

การนำปูนปลาสเตอร์ของแบบพิมพ์เซรามิกที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตคอนกรีตบล็อก

Recycling of Ceramic Plaster Mould Material for Concrete Block Manufacturing

อติวัส บุญดา,¹ วิจิตรา สิงห์หิรัญนุสรณ์,² นพดล สหชัยเสรี,³ พัชรันต์ วิชัยประเสริฐ,⁴ สุภัชญา ทะเลดอน⁴
Atiwas Bunda,¹ Wichitra Singhirunnusorn,² Nopadon Sahachaisaeree,³ Patcharan Wichaiprasert,⁴
Supatchaya Taledon⁴

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีเป้าหมาย คือ เพื่อทำการทดสอบความสามารถในการระเหยของน้ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก มีส่วนประกอบเป็นปูนปลาสเตอร์เหลือทิ้งจากโรงงานนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตคอนกรีตบล็อกอีกครั้ง ชั้นแรกทดสอบอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (W/C) คือ อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ ร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยใช้ปูนปลาสเตอร์ที่มีขนาด 0.5 และ 1 ซม. เป็นส่วนผสม คอนกรีตบล็อกขนาด 20 x 30 x 7.5 ซม. นั้นได้ถูกคำนวณและถูกทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ น้ำหนัก, ความหนาแน่น, ความชื้น, การหดตัว, กำลังรับแรงอัด การศึกษาในครั้งนี้ได้ทดสอบการระเหยของน้ำ เพื่อที่จะตรวจสอบน้ำที่ระเหยไปจากวัสดุในระหว่างวัน การทดสอบ ถูกวัดโดยการใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิอินฟราเรด จากผลการทดลองข้างต้น อธิบายได้ว่า น้ำต่อวัสดุประสานอัตราส่วน 0.5 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม ต่อการผลิตคอนกรีตบล็อกมากที่สุด ด้วยค่าของกำลังรับแรงอัดเป็น 80 kg/cm² อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ถูกใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกที่เหลือทิ้งทั้งขนาด 0.5 และ 1 ซม. การเปรียบเทียบร้อยละของการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกที่มีขนาด 0.5 และ 1 ซม. ร้อยละของการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้นได้โดยการเพิ่ม ปริมาณของปูนปลาสเตอร์ จากการศึกษา พบว่า การดูดกลืนน้ำ ในคอนกรีตบล็อกขนาด 1 ซม. มีปริมาณปูนปลาสเตอร์ที่สูงกว่ามีแนวโน้มที่จะระเหยได้มากและเร็วกว่าวัสดุอื่น คอนกรีตบล็อกที่มีอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 30 แสดงให้เห็นถึงร้อยละ การระเหยของน้ำใกล้เคียงกับอิฐมอญที่มีอยู่ในท้องตลาด คอนกรีตบล็อกที่มีอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 20 ที่ขนาด 0.5 ซม. อุณหภูมิพื้นผิวลดลงเกือบ 2 °C ซึ่งวัสดุเย็นขึ้นกว่าวัสดุอื่น

คำสำคัญ: ปูนปลาสเตอร์เหลือทิ้ง, การทำความเย็นด้วยการระเหยน้ำ, คอนกรีตบล็อก, การอนุรักษ์พลังงาน

¹นิสิตปริญญาโท, ² อาจารย์, ⁴นิสิตปริญญาตรี, สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000 ประเทศไทย

³ รองศาสตราจารย์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

¹Graduate Student, ²Lecturer, ⁴Undergraduate Student, Environmental Technology Program, Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand, Email: atiwas15@hotmail.com, Email: wichitra.s@msu.ac.th; swichitra@gmail.com

³ Assoc. Prof, Faculty of Architecture, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalong Krung Road, Ladkrabang District, Bangkok, 10520, Thailand, Email: ksnopado@gmail.com

Abstract

This study thus aims to test the prospect of exploiting the important evaporative cooling characteristic of concrete block (CB) containing plaster waste. Plaster waste of slip-casting molds taken from a sanitary ceramic ware factory was used to substitute aggregates and gypsum content in the making of concrete block. The preliminary testing was conducted to determine the optimum ratio of water to cement (W/C). To obtain the optimum formula, the ratios of waste content ranging from 10, 20, and 30 per cent and the plaster sizes (0.5 and 1.0 cm.) were examined. The concrete blocks size 20 cm×30 cm×7.5 cm were cast and used to test the physical and mechanical properties including weight, density, humidity, shrinkage, and compressive strength. The study set up the water evaporation test to monitor the weight of water lost from material during the day. The distribution of the surface temperature during the test was measured using an infrared thermometer. Water adsorption is also used to measure the ability to retain water of material. Results from the preliminary test demonstrated that W/C ratio 0.5 was the optimum ratio producing the CB with highest compressive strength (80 kg/cm²). This W/C ratio was used to produce both CB with plaster waste sizes 0.5 and 1 cm. The result showed comparable percentage of water adsorbed by all waste content and both CB with 0.5 and 1 cm. The adsorption percentage increased with the increase of plaster content. the study conducted the opposite test of water adsorption and found that the water containing in CB with larger size and higher content of plaster tend to evaporate more and faster than the others. The CB with 30 percent of plaster waste showed the comparable evaporation percentage close to the commercial clay brick. It was found that surface temperature of CB containing 20 percent of plaster size 0.5 cm. dropped almost 2 degree Celsius. The material was cooler than the others on the same testing condition.

Keywords: Plaster waste, evaporative cooling effect, concrete block, energy conservation

บทนำ

จากสภาวะวิกฤตการณ์พลังงานในปัจจุบัน การก่อสร้างอาคารสูงที่เต็มไปด้วยคอนกรีตซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนและจุความร้อนสูง นอกจากนั้นอัตราส่วนรังสีสะท้อน (albedo) และการเปล่งรังสี (emissivity) ในพื้นที่เมืองที่เป็นไปด้วยสิ่งก่อสร้างยังมีการดูดซับและการสะท้อนรังสีได้สูงกว่าพื้นที่โดยรอบของเมือง ส่งผลให้ในพื้นที่เขตเมืองมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ชานเมือง¹ การลดใช้พลังงานเป็นสิ่งสำคัญที่สุดแนวทางหนึ่งในการลดใช้พลังงานของอาคาร คือการเลือกใช้วัสดุที่ก่อสร้างอาคารที่มีประสิทธิภาพจะส่งผลให้ลดการสะสมความร้อนภายในอาคาร การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร นอกจากจะส่งผลต่อความสบายของผู้ใช้อาคารแล้ว ยังส่งผลโดยตรงต่อผู้ใช้พลังงานภายในอาคารและภาระของเครื่องปรับอากาศอีกด้วย ความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาใน

อาคารเกิดจากแสงอาทิตย์ตกกระทบลงบนผิวนอกของเปลือกอาคาร ส่งผลให้อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคารสูงขึ้นและเกิดการส่งผ่านความร้อนผ่านเนื้อวัสดุความร้อนของผนังอาคาร ทำให้ผนังมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้อุณหภูมิผิวภายในของผนังอาคารสูงขึ้น เป็นผลทำให้ผู้ใช้อาคารที่อยู่ใกล้กับผนังรู้สึกร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากการแผ่รังสีของผนังอาคารสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการแผ่รังสีความร้อนของผนังอาคาร (Mean Radian Temperature : MRT) และทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้นด้วย ดังนั้น หากสามารถลดปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนผนังอาคารได้ ก็จะสามารถลดอิทธิพลของ sol-air temperature และลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารได้²

ปัจจุบันพบว่าปริมาณปูนปลาสเตอร์ที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเซรามิกมีปริมาณสูงถึง 38,000 ตันต่อปี³ เมื่อมีการนำวัสดุที่ทำจากยิปซัมมา

ทั้งโดยการถมที่เมื่อหมดอายุการใช้งาน ทำให้หลายประเทศตระหนักถึงผลเสียที่จะเกิดต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีมาตรการเพื่อให้มีการนำกลับมาใช้ใหม่ แทนการถมที่⁴ และได้พบว่ามีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากแบบพิมพ์ (Working moulds) ที่เสื่อมสภาพของอุตสาหกรรมเซรามิก เพื่อนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก่อสร้างได้นำปูนปลาสเตอร์เหลือทิ้งผสมกับทราย ซิลิกา และซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เพื่อผลิตอิฐประสาน ผงสำเร็จรูปหรือผลิตภัณฑ์ประดับตกแต่งอาคาร⁵ ปูนปลาสเตอร์มีสูตรทางเคมีคือ $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ เมื่อผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) เมื่อใช้งาน Hemihydrate จะทำปฏิกิริยากับน้ำเปลี่ยนเป็น Dehydrate ทำให้เปลี่ยนโครงสร้างจากปูนปลาสเตอร์กลับไปเป็นยิปซัม $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ดังเดิม คาดว่าปูนปลาสเตอร์เหลือทิ้งที่มีคุณสมบัติความเป็นยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) มีความบริสุทธิ์มากกว่าร้อยละ 95 จะสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกได้

การวิจัยครั้งนี้ได้สังเกตเห็นถึงคุณสมบัติพิเศษในการดูดซึมน้ำและการคายน้ำของปูนปลาสเตอร์ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก จึงได้พัฒนาแนวทางนำวัสดุแบบแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ซึ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมดังกล่าวมาเป็นส่วนประกอบวัสดุมวลรวม (aggregates) ในการผลิตคอนกรีตบล็อกเพื่อใช้ในการก่อสร้างผนังอาคาร และส่งผลต่อการเกิดความเป็นด่างและการระเหยของน้ำ ผลลัพธ์ที่เกิดจากงานวิจัยนั้นนอกจากจะเป็นการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ซึ่งส่งผลต่อการลดปริมาณวัสดุที่ต้องกำจัดในแต่ละวันแล้ว ยังก่อให้เกิดวัสดุชนิดใหม่ที่สามารถส่งเสริมการประหยัดพลังงานสะสม (embodied energy) และพลังงานในขณะใช้อาคาร (operating energy)

การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาการเลือกอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของวัสดุจากปูนปลาสเตอร์ของแบบแม่พิมพ์ จากอุตสาหกรรมเซรามิก การดูดซึมน้ำ และการคายน้ำตามคุณสมบัติเด่นของปูนปลาสเตอร์ นอกจากจะเป็นการพัฒนาวัสดุสำหรับ

อาคารที่ลดการใช้พลังงานแล้ว การนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเซรามิก กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ยังเป็นการช่วยลดพลังงานที่ใช้และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ตามมาจากระบวนการกำจัดอีกทางหนึ่งด้วย

กรอบการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การนำปูนปลาสเตอร์ของแบบพิมพ์เซรามิกที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตคอนกรีตบล็อกนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ของคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของแบบแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์จากอุตสาหกรรมเซรามิก ในขั้นตอนนี้นักวิจัยมุ่งเน้นเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อก ด้วยส่วนผสมปูนปลาสเตอร์เหลือทิ้งที่มีขนาดที่แตกต่างกัน หลังจากได้คอนกรีตบล็อกตามอัตราส่วนต่างๆแล้วก็จะทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ การดูดซึมน้ำและการคายน้ำโดยจากคุณสมบัติการดูดซึมน้ำและการคายน้ำได้ดีทำให้ช่วยในการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารทำให้ลดการใช้พลังงานในตัวอาคารลงได้ ดังนั้นกรอบของการศึกษาและขั้นตอนการศึกษาแสดงจึงดังแสดงใน Figure 1

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ปูนปลาสเตอร์ได้มาจากแบบแม่พิมพ์ จากอุตสาหกรรมเซรามิก ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ทราย และยิปซัม หาซื้อตามท้องตลาดทั่วไป เตรียมปูนปลาสเตอร์ไว้ 2 ขนาดคือ 0.5 cm และ 1cm แล้วนำมาใช้เป็นวัสดุประสานตามอัตราน้ำต่อวัสดุประสาน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน คือ

- 1) ศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นเพื่อหาอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม
- 2) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อก
- 3) ศึกษา คุณสมบัติการลดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์

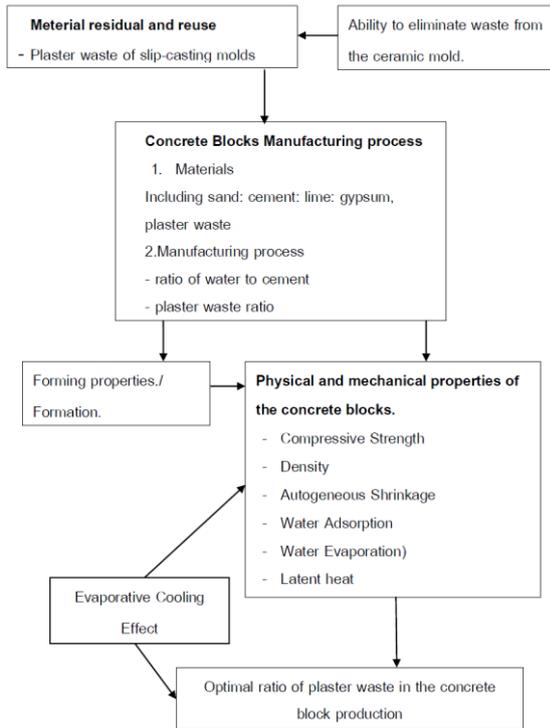


Figure 1 Research framework



Figure 2 Plaster waste materials



Figure 3 Concrete blocks manufacturing

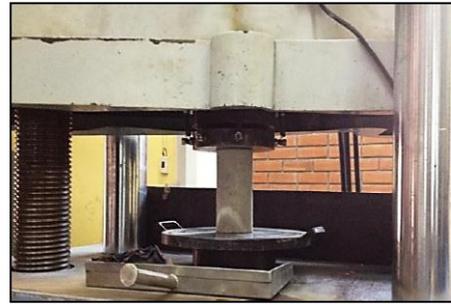


Figure 4 Compressive strength test



Figure 5 Latent heat evaporation

Table 1 Testing compositions of concrete blocks with two plaster sizes (0.5 and 1.0 cm.)

Plaster	sand	cement	lime	gypsum	water to cement (w/c)
size 1 cm	0	50	30	10	0.5
	10	40			
	20	30			
	30	20			
	0	50			0.63
	10	40			
	20	30			
	30	20			
	0	50			0.75
	10	40			
	20	30			
	30	20			
size 0.5 cm	0	50	30	10	0.5 from test
	10	40			
	20	30			
	30	20			
	30	20			

การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นเพื่อหาอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม

เตรียมส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์ ขนาด 1 cm แสดงใน Figure 2 (d) (ปูนปลาสเตอร์ : ททราย : ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซัม) ตามอัตราส่วนที่กำหนดดังตารางที่ 1 ผสมส่วนผสมทั้งหมดในแต่ละอัตราส่วนเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องผสม เทน้ำลงไปตามอัตราส่วนน้ำ/วัสดุประสาน (w/c) เท่ากับ 0.50, 0.63 และ

0.75 โดยใช้ปูนปลาสเตอร์แทนทรายในอัตราส่วนร้อยละโดยปริมาตร เท่ากับ 0, 10, 20 และ 30 ตามลำดับ โดยผลิตคอนกรีตบล็อกในอัตราส่วนละ 5 ก้อนดังแสดงไว้ใน Figure 2 (a) เมื่อตัวอย่างส่วนผสมเริ่มแข็งตัว (ประมาณ 24 ชั่วโมง) นำคอนกรีตบล็อกตัวอย่างมาบ่มต่อโดยการห่อหุ้มด้วยพลาสติก ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน แล้วนำไปอบในตู้อบความร้อน Hot air oven อุณหภูมิ 105 °C เวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกเพื่อเลือกค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (W/C) ที่เหมาะสม โดยทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine) ทำงานด้วยระบบ Hydraulic และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์แสดงไว้ใน Figure 2 (b) โดยเลือกจากค่ากำลังรับแรงอัดที่ดีที่สุด เพื่อนำไปอ้างอิงในการหล่อคอนกรีตบล็อกสำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อก

เมื่อได้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมแล้วทำการหล่อบล็อกคอนกรีตตามวิธีเหมือนกันกับการหล่อคอนกรีตบล็อกเพื่อหาอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสมโดยใช้ขนาดของปูนปลาสเตอร์เท่ากับ 0.5 cm ซึ่งได้จากการทดสอบแล้ว ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งทำการทดสอบดังนี้ 1) ค่ากำลังรับแรงอัด โดยใช้เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine) ทำงานด้วยระบบ Hydraulic และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ 2) ค่าการหดตัว โดยทำการทดสอบการหดตัวตั้งแต่วันที่ถอดออกจากแบบ แล้วนำค่าที่ได้จากการทดสอบไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การหดตัว 3) ค่าความหนาแน่น ทำการวัดปริมาตรและมวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 105 °C แล้วคำนวณค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ

การศึกษาคุณสมบัติการลดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์

คอนกรีตบล็อกที่ได้ผ่านการทดสอบด้านกายภาพแล้วนำมาทดสอบดังนี้ 1) ค่าการดูดซึมน้ำ เป็นการทดลองโดยเปรียบเทียบน้ำหนักของก้อน

คอนกรีตบล็อกหลังจากที่แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกที่ผ่านการอบแห้ง ตามมาตรฐาน มอก.1505-2541 ชั้นคุณภาพ 2 ชนิด 0.5⁶ 2) ค่าการระเหยน้ำนำก้อนคอนกรีตบล็อกแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและนำไปวางในที่ร่มมีลมพัดผ่านใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด รุ่น ebor TFI 650 วัดอุณหภูมิของก้อนคอนกรีตบล็อกทั้งสองด้าน และชั่งน้ำหนักบันทึกผลทุกๆ 30 นาทีแสดงไว้ใน Figure 2 (c) 3) ผลต่ออุณหภูมิและการคายความร้อนแฝง นำก้อนคอนกรีตมาตั้งเรียงกันในที่ร่มลักษณะเป็นผนังบ้านใช้น้ำรดผนังแทนผนังด้านนอกบ้านที่สัมผัสบรรยากาศและอีกด้านที่ไม่มีน้ำรดน้ำแทนผนังด้านในบ้านที่ไม่มีสัมผัสกับอากาศ ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด รุ่น ebor TFI 650 วัดอุณหภูมิของก้อนคอนกรีตบล็อกทั้งสองด้านทุกๆ 30 นาที

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีปูนปลาสเตอร์ของแบบพิมพ์เซรามิกเป็นส่วนผสม ซึ่งวัสดุที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเซรามิก และเป็นปัญหาต่อโรงงานอุตสาหกรรม ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการนำของเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่หรือใช้เป็นวัสดุทดแทนในการผลิตคอนกรีตบล็อก ซึ่งเป็นการช่วยลดปัญหาปริมาณการทิ้งปูนปลาสเตอร์อีกทางหนึ่ง ในการนี้ผู้วิจัยได้นำแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เหลือทิ้งมาย่อยให้ได้ขนาด 0.5 cm และ 1 cm เพื่อใช้ในการแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละโดยปริมาตรคือ 0, 10, 20 และ 30 โดยจะใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50, 0.63 และ 0.75 เพื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด โดยนำอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุดไปใช้อ้างอิงหาค่าการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของปูนปลาสเตอร์ขนาด 0.5 cm. ต่อไป ซึ่งการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตมีดังต่อไปนี้

1. การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นเพื่อหาอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม

1.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

โดยการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก ได้แก่ อัตราส่วนน้ำที่แตกต่างกันคือ 0.5, 0.63 และ 0.75 และอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่แตกต่างกันร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยใช้ปูนปลาสเตอร์ขนาด 1 เซนติเมตร ในการหาอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้อ้างอิงในการขึ้นรูปตัวอย่างของคอนกรีตบล็อก ซึ่งได้ผลการศึกษาดัง Figure 6 คือ จากการศึกษาอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม ทุกอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานกำลังรับแรงอัดผ่านมาตรฐานมอก. 57-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักซึ่งกำหนดค่ามาตรฐานต่ำสุดไว้ที่ 70 kg/cm^2 จึงเลือกอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.5 เพราะมีค่ากำลังรับแรงอัดที่ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ ทฤษฎีที่ว่า อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานต่ำสุดอยู่ที่ 0.42 ที่ทำปฏิกิริยาไฮเดรชันอย่างสมบูรณ์ แต่ในความเป็นจริงแล้วทำปฏิกิริยากันอย่างไม่สมบูรณ์⁸ ดังนั้น จึงนำไปอ้างอิงเพื่อออกแบบอัตราส่วนคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์ที่มีขนาดเล็กและใช้ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกลต่อไป ปัจจัยของปริมาณน้ำที่มีต่อค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อก พบว่า เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลง เนื่องจากน้ำมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเทได้ของคอนกรีต การเพิ่มปริมาณน้ำทำให้คอนกรีตมีสภาพเหลวและอัดแน่นได้ง่าย แต่ทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลง และหากมีปริมาณน้ำผสมน้อยเกินไปคอนกรีตจะมีความแห้งกระด้างในการผสมทำให้เทลงแบบได้ยากขึ้น

ปัจจัยของอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่มีต่อค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกพบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดจะลดลงเมื่ออัตราส่วนปูนปลาสเตอร์เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากปูนปลาสเตอร์ที่เข้าไปแทนที่ทรายโดยปริมาตรนั้นทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของคอนกรีตลดน้อยลง และทรายซึ่งเป็นมวลรวมที่ช่วยให้คอนกรีตมีความทนทานสามารถรับกำลังอัดได้สูงขึ้นเมื่อถูกแทนที่ด้วยปูนปลาสเตอร์ที่เพิ่มมากขึ้นทำให้สามารถรับกำลังอัดได้น้อยลง ดังนั้น เมื่ออัตราส่วนผสมปูนปลาสเตอร์เพิ่มมากขึ้นค่ากำลังรับแรงอัดจะมีค่าลดลงดังที่ได้กล่าวมา

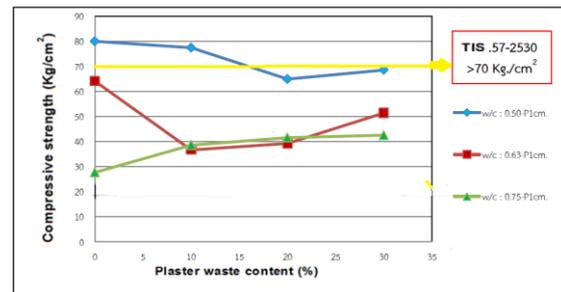


Figure 6 Comprehensive strengths of concrete blocks with different plaster contents and w/c ratio

2. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด

จากการศึกษาอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมในเบื้องต้นสามารถเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ (Water to cement content, W/C) : 0.5 ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกจึงได้นำอัตราส่วนน้ำ 0.5 เพื่อขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกเพื่อทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติการลดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์ จะทำการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์ ขนาด 0.5 cm. และขนาด 1 cm ต่อไป โดยทำการศึกษปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกได้แก่ อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ และขนาดของปูนปลาสเตอร์ที่แตกต่างกัน

จากผลพบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดจะลดลงตามอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่เพิ่มขึ้นทั้งสองขนาดดัง Figure 7 เมื่อใช้แทนที่ทรายโดยปริมาตร ซึ่งเกิดจากความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของคอนกรีตจะลดน้อยลง และพบว่าอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่ขนาด 1 cm. มีค่ากำลังรับแรงอัดต่ำกว่าขนาด 0.5 cm. ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานร้อยละ 30 ดังนั้น ค่ากำลังรับแรงอัดเป็นไปตามมาตรฐานมอก. 58-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักซึ่งกำหนดค่ามาตรฐานต่ำสุดไว้ที่ 25 kg/cm^2

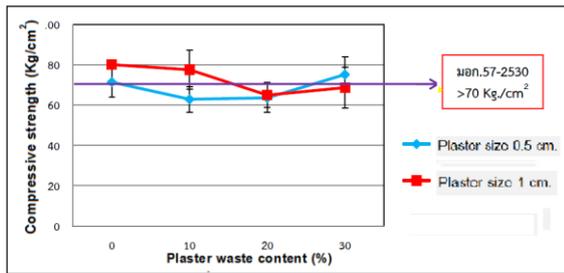


Figure 7 Comprehensive strengths test of concrete block containing different plaster sizes

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่น

เมื่อมีการผสมปูนปลาสเตอร์เข้าไปตามอัตราส่วน มีแนวโน้มว่าค่าความหนาแน่นจะลดลงตามอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปูนปลาสเตอร์มีคุณสมบัติความเป็นยิปซั่มถึง 95% จึงทำให้เนื้อคอนกรีตมีความร่วนและปูนปลาสเตอร์ทำให้เกิดการชะลอการจับตัวของคอนกรีต โดยอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่ขนาด 1 cm. มีค่าความหนาแน่นมากกว่าขนาด 0.5 cm เนื่องจากลักษณะของก้อนปูนปลาสเตอร์ที่มีขนาดใหญ่จะสัมผัสกันระหว่างอนุภาคในเนื้อคอนกรีตได้น้อยกว่า ดังนั้น ความหนาแน่นมีค่าลดลงตามอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่เพิ่มขึ้น

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการหดตัว

เมื่อมีการผสมปูนปลาสเตอร์ตามอัตราส่วนต่างๆพบว่า มีแนวโน้มค่าการหดตัวมากขึ้นตามอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ขนาด 1 cm. มีค่าการหดตัวมากกว่าขนาด 0.5 cm. อย่างเห็นได้ชัดเจนและมีแนวโน้มการหดตัวมากขึ้นตามอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่เพิ่มขึ้น การหดตัวของคอนกรีตบล็อกอาจเกิดจากการสูญเสียน้ำในขณะที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัว และปูนปลาสเตอร์มีขนาดที่ใหญ่กว่าจึงอาจใช้เวลาในการดูดซึมน้ำนานกว่าขนาดเล็กซึ่งปูนปลาสเตอร์มีคุณสมบัติการดูดการคายน้ำที่ดีจึงอาจส่งผลต่อค่าการหดตัวของคอนกรีตบล็อก

3. การทดสอบคุณสมบัติการลดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์เพื่อเปรียบเทียบกับอิฐมอญและอิฐบล็อก

ผลการทดสอบคุณสมบัติการลดอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์ อิฐมอญ และอิฐบล็อก โดยการเลือกตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลในเมืองต้น ซึ่งมีค่าการทดสอบผ่านมาตรฐาน มอก. 58-2530 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก คือ คอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ที่อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ขนาด 0.5 cm. และขนาด 1 cm. โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.5 ซึ่งทดสอบการดูดกลืนน้ำการระเหยน้ำและอุณหภูมิและการคายความร้อนแฝงของคอนกรีตบล็อกเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิฐมอญ และอิฐบล็อกที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดโดยทำการทดสอบเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์สามารถสรุปเป็นผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนน้ำ

การดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์ที่อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 30 ของทั้ง 2 ขนาด เป็นอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่มีค่าการดูดกลืนน้ำได้ดีที่สุด และที่ปูนปลาสเตอร์ขนาด 0.5 cm. มีค่าการดูดกลืนน้ำได้มากกว่าขนาด 1 cm. ในทุกอัตราส่วนและมีการดูดกลืนน้ำมากขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ เนื่องจากปูนปลาสเตอร์มีคุณสมบัติการดูดการคายน้ำได้ดีจึงทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำมีค่าที่สูง และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิฐที่มีขายตามท้องตลาด ได้แก่ อิฐมอญและอิฐบล็อกพบว่า คอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 30 ดัง Figure 7 ที่ขนาด 0.5 cm. และขนาด 1 cm. มีการดูดกลืนน้ำได้ดีเทียบเท่าหรือมากกว่าอิฐมอญ และดูดกลืนน้ำได้ดีกว่าอิฐบล็อก ดังนั้น ค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 58-2330 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

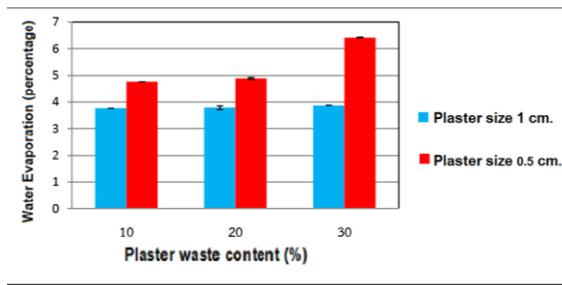


Figure 8 Evaporation properties of concrete block containing different plaster sizes

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยน้ำของคอนกรีตบล็อก

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติการระเหยน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์ ได้แก่ อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ ขนาดของปูนปลาสเตอร์ และเปรียบเทียบกับวัสดุประสานที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

ปัจจัยของอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 10, 20 และ 30 ที่มีผลต่อค่าการระเหยน้ำของคอนกรีตบล็อก พบว่า เมื่ออัตราส่วนปูนปลาสเตอร์เพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าการระเหยน้ำได้มากขึ้น เนื่องจากปูนปลาสเตอร์มีคุณสมบัติการดูดและการคายน้ำได้ดีเมื่อนำปูนปลาสเตอร์ไปแทนที่ทรายเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้สามารถระเหยน้ำได้ดีและมากขึ้นตามอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ดังนั้น เมื่ออัตราส่วนผสมปูนปลาสเตอร์เพิ่มมากขึ้นค่าการระเหยน้ำก็จะมากขึ้นด้วย

ปัจจัยของขนาดปูนปลาสเตอร์ที่มีต่อค่าการระเหยน้ำของคอนกรีตบล็อก พบว่า ปูนปลาสเตอร์ขนาดก้อนเล็กมีค่าการระเหยน้ำมากกว่าขนาดก้อนใหญ่ เนื่องจากขนาดก้อนของปูนปลาสเตอร์ที่เล็กสามารถกระจายตัวได้ดี เมื่อทรายถูกแทนที่ด้วยปูนปลาสเตอร์ขนาดเล็กที่เพิ่มมากขึ้นทำให้สามารถระเหยน้ำได้มากขึ้น ดังนั้น ปูนปลาสเตอร์ที่มีขนาดเล็กที่เพิ่มมากขึ้นค่าการระเหยน้ำจะมีค่ามากขึ้นดังที่ได้กล่าวมาเปรียบเทียบกับวัสดุประสานที่แตกต่างกันที่มีต่อค่าการระเหยน้ำของคอนกรีตบล็อก พบว่าคอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์ที่อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 30 มีค่าการระเหยน้ำได้มากที่สุด ที่ขนาด 0.5 cm. จะมีค่าการระเหยน้ำได้ดีกว่าขนาด 1 cm. ในทุกๆ

อัตราส่วนซึ่งมีความสอดคล้องกันกับอัตราการดูดซึมน้ำ แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิฐที่มีขายตามท้องตลาดพบว่าอิฐมอญมีการระเหยน้ำได้มากเช่นกัน ดังนั้น คอนกรีตบล็อกผสมปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 30 ที่ขนาด 0.5 cm. มีค่าการระเหยน้ำดีที่สุดในที่ได้แสดงไว้ใน Figure 8

3.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิ

คอนกรีตบล็อกด้านที่เปียกและด้านที่แห้งมีอุณหภูมิลดลงในช่วงเวลา 10.00-12.00 น. ของทุกๆ อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ และที่อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 30 มีอุณหภูมิลดลงมากที่สุด และด้านที่แห้งจะมีอุณหภูมิลดลงมากกว่าด้านที่เปียก มีแนวโน้มว่าอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่เพิ่มขึ้นจะสามารถทำให้คอนกรีตบล็อกมีอุณหภูมิลดลง อาจเนื่องมาจากในช่วงเวลาเช้า อาจเนื่องมาจากในช่วงเวลาเช้ายังมีแดดน้อยการสะสมความร้อนจากแดดมีน้อยทำให้อากาศไม่ร้อนมากนัก จากกราฟจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 12.30-14.30 น. เนื่องจากในตอนกลางวันมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงมีความร้อนในบรรยากาศมากขึ้นและการสะสมความร้อนเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้คอนกรีตบล็อกคายน้ำได้เร็วและก่อนคอนกรีตด้านที่เปียกจึงถ่ายเทความร้อนมายังด้านที่แห้ง ทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามช่วงเวลาในตอนกลางวัน

คอนกรีตบล็อกด้านที่เปียกและด้านที่ไม่เปียกมีอุณหภูมิลดลงในช่วงเวลา 10.00-12.00น. ของทุกๆ อัตราส่วน จะเห็นได้ว่าค่าอุณหภูมิของด้านที่เปียกจะเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกัน อาจเป็นไปได้ว่าเกิดจากความคาดเคลื่อนของการวัดอุณหภูมิที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ไม่คงที่ และที่อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 30 จะมีอุณหภูมิลดลงมากที่สุด และด้านที่แห้งมีอุณหภูมิลดลงมากกว่าด้านที่เปียก มีแนวโน้มว่าอัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ที่เพิ่มขึ้นจะสามารถทำให้คอนกรีตบล็อกมีอุณหภูมิลดลง

อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 30 ที่ขนาด 0.5 cm. มีค่าอุณหภูมิลดลงได้ใกล้เคียงกับขนาด 1 cm. และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิฐมอญและอิฐบล็อกจะพบว่า อัตราส่วนปูนปลาสเตอร์ร้อยละ 30 ที่ขนาด 0.5 cm. และ 1 cm. คอนกรีตบล็อกด้านที่แห้ง

6. กระทรวงอุตสาหกรรม. ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ. ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 115 ตอน 105 ง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2541
7. ปริญญา จินประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. ปูนซีเมนต์ ปอชโซลาน และคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. 2555