

คอนกรีตผสมมวลรวมเบาเซลลูโลสฟุ้งตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะชนิดพาราฟิน

Concrete mixed with Cellular Lightweight Aggregate

Impregnated with Paraffin Type Phase Changed Material

สุภาวดี อนันต์คุศรี¹, พรลภัส สุขศรี², ณปภัช พรหมจันทร์³, ธนวรรณ สงฆ์โนนเหล็ก⁴

ปิติ สุกนธสุขกุล^{5*}

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการพัฒนาคุณสมบัติด้านอุณหภูมิของผนังคอนกรีตด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน โดยนำวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟินมาฝังตัวในมวลรวมเบาที่ทำจากเศษบล็อกคอนกรีตมวลเบา หลังจากนั้นใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีต เพื่อปรับปรุงความสามารถในการเป็นฉนวนของผนังคอนกรีตมวลเบา โดยมีสัดส่วนมวลรวมเบาฝังวัสดุเปลี่ยนสถานะที่ 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% ผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย 1) ผลการทดสอบการฝังตัววัสดุเปลี่ยนสถานะในมวลรวมเบาพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะและค่าหน่วยน้ำหนักหลังการฝังตัววัสดุเปลี่ยนสถานะมีค่าสูงขึ้น 2) ผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตผสมมวลรวมเบาที่มีการฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ แบ่งออกเป็นทางด้านเชิงกลและเชิงกายภาพ พบว่าคอนกรีตที่มีสัดส่วนมวลรวมเบาฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ มีความสามารถในการรับกำลังแรงอัดและรับกำลังแรงดัดได้สูงขึ้นตามสัดส่วนผสมมวลรวมเบา ส่วนคุณสมบัติเชิงกายภาพ คือ การทดสอบการเก็บความร้อน พบว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยมวลรวมเบาฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะมีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนที่ดีขึ้น ทำให้การส่งผ่านความร้อนนั้นมีระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

คำสำคัญ : มวลรวมเบา วัสดุเปลี่ยนสถานะ พาราฟิน การฝังตัว

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²⁻⁴นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

⁵ศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยวัสดุอาคารและการก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*Corresponding author, e-mail : piti.s@eng.kmutnb.ac.th

Abstract

This study aims to improve thermal properties of concrete walls using Phase Change Material. The paraffin type of phase change material was impregnated into the lightweight aggregates made from aerated concrete blocks. The PCM aggregates were used as an ingredient in concrete mixture and replaced non-PCM aggregates at 0, 25, 50, 75 and 100% by weight. The experimental series were divided into two parts. 1) The investigation on properties of paraffin aggregates. Results indicated the increase in both specific gravity and unit weight after the paraffin was impregnated into the aggregates. 2) The investigation on properties of concrete mixed with PCM lightweight aggregates which divided into mechanical and physical properties. For the mechanical property, it was found that concrete mixed with PCM lightweight aggregates exhibited higher compressive and flexural strength with the increasing PCM aggregate content. For the physical property, the concrete mixed with PCM aggregates was found to better heat storage capability. This prolonged the duration of heat transfer.

Keywords: Light Weight Aggregates, Phase Change Materials, Paraffin, Impregnation

1. ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับวิกฤตการณ์สภาวะโลกร้อน สาเหตุของหลักมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันเนื่องมาจากการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงฟอสซิลในภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือน ปัญหาสภาวะโลกร้อนส่งผลให้การใช้พลังงานภายในอาคารส่วนใหญ่ถูกใช้หนักไปในการปรับอากาศ แนวทางการแก้ไขปัญหาอุณหภูมิของอาคาร มีวิธีการต่างๆ หลายวิธี การปลูกต้นไม้เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวรอบอาคาร การทำผนังอาคารภายนอกด้วยสีอ่อน และการเลือกวัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวน เช่น คอนกรีตมวลเบาหรือบล็อกมวลเบาที่มีความพรุนสูงและมีความเป็นฉนวนสูง ซึ่งปัจจุบันโครงการก่อสร้างบ้านหรือคอนโดมิเนียม นิยมนำใช้บล็อกมวลเบา เนื่องจากมีคุณสมบัติด้านมีน้ำหนักเบา และมีความเป็นฉนวนสูง

นอกจากการใช้วัสดุที่มีความพรุนสูงแล้ว แนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นฉนวนของวัสดุยังสามารถทำได้โดยการนำวัสดุเปลี่ยนสถานะที่คุณสมบัติด้านการกักเก็บความร้อนแฝงสูงมาผสม โดยวัสดุดังกล่าวจะสามารถดูดซับความร้อนไว้ในตัววัสดุในช่วงของการหลอมละลายโดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของสภาพแวดล้อมรอบข้าง งานวิจัยในอดีต เช่น เอกชัย อินทวงษ์ ได้เสนอแนวทางในการจัดการด้านความร้อนและอุณหภูมิด้วยการใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน (Paraffin) เข้ามาฝังตัวในมวลรวมเบาที่มีความพรุนสูง [1] โดยในงานวิจัยดังกล่าวพบว่าค่ากำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตขึ้นอยู่กับความถี่ของแรงกระทำและช่องว่างของมวลรวม และยังพบว่าปริมาณพาราฟินที่เพิ่มขึ้นทำให้คอนกรีตมีการกักเก็บอุณหภูมิไว้ในภายในได้ดีขึ้นทำให้การส่งผ่านอุณหภูมิของคอนกรีตจากกึ่งกลางแผ่นไปยังอุณหภูมิภายในข้าง

ณัฐชยกร นนทียุตสิริกกุล ได้เสนอแนวทางในการจัดการด้านความร้อนอุณหภูมิด้วยการใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน (Paraffin) เข้ามาฝังตัวในมวลรวมเบาที่ได้จากกากอุตสาหกรรมการผลิตบล็อกมวลเบา [2] งานวิจัยดังกล่าวพบว่าค่ากำลังรับแรงอัดและค่ากำลังรับแรงดัดของจีโอโพลิเมอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณอัตราส่วนผสมของมวลรวมเบาฝังตัวด้วยพาราฟินที่เพิ่มขึ้น และยังพบว่าปริมาณพาราฟินและมวลรวมเบาเพิ่มขึ้นทำให้ส่งผลให้ระยะเวลาการส่งผ่านความร้อนสู่ภายในมีระยะเวลานานขึ้นและยังส่งผลให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิลดลงในระหว่างการให้ความร้อน

ในส่วนของคนกัรติผนัง Xing Jin ได้เสนอผลกระทบวัสดุเปลี่ยนสถานะกับประสิทธิภาพการระบายความร้อนของผนังอาคาร โดยนำวัสดุเปลี่ยนสถานะมาแทรกเป็นชั้นๆ แปรผันตามความหนาของผนัง ในงานวิจัยดังกล่าวพบว่าระยะของวัสดุเปลี่ยนสถานะที่อยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดพลังงานนั้น มีประสิทธิภาพช่วยในการระบายความร้อนที่ดีที่สุด [3]

ในงานวิจัยนี้เป็นการนำวัสดุเปลี่ยนสถานะที่มีคุณสมบัติในด้านการกักเก็บความร้อนมาฝังตัวในมวลรวมที่ทำจากเศษบล็อกคอนกรีตมวลเบา จากนั้นจึงนำมาผสมในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงความสามารถในการเป็นฉนวนของผนังคอนกรีตมวลเบา โครงการทดสอบจะประกอบไปด้วยการทดสอบการฝังตัวของพาราฟินในมวลรวมเบา การทดสอบค่ายุบตัว การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต การทดสอบกำลังรับแรงอัดทรงลูกบาศก์ การทดสอบกำลังรับแรงดัด และการทดสอบคุณสมบัติการเก็บความร้อน

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 2.1 การศึกษาการฝังตัววัสดุเปลี่ยนสถานะในมวลรวมเบาและศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ
- 2.2 ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมมวลรวมเบาที่มีการฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟินทั้งด้านเชิงกลและเชิงกายภาพ

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 คอนกรีตมวลเบาชนิดเซลลูลาร์

คอนกรีตมวลเบาในงานวิจัยนี้ เป็นคอนกรีตมวลเบาเซลลูลาร์ที่ได้โดยการเพิ่มฟองอากาศขนาดตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5 มม. เข้าไปในเนื้อซีเมนต์เพสต์ ซึ่งมีหน่วยน้ำหนักตั้งแต่ 300 ถึง 1100 กก/ม³ กำลังรับแรงอัดค่อนข้างต่ำตั้งแต่ 0.3 ถึง 7.0 MPa และมีคุณสมบัติทางด้านฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.3 W/m.K คอนกรีตมวลเบาจากการเติมฟองอากาศได้รับความนิยมอย่างสูงในแถบยุโรป ต่อมาได้มีการใช้งานในประเทศไทยในรูปของคอนกรีตบล็อกมวลเบา [1]

3.2 วัสดุเปลี่ยนสถานะ

วัสดุเปลี่ยนสถานะ (Phase change material, PCM) คือวัสดุที่มีการแพร่ของความร้อนสูง [2] ซึ่งสามารถละลายและแข็งตัวที่อุณหภูมิหนึ่ง มีความสามารถในการจัดเก็บและปล่อยพลังงานจำนวนมาก เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเพิ่มขึ้นพันธะเคมีของวัสดุจะเปลี่ยนวัสดุจากสถานะของแข็งเป็นของเหลว การเปลี่ยนแปลงในกระบวนการดูดความร้อน (Endothermic process) และเป็นผลทำให้วัสดุจะดูดซับความร้อนจาก

ระบบ เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมลดลงวัสดุเปลี่ยนสถานะจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลับไปเป็นสถานะของแข็ง และหยุดการดูดซึมความร้อนซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นวงจรซ้ำไปซ้ำมา จากงานวิจัยนี้ได้ใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะคือ พาราฟิน ซึ่งถูกจัดให้เป็นวัสดุเปลี่ยนสถานะเนื่องจากสามารถกักเก็บความร้อนได้ดีและมีช่วงของอุณหภูมิหลายๆช่วง

3.3 การพัฒนาวัสดุเปลี่ยนสถานะสำหรับอาคาร

เอกชัย อินทะวงษ์ และคณะ ได้เสนอแนวทางในการจัดการด้านความร้อนและอุณหภูมิด้วยการนำ พาราฟิน (Paraffin) มาฝังตัวในมวลรวมเบา TEXCA ซึ่งเป็นมวลรวมเบาที่มีความพรุนโดยมวลรวมเบาดังกล่าว มีระดับการฝังตัวของพาราฟินสูงสุดที่ร้อยละ 16 โดยน้ำหนัก ถูกนำไปผสมกับคอนกรีต เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพพบว่าปริมาณพาราฟินที่เพิ่มขึ้นทำให้คอนกรีตมีการกักเก็บอุณหภูมิไว้นานขึ้นได้ดียิ่งขึ้น ทำให้การส่งผ่านอุณหภูมิของคอนกรีตจากกึ่งกลางแผ่นไปยังอุณหภูมิภายในช้าลง [3]

ณัฐชัยกร นนทียุตสิริกุล และคณะ ได้เสนอให้นำเศษบล็อกคอนกรีตมวลเบาที่แตกหักในระหว่างกระบวนการผลิตมาย่อยให้ได้ขนาด มาทำการฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟินจากนั้นนำมวลรวมที่ได้ไปหล่อเป็นแผ่นจีโอโพลิเมอร์แล้วทดสอบการเก็บความร้อนในตู้ทดสอบจากการทดสอบพบว่าความพรุนในมวลรวมเบาที่มีผลทำให้มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนโดยตรง เมื่อมีการแทนที่สัดส่วนมวลรวมเบาไม่ฝังตัว พาราฟินเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาการส่งผ่านความร้อนสู่ภายในนานขึ้น ในส่วนของมวลรวมเบาฝังตัวพาราฟินพบว่า พาราฟินมีคุณสมบัติในการเก็บกักความร้อน ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาการส่งผ่านความร้อนสู่ภายในมีระยะเวลานานขึ้น และยังส่งผลให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิลดลงในระหว่างการให้ความร้อน [4]

4. การดำเนินงานวิจัย

4.1 การศึกษาการฝังตัววัสดุเปลี่ยนสถานะในมวลรวมเบา

4.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1) มวลรวมเบาทำจากบล็อกคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำ ประเภท G4 โดยมี ขนาด 25 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 1 และแสดงคุณสมบัติในตารางที่ 1

2) วัสดุเปลี่ยนสถานะพาราฟินชนิด 6035 มีจุดหลอมเหลว 58 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 2 และแสดงคุณสมบัติในตารางที่ 2

3) ตู้อบที่มีอุณหภูมิ 30 ถึง 200 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของมวลรวมเบา

Specification	Unit	Test results
Unit weight of aggregate	kg/m ³	374
Bulk specific gravity of aggregate (Dry basis)		0.707
Percent absorption %	%	67.053



รูปที่ 1 มวลรวมเบา

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของพาราฟินชนิด 6035

Specification	Test Method	Unit	Test Result
Melting Point	ASTM D87	°C	57.2-59.9
Oil Content	ASTM D721	MASS%	0.4
Penetration	ASTM D1321	AT 25 °C	10.0-17.0
Color	ASTM D156		30
UV Absorption	FBA 178.3710		1.3



รูปที่ 2 พาราฟินชนิด 6035

4.1.2 การทดสอบร้อยละการดูดซึมของมวลรวมเบา

นำมวลรวมเบาขนาด 1 นิ้ว × 1 นิ้ว × 1 นิ้ว อบให้แห้งสนิทโดยใช้ระยะเวลาในการอบ 24 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 3 จากนั้นนำมาแช่ในวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟินที่ถูกทำให้หลอมละลายแล้วในเตาอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 4 โดยร้อยละการดูดซึมแปรผันตามระยะเวลาในการฝังตัวมวลรวมเบาในวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน ทำการตรวจสอบร้อยละการดูดซึมของมวลรวมเบาด้วยการชั่งน้ำหนักเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนไปกับระยะเวลาการฝังตัว



รูปที่ 3 มวลรวมเบาอบแห้ง



รูปที่ 4 ขั้นตอนการแช่มวลรวมเบาในพาราฟิน

4.2 ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมมวลรวมเบาที่มีการฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ

4.2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1) ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการทดสอบในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดใช้คอนกรีต ขนาด 10 × 10 × 10 เซนติเมตร คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดใช้คอนกรีต ขนาด 10 × 10 ×

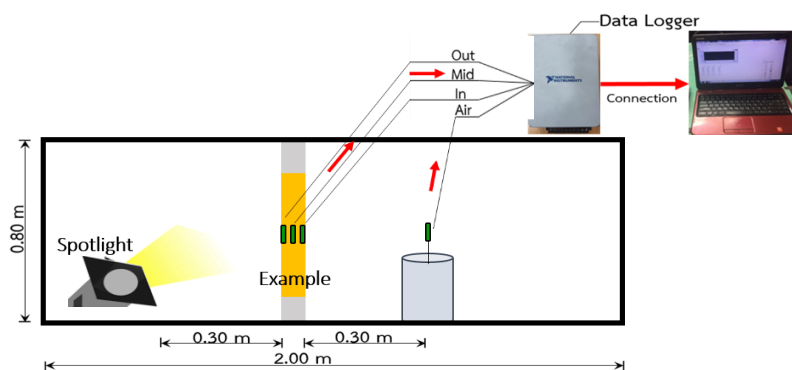
35 เซนติเมตร และคุณสมบัติด้านอุณหภูมิใช้คอนกรีตขนาด $40 \times 40 \times 5$ เซนติเมตร อย่างละ 15 ตัวอย่าง โดยรวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 45 ตัวอย่าง

4.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

- เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.1 กิโลกรัม
- เครื่องผสมคอนกรีตแบบ Pan Mixer ขนาด 200 ลิตร
- เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine ขนาด 1500 kN
- ชุดทดสอบการกักเก็บความร้อนของผนังคอนกรีตผสมมวลรวมเบาที่มีการฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน

4.2.3 การทดสอบคุณสมบัติการเก็บความร้อน

นำแผ่นตัวอย่างทดสอบขนาด $40 \times 40 \times 5$ เซนติเมตร โดยทำการฝังสายวัดอุณหภูมิ (Thermocouple Wire) ไว้ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ประกอบด้วยภายในแผ่นทดสอบทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ผิวด้านหน้า, กึ่งกลางแผ่น, และผิวด้านหลังแผ่นทดสอบตามลำดับ และติดตั้งไว้ในชุดทดสอบอุณหภูมิของคอนกรีตห่างจากแผ่นทดสอบระยะ 30 เซนติเมตร จำนวน 1 จุดซึ่งจำลองให้เป็นอุณหภูมิห้อง ดังแสดงในรูปที่ 5 การทดสอบในส่วนนี้เริ่มจากการเปิดแหล่งกำเนิดความร้อนและเก็บค่าอุณหภูมิที่ระยะเวลาทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิที่กึ่งกลางแผ่นทดสอบมีค่าประมาณ 65 องศาเซลเซียส จะทำการปิดแหล่งกำเนิดความร้อนและปล่อยให้อุณหภูมิ



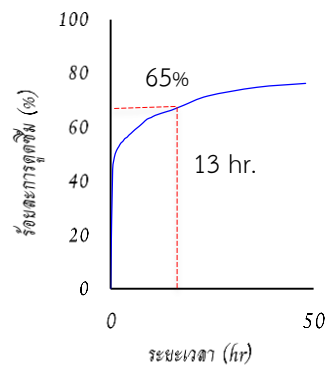
รูปที่ 5 ชุดทดสอบการนำความร้อน

5. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

5.1 การศึกษาการฝังตัวพาราฟินในมวลรวมเบา

5.1.1 ผลทดสอบการฝังตัวพาราฟินของมวลรวมเบา

ผลการทดสอบทำให้ทราบว่าค่าการดูดซึมพาราฟินของมวลรวมเบาเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น และพบว่าร้อยละการดูดซึมที่ 65% ใช้ระยะเวลา 13 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลการฝังตัวพาราฟินของมวลรวมเบ

5.1.2 คุณสมบัติของมวลรวมเบหลังการฝังตัวพาราฟินพบว่าหน่วยน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมวลรวมเบมีปริมาณพาราฟินเพิ่มขึ้น ในส่วนของความถ่วงจำเพาะพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณพาราฟินเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่เปอร์เซ็นต์ดูดซึมน้ำพบว่ามีค่าลดลงเมื่อมีปริมาณพาราฟินเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของตัวมวลรวมเบก่อนและหลังการฝังตัวพาราฟิน

Specification	Unit	Paraffin Content %	
		0	65
Unit weight of aggregate	kg/m ³	374	566
Bulk specific gravity of aggregate (Dry basis)		0.707	0.993
Percent absorption %	%	67.053	2.196

5.1.3 ภาพถ่ายเปรียบเทียบระหว่างมวลรวมเบที่ไม่ผ่านการฝังตัวและที่มีการฝังตัวโดยมวลรวมเบที่ไม่ผ่านการฝังตัวพาราฟิน สีของมวลรวมเบจะเป็นสีขาว มวลรวมเบที่ผ่านการฝังตัวพาราฟิน สีของมวลรวมเบที่ผิวมีลักษณะเข้มขึ้นและรูพรุนของมวลรวมเบถูกแทนที่ด้วยพาราฟินในบางส่วน

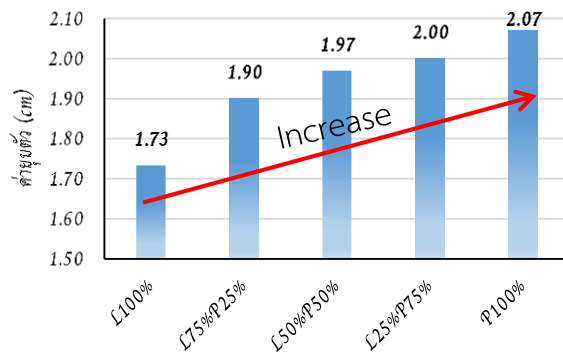
5.2 คุณสมบัติของคอนกรีตผสมมวลรวมเบที่มีการฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน

5.2.1 การทดสอบค่ายุบตัว

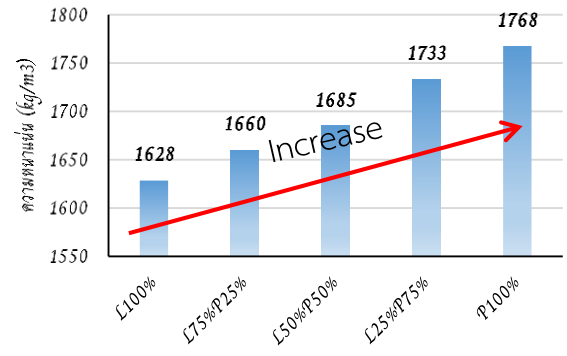
มีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนมวลรวมเบฝังพาราฟินที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมวลรวมเบมีความพรุนสูง ทำให้มีการดูดซึมน้ำที่สูงส่งผลให้มีค่าการยุบตัวต่ำ เมื่อมีการฝังตัวพาราฟินที่มวลรวมเบทำให้มวลรวมเบสามารถดูดซึมน้ำได้น้อยลง น้ำจึงหลงเหลืออยู่ในสัดส่วนผสมเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ค่ายุบตัวสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 7

5.2.2 การทดสอบหาความหนาแน่น

พบว่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนมวลรวมเบฝังพาราฟินที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากช่องว่างของมวลเบถูกเติมเต็มด้วยพาราฟิน ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 7 ผลการทดสอบค่ายุบตัว



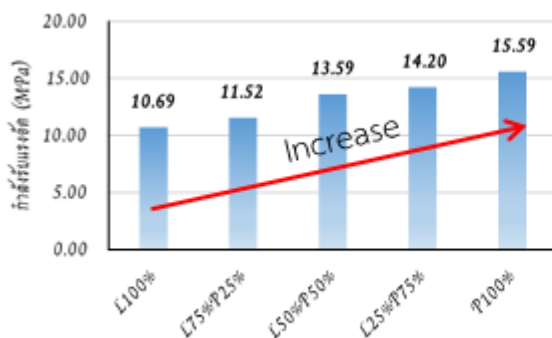
รูปที่ 8 ผลการทดสอบความหนาแน่น

5.2.3 การทดสอบกำลังแรงอัด

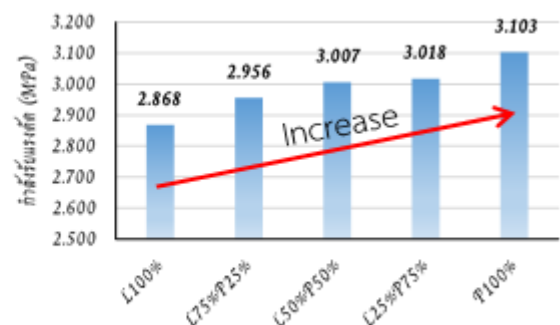
ค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณมวลรวมเบ้าฝังพาราฟินที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากพาราฟินไปเติมเต็มรูพรุนของมวลรวมเบ้าจึงทำให้มวลรวมมีความสามารถในการรับกำลังแรงอัดได้เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 9

5.2.4 การทดสอบกำลังรับแรงดัด

ค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนมวลรวมเบ้าฝังพาราฟินที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการฝังตัวของพาราฟินที่มวลรวมเบ้าจะไปลดช่องว่างในรูพรุนทั้งทำให้มีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 ผลการทดสอบกำลังแรงอัด



รูปที่ 10 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดัด

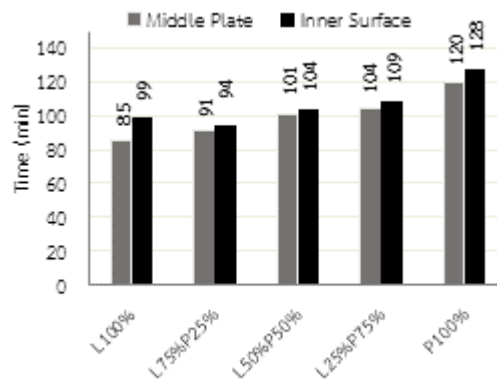
5.2.5 การทดสอบการกักเก็บความร้อน

1. ระยะเวลาการส่งผ่านของอุณหภูมิ

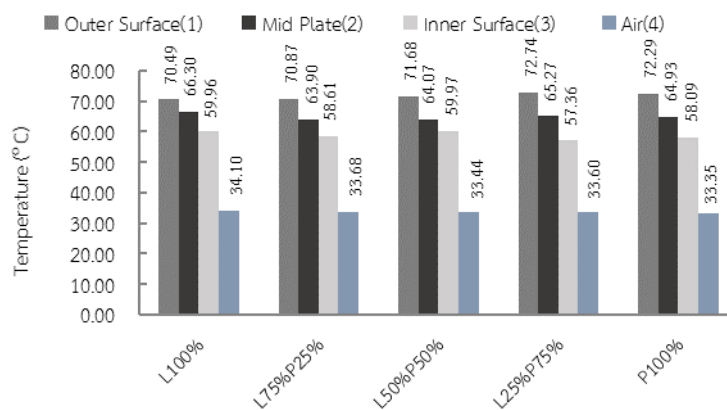
ที่ตำแหน่งกลางและผิวด้านในของแผ่นคอนกรีตระยะเวลาจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณมวลรวมเบ้าฝังพาราฟินที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากพาราฟินมีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อน ในช่วงของการละลายพาราฟินจะทำหน้าที่กักเก็บความร้อนไว้ในตัวของพาราฟิน จึงไม่ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้นและพบว่าอุณหภูมิสูงสุดที่ตำแหน่งกลางแผ่นคอนกรีตจะคงอยู่ในระยะเวลานานกว่าโดยไม่ส่งผ่านความร้อนเข้าไปที่ผิวด้านใน ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิสูงสุดของผิวด้านในมีระยะเวลานานขึ้นด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 11

2. อุณหภูมิสูงสุดที่ตำแหน่งต่างๆ

เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดที่ตำแหน่งต่างๆพบว่าอุณหภูมิห้องแปรผกผันกับปริมาณมวลรวมเบาฝั่งพาราฟิน โดยค่าอุณหภูมิห้องลดลงตามสัดส่วนมวลรวมเบาฝั่งพาราฟินที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 11 อุณหภูมิและเวลาบริเวณกึ่งกลางแผ่นทดสอบ



รูปที่ 12 อุณหภูมิสูงสุดในตำแหน่งต่างๆ ของแผ่นคอนกรีต

3. รูปแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผนัง

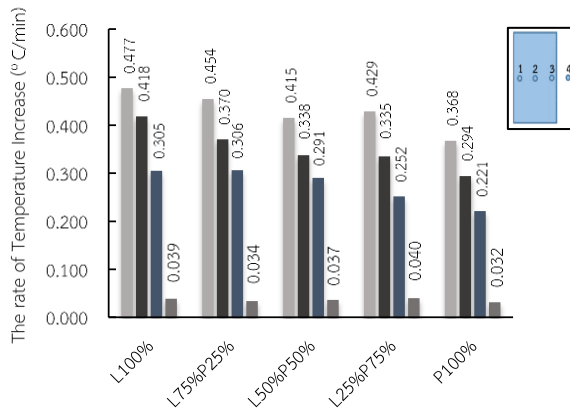
ก.ช่วงการให้ความร้อน

แผ่นคอนกรีตแต่ละสัดส่วนในแต่ละตำแหน่งของแผ่นคอนกรีต พบว่าปริมาณมวลรวมเบาฝั่งพาราฟินเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิลดลง เนื่องจากมวลรวมเบาที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน และการใช้มวลรวมเบาฝั่งพาราฟินพบว่าช่วยทำให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิลดลง ดังแสดงในรูปที่ 13

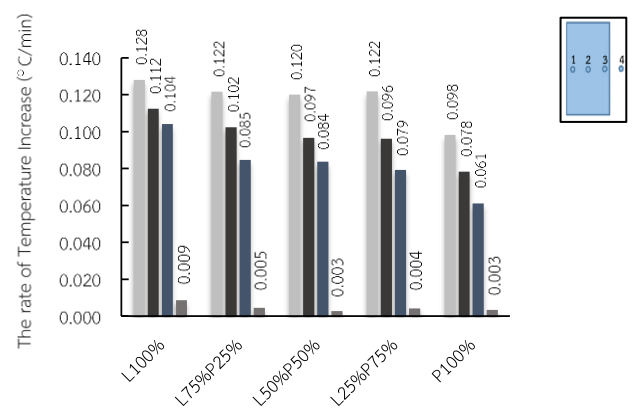
ข.หลังการให้ความร้อน

คอนกรีตมวลรวมเบาฝั่งพาราฟินมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิช้ากว่าคอนกรีตที่มีมวลรวมเบาปกติ เนื่องจากพาราฟินมีส่วนช่วยในการเก็บกักความร้อนจึงส่งผลทำให้การลดลงของอุณหภูมินั้นช้าลง ดังแสดงในรูปที่ 14

■ Outer Surface(1) ■ Mid Plate(2) ■ Inner Surface(3) ■ Air(4)



■ Outer Surface(1) ■ Mid Plate(2) ■ Inner Surface(3) ■ Air(4)



รูปที่ 13 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิในช่วงการให้ความร้อน

รูปที่ 14 อัตราการลดอุณหภูมิหลังการให้ความร้อน

6. สรุปผล

ผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบไปด้วย 1) ผลการทดสอบการฝังตัววัสดุเปลี่ยนสถานะในมวลรวมเบ้าพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะและค่าหน่วยน้ำหนักหลังการฝังตัววัสดุเปลี่ยนสถานะมีค่าสูงขึ้น 2) ผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตผสมมวลรวมเบ้าที่มีการฝังตัวด้วย วัสดุเปลี่ยนสถานะแบ่งออกเป็นทางด้านเชิงกลและเชิงกายภาพ ผลการทดสอบพบว่าคอนกรีตที่มีสัดส่วนมวลรวมเบ้าฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ มีความสามารถในการรับกำลังแรงอัดและรับกำลังแรงดัดได้สูงขึ้นตามสัดส่วนผสมมวลรวมเบ้า ส่วนคุณสมบัติเชิงกายภาพ คือ การทดสอบการเก็บความร้อน จากการทดสอบพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการให้ความร้อน เนื่องจากพาราฟินมีคุณสมบัติในการเก็บกักความร้อน ส่งผลให้แผ่นคอนกรีตผสมมวลรวมเบ้าที่มีการฝังพาราฟินมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิต่ำสุด และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหลังการให้ความร้อน พบว่าแผ่นคอนกรีตผสมมวลรวมเบ้าที่มีการฝังพาราฟินมีอัตราการลดของอุณหภูมิที่ต่ำสุด ทำให้การส่งผ่านความร้อนนั้นมีระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น เนื่องจากมวลรวมเบ้าดังกล่าวสามารถเป็นทั้งฉนวนกั้นความร้อนและเก็บกักความร้อนในเวลาเดียวกัน

7.กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา รวมถึงบิดามารดา และครอบครัว ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูตลอดจนความรักความห่วงใยที่มีเสมอมา จนปริญญานิพนธ์นี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ปิติ สุขคนธสุขกุล. (2555). คอนกรีตมวลเบาผสมฟองอากาศหรือชนิดเซลล์ลูลาร์, คอนกรีตพิเศษ. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [2] Pania Meshgin, Yunping Xi, Yue Li, Utilization of phase change materials and rubber particles to improve thermal and mechanical properties of mortar , Construction and Building Materials. 28 (2012). 713–721
- [3] เอกชัย อินทวงษ์, (2556). คุณสมบัติคอนกรีตผสมมวลรวมเบาฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะชนิดพาราฟิน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [4] ณัฏฐ์ชยกร นนทียุตสิริกุล, (2557). คุณสมบัติของจีโอโพลิเมอร์ผสมมวลรวมเบาฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะชนิดพาราฟิน วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ