 กำลังรับแรงดึง (Tensile strength) การผสมเส้นใยลงในคอนกรีตจะเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึงดีขึ้น

อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากเส้นใยมีความเหนียวและรับแรงดึงได้ดีกว่าคอนกรีต ในสภาวะที่แรงดึงกระทำต่อคอนกรีต จะเกิดการแตกร้าวก่อนและเส้นใยทำหน้าที่หยุดการขยายตัวของรอยแตกร้าวและกำลังดึงก็เพิ่มขึ้น ทั้งนี้การเรียงตัวของเส้นใยก็มีผลต่อกำลังดึงด้วย จากรายงาน ถ้าใส่เส้นใยเหล็กร้อยละ 1.5 โดยปริมาตรในมอร์ตาร์หรือคอนกรีตทำให้มีกำลังดึงเพิ่มขึ้นร้อยละ 30-40 (ACI 544.1R-96, 2000)

3.2.4 กำลังรับแรงดัด (Flexural strength) เส้นใยสามารถเพิ่มกำลังรับแรงดัดให้คอนกรีตมากกว่ากำลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดึง การเพิ่มของค่าอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย (Aspect ratio) ทำให้ค่ากำลังดัดสูงขึ้น การศึกษากำลังดัดแบบ 3 จุด (Third-point bending) ของคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็กร้อยละ 1.5 – 2.0 โดยปริมาตร พบว่าให้กำลังรับแรงดัดสูงขึ้นถึงร้อยละ 50-70 เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตไม่ผสมเส้นใยหรืออาจมากถึงร้อยละ 150 ถ้าใส่เส้นใยมากกว่าปกติ (ACI 544.1R-96, 2000)

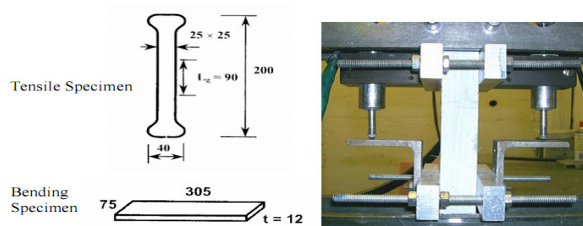
3.2.5 ความเหนียว (Toughness) คือความสามารถในการดูดซับพลังงานของวัสดุโดยไม่เกิดการแตกหัก การทดสอบหาค่าความเหนียววิธีหนึ่งที่นิยมคือการทดสอบแรงดัดคานตามมาตรฐาน ASTM C1018 (2001) การใส่เส้นใยลงในคอนกรีตช่วยดูดซับพลังงานเพื่อหยุดยั้งการแตกร้าวที่เกิดขึ้นในคอนกรีตเมื่อมีแรงกระทำ ทำให้คอนกรีตมีความเหนียวมากขึ้นเมื่อเทียบกับคอนกรีตที่ไม่เสริมเส้นใย

ถึงแม้ว่าวัสดุปอซโซลานจะเพิ่มความสามารถในการทำงานได้ เพิ่มกำลังอัดที่อายุปลายและเพิ่มความทนทานแก่คอนกรีต หรือเส้นใยเป็นวัสดุที่ใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึง เพิ่มความเหนียว เพิ่มความยืดหยุ่นแก่คอนกรีต อย่างไรก็ตามการใช้งานหรือการศึกษผลของการใช้วัสดุทั้งสองชนิดร่วมกันในงานคอนกรีตยังมีน้อยโดยเฉพาะวัสดุปอซโซลานที่มีในประเทศไทย

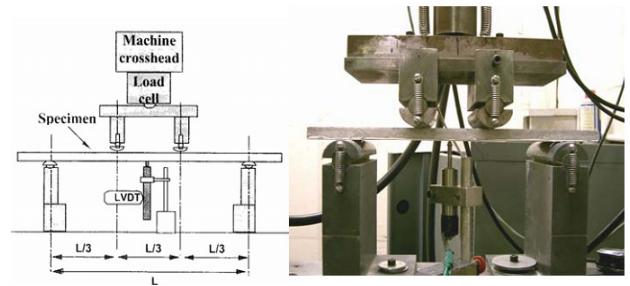
4. การศึกษาการใช้วัสดุพอลิโพรไพลีนในประเภทคอนกรีตเสริมเส้นใย

เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการใช้เส้นใยในงานคอนกรีตคือ เพิ่มกำลังรับแรงดึง เพิ่มกำลังดัด และเพิ่มความยืดหยุ่นแก่คอนกรีต ดังนั้นการศึกษาคอนกรีตเสริมเส้นใยจำเป็นต้องทำอย่างถูกต้องซึ่งต้องทำการทดสอบกำลังดึงและกำลังดัดเพิ่มเติมจากการทดสอบคอนกรีตทั่วไป ตัวอย่างการทดสอบแรงดึงโดยตรง (Direct tensile test) และการทดสอบแรงดัดของแผ่นบาง แสดงดังรูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ การศึกษาใช้วัสดุพอลิโพรไพลีนในงานคอนกรีตเสริมเส้นใยส่วนใหญ่จะเป็นถั่วลันเตา เพราะถั่วลันเตามีอนุภาคกลมมน ทำให้แรงเสียดทานระหว่างวัสดุลดลงซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานให้คอนกรีตเสริมเส้นใย ส่วนการศึกษาวัดพอลิโพรไพลีนในประเทศไทยอื่นๆ กับคอนกรีตเสริมเส้นใย ยังมีน้อยมากยกตัวอย่างดังนี้

จากการใช้เส้นใยถั่วลันเตา (FC) เส้นใยปาล์มน้ำมันบดละเอียด (POFA) และเส้นใยถั่วลันเตา-เปลือกไม้บดละเอียด (RHBA) แทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของวัสดุประสานในมอร์ตาร์เสริมเส้นใยสังเคราะห์ชนิด Polyvinyl alcohol (PVA) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.19 มม. ยาว 12 มม. ในปริมาณเส้นใยร้อยละ 2 โดยปริมาตรคอนกรีตและใช้สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.5 พบว่าให้กำลังอัดที่อายุ 28 วัน อยู่ระหว่าง 75-89 MPa (ประมาณ 750-890 kg/cm²) หรือมีค่าร้อยละกำลังอัดระหว่าง 98-116% ของตัวอย่างที่ไม่มีวัสดุพอลิโพรไพลีน ผลการทดสอบกำลังดึงโดยตรง (direct tensile) และกำลังดัดของแผ่นบาง พบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเส้นใยถั่วลันเตา ปาล์มน้ำมันบดละเอียด และเส้นใยถั่วลันเตา-เปลือกไม้บดละเอียดในมอร์ตาร์เสริมเส้นใย PVA เทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมให้ผลไม่ต่างกันมาก ดังรูปที่ 9 และ 10 (Sata et al., 2006)

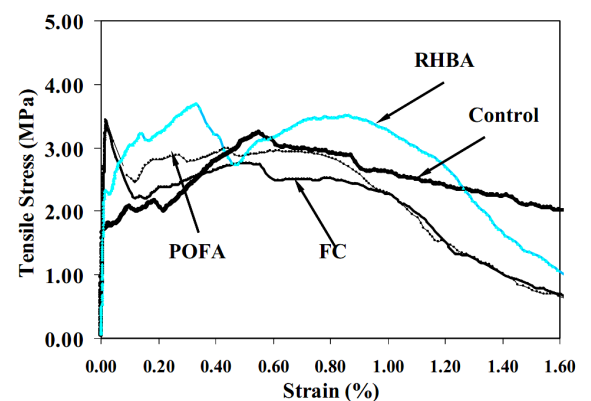


รูปที่ 7 การทดสอบกำลังดึงโดยตรง (Sata et al, 2006)

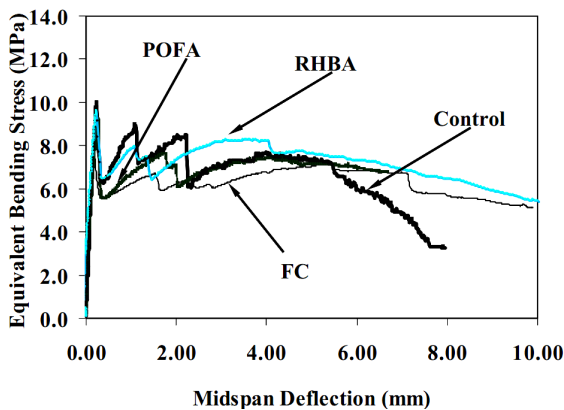


รูปที่ 8 การทดสอบกำลังดัดของแผ่นบาง (Sata et al, 2006)

ผลการศึกษาใช้เส้นใยถั่วลันเตาและถั่วลันเตา-เปลือกไม้บดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 0-40 โดยน้ำหนักในมอร์ตาร์เสริมเส้นใยแก้ว (GRC) ชนิด AR-Glass fiber ร้อยละ 5 โดยปริมาตร พบว่าการใช้เส้นใยถั่วลันเตาในมอร์ตาร์เสริมเส้นใยทำให้การดูดซึมน้ำลดลง การพัฒนากำลังอัดของมอร์ตาร์เพิ่มขึ้นตามอายุ เหมือนกับซีเมนต์มอร์ตาร์ทั่วไป โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเส้นใยถั่วลันเตา ร้อยละ 10-20 ให้ค่ากำลังอัดและกำลังดัดสูงกว่ามอร์ตาร์ควบคุม ให้ผลใกล้เคียงกันทั้งเส้นใยถั่วลันเตาและเส้นใยถั่วลันเตา-เปลือกไม้ ส่วนการใช้เส้นใยถั่วลันเตาในปริมาณมาก เช่นในอัตราส่วนที่ร้อยละ 40 จะส่งผลให้กำลังดัดต่ำกว่าคอนกรีตปกติ นอกจากนั้นการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเส้นใยถั่วลันเตาอัตราส่วนผสมต่างๆ ส่งผลกระหน่ำน้อยมากต่อความเครียดที่กำลังดัดที่ขีดจำกัดสัดส่วนและที่กำลังดัดสูงสุด (ชูชัย และคณะ, 2551)



รูปที่ 9 ผลกำลังดึงโดยตรง



รูปที่ 10 ผลกำลังดัดของแผ่นบาง

นอกจากนั้น สุวิทย์ (2550) ได้ใช้เถ้าไยปาล์มน้ำมัน บดละเอียดและเถ้าแกลบบดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ 0-40% โดยน้ำหนักในคอนกรีตเสริมใยแก้ว พบว่าคอนกรีตเสริมใยแก้วที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย เถ้าแกลบให้กำลังและพฤติกรรมการรับโมเมนต์ดัดของ แผ่นบางดีกว่าเถ้าไยปาล์มน้ำมันและดีกว่าตัวอย่าง ควบคุม โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าไยปาล์ม บดละเอียดที่เหมาะสมคือร้อยละ 10 และเถ้าแกลบ บดละเอียดอยู่ที่ร้อยละ 10-30

จากข้อมูลตัวอย่างการศึกษาดังกล่าว พบว่าวัสดุ ปอชโซลานภายในประเทศไทยสามารถใช้ในคอนกรีต เสริมเส้นใยได้ แต่การศึกษาปัจจุบันยังเป็นแค่ข้อมูล เบื้องต้นเท่านั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมมากกว่านี้ก่อน นำไปใช้งานจริงในงานก่อสร้าง ทั้งนี้เพราะว่าวัสดุ ปอชโซลานภายในประเทศไทยมีหลายชนิด เส้นใยเองก็มี หลายประเภท หลายขนาด และการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ วัสดุปอชโซลานในงานคอนกรีตเสริมเส้นควรมีการศึกษา ในระยะยาว สุดท้ายควรมีการศึกษาด้านความทนทาน ของคอนกรีตเพิ่มเติมด้วย

5. สรุป

คอนกรีตเป็นวัสดุรับกำลังอัดได้ดี ราคาถูก แต่คอนกรีตก็ยังมีความด้อย คือ รับกำลังดึงได้ต่ำ และมีความเปราะ จึงมีการนำวัสดุอื่นมาใช้ร่วมกับคอนกรีต เพื่อให้คอนกรีตมีความยืดหยุ่นและรับแรงดึงได้มากขึ้น การใช้เส้นใย (Fiber) ใส่เสริมเข้าไปในคอนกรีตเป็น วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กัน แต่ข้อเสียคือทำให้ราคาคอนกรีต

เพิ่มขึ้นและลดความสามารถในการทำงานได้ของคอนกรีต ส่วนการใช้ปอชโซลานในงานคอนกรีตช่วยปรับปรุง คุณสมบัติบางประการ เช่น เพิ่มความสามารถในการทำงานได้ เพิ่มกำลังอัดที่อายุปลาย เพิ่มความทนทาน แก่คอนกรีต และทำให้ราคาคอนกรีตถูกลง

จากรายงานการวิจัยพบว่าการใช้วัสดุปอชโซลานไม่มี ผลเสียต่อการรับแรงของคอนกรีตเสริมเส้นใย และการใช้ วัสดุปอชโซลานในปริมาณที่เหมาะสมสามารถทำให้ คุณสมบัติในการรับแรงคอนกรีตเสริมเส้นใยดีขึ้น

อย่างไรก็ตามการศึกษาค้นคว้าใช้วัสดุปอชโซลาน ในคอนกรีตเสริมเส้นใยยังมีน้อยโดยเฉพาะวัสดุ ปอชโซลานภายในประเทศไทย อีกทั้งวัสดุปอชโซลานและ เส้นใยเองก็มีหลากหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีความ แตกต่างกัน ดังนั้นควรมีการศึกษาและวิจัยให้กว้างและ ละเอียดอย่างจริงจังก่อนนำไปใช้งานจริง

6. เอกสารอ้างอิง

- ชูชัย สุจิรวกุล, ระวี พรหมเรียน, อรรถพล เกียรติพิพย์. (2551). อิทธิพลของเถ้าแกลบที่มีต่อคุณสมบัติการดัด ของแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้ว, การ ประชุมทางวิชาการคอนกรีตแห่งชาติ ครั้งที่ 4, อุบลราชธานี, MAT 230-235.
- ธวัชชัย สาสกุล, ปิยพงษ์ สุวรรณมณีโชติ, วิเชียร ชาลี, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, เอกชัย ภัทรพงษ์ไพบูลย์. (2550). กำลังอัดและการซึมผ่านคลอไรด์ของคอนกรีตที่ใช้เถ้า ถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 5 ใน สภาพแวดล้อมทะเล, การประชุมทางวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12, พิษณุโลก, (MAT) page 41-47.
- ธีระวุฒิ มุอำหมัด, สุรินทร์ มายูร. (2551). ผลกระทบของ เถ้าลอยปาล์มน้ำมันจากแหล่งต่างๆต่อคุณสมบัติของ มอร์ตาร์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์, การประชุมทางวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13, ชลบุรี, (MAT) page 383-387.

- ปริญญา จินดาประเสริฐ, อินทรชัย หอวิจิตร, ชุมพล จันทรม. (2530). ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบ, วิศวกรรมสาร, ปีที่ 40, ฉบับ 2, 81-87.
- สุวิทย์ เหล่ายัง. (2550). อิทธิพลเถ้าไผ่ปาล์มน้ำมันและเถ้าแกลบที่มีต่อกำลังและพฤติกรรมการรับโมเมนต์ดัดของแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้ว, วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรบัณฑิตสาขานิติศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- สำเริง รักซ้อน. (2548). การใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ในงานคอนกรีต, วิศวกรรมสาร มช., ปีที่ 32, ฉบับ 3, 429-440.
- ACI Committee 544 (2000). State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced concrete, ACI 544.1R-96, ACI Manual of Concrete Practice Part I, American Concrete Institute, Detroit, 66 pp.
- American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C 618: Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete, In Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, Philadelphia, ASTM, pp. 310-313.
- American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C 1018: Standard Testing Method for Flexural Toughness and Fiber-Crack Strength of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading), In Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.02, Philadelphia, ASTM, 533-540.
- Chindaprasirt, P., Homwuttiwong, S., Jaturapitukkul, C. (2007). Strength and Water Permeability of Concrete Containing Palm Oil Fuel Ash and Rice Husk-Bark Ash, Construction and Building Materials, Vol. 21, 1492-1499.
- Sata, V., Jaturapitukkul, C., Kiattikomol, K. (2004). Utilization of Palm Oil Fuel Ash in High-Strength Concrete, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 16, No. 6, 623-628
- Sata, V., Jaturapitukkul, C. Kiattikomol, K. (2007). Influence of Pozzolan from Various By-Product Materials on Mechanical Properties of High-Strength Concrete, Construction and Building Materials, Vol. 21, No. 7, 1589-1598.
- Sata, V., Sujivorakul, C., Jaturapitakul, C., Naaman, A.E., (2006). Effect of Pozzolanic Materials on Tensile and Bending of Fiber Reinforced Cement Composites, Eighth International Symposium and Workshop on Ferrocement and Thin Reinforced Cement Composites, Bangkok, Thailand, Feb 6-8, 2006, 503-512.