วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

การพัฒนาเรือพายคอนกรีตจากคอนกรีตมวลเบา
Development of Concrete Boat by Using Lightweight Concrete

อัศวิน คุณาแจ่มจรัส[1] รุ่งโรจน์ จักภิระ[2] และ สนธยา ทองอรุณศรี[3*]

[1,2,3]อาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก 63000

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเรือพายคอนกรีตจากคอนกรีตมวลเบา โดยใช้เม็ดโฟมแทนที่มวลรวมในปริมาณต่างๆ เพื่อให้เรือมีน้ำหนักเบา ร้อยละการแทนที่มวลรวมด้วยเม็ดโฟมเท่ากับ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยปริมาตรของมวลรวม สมบัติที่ทดสอบได้แก่ กำลังอัด กำลังดึง โมดูลัสการแตกร้าว และหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต เพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับนำไปสร้างเรือพายคอนกรีต จากผลการทดลองพบว่า กำลังอัด กำลังดึง โมดูลัสการแตกร้าวและหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ลดลงตามปริมาณการแทนที่เม็ดโฟมที่เพิ่มขึ้น ส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับนำไปสร้างเรือพายคอนกรีตคือ การแทนที่มวลรวมด้วยเม็ดโฟมร้อยละ 100 โดยมีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 50.59 กก./ตร.ซม. มีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 949.71 กก./ลบ.ม. ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเม็ดโฟมประมาณ 57% เมื่อนำไปผลิตเป็นเรือคอนกรีตต้นแบบที่มีขนาดกว้าง 1.04 ม. ยาว 2.20 ม. และสูง 0.38 ม. พบว่าเรือที่ได้มีน้ำหนักประมาณ 50 กก. สามารถรับน้ำหนักสูงสุดได้ 240 กก. มีต้นทุนการผลิตเรือประมาณ 650 บาทต่อลำ

Abstract

The objective of this study aims to develop a concrete boat by using lightweight concrete. The use of granular foam replaced the aggregate in various quantities to reduce the weight of boat. The replacement ratios of aggregate by the granular foam were 0, 25, 50, 75 and 100% by volume of aggregate. The test results of compressive strength, tensile strength, modulus of rupture and unit weight of concrete were used to find out the appropriate mixture for producing the concrete boat. The results indicated that the appropriate mixture for producing concrete boat was the replacement of aggregate by granular foam at 100% which had the compressive strength at 28 days of 50.59 kg/cm^2 and the unit weight was 949.71 kg/m^3. The weight of lightweight concrete was lighter than the normal concrete about 57%. The prototype of lightweight concrete boat, which had 1.04 m wide, 2.20 m long and 0.38 m height, had about 50 kg of weight. The maximum weight capacity of the boat was 240 kg. The cost of a lightweight concrete boat was about 650 baht

คำสำคัญ : เรือพายคอนกรีต คอนกรีตมวลเบา เม็ดโฟม เฟอร์โรซีเมนต์
Keywords : Concrete boat, Lightweight concrete, Granular foam, Ferrocement

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ sontaya@rmutl.ac.th โทร. 08 9635 3425

1. บทนำ

ปัจจุบันพบว่า วิกฤตการณ์น้ำท่วมเกิดขึ้นทุกปี และเกิดขึ้นทั่วทุกภาคของประเทศไทย นับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ อันเป็นผลมาจากผลกระทบของวิกฤตภาวะโลกร้อน ร่วมกับการบริหารจัดการพื้นที่ใช้สอยที่ไม่เหมาะสม ในแต่ละปีมีผู้ประสบน้ำท่วมจำนวนมาก ตัวอย่างที่เห็นชัดเจนคือ มหาอุทกภัยในประเทศไทย พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นอุทกภัยรุนแรงที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำโขง เหตุการณ์นี้เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 และสิ้นสุดเดือน มกราคม พ.ศ. 2555 มีราษฎรได้รับผลกระทบกว่า 12.8 ล้านคน ธนาคารโลกประเมินมูลค่าความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท (ศอส., 2555) การเกิดน้ำท่วมทั้งในเขตเมืองและในเขตเกษตรกรรม ในพื้นที่ลุ่มต่ำที่มีระบบการระบายน้ำไม่ดีจะทำให้เกิดน้ำท่วมขัง ซึ่งบางแห่งน้ำท่วมอยู่นานนับเดือน และระดับน้ำอาจสูงหลายเมตร ทำให้ประชาชนในพื้นที่ประสบภัยต้องใช้เรือเป็นพาหนะ มีทั้งเรือไม้ เรือยาง และเรือไฟเบอร์กลาส แต่เนื่องจากเรือเหล่านี้มีราคาแพงประชาชนบางส่วนจึงไม่สามารถซื้อมาใช้ในช่วงน้ำท่วมได้ นอกจากนี้ในวิกฤตการณ์น้ำท่วมใหญ่ในปี พ.ศ. 2554 พบว่ากำลังการผลิตเรือ มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้ประชาชนผู้ประสบภัยจำนวนมาก ต้องใช้วิธีลุยน้ำ หรือสร้างอุปกรณ์ทดแทนเรือแบบต่างๆ ซึ่งไม่ปลอดภัย ที่ผ่านมามีการศึกษาและพัฒนาการสร้างเรือพายคอนกรีต (ฉัตรพงษ์ ประทับช้าง และคณะ, 2553) เพื่อใช้ในการสัญจรทางน้ำทั้งในและต่างประเทศ (Sharma P.C. และ Gopalaratnam V.S., 1980) แต่ไม่พบว่ามีการนำมาใช้ในกรณีที่เกิดน้ำท่วมมากนัก เนื่องจากเรือคอนกรีตยังไม่เป็นที่รู้จัก นอกจากนี้เรือคอนกรีตมีน้ำหนักมาก รับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยเมื่อเทียบกับน้ำหนักของเรือ การขนย้ายเข้าพื้นที่ประสบภัยทำได้ลำบาก แต่ข้อดีของเรือคอนกรีตคือขั้นตอนการผลิตไม่ยุ่งยาก ผลิตได้รวดเร็ว วัสดุในการผลิตสามารถหาซื้อได้ทั่วไปและต้นทุนในการผลิตต่ำ ดังนั้นหากสามารถพัฒนาเรือคอนกรีตที่มีน้ำหนักเบา และรับน้ำหนักบรรทุกได้มาก ก็จะสามารถตอบสนองต่อความต้องการเรือในช่วงที่เกิดอุทกภัยได้ในบทความนี้จึงนำเสนอผลการศึกษาการพัฒนาเรือพายคอนกรีตมวลเบา โดยใช้เม็ดโฟมเป็นส่วนผสม ทั้งในส่วนของการหาส่วนผสมที่เหมาะสม และการผลิตเรือพายคอนกรีตต้นแบบจากคอนกรีตมวลเบา

1.1 ขอบเขตของการศึกษา

คอนกรีตมวลเบาที่ศึกษาเป็นชนิด คอนกรีตมวลรวมเบา (Lightweight Aggregate Concrete) ซึ่งใช้มวลรวมเบาแทนที่มวลรวมในส่วนผสมของคอนกรีต มวลรวมเบาที่ใช้ได้แก่ เม็ดโฟม ที่มีขนาด 3.5 มม. เป็นชนิด EPS (Expanded Polystyrene Foam) ร้อยละการแทนที่มวลรวมด้วยเม็ดโฟมเท่ากับ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยปริมาตรของมวลรวม อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์คงที่เท่ากับ 0.35 สมบัติของคอนกรีตมวลเบาที่ศึกษาได้แก่ กำลังอัด กำลังดึง และหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต และทดสอบโมดูลัสการแตกร้าวของแผ่นเฟอร์โรซีเมนต์ ส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเรือพายคอนกรีตกำหนดให้มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน ไม่น้อยกว่า 50 กก./ตร.ซม.

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ

งานวิจัยนี้ศึกษาคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ เม็ดโฟมเป็นส่วนผสม และสร้างเรือพายคอนกรีตด้วยระบบเฟอร์โรซีเมนต์ ดังนั้นวัสดุที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ มวลรวม เม็ดโฟม น้ำ ตะแกรงลวดหกเหลี่ยม และเหล็กเสริม วัสดุที่ใช้ในการศึกษามีคุณสมบัติดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 3.12

2) มวลรวมที่ใช้เป็นทรายแม่น้ำ และร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 มีค่าความถ่วงจำเพาะสภาวะอิ่มตัวผิวแห้งเท่ากับ 2.58 ร้อยละการดูดซึมเท่ากับ 0.78 และหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,639 กก./ลบ.ม.

3) เม็ดโฟมที่ใช้เป็นโฟมชนิด EPS มีลักษณะทรงกลม ดังรูปที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 มม. มีชื่อทางการค้าคือ Politerm Energy เป็นเม็ดโฟมที่ผลิตขึ้นสำหรับใช้ในงานก่อสร้าง

4) ลวดตาข่ายหกเหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.50 มม. ดังรูปที่ 2
5) เหล็กเสริมกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.

รูปที่ 1 เม็ดโฟม EPS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 มม.

รูปที่ 2 ลวดตาข่ายหกเหลี่ยม

2.2 ส่วนผสมที่ใช้ในการวิจัย

ส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษาสมบัติของคอนกรีตมวลเบาที่ผสมเม็ดโฟมและโมดูลัสการแตกร้าวของแผ่นเฟอ์โรซีเมนต์ มีทั้งสิ้น 5 ส่วนผสม ดังตารางที่ 1 ร้อยละการแทนที่มวลรวมด้วยเม็ดโฟมเท่ากับ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยปริมาตรของมวลรวม กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์คงที่เท่ากับ 0.35 ส่วนผสมที่ไม่ใส่เม็ดโฟม (ส่วนผสมที่ 1) ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมเท่ากับ 1 : 1.75 โดยน้ำหนัก ในขณะที่ส่วนผสมอื่นๆ จะคำนวณปริมาณการแทนที่ทรายด้วยเม็ดโฟมเทียบจากปริมาณทรายในส่วนผสมที่ 1 การเตรียมส่วนผสมใช้วิธีชั่งน้ำหนักสำหรับ ปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ ในขณะที่การเตรียมเม็ดโฟม ใช้วิธีการตวงโดยปริมาตร เนื่องจากหน่วยน้ำหนักของเม็ดโฟมต่ำมาก การเตรียมส่วนผสมคอนกรีตในปริมาณน้อย จึงใช้น้ำหนักของเม็ดโฟมน้อยมาก การเตรียมเม็ดโฟมโดยการชั่งน้ำหนักจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย

ตารางที่ 1 ส่วนผสมสำหรับทดสอบสมบัติของคอนกรีตมวลเบาและโมดูลัสการแตกร้าวของแผ่นเฟอร์โรซีเมนต์ (ส่วนผสมต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร)

ส่วนผสมที่	ปริมาณเม็ดโฟม (ร้อยละโดยปริมาตร)	ปูนซีเมนต์ (กก.)	ทราย (กก.)	เม็ดโฟม (กก.)	น้ำ (กก.)
1	0	726.57	1271.49	0.00	254.30
2	25	726.57	953.62	2.34	254.30
3	50	726.57	635.75	4.68	254.30
4	75	726.57	317.87	7.02	254.30
5	100	726.57	0.00	9.36	254.30

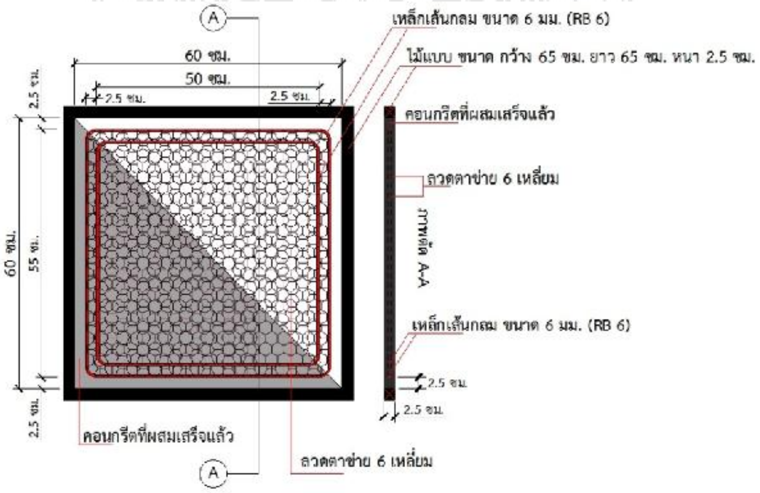
2.3 วิธีการทดสอบ

งานวิจัยนี้แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การศึกษาสมบัติของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เม็ดโฟมเป็นส่วนผสม เพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสม สำหรับนำไปสร้างเรือพายคอนกรีต ส่วนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของเรือคอนกรีต ที่สร้างจากส่วนผสมที่ได้จากการศึกษาในส่วนที่ 1

2.3.1 การทดสอบคอนกรีตมวลเบา

การหาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับนำไปสร้างเรือพายคอนกรีตประกอบด้วย การทดสอบกำลังอัดและกำลังดึง ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน การทดสอบหน่วยน้ำหนักที่อายุ 28 วัน และการทดสอบโมดูลัสการแตกร้าวของแผ่นเฟอร์โรซีเมนต์ที่อายุ 28 วัน การทดสอบกำลังอัดและกำลังดึงของคอนกรีต ใช้ตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10x20 ซม. และทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C39 และ ASTM C496 ตามลำดับ หลังจากแกะออกจากแบบตัวอย่างจะถูกนำไปบ่มด้วยน้ำ จนกระทั่งมีอายุครบกำหนดทดสอบ ในแต่ละครั้งของการทดสอบใช้จำนวน 3 ตัวอย่าง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย นอกจากนี้ต้องตรวจสอบการกระจายตัวของเม็ดโฟมในเนื้อคอนกรีต โดยการตัดก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกตามขวาง แล้วเปรียบเทียบการกระจายตัวของเม็ดโฟมในแต่ละส่วนผสม

การทดสอบโมดูลัสการแตกร้าวของแผ่นเฟอร์โรซีเมนต์ เป็นการทดสอบความแข็งแรงของเรือเมื่อใช้ส่วนผสมคอนกรีตที่แตกต่างกัน ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 1841-2542 โดยใช้ตัวอย่างขนาด 60x60x2.5 ซม. จำนวน 3 ตัวอย่างแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย การเตรียมตัวอย่างมีการเสริมเหล็กและใช้ลวดตาข่ายหกเหลี่ยมหุ้มทั้งสองด้าน การเสริมเหล็กแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเสริมเหล็กในแผ่นเฟอร์โรซีเมนต์

2.3.2 การทดสอบเรือคอนกรีต

จากการพิจารณาผลการทดสอบสมบัติของคอนกรีตมวลเบา จะเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมมาสร้างเรือคอนกรีตต้นแบบด้วยระบบเฟอร์โรซีเมนต์ เรือต้นแบบนี้มีขนาดกว้าง 1.04 ม. ยาว 2.20 ม. และสูง 0.38 ม. การทดสอบคุณสมบัติของเรือประกอบด้วย การทดสอบน้ำหนักของเรือ น้ำหนักบรรทุกสูงสุดและเสถียรภาพของเรือขณะอยู่ในน้ำ การสร้างเรือเริ่มจากการสร้างโครงเรือด้วยเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. และหุ้มด้วยลวดตาข่ายหกเหลี่ยม จำนวนสองชั้น ดังรูปที่ 4 แล้วฉาบปิดผิวด้วยคอนกรีตมวลเบา บ่มเรือคอนกรีตด้วยพลาสติกเป็นเวลา 3 วัน แล้วจึงถอดออกจากแบบ เรือคอนกรีตที่เสร็จแล้วแสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 4 โครงเหล็กเสริมภายในของเรือคอนกรีต

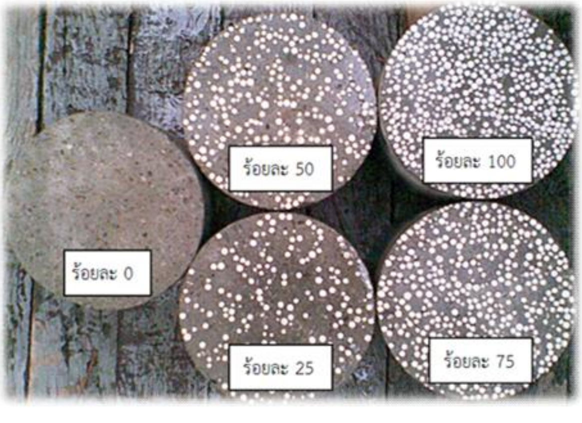
รูปที่ 5 เรือพายคอนกรีต

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 คอนกรีตมวลรวมเบา

จากการตรวจสอบการกระจายตัวของเม็ดโฟม ดังรูปที่ 6 พบว่าเม็ดโฟมชนิด EPS ขนาด 3.5 มม.ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีการกระจายตัวสม่ำเสมอ และไม่พบปัญหาการลอยตัวของเม็ดโฟมขณะผสมคอนกรีต นอกจากนี้พบว่าการใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.35 ทำให้ส่วนผสมมีความข้นเหลวเหมาะสม สามารถนำไปขึ้นรูปได้โดยไม่มีการเยิ้ม แสดงให้เห็นว่าการใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.35 และใช้เม็ดโฟมชนิด EPS ขนาด 3.5 มม. มีความเหมาะสมต่อการผสมคอนกรีตมวลรวมเบาสำหรับนำมาสร้างเรือ ผลการทดสอบกำลังอัด กำลังดึง และหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต แสดงดังตารางที่ 2 จากผลการทดสอบกำลังอัด ดังรูปที่ 7 พบว่า กำลังอัดของคอนกรีตผสมเม็ดโฟมมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีต เช่นเดียวกับคอนกรีตที่ไม่ผสมเม็ดโฟม เมื่อพิจารณากำลังอัดและกำลังดึงของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน ในตารางที่ 2 พบว่ามีค่าลดลงตามปริมาณเม็ดโฟมที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเม็ดโฟมมีความแข็งแรงและความหนาแน่นต่ำมากเมื่อเทียบกับทราย ทำให้คอนกรีตที่ผสมเม็ดโฟมมีความหนาแน่นลดลง ซึ่งโดยทั่วไปกำลังอัดของคอนกรีตจะสัมพันธ์กับความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต (Neville, A.M., 1995) โดยกำลังอัดจะมีค่าลดลงตามความหนาแน่นของคอนกรีตที่ลดลง การใช้เม็ดโฟมในปริมาณมากขึ้นจะทำให้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตมีค่าลดลง จึงทำให้กำลังอัดลดลงตามไปด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน แสดงดังรูปที่ 8 นอกจากนี้เมื่อคอนกรีตเกิดการแตกร้าว รอยแตกสามารถแตกผ่านเม็ดโฟมได้ง่ายกว่าทราย เมื่อปริมาณเม็ดโฟมเพิ่มขึ้นกำลังอัดและกำลังดึงจึงมีค่าลดลง เมื่อพิจารณาอัตราส่วนกำลังดึงต่อกำลังอัดพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณเม็ดโฟมที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการใช้เม็ดโฟมทำให้อัตราการลดลงของกำลังอัดสูงกว่าอัตราการลดลงของกำลังดึง

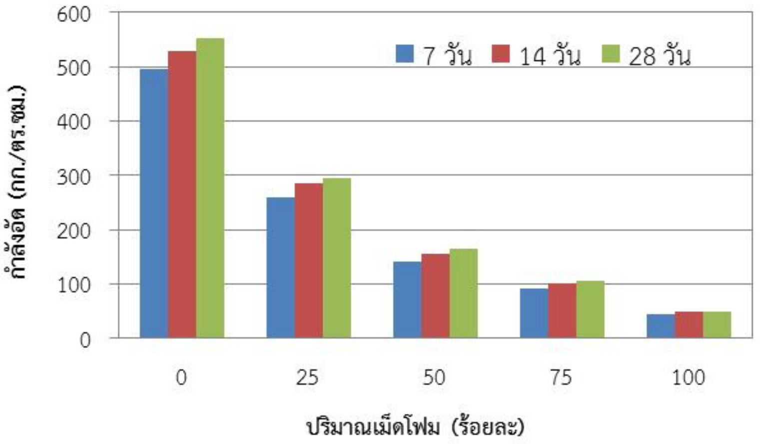
จากผลการทดสอบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตดังตารางที่ 2 และรูปที่ 9 พบว่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตมีค่าลดลงตามปริมาณเม็ดโฟมที่เพิ่มขึ้น โดยคอนกรีตที่ใช้เม็ดโฟมร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 มีหน่วยน้ำหนักคิดเป็นร้อยละ 86, 73, 60 และ 43 ของส่วนผสมที่ไม่มีเม็ดโฟม ตามลำดับ หน่วยน้ำหนักของส่วนผสมที่ใช้เม็ดโฟมแทนที่ทรายทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 961.48 กก./ลบ.ม. ซึ่งต่ำกว่าความหนาแน่นของน้ำ แสดงให้เห็นว่าคอนกรีตในส่วนผสมนี้สามารถลอยน้ำได้ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักกับปริมาณเม็ดโฟม ดังรูปที่ 9 พบว่ามีความสัมพันธ์แบบผกผัน ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณเม็ดโฟมดังรูปที่ 10 มีความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์โพเนนเชียล จากความสัมพันธ์ทั้งสองนี้ทำให้สามารถออกแบบส่วนผสมให้มีหน่วยน้ำหนัก หรือกำลังอัดตามต้องการได้ โดยใช้ปริมาณเม็ดโฟมเป็นตัวแปรในการคำนวณ



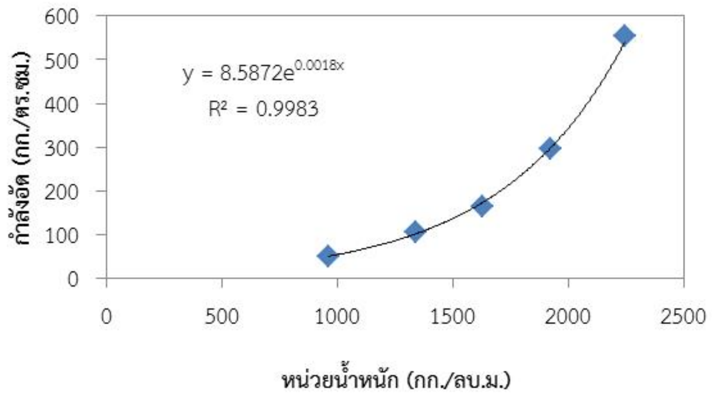
รูปที่ 6 การกระจายตัวของเม็ดโฟม

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังอัด กำลังดึง หน่วยน้ำหนักและโมดูลัสการแตกร้าว

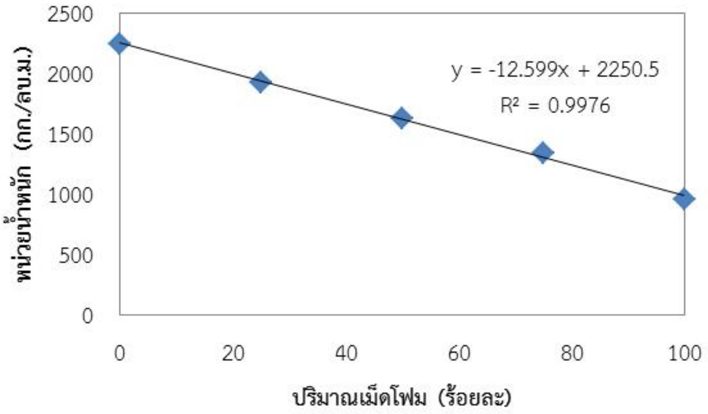
ปริมาณเม็ดโฟม (ร้อยละ)	กำลังอัด (กก./ตร.ซม.)			กำลังดึงที่อายุ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)	หน่วยน้ำหนักที่อายุ 28 วัน (กก./ลบ.ม.)	กำลังดึง/กำลังอัด (ร้อยละ)	โมดูลัสการแตกร้าวที่อายุ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)
	7 วัน	14 วัน	28 วัน				
0	496.40	529.21	553.64	34.58	2,244.40	6.25	34.58
25	259.90	286.82	296.19	22.21	1,925.26	7.50	22.21
50	140.52	156.53	164.45	12.49	1,630.10	7.60	12.49
75	91.05	101.63	106.45	10.20	1,341.22	9.58	10.20
100	43.98	48.38	50.59	8.67	961.48	17.14	8.67



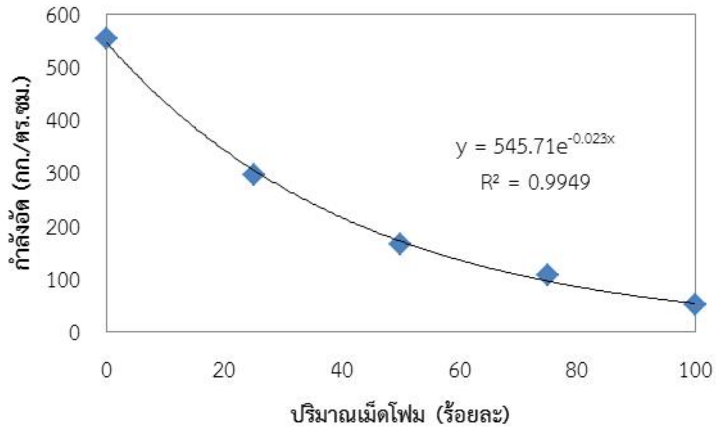
รูปที่ 7 กำลังอัดของคอนกรีต



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและหน่วยน้ำหนักที่อายุ 28 วัน



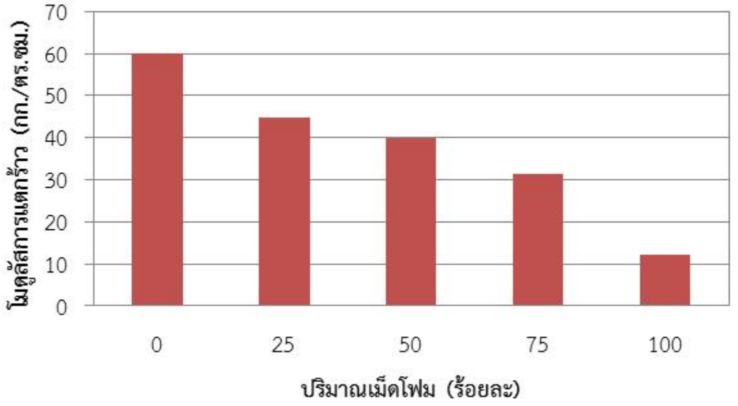
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักที่อายุ 28 วันกับปริมาณเม็ดโฟม



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดที่อายุ 28 วันกับปริมาณเม็ดโฟม

ผลการทดสอบโมดูลัสการแตกร้าวของแผ่นเฟอร์โรซีเมนต์ แสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 11 จากผลการทดสอบพบว่าโมดูลัสการแตกร้าวมีค่าลดลงตามปริมาณเม็ดโฟมที่เพิ่มขึ้น โดยแผ่นเฟอร์โรซีเมนต์ที่ใช้เม็ดโฟมร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 มีโมดูลัสการแตกร้าวคิดเป็นร้อยละ 74, 67, 52 และ 20 ของส่วนผสมที่ไม่มีเม็ดโฟม ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับค่ากำลังอัดและกำลังดึงของคอนกรีต

เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบสมบัติด้านกำลังของคอนกรีตและหน่วยน้ำหนัก พบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับนำมาผลิตเรือคือ ส่วนผสมที่ใช้เม็ดโฟมแทนที่ทรายร้อยละ 100 เนื่องจากเป็นส่วนผสมที่มีหน่วยน้ำหนักต่ำที่สุด และมีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 50.59 กก./ตร.ซม. ซึ่งมากกว่า 50 กก./ตร.ซม. ซึ่งเป็นกำลังอัดขั้นต่ำที่กำหนดไว้สำหรับการสร้างเรือคอนกรีตในงานวิจัยนี้



รูปที่ 11 โมดูลัสการแตกร้าวที่อายุ 28 วัน ของแผ่นเฟอร์โรซีเมนต์

3.2 เรือพายคอนกรีตมวลเบา

เรือพายคอนกรีตมวลเบาต้นแบบที่สร้างขึ้น จากส่วนผสมที่ใช้เม็ดโฟมแทนที่ทรายทั้งหมด มีขนาดกว้าง 1.04 ม. ยาว 2.20 ม. และสูง 0.38 ม. พบว่าเรือที่ได้มีน้ำหนักประมาณ 50 กก. สามารถรับน้ำหนักสูงสุดได้ 240 kg และน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่แนะนำคือ 150 kg ที่ระยะจม 30 cm ต้นทุนการผลิตเรือประมาณ 650 บาทต่อลำเรือที่ได้มีเสถียรภาพและสามารถนำไปใช้งานได้จริง ลักษณะการทรงตัวในน้ำแสดงดังรูปที่ 11

(ก) ด้านหน้า

(ข) ด้านข้าง

รูปที่ 11 ลักษณะการลอยตัวในน้ำของเรือคอนกรีตมวลเบา

4. สรุป

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.35 และใช้เม็ดโฟมชนิด EPS ขนาด 3.5 มม. มีความเหมาะสมต่อการผสมคอนกรีตมวลรวมเบา และเม็ดโฟมมีการกระจายตัวที่ดี กำลังอัด กำลังดึง หน่วยน้ำหนัก และโมดูลัสการแตกร้าว มีค่าลดลงตามปริมาณเม็ดโฟมที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากสมบัติด้านกำลังและหน่วยน้ำหนักสามารถสรุปได้ว่า ส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับนำมาสร้างเรือพายคอนกรีตมวลเบาคือ ส่วนผสมที่ใช้เม็ดโฟมแทนที่ทรายทั้งหมด โดยมีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 50.59 กก./ตร.ซม. มีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 949.71 กก./ลบ.ม. ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเม็ดโฟมประมาณ 57% เมื่อนำส่วนผสมดังกล่าวมาสร้างเรือขนาด กว้าง 1.04 ม. ยาว 2.20 ม. และสูง 0.38 ม. พบว่าเรือที่ได้มีน้ำหนักประมาณ 50 กก. สามารถรับน้ำหนักสูงสุดได้ 240 กก. และน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่แนะนำคือ 150 กก. ที่ระยะจม 30 ซม. ต้นทุนการผลิตเรือประมาณ 650 บาทต่อลำ เรือที่ได้มีเสถียรภาพและสามารถนำไปใช้งานได้จริง

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมโยธาเพื่อชุมชนและอุตสาหกรรม สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และโครงการส่งเสริมการผลิตผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการดำเนินงานนี้

6. เอกสารอ้างอิง

ศูนย์สนับสนุนการอำนวยการและการบริหารสถานการณ์อุทกภัย วาตภัยและดินโคลนถล่ม (ศอศ.). 2555. **รายงานสรุปสถานการณ์ อุทกภัย วาตภัย และดินโคลนถล่ม.** ฉบับที่ 129 วันที่ 17 มกราคม 2555.

ฉัตรพงษ์ ประทับช้าง, ทรัพย์อนันต์ วงศ์หนัก และ พัชราภรณ์ ปั๋นโตน. 2553. **การศึกษาการต่อเรือเฟอร์โรซีเมนต์ขนาดเล็ก.** สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก.

Sharma, P.C., and Gopalaratnam, V.S., 1980. **Ferrocement canoe.** pp. 1-37. Bangkok: Internation Ferrocement Information Center. Asian Institute of Technology.

ASTM C 39 (2004) **Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens**. ASTM Standards 4.02. ASTM International. West Conshohocken. PA.

ASTM C 496 (2004) **Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens**. ASTM Standards 4.02. ASTM International. West Conshohocken. PA.

มอก. 1841-2542 (2542) **คอนกรีต –การหาความต้านทานแรงดัดของชิ้นทดสอบ**. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

Neville, A.M. 1995. **Properties of concrete**. Fourth Edition. Singapore. Longman Singapore Publishers Pte. Ltd.