

การศึกษาความเป็นฉนวนกันความร้อนของแผ่นคอนกรีตผสมฝุ่นผง
จากกากของเหลือในกระบวนการขึ้นรูปถังไฟเบอร์กลาส

THE STUDY OF THE THERMAL INSULATION OF CONCRETE MIXED
WITH DUST FROM THE WASTE OF FORMING A FIBERGLASS TANK

ธรรมมา เจียรธรวานิช

หัวหน้าสำนักงานคณบดี, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเศษฝุ่นผงที่ได้จากการเจียรระโนผิวถังบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ในงานวัสดุ
ก่อสร้าง โดยผสมทดแทนปริมาณซีเมนต์ในการทำคอนกรีตบล็อก การศึกษาได้แบ่งออกเป็น 3
กรณี คือการต้านทานความร้อน การทดสอบแรงอัด และค่าการการดูดความชื้น โดยเปรียบเทียบ
ระหว่างคอนกรีตบล็อกทั่วไปกับคอนกรีตบล็อกที่ทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยฝุ่นผงของเศษไฟเบอร์
กลาสและเกลือ ในการทดสอบนี้ใช้อัตราส่วนผสมคือ ปูน:ทราย:หิน:น้ำเท่ากับ 1:1:4:1 โดยน้ำหนัก
และแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยไฟเบอร์กลาสร้อยละ 5, 10, 15 โดยน้ำหนักและแทนที่เกลือร้อยละ 5, 10, 15
ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ผลการทดสอบพบว่าคอนกรีตบล็อกผสมผงไฟเบอร์กลาสร้อยละ 15 มีค่า
สัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อนอยู่ที่ 0.33 ซึ่งดีกว่าส่วนผสมอัตราอื่นและค่าต้านทานความร้อน
แปรผันตามมวลของผงไฟเบอร์กลาส โดยที่เกลือปริมาณร้อยละ 10 ของปูนซีเมนต์มีค่าสัมประสิทธิ์
การต้านทานความร้อนที่ดีที่สุดอยู่ที่ 0.63 และเกลือมีการดูดซึมของน้ำได้ดีที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 9.13
ผลการทดสอบแรงอัดพบว่าคอนกรีตบล็อกผสมเกลือร้อยละ 15 มีค่าเฉลี่ยของกำลังอัด 11.6 เมกะ
ปาสคาล ซึ่งมีค่าแรงอัดสูงสุดและมีค่าแรงอัดที่มากกว่าคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป ค่าแรงอัดมี
ค่าแปรผันตามมวลของเกลือ แต่ไฟเบอร์กลาสมีค่าแรงอัดแปรผันตามมวลของผงไฟเบอร์กลาส
จากการคำนวณพบว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปมีต้นทุนวัตถุดิบ 3.122 บาท/ก้อน คอนกรีตบล็อกผสม
ไฟเบอร์กลาสร้อยละ 15 มีต้นทุนวัตถุดิบ 2.744 บาท/ก้อน คอนกรีตบล็อกผสมเกลือร้อยละ 15 มี
ต้นทุนวัตถุดิบ 3.138 บาท/ก้อน

คำสำคัญ: ฉนวนความร้อน, แผ่นคอนกรีต, ถังไฟเบอร์กลาส

ABSTRACT

In this study, the dust from the surface polishing of the septic tank was reused in construction materials as a substitute for some cement used in making concrete blocks. The study consists of three cases: heat resistance, pressure test according to BS 1610 Par1: 1992 Standard, and moisture absorption value between regular concrete blocks and concrete blocks made from fiberglass dust and salt. The composition of typical concrete blocks of cement, sand, gravel, and water by weight is 1, 1, 4, and 1, respectively. Concrete blocks with 5%, 10%, and 15% of fiberglass and 5%, 10%, and 15% of salt. Results show that concrete blocks with 15% fiberglass has slope of the heat is localized at 0.33. Better heat resistance than other proportions and that heat resistance varies with the quantity of fiberglass. Salt has lower heat resistance and the best percentage of salt in heat resistance is 10% of cement has the slope of the localized heating of the best is 0.63. Salt has absorbed water best at 9.13 percent. Pressure test results show that concrete blocks with 15% salt has the average stress of 11.6 MPa which is the highest pressure and is higher than standard concrete blocks. The pressure value varies with the quantity of salt and the pressure of fiberglass varies with the quantity of fiberglass. The calculations of cost per unit shows that typical concrete blocks have the product cost of 3.122 Baht/block. Concrete blocks fiberglass 15% has the product cost of 2.744 Baht/block. Concrete blocks salt 15% has the product cost of 3.138 Baht/block.

KEYWORDS: thermal insulation, concrete mixed, fiberglass tank

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมไฟเบอร์กลาสจะมีเศษผงไฟเบอร์กลาสที่เกิดจากกระบวนการผลิต การนำขยะผงไฟเบอร์กลาสไปกำจัดนั้นจะต้องเสียค่าขนส่งในการนำผงไฟเบอร์กลาสไปกำจัดเป็นจำนวนเงินโดยประมาณ 10,000 บาท/ตัน ซึ่งปัญหาเศษผงไฟเบอร์กลาสนั้นเป็นปัญหาขยะที่กำจัดได้ยาก ดังนั้นทางเราจึงได้คิดค้นกรรมวิธีการผลิตคอนกรีตผสมจากไฟเบอร์กลาส และเนื่องด้วยคุณสมบัติของไฟเบอร์กลาสที่ทนต่อความร้อนที่สูงจึงได้มีแนวความคิดที่นำผงไฟเบอร์กลาสมาเป็นส่วนผสมในคอนกรีตเพื่อช่วยในการกันความร้อนคอนกรีตโดยทั่วไปนั้นมีน้ำหนักมากและไม่กันความร้อน จากงานวิจัยเกี่ยวกับไฟเบอร์กลาสที่มีคุณสมบัติในการกันความร้อนดังงานวิจัย อาทิเช่น งานวิจัยเกี่ยวกับไฟเบอร์กลาสเป็นฉนวนป้องกันเสียงป้องกันความร้อน, นำแผ่นพลาสติกไฟเบอร์กลาสมาใช้แทนมวลหยาบในการทำกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น และแผ่นหลังคาไฟ

เบอร์กลาสโปร่งแสง เนื่องด้วยความชื้นที่มีอยู่ในห้องทั่ว ๆ ไป ดังนั้นจึงได้คัดคั่นนำคุณสมบัติของเกลือมาช่วยในการลดความชื้นในแผ่นคอนกรีตเพื่อช่วยลดความชื้นภายในห้องอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิจัยผลิตแผ่นคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผงไฟเบอร์กลาสในการกันความร้อนและมีน้ำหนักเบา และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนของแผ่นคอนกรีต

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 วัสดุที่ใช้คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 เศษฝุ่นผงไฟเบอร์กลาส และเกลือแกง

3.2 กระบวนการผลิตแบบคอนกรีต โดยให้มีขนาดของบล็อกมีความกว้าง 90 มิลลิเมตร ความยาว 390 มิลลิเมตร และความสูง 190 มิลลิเมตร สองแบบคือแบบทรงตัน และแบบทรงกลวง

3.3 การทดสอบ ได้แก่ การทดสอบการต้านทานความร้อน โดยใช้มาตรฐาน ASTM C177 ทดสอบค่าความแข็งแรง (กำลังอัดของคอนกรีต) โดยใช้มาตรฐาน ASTM C67 และทดสอบหาความชื้นโดยใช้มาตรฐาน ASTM C426

4. ขั้นตอนการศึกษา

4.1 การเตรียมวัสดุเพื่อทำการหล่อตัวอย่างนั้นจำเป็นจะต้อง เลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพ โดยวัสดุที่ใช้สำหรับคอนกรีตประกอบด้วย

1 ปูนซีเมนต์ ที่ใช้ในการทำตัวอย่างทดสอบเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 มาตรฐาน มอก.15 เล่มที่ 1-2547

2 ผงไฟเบอร์กลาส ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้มาจาก กระบวนการขึ้นรูปถังไฟเบอร์กลาส

3 เกลือแกง

4 น้ำ ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต้องมีความสะอาด

5 หินเกล็ด (หินฝุ่น) ที่ใช้เป็นหินเกล็ดที่มีทั่วไป

6 ทรายละเอียด ที่ใช้งานก่อสร้างทั่วไป

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและทางกายภาพของคอนกรีตบล็อก จากผงไฟเบอร์กลาสและเกลือ ซึ่งมีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนในการเก็บตัวอย่างทดสอบ

คอนกรีตบล็อกผสมผงไฟเบอร์กลาส		คอนกรีตบล็อกผสมเกลือ	
ร้อยละ 5 ของปูนซีเมนต์	(0.95:0.05):1:4	ร้อยละ 5 ของปูนซีเมนต์	(0.95:0.05):1:4
ร้อยละ 10 ของปูนซีเมนต์	(0.90:0.10):1:4	ร้อยละ 10 ของปูนซีเมนต์	(0.90:0.10):1:4
ร้อยละ 15 ของปูนซีเมนต์	(0.85:0.15):1:4	ร้อยละ 15 ของปูนซีเมนต์	(0.85:0.15):1:4

สัญลักษณ์: (0.85:0.15) = ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 85 ต่อปริมาณผงไฟเบอร์กลาสร้อยละ 15 โดยน้ำหนักใน 1 ส่วน, (0.85 : 0.15):1:4 = ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 85 ต่อปริมาณผงไฟเบอร์กลาสร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ต่อทราย ต่อหิน

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

4.2.1 เครื่องทดสอบค่าการต้านทานความร้อนของคอนกรีต และหาค่าสภาพการนำความร้อน UNITRONICS Vision 280

4.2.2 เครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต มาตรฐานเครื่อง BS1610 Part1:1992 (UNIT TEST SCIENTIAC)

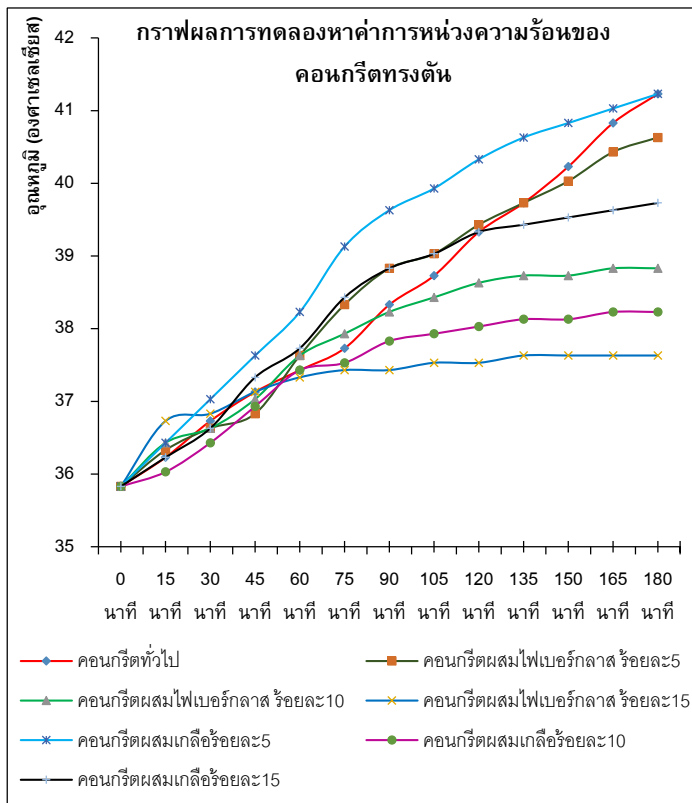
ในการออกแบบส่วนผสมมีปริมาณอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1 : 1 : 4 ใน 1 ก้อนตัวอย่าง ปริมาณส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ ต่อ ผงไฟเบอร์กลาสและเกลือ ต่อ ทราย ต่อ หิน

5. ผลการดำเนินงานวิจัย

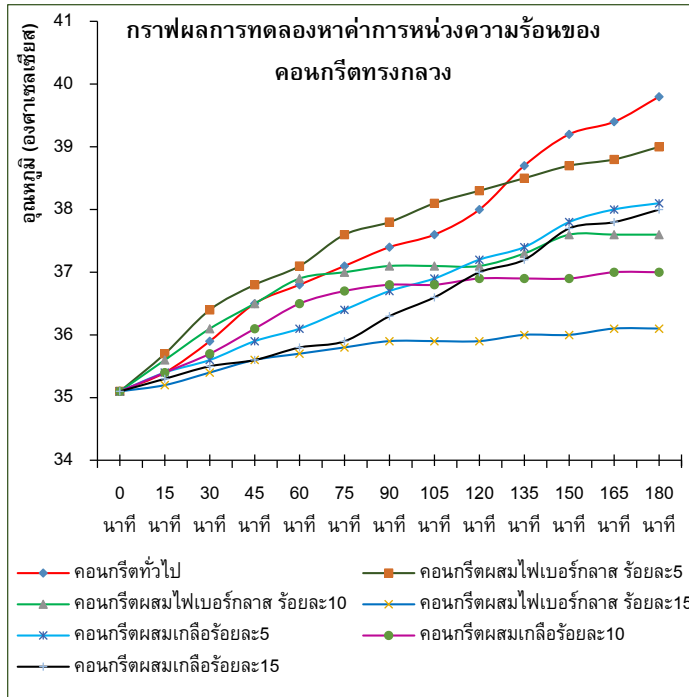
5.1 ผลการทดสอบการต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อกขนาดมาตรฐานของ มอก. 58-2533 โดยทดสอบคอนกรีตบล็อกสองแบบคือแบบทรงตัน และแบบทรงกลวง แสดงรูปคอนกรีตตัวอย่างดังรูปที่ 1 ผลการทดสอบการต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อกทั้งสองแบบแสดงดังรูปที่ 2 กราฟผลการทดลองการต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อกทรงตัน และดังรูปที่ 3 กราฟผลการทดลองการต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อกทรงกลวง และทำการทดสอบหาค่าสภาพการต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อกได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4



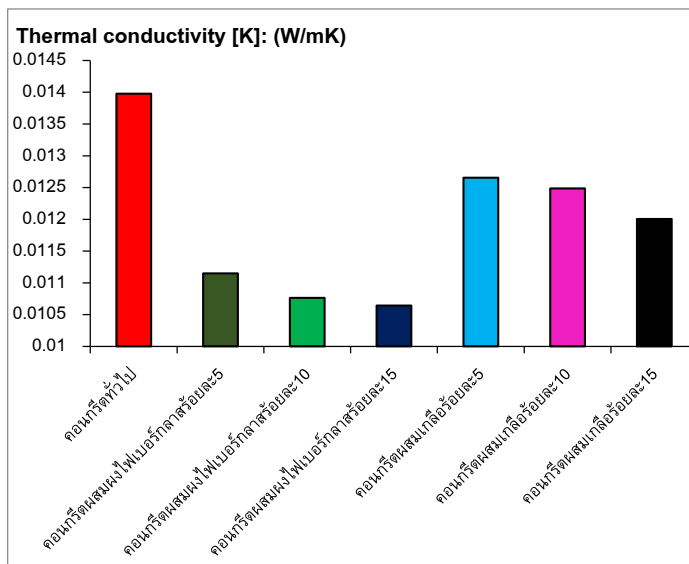
รูปที่ 1 คอนกรีตบล็อกตัวอย่างแบบทรงตัน และแบบทรงกลวง



รูปที่ 2 การต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อกทรงตัน



รูปที่ 3 การต้านทานความร้อนของคอมนกรีตบล็อกทรงกลวง



รูปที่ 4 การนำความร้อน (Thermal Conductivity, k) ของคอมนกรีตบล็อกแต่ละชนิด

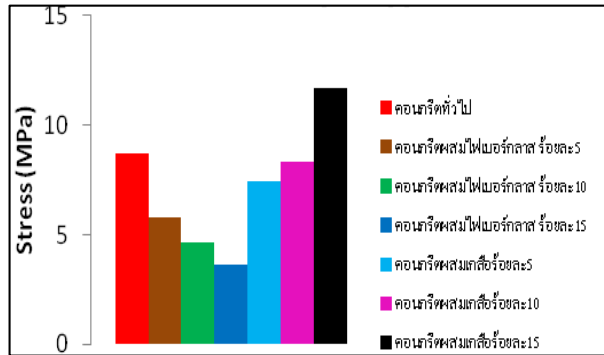
สรุปผลการต้านทานความร้อนของคอมนกรีตและค่าสภาพการนำความร้อน จากผลการทดสอบ พบว่า รูปทรงของคอมนกรีตบล็อกนั้นมีผลต่อการต้านทานความร้อนของคอมนกรีต จากผลการทดสอบ

พบว่าคอนกรีตทรงกลมวงมีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตทรงตัน คอนกรีตบล็อกผสมผงไฟเบอร์กลาสร้อยละ 15 ของปูนซีเมนต์มีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนได้ดีกว่า ส่วนผสมในอัตราอื่น โดยมีค่าการต้านทานความร้อนผันแปรตามมวลของผงไฟเบอร์กลาส โดยที่คอนกรีตบล็อกผสมเกลือมีค่าการต้านทานความร้อนสูงกว่าคอนกรีตบล็อกผสมผงไฟเบอร์กลาส อัตราส่วนของเกลือที่ดีที่สุดในการกั้นความร้อนอยู่ที่ร้อยละ 10 ของปูนซีเมนต์ โดยที่คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีค่าการต้านทานความร้อนน้อยที่สุดซึ่งมีค่าสอดคล้องกับผลการทดสอบการหาค่าสภาพการนำความร้อน (Thermal Conductivity, k) ของคอนกรีตบล็อกแต่ละชนิด จากผลการทดสอบนั้นพบว่าคอนกรีตบล็อกผสมผงไฟเบอร์กลาสที่ร้อยละ 15 มีค่าสภาพการนำความร้อนที่ต่ำที่สุดและมีค่าสภาพการนำความร้อนน้อยกว่าคอนกรีตชนิดอื่น ๆ โดยมีค่าสภาพการนำความร้อนแปรผกผันกับมวลของผงไฟเบอร์กลาส คอนกรีตบล็อกผสมเกลือมีค่าสภาพการนำความร้อนอยู่ในระดับปานกลาง คอนกรีตบล็อกผสมเกลือที่ร้อยละ 15 มีค่าสภาพการนำความร้อนน้อยกว่าเกลือที่ร้อยละอื่น ๆ และคอนกรีตบล็อกทั่วไปมีค่าสภาพการนำความร้อนสูงที่สุด จากผลการทดลองนั้นสรุปได้ว่า ผลการทดสอบการต้านทานความร้อนและผลการทดสอบค่าสภาพการนำความร้อน โดยทั้งสองผลการทดสอบมีค่าการทดสอบของคอนกรีตผสมผงไฟเบอร์กลาสที่สอดคล้องกัน

5.2 ผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรง (การทดสอบแรงอัดหรือกำลังอัดของคอนกรีต) ในการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของคอนกรีตกำหนดขนาดให้มีความกว้าง 50 มิลลิเมตร ความยาว 50 มิลลิเมตร และความสูง 50 มิลลิเมตร และนำค่ามาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีตมาตรฐานเครื่อง BS 1610 Part1:1992 (UNIT TEST SCIENTIAC) ได้ค่าดังตารางที่ 2 และนำผลการทดลองมาแสดงเป็นกราฟ ดังรูปที่ 5

ตารางที่ 2 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อก

ร้อยละของน้ำหนักปูนซีเมนต์	น้ำหนัก เฉลี่ย (g)	หน่วย ปริมาตร (ลบ.ซม.)	กำลังอัด (เมกะปาสคาล)			
			ครั้งที่			ค่า เฉลี่ย
			1	2	3	
มาตรฐาน มอก.58-2533	250	125				2.00
คอนกรีตทั่วไป	259	125	9.52	7.60	8.92	8.63
คอนกรีตผสมไฟเบอร์กลาส ร้อยละ 5	250	125	5.96	5.80	5.68	5.81
คอนกรีตผสมไฟเบอร์กลาส ร้อยละ 10	245	125	5.00	4.40	4.60	4.67
คอนกรีตผสมไฟเบอร์กลาส ร้อยละ 15	240	125	3.80	4.01	3.12	3.64
คอนกรีตผสมเกลือร้อยละ 5	257	125	8.00	7.28	7.09	7.46
คอนกรีตผสมเกลือร้อยละ 10	273	125	8.90	8.08	8.08	8.35
คอนกรีตผสมเกลือร้อยละ 15	289	125	11.74	11.04	12.20	11.6



รูปที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังอัด และผลของค่าเฉลี่ยกำลังอัดที่ได้จากการทดสอบแรงอัด

สรุปผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรง (การทดสอบแรงอัดหรือกำลังอัดของคอนกรีต) ผลการทดสอบแรงอัดของคอนกรีตบล็อกพบว่าคอนกรีตบล็อกผสมเกลือร้อยละ 15 มีค่าเฉลี่ยของกำลังอัด 11.6 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าแรงอัดสูงสุด และมีค่าแรงอัดที่มากกว่าคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป โดยค่าแรงอัดมีค่าผันแปรตามมวลของเกลือ แต่ในทางตรงกันข้าม ไฟเบอร์กลาสมีค่าแรงอัดแปรผกผันกับมวลของผงไฟเบอร์กลาสคือ เมื่อเพิ่มปริมาณผงไฟเบอร์กลาสในคอนกรีตปริมาณมากก็จะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงน้อยลง อันเนื่องมาจากคุณลักษณะเฉพาะของไฟเบอร์กลาสที่มีเบา และมีความเปราะ จึงทำให้ความแข็งแรงในคอนกรีตนั้นน้อยลง แต่น้ำหนักของคอนกรีตผสมผงไฟเบอร์กลาสนั้นจะมีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตชนิดอื่นๆ โดยที่คอนกรีตทั่วไปนั้นมีความแข็งแรงอยู่ในระดับปานกลาง

6. สรุปผลการดำเนินงาน

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีอัตราส่วนที่เป็นสัดส่วนกัน โดยน้ำหนัก และมีส่วนผสมที่ต่างกัน สามารถสรุปผลการทดสอบและทำการประมาณราคาวัสดุดิบต่อหน่วย ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

จากการทดสอบดังตารางที่ 3 พบว่าคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อกในอัตราส่วนผสมร้อยละ 15 มีค่าความชื้นของกราฟอยู่ที่ 0.33 เป็นค่าความชื้นที่น้อยที่สุดซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตที่มีอัตราส่วนผสมต่างๆ อัตราส่วนผสมของผงไฟเบอร์กลาสที่มากขึ้นมีแนวโน้มในการต้านทานความร้อนได้มาก อัตราส่วนของเกลือที่ดีที่สุดในการต้านทานความร้อนอยู่ที่ร้อยละ 10 ของปูนซีเมนต์โดยมีค่าความชื้นอยู่ที่ 0.63 รูปแบบลักษณะของคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการต้านทานความร้อน โดยคอนกรีตบล็อกลักษณะกลวงมีคุณสมบัติใน

การต้านทานความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกลักษณะทรงตัน ที่มีขนาดตามมาตรฐาน มอก. 58-2533

ตารางที่ 3 สรุปผลการทดสอบคอนกรีตบล็อก

ร้อยละส่วนผสม	ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อน	ค่าสภาพการนำความร้อน (W/mK)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	ร้อยละการระเหยของน้ำ	กำลังอัด (เมกะปาสคาล)	ราคา (บาท/ก้อน)
คอนกรีตทั่วไป	1.57	0.013977	5.09	2.46	8.63	3.12
คอนกรีตผสมผงไฟเบอร์กลาส ร้อยละ 5	1.30	0.011149	4.08	3.40	5.81	3.00
คอนกรีตผสมผงไฟเบอร์กลาส ร้อยละ 10	0.83	0.010764	3.07	2.35	4.67	2.87
คอนกรีตผสมผงไฟเบอร์กลาส ร้อยละ 15	0.33	0.010642	2.23	2.90	3.64	2.74
คอนกรีตผสมเกลือร้อยละ 5	1.00	0.012655	6.75	1.97	7.46	3.13
คอนกรีตผสมเกลือร้อยละ 10	0.63	0.012486	8.23	1.56	8.35	3.13
คอนกรีตผสมเกลือร้อยละ 15	0.98	0.012006	9.13	0.87	11.6	3.14

จากผลการวัดค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกพบว่าคอนกรีตบล็อกผสมผงไฟเบอร์กลาสร้อยละ 15 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 2.23 ปริมาณส่วนผสมของผงไฟเบอร์กลาสมีค่าแปรผกผันกับการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในระดับปานกลางที่ร้อยละ 5.09 ส่วนคอนกรีตบล็อกผสมเกลือร้อยละ 15 มีค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกอยู่ที่ร้อยละ 9.13 ปริมาณส่วนผสมของเกลือในคอนกรีตบล็อกแปรผันตรงกับค่าความชื้น

จากการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกทั่วไป และคอนกรีตบล็อกผสมไฟเบอร์กลาสกับเกลือในอัตราส่วนร้อยละ 5,10,15 ของปูนซีเมนต์ ตามลำดับ เมื่อปูนซีเมนต์ถูกแทนที่ด้วยผงไฟเบอร์กลาสและเกลือ ทั้ง 7 ตัวอย่าง ที่มีอายุ 28 วัน พบว่าคอนกรีตบล็อกผสมเกลือในอัตราส่วนศึกษาที่ร้อยละ 15 มีค่าเฉลี่ยของ กำลังอัด 11.6 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าแรงอัดสูงสุด และมีค่าแรงอัดที่มากกว่าคอนกรีตบล็อกมาตรฐานทั่วไป ส่วนผสมผงไฟเบอร์กลาสในคอนกรีตยิ่งมากเท่าไรห้รค่ากำลังอัดของคอนกรีตมีแนวโน้มต่ำลงด้วย

7. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาและพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากผงไฟเบอร์กลาสและเกลือ เป็นการกำหนดส่วนผสมของผงไฟเบอร์กลาส:ปูนซีเมนต์ หรือ เกลือ:ปูนซีเมนต์ ร้อยละโดยน้ำหนัก เพื่อให้

การศึกษานี้เกิดประโยชน์สูงสุด และสามารถนำไปใช้ได้จริง ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความพรุนของวัสดุและในส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในวัสดุเหลือใช้จาก การผลิตในภาคอุตสาหกรรมอย่างอื่นเพื่อให้เกิดข้อเปรียบเทียบ และข้อควรระวังในการใช้เกลือเป็นส่วนผสม มีผลต่อการขึ้นสนิมของเหล็กในงานก่อสร้าง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจากอาจารย์ศุภกิจ เด็กศิริ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ดวงดาว อาจองค์ และคณะ. (2548). **คอมโพสิต ไฟเบอร์กลาส**. สมาคมไทยคอมโพสิต
- [2] ปรีชา แสนสุด และณัฐพงษ์ ไสเนตร. (2552). **คุณสมบัติของคอนกรีต**.
- [3] “ความชื้นของอากาศ,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://school.obec.go.th/msp/weather9.htm>. สืบค้น 8 กันยายน 2555.
- [4] “การถ่ายเทความร้อน,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://203.172.208.244/web/stu19/site2_2/index1.htm. สืบค้น 8 กันยายน 2555.
- [5] “การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการผลิต,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.civil.mut.ac.th/wpcontent/uploads/downloads/2011/08/week-7-8-Break-Even-Analysis.pdf>. สืบค้น 21 ตุลาคม 2555.
- [6] ธัญชัย ปุคุณวรกิจ และคณะ. (2551). **ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**.
- [7] “นำพลาสติกไฟเบอร์กลาสมาใช้แทนมวลหยาบในการทำกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?pageid=5&bokID=258&read=true&count. สืบค้น 10 กันยายน 2555.
- [8] “การใส่น้ำออกจากน้ำมันวัตถุดิบโดยใช้เกลือ,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.biodiesel.eng.psu.ac.th>. สืบค้น 16 กันยายน 2555.
- [9] “คอนกรีตบล็อกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2533,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.saneengineer.com/index.php>. สืบค้น 16 กันยายน 2555.
- [10] สนธยา ทองอรุณศรี และ อัคริน คุณาแจ่มจรัส. (2555). “การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางสถิติเพื่อหาส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ,” **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**. ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2555.

ประวัติผู้เขียนบทความ

อาจารย์ ธรรมมา เจียรธรวานิช สังกัดภาควิชาวิศวกรรมโยธา ปัจจุบันดำรงตำแหน่งหัวหน้าสำนักงานคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่อยู่ เลขที่ ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขต 2 10120 สาทร กรุงเทพฯ หมายเลขโทรศัพท์ 9638 287 02 โทรสาร/ E-Mail: Thamma.J@gmail.com , Thamma.J@rmutk.ac.th