

สมบัติทางกายภาพและทางกลของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์โปร่งแสง

Physical and Mechanical Properties of Translucent Cement Product

บุราชัย ฉัตรเวร แอลวินาย ห้อมศรีประเสริฐ

Burachat Chatveera and Winai Homsriprasert

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ.คลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ซีเมนต์โปร่งแสงที่มีสมบัติในการส่งผ่านแสงและช่วยลดความร้อนจากภายนอก โดยใช้โพลีอีสเทอร์เรซิโน่ที่มีน้ำหนักเบาและมีค่าการนำความร้อนต่ำเป็นตัวกลางในการส่งผ่านแสงในซีเมนต์เพสต์ สำหรับการวิจัยจะแบ่งอัตราส่วนของโพลีอีสเทอร์เรซิโน่ต่อตัวเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 500:100, 500:125, 500:150, 500:175, 500:200, 500:250 และ 500:300 ทุกประเภทนั้นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน ผลการวิจัย พบว่าที่อัตราส่วนระหว่างโพลีอีสเทอร์เรซิโน่ต่อตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 500:200 จะใช้เวลาการก่อตัวน้อยที่สุด และมีอุณหภูมิสูงสุดในขณะเกิดปฏิกิริยา เชิงตัว ผลการวัดอุณหภูมิทั้งด้านหน้าและด้านหลังของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์โปร่งแสง โดยผลิตภัณฑ์ซีเมนต์โปร่งแสงที่มีขนาด $50 \times 50 \times 5$ ซม. พบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ซีเมนต์โปร่งแสง สำหรับผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของโพลีอีสเทอร์เรซิโน่ พบว่าที่อัตราส่วนโพลีอีสเทอร์เรซิโน่ต่อตัวเร่งปฏิกิริยา 500:200 จะมีกำลังรับแรงอัดสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ

คำสำคัญ : ซีเมนต์โปร่งแสง, โพลีอีสเทอร์เรซิโน่, ซีเมนต์เพสต์, กำลังรับแรงอัด, ตัวเร่งปฏิกิริยา

Abstract

This research aims to study the physical and mechanical properties of the translucent cement products capable of transmitting light and reducing heat from the outside. The polyester resin, which is lightweight and has low value of thermal conductivity, was used as an intermediary for transmission of light in the cement paste. In this research, the ratio of polyester resin and a catalyst to harden the products were 500:100 500:125 500:150 500:175 500:200 500:250 and 500:300. The mixtures were then cured for 5 days at room temperature. The results showed that the ratio between polyester resin and catalyst of 500:200 yielded the lowest setting time and highest temperatures during the hardening reaction. By measuring the temperature on both the front and back of the translucent cement products, it was found that the temperature has no effect on the translucent cement product with dimension $50 \times 50 \times 5$ cm. Compression test results showed that the ratio between polyester resin and catalyst of 500:200 yields the highest compressive strength compared to other ratios.

Keywords : translucent cement, polyester resin, cement paste, compressive strength, catalyst

1. บทนำ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันปูนซีเมนต์นับเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีความสำคัญมากไม่ว่าจะเป็นการก่อสร้างบ้านเรือนขนาดเล็กไปจนถึงอาคารขนาดใหญ่ ถนน สะพาน หรือแม้แต่ เขื่อนกักเก็บน้ำ กีดกั้นต้องใช้ปูนซีเมนต์ทึ่งสื้นอย่างไรก็ตาม กระบวนการในการผลิตปูนซีเมนต์นั้น ต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงและพลังงานสูงมาก อีกทั้งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซที่มีส่วนสำคัญในการก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) [1] โดยกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยายกาศคิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 75 [2] ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกที่ส่งผลให้โลกร้อนขึ้นถึงร้อยละ 57 [3]

ดังนั้น ในปัจจุบันจึงมีการพัฒนาส่วนผสมของคอนกรีต เพื่อช่วยลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ ซึ่งถือเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดภาวะโลกร้อน ด้วยแนวคิดดังกล่าว จึงเกิดเป็นนวัตกรรมสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์การก่อสร้าง แนวใหม่ คือ การผลิตซีเมนต์ไปร่วงแสงโดยใช้โพลีเอสเทอร์เรซินมาใช้ร่วมกับซีเมนต์ที่ผลิตจากวัสดุปูนซีเมนต์และเศษกระดาษที่เหลือ ซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ได้ 20% ลดเวลาการติดตั้ง ลดแรงดึงดูด และลดแรงเสียดทาน จึงสามารถลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ได้ 20% ลดเวลาการติดตั้ง ลดแรงดึงดูด และลดแรงเสียดทาน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบ และวิธีการผลิตโดยการประเมินสมบัติทางกายภาพและทางกลของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ไปร่วงแสง ระยะเวลาการก่อตัว อุณหภูมิ ต่อระยะเวลาการก่อตัว กำลังรับแรงอัด การส่องผ่านแสง แรงยึดเหนี่ยว และอุณหภูมิของโพลีเอสเทอร์เรซิน

2. วิธีการ

2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

2.1.2 วัสดุผง

วัสดุผงที่ใช้ในงานวิจัยมี 2 ชนิด คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และถ้าloyหรือถ้าถ่านหินจากโรงผลิต

ไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง อ.แม่เมะ จ.ลำปาง

2.1.2 วัสดุเหลว

วัสดุเหลวที่ใช้ ได้แก่ น้ำประปาเพื่อผลิตซีเมนต์โพลีเอสเทอร์เรซินเพื่อผลิตเรซิน สีผสม โพลีเอสเทอร์เรซิน และตัวเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัว (Hardener) ของเรซิน

2.2 วิธีการทดสอบ

2.2.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยการวัดระยะเวลาการก่อตัว

การทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัว หลังจากผสมโพลีเอสเทอร์เรซินกับตัวเร่งปฏิกิริยาในอัตราส่วน 500:100 500:125 500:150 500:175 500:200 500:250 500:300 แล้ว ให้ทึ่งไว้ในแบบหล่อองแห้ง (Conical ring) จนครบ 1 นาที เพื่อให้ก่อตัวโดยประมาณคราวังไม่ให้เกิดการครอบคลุมเทือน จากนั้นนำไว้ในไฟเข้มไว้แคทบนาค 1 มิลลิเมตร ภายในระยะเวลา 30 วินาที โดยปรับให้ปลายเข้มสัมผัสกับผิวโพลีเอสเทอร์เรซินแล้วทำการปล่อยเข็มลงในเรซินพร้อมวัดระยะที่เข็มลงและอ่านค่าที่ได้จากนั้นทำการวัดระยะที่เข็มลงไปโดยเปลี่ยนตำแหน่งของเข็มให้ห่างจากรอยเดิมไม่น้อยกว่า 6.4 มิลลิเมตร จากนั้นคำนวณเข็มที่จะไปเจียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและระยะการ凝ตัว เพื่อหาระยะเวลาการก่อตัว โดยระยะเวลาการก่อตัวระยะต้นจะเป็นระยะที่เข็มลงไป 25 มิลลิเมตร ภายใน 30 วินาที และระยะเวลาการก่อตัวระยะปลายจะเป็นระยะเวลาที่เข็มไม่สามารถลงไปในโพลีเอสเทอร์เรซินได้อีก

2.2.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยการวัดอุณหภูมิ เทียบกับระยะเวลาการก่อตัว

2.2.2.1 นำโพลีเอสเทอร์เรซินผสมกับสารเร่งปฏิกิริยาในอัตราส่วน 500:100 แล้วหล่อลงในแบบ

2.2.2.2 นำเทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงในโพลีเอสเทอร์เรซินเพื่อวัดอุณหภูมิทุกๆ 5 นาที จนกว่าโพลีเอสเทอร์เรซินจะแข็งตัวแล้วบันทึกผล

2.2.2.3 ทำข้าตามข้อ 2.3.1 และ 2.3.2 โดยเปลี่ยนอัตราส่วนจาก 500:100 เป็น 500:125, 500:150, 500:175, 500:200, 500:250 และ 500:300 ตามลำดับ

2.2.3 การทดสอบวัดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ไปร่วงแสง

2.2.3.1 ตั้งซีเมนต์ไปร่วงแสงไว้บนโต๊ะในระดับ

สายตาในห้องมีด

2.2.3.2 ติดตั้งสปอร์ตไลท์ให้แสงส่องผ่านชีเมนต์โปร่งแสงโดยมีระยะห่าง 1 เมตร และติดตั้งกล้องทึบแสงไว้รอบชีเมนต์โปร่งแสงเพื่อบังคับให้แสงจากสปอร์ตไลท์ส่องผ่านชีเมนต์โปร่งแสงเท่านั้น

2.2.3.3 วัดอุณหภูมิของชีเมนต์โปร่งแสงโดยปิดไฟจากสปอร์ตไลท์

2.2.3.4 เปิดแสงไฟจากสปอร์ตไลท์ทิ้งไว้ 5 นาทีแล้วปิดไฟสปอร์ตไลท์แล้วทำการวัดอุณหภูมิทึ้งด้านหน้าและด้านหลังของชีเมนต์โปร่งแสงอย่างรวดเร็ว

2.2.4 การทดสอบกำลังอัด

2.2.4.1 ใส่โพลีเอสเทอร์เรซิโนแอลวอล ไปในเครื่องผสมมอร์ตาร์ตัวร์ 500 กรัม

2.2.4.2 ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยาโพลีเอสเทอร์เรซิโนลงไปในเครื่องผสมมอร์ตาร์ตัวร์ 100 กรัม

2.2.4.3 ผสมโพลีเอสเทอร์เรซิโนกับตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องผสมมอร์ตาร์ตัวร์ผสมด้วยความเร็วของใบพาย 285 ± 10 รอบต่อนาที และใส่สีผสมโพลีเอสเทอร์เรซิโน เป็นระยะเวลา 1 นาที

2.2.4.4 เทโพลีเอสเทอร์เรซิโนที่ผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยาลงในแบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด $5 \times 5 \times 5$ ซม. แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.2.4.5 ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด

2.2.5 การทดสอบการวัดความเข้มของแสง

2.2.5.1 หล่อแท่งโพลีเอสเทอร์เรซิโนขนาด $4 \times 6 \times 1.5$ ซม.

2.2.5.2 ตั้งแท่งโพลีเอสเทอร์เรซิโนไว้บนโต๊ะในระดับสายตาในห้องมีด

2.2.5.3 ติดตั้งสปอร์ตไลท์ให้แสงส่องผ่านโพลีเอสเทอร์เรซิโนโดยให้มีระยะห่าง 1 เมตร และติดตั้งกล้องทึบแสงไว้รอบโพลีเอสเทอร์เรซิโนเพื่อบังคับให้แสงจากสปอร์ตไลท์ผ่านโพลีเอสเทอร์เรซิโนเท่านั้น

2.2.5.4 เปิดแสงไฟจากสปอร์ตไลท์ ให้แสงจากสปอร์ตไลท์ส่องผ่านแท่งโพลีเอสเทอร์เรซิโน

2.2.5.5 นำเครื่อง LUX Meter วัดความเข้มของแสงที่ส่องผ่านมา ดังรูปที่ 1 จากนั้นบันทึกค่าที่ได้ไปเทียบกับความเข้มแสงจากสปอร์ตไลท์ส่องผ่านบล็อกแก้ว และ



รูปที่ 1 การวัดความเข้มแสงด้วยเครื่อง LUX Meter

แสงจากสปอร์ตไลท์ท้อบย่างเดียว ซึ่งใช้แทนแสงอาทิตย์

2.2.6 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุ

2.2.6.1 หล่อตัวอย่างโพลีเอสเทอร์เรซิโนขนาด $4 \times 6 \times 1.5$ ซม. และหล่อตัวอย่างชีเมนต์ขนาดเดียวกันให้ติดกันคล้ายกับรูปเครื่องหมายบวก

2.2.6.2 นำตัวอย่างที่หล่อได้จากข้อ 1 ไปวางไว้บนขาของเครื่องทดสอบแรงยึดเหนี่ยวซึ่งประกอบด้วยเหล็กแผ่นที่มีจำนวนขา 3 ขา จำนวน 2 ชิ้น ที่มีขนาดไม่เท่ากัน วางบนตัวอย่างในแนวที่ต่างกัน

2.2.6.3 นำเครื่องทดสอบ และตัวอย่างเข้าไปในเครื่องทดสอบ ยูนิเวอร์แซล ดังรูปที่ 2



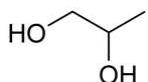
รูปที่ 2 ตัวอย่างเครื่องทดสอบแรงยึดเหนี่ยวสามขา

3. ผลการวิจัย

3.1 ส่วนประกอบทางเคมีของโพลีอสเทอร์เรชิน

3.1.1 Propylene Glycol มีสูตรทางเคมีคือ $C_3H_8O_2$

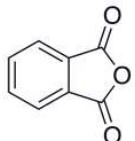
51 ส่วน



3.1.2 Maleic anhydride มีสูตรทางเคมีคือ $C_2H_2(CO)_2O$
30 ส่วน



3.1.3 Phthalic anhydride มีสูตรทางเคมีคือ $C_6H_4(CO)_2O$
19 ส่วน



ทั้งหมดที่กล่าวมานี้รวมทั้งหมด 100 ส่วน เป็นส่วนประกอบของโพลีอสเทอร์เรชินที่ใช้ในการวิจัย

3.2 องค์ประกอบทางเคมีของถ้าโลย

องค์ประกอบทางเคมีของถ้าโลยแสดงในตารางที่ 1
- 3

3.3 โครงสร้างทางจุลภาค

3.3.1 ลักษณะของอนุภาคโดยวิธีเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM)

จากการศึกษาโครงสร้างจุลภาค ได้แก่ ภาพถ่ายขยายของถ้าโลยกด้วยจุลทรรศน์เล็กต่อนแบบส่องราก (Scanning Electron Microscope; SEM) ที่กำลังขยาย 5000 เท่า ผลการทดสอบพบว่าอนุภาคของตัวอย่างถ้าโลยมีลักษณะรูปทรงกลมและมีขนาดเล็กใหญ่

3.3.2 ลักษณะการกระจายขนาดของอนุภาคถ้าโลยกดวยวิธีเทคนิค Particle Size Distribution (PSD)

จากการทดสอบและวิเคราะห์พบว่า ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 14.71 ไมโครเมตร

3.3.3 การวิเคราะห์ความเป็นผลึกของอนุภาคถ้าโลยกดวยวิธีเทคนิค X-Ray Diffraction (XRD)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของถ้าโลย

Chemical Compositions (%)	Fly Ash
Silicon Dioxide (SiO_2)	36.44
Aluminium Oxide (Al_2O_3)	20.48
Iron Oxide (Fe_2O_3)	15.76
Calcium Oxide (CaO)	16.35
Magnesium Oxide (MgO)	3.55
Potassium Oxide (K_2O)	2.25
Sodium Oxide (Na_2O)	0.98
Sulfur Trioxide (SO_3)	3.35
Titanium Dioxide (TiO_2)	0.37
Free CaO	1.24

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของถ้าโลยที่นำมาใช้กับถ้าโลยตามมาตรฐาน

Chemical Compositions	*Fly Ash	**Class of Fly Ash	
		F	C
ผลกระทบของปริมาณซิลิคอนออกไซด์ อะลูมิโนออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$), ร้อยละต่ำสุด	72.68	70.0	50.0
ชัลเฟอร์ไตรอกไซด์ (SO_3), ร้อยละสูงสุด	3.35	5.0	5.0
ปริมาณความชื้น, ร้อยละสูงสุด	0.06	3.0	3.0
น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผา (LOI), ร้อยละสูงสุด	0.59	6.0	6.0
อัตราไนน์ในรูปของโซเดียมไฮเดอเรต (Na_2O), ร้อยละสูงสุด	0.98	1.5	1.5

หมายเหตุ : 1) สัญลักษณ์ (*) หมายถึง ถ้าโลยที่ใช้ในงานวิจัยนี้

2) สัญลักษณ์ (**) หมายถึง ประเภทของถ้าโลย ตามมาตรฐาน ASTM C618 [4]

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพของถ้าลอย

สมบัติทางกายภาพ	ถ้าลอย
- การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาไหม้ (ร้อยละ) (Loss On Ignition, %)	0.59
- ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) (Moisture Content, %)	0.06
- พื้นที่ผิวจำเพาะ (ซม. ² /ก.) (Surface Area, cm ² /g)	2135
- ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)	2.25
- ความละเอียดขนาดของอนุภาค (ร้อยละผ่าน, ไมโครเมตร) (Fineness Particle Size, %Passing: Micrometer)	
75 ไมโครเมตร	24.4
45 ไมโครเมตร	38.6
36 ไมโครเมตร	44.6
- ดัชนีการพัฒนากำลัง (ร้อยละ) (Strength Activity Index, day) ที่อายุ 7 วัน	80.7
ที่อายุ 28 วัน	90.8
- ปริมาณน้ำที่ต้องการ (ร้อยละ) (Water Requirement, % of control)	95.8
- ค่าความหนาแน่น (Bulk Density, kg/m ³)	958

จากผลการทดสอบพบว่าองค์ประกอบหลักที่พ่มมากที่สุดคือ แคลเซียมซัลไฟต์ หรือ Anhydrite (CaSO_4) ซึ่งผลึกจะมีลักษณะเป็นแบบ Orthorhombic รองลงมา คือ ซิลิกาออกไซด์ หรือ Quartz alpha (SiO_2) โดยผลึกมีลักษณะเป็นแบบ Hexagonal ตัดมา คือ Iron Silicon Oxide (Fe_2O_4) โดยผลึกมีลักษณะเป็นแบบ Cubic และสุดท้ายคือ Mullite ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) โดยผลึกจะมีลักษณะเป็นแบบ Orthorhombic

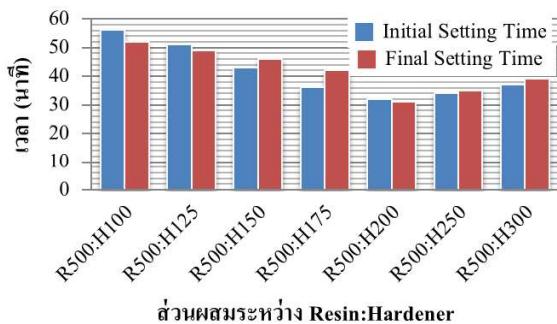
3.4 ผลทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยการวัดระยะเวลาการก่อตัว เทียบเท่ามาตรฐาน ASTM C191 [5]

จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยการวัดระยะเวลาการก่อตัวและอุณหภูมิ พบร่วมที่อัตราส่วนโพลีเอสเทอร์เรซินต่อตัวเร่งปฏิกิริยา 500:200 จะเริ่มแข็งตัวตั้งแต่เวลา 32 นาที และโพลีเอสเทอร์เรซินจะมีการแข็งตัวสูงสุดที่เวลาประมาณ 67 นาที เป็นอัตราส่วนที่มีระยะเวลาที่เริ่มแข็งตัวและแข็งตัวสูงสุดน้อยที่สุด ดังรูปที่ 3 ทั้งนี้โดยทั่วไปแล้วการแข็งตัวของเรซิน จะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วง Gel time คือช่วงหลังจากเติมตัวเร่งปฏิกิริยาจนเรซินจับตัว

เป็นรูน และช่วง Cure time คือ ช่วงที่เรซินแข็งตัวเต็มที่แล้วเป็นตัวคงหลังจากที่มีความร้อนสูงในขณะทำงานทำปฏิกิริยา นอกจากนี้ถ้ามีปริมาณออกซิเจนสูง เช่น การกวนเรซินเป็นเวลานาน การแข็งตัวของเรซินจะช้าลง นั่นคือออกซิเจนจะเป็นตัวป้องกันการแข็งตัวของเรซิน นอกจากนี้การแข็งตัวของเรซินจะช้าลงเมื่อมีความชื้นสูง เช่น การกวนเรซินเป็นเวลานาน การแข็งตัวของเรซินจะช้าลง นั่นคือออกซิเจนจะเป็นตัวป้องกันการแข็งตัวของเรซิน นอกจากนี้การแข็งตัวของเรซินจะช้าลงเมื่อมีความชื้นสูง [6]

3.5 ผลทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยการวัดอุณหภูมิเทียบกับระยะเวลาการก่อตัว

จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยการวัดอุณหภูมิเทียบกับระยะเวลาการก่อตัวพบว่า ที่อัตราส่วนโพลีเอสเทอร์เรซินต่อตัวเร่งปฏิกิริยา 500:200 ที่ระยะเวลาสุดท้าย 35 นาที จะมีอุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 25 นาที อุณหภูมิ 78 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เกิดอุณหภูมิสูงสุดในอุณหภูมิห้อง 26 องศาเซลเซียส ดังรูป

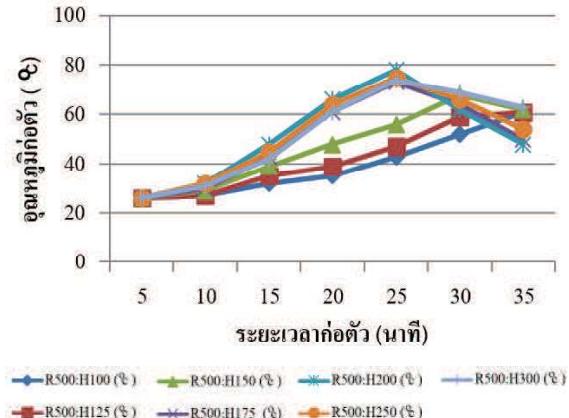


รูปที่ 3 ระยะเวลาการก่อตัวของแท่งตัวอย่างโพลีอสเทอร์เรซิน ที่อุณหภูมิห้อง

ที่ 4 นอกจากนี้ที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลให้โพลีอสเทอร์เรซินแข็งตัวเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ [6]

3.6 ผลทดสอบโดยการวัดอุณหภูมิทั้งด้านหน้าและด้านหลังของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ปูร่องแสง

จากผลทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยการวัดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ปูร่องแสงทั้งด้านหน้าและด้านหลัง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงอุณหภูมิระหว่างด้านหน้า ผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ปูร่องแสงที่รับแสงจากสปอร์ตไลท์ และ อุณหภูมนิ่ด้านหลังของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ปูร่องแสงที่แสงจากสปอร์ตไลท์ส่องผ่าน โดยผลิตภัณฑ์มีขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร หนา 5 เซนติเมตร โดยประกอบด้วยแท่งโพลีอสเทอร์เรซินขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร จำนวน 72 แท่ง ส่วนที่หนาของโพลีอสเทอร์เรซินจะเป็นส่วนที่ส่องผ่านของแสง ดังรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่ส่องผ่าน มีค่าเท่ากับ 360 ตารางเซนติเมตร เทียบกับพื้นที่ผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ปูร่องแสงซึ่งมีค่าเท่ากับ 2,500 ตารางเซนติเมตร อยู่ที่ร้อยละ 14.4 ที่อุณหภูมิของห้องมีดี อุณหภูมิเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส จะนำไปใช้ได้ เปิดไฟจากสปอร์ตไลท์ จึงได้อุณหภูมิตั้งต้นของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ปูร่องแสงด้านหน้าเท่ากับ 23.5 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิตั้งต้นด้านหลังเท่ากับ 23.4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเปิดไฟจากสปอร์ตไลท์เป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วปิดไฟ จากสปอร์ตไลท์ แล้ววัดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ปูร่องแสงจะได้อุณหภูมิของด้านหน้าผลิตภัณฑ์เท่ากับ 51.3 องศาเซลเซียส และด้านหลังผลิตภัณฑ์เท่ากับ 29.6 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิมีผลต่อผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ปูร่องแสงน้อยมาก ดังนั้นเรซินจึงสามารถนำไปใช้



รูปที่ 4 อุณหภูมิต่อเวลาของการก่อตัวของโพลีอสเทอร์เรซิน

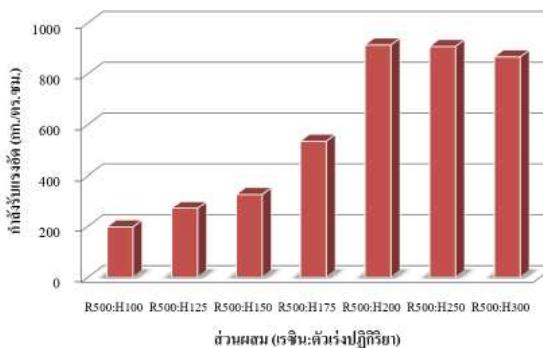


รูปที่ 5 แสงจากสปอร์ตไลท์ที่ส่องผ่านผ่านผลิตภัณฑ์ปูร่องแสง

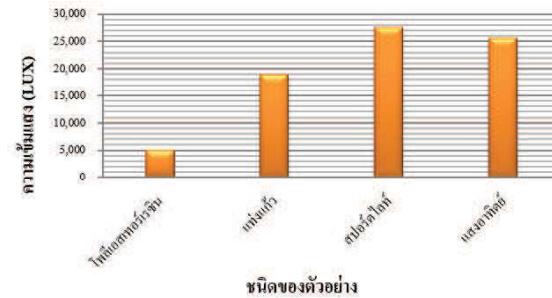
ในงานที่อุณหภูมิสูงกว่าพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติกได้ นอกจากนี้โพลีอสเทอร์เรซินยังมีสมบัติทางไฟฟ้าครบถ้วน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นลูนวนไฟฟ้าได้ [6]

3.7 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดเที่ยบเท่านาตรฐาน ASTM C109 [7]

จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของโพลีอสเทอร์เรซิน โดยการบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน พบร่วมกับลักษณะรับแรงอัดของโพลีอสเทอร์เรซินต่อตัวเร่งปฏิกิริยาในอัตราส่วน 500 : 200 มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดคือ 914 กก./ตร.ซม. ดังรูปที่ 6 และปัจจุบันมีการเสริมแรงให้กับโพลีอสเทอร์เรซินด้วยไนเกิลหรือไฟเบอร์กลาสทำให้มีสมบัติเป็นเชิงรุนแรงและมีความแข็งแรงมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักต่อน้ำหนัก [6]



รูปที่ 6 กำลังรับแสงอัดของโพลีเอสเทอร์เรซิน



รูปที่ 7 ความเข้มแสงของตัวอย่างแต่ละชนิดในห้องมีดที่มีค่าความสว่างของแสงเป็น 0 LUX

3.8 ผลทดสอบการวัดความเข้มของแสง

จากผลการทดสอบการวัดความเข้มของแสงของตัวอย่างแต่ละชนิด เพื่อวัดค่าการส่องผ่านของแสงโดยทำการทดลอง ในห้องมีดที่มีค่าความสว่างของแสงเป็น 0 LUX โดยใช้สปอร์ตไลท์ฉายแสงผ่านตัวอย่าง โดยความเข้มแสงของโพลีเอสเทอร์เรซิน ขนาด $5 \times 5 \times 5$ ซม. ที่ฉายแสงสปอร์ตไลท์ผ่านมีค่าความสว่างของแสง 4,972 LUX บล็อกแก้วมีความเข้มแสงโดยเฉลี่ยสปอร์ตไลท์ผ่านมีค่าความสว่างของแสง 18,897 LUX และคงให้เห็นว่า ความเข้มแสงของโพลีเอสเทอร์เรซินมีค่าน้อยกว่าความเข้มแสงของแท่งแก้ว ดังรูปที่ 7

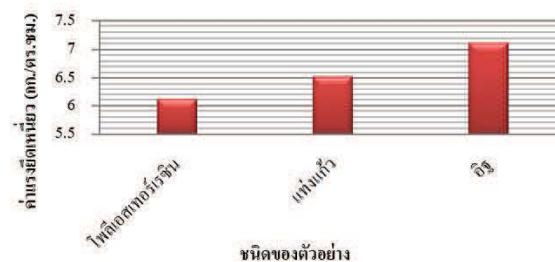
3.9 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของตัวอย่างต่อชีเมนต์เพสต์

จากการทดสอบการวัดความเข้มของแสง พบว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโพลีเอสเทอร์เรซินกับชีเมนต์เพสต์ จะมีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 6.11 กก./ตร.ซม. ค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแท่งแก้วกับชีเมนต์เพสต์เท่ากับ 6.52 กก./ตร.ซม. และค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอิฐกับชีเมนต์เพสต์เท่ากับ 7.41 กก./ตร.ซม. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวของโพลีเอสเทอร์กับเรซินมีค่าน้อยกว่าแท่งแก้วและอิฐ ดังรูปที่ 8

4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.1 ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างโพลีเอสเทอร์เรซินต่อตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 500:200 จะใช่วลากการก่อตัวน้อยที่สุด และมีอุณหภูมิสูงสุดในขณะเกิดปฏิกิริยา



รูปที่ 8 ค่าแรงยึดเหนี่ยวของตัวอย่างแต่ละชนิดกับชีเมนต์เพสต์

4.2 ผลการวัดอุณหภูมิทึบด้านหน้าและด้านหลังของผลิตภัณฑ์ชีเมนต์ปอร์แสตนด์ โดยผลิตภัณฑ์ชีเมนต์ปอร์แสตนด์ที่มีขนาด $50 \times 50 \times 5$ ซม. พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อผลิตภัณฑ์ชีเมนต์ปอร์แสตนด์น้อยมาก

4.3 ในด้านกำลังรับแรงอัดของโพลีเอสเทอร์เรซิน พบว่า ที่อัตราส่วนโพลีเอสเทอร์เรซินต่อตัวเร่งปฏิกิริยา 500:200 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงที่สุด

4.4 สำหรับความเข้มของแสงเมื่อฉายแสงสปอร์ตไลท์ผ่านตัวอย่างในห้องมีด พบว่า โพลีเอสเทอร์เรซินมีค่าความเข้มแสงน้อยกว่าตัวอย่างอื่นทั้งหมด

4.5 ผลทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของตัวอย่างต่อชีเมนต์เพสต์ พบว่า แรงยึดเหนี่ยวของโพลีเอสเทอร์เรซินมีค่าน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทีมผู้ช่วยวิจัย ประกอบด้วย คุณศิริธาร์ จิตารีย์ คุณณัฐกฤณ ลีบัลลูรเดช คุณเนนวัฒน์ ตุงคะศิริ และคุณพจน์เวช นันตะ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Mehta P.K. Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development. ACI Concrete International 2002; 24(7): 23-28.
- [2] Thailand Environment Institute. Thai Green Label Product Criteria: Ceramic floor/wall tiles [serial online] 1990 Jun [cited 2011 Jun 24] Available from: URL: <http://www.tei.or.th/greenlabel>.
- [3] Worathanakul P, Wimanon S, Srirattanaphan T. Life Cycle Inventory of Train Transportation for Thailand. The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 2010; 20(2): 0857-684. (In Thai).
- [4] American Society for Testing Materials. ASTM C618 Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, Annual Book of ASTM Standard, Section 4 Construction, Concrete and Aggregate; 2009.
- [5] American Society for Testing Materials. ASTM C191 Standard test method for time of setting of hydraulic cement by vicat needle Annual Book of ASTM Standard, Section 4 Construction, Concrete and Aggregate; 2009.
- [6] Properties of Poly Ester Resin [serial online] 2013 Jan [cited 2013 Jan 6] Available from: URL:http://www.plasticoverflowgrating.blogspot.com/2013/01/blog-post_6.html.
- [7] American Society for Testing Materials. ASTM C109 Standard test method of compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in. or [50 mm] cube specimens), Annual Book of ASTM Standard, Section 4 Construction, Concrete and Aggregate; 2009.