การพัฒนาคอนกรีตบล็อกพรุนสำหรับอาคารประหยัดพลังงาน

สนธยา ทองอรุณศรี[1*], วิไลพร นุ่นภักดี[1], ศรายุทธิ์ หลีแก้วสาย[1] และ อรวรรณ ปัญญานาค[2]

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติในการอนุรักษ์พลังงาน โดยนำคอนกรีตเบาชนิดไร้ทราย มาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกพรุน ซึ่งมีน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป มีค่าการนำความร้อนต่ำ เพื่อช่วยลดความร้อนจากภายนอกที่เข้าสู่ตัวอาคาร และมีราคาใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป เพื่อให้ประชาชนผู้มีรายได้น้อยสามารถนำไปสร้างบ้านราคาประหยัด การวิจัยนี้เป็นการศึกษาส่วนผสมที่มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ระหว่าง 0.25 - 0.45 และอัตราส่วนวัสดุผสมต่อปูนซีเมนต์ระหว่าง 6.0 – 12.0 มวลรวมที่ใช้เป็นหินปูนที่มีขนาดเดี่ยว โดยมีขนาด 3/8 นิ้ว (10 มิลลิเมตร) จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติด้านกำลังอัด หน่วยน้ำหนัก และราคาของคอนกรีตบล็อกพรุน ส่วนผสมที่เหมาะสำหรับนำมาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกพรุน ได้แก่ส่วนผสมที่มีอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : มวลรวม เท่ากับ 1 : 9.33 โดยน้ำหนัก (1 : 11 โดยปริมาตร) และมีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.367 คอนกรีตบล็อกพรุนที่ได้ มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 52.22 กก./ตร.ซม. และมีหน่วยน้ำหนัก 1,629 กก./ลบ.ม. ซึ่งมีน้ำหนักและค่าการนำความร้อนน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปประมาณ 20% และ 45% ตามลำดับ ต้นทุนการผลิตประมาณ 2.12 บาทต่อก้อน (ไม่รวมค่าแรง) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป ดังนั้นจากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วจึงสามารถสรุปได้ว่า คอนกรีตบล็อกพรุนที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติในการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งสามารถลดน้ำหนักของโครงสร้าง และช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร เมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

คำสำคัญ : คอนกรีตบล็อก, คอนกรีตพรุน, คอนกรีตไร้ทราย, ค่าการนำความร้อน
(การประชุมวิชาการ การวิจัยภาคปฏิบัติและการพัฒนา ครั้งที่ 1, เชียงใหม่)

[1] สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
[2] แผนกวิชาช่างก่อสร้าง, วิทยาลัยสารพัดช่างตาก
* ผู้ติดต่อ อีเมลล์ : Sontaya@rmutl.ac.th รับเมื่อ 1 สิงหาคม 2554 ตอบรับเมื่อ 10 ตุลาคม 2554

Development of Porous Lightweight Concrete Block for Green Building

Sontaya Tongaroonsri [1] , Sarayoot Lekauwsay[1], Vilaiwan Nunpakde[1] and Orawan Punyanak[2]

Abstract

The research developed concrete block having property for saving energy. The no-fine concrete is used to produce porous concrete block which lighter weight than typical concrete block, and have lower thermal conductivity resulted in heat transfer reduction from outside into the building. The porous concrete block has similar cost with typical concrete block so the person who has low revenue can use to build their house. In this study, the water to cement ratio is used in the range between 0.25 to 0.45 and the total weight of mixture to cement ratio in the range between 6.0 and 12.0. Crushed limestone with single size of 3/8" (10 mm.) is used as coarse aggregate. By considering the compressive strength, unit weight and production cost, the optimum proportion to produce porous concrete block is 1 : 9.33 by weight (cement : aggregate) or 1 : 11 by volume and water to cement ratio is 0.367. The compressive strength at day 28of curing of porous concrete block is 52.22 kg/cm^3 and unit weight is 1,629 kg/m^3. The porous concrete block have lower unit weight and thermal conductivity than typical concrete block about 20% and 45%, respectively. The production cost without wage is about 2.12 baht per unit which is similar to the typical concrete block. Thus, it suggested that the porous concrete block can conserved energy by reduced weight of structure and heat transfer to the building.

Keywords: concrete block**,** porous concrete**,** no-fine concrete, thermal conductivity
(Selected from 1st Symposium on Hands-on Research and Development, Chiang Mai)

[1] Department of Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak Campus

[2] Construction Division, Tak Polytechnic College

* Corresponding author, Email: Sontaya@rmutl.ac.th Received 1 August 2011; Accepted 10 October 2011

1. บทนำ

คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยใช้ในการก่อผนังหรือกำแพงเนื่องจากเป็นวัสดุที่ง่ายและสะดวกต่อการก่อสร้าง มีราคาถูก น้ำหนักเบา มีความแข็งแรง และคงทนต่อสภาพอากาศ ใช้เวลาก่อสร้างน้อย จึงทำให้ต้นทุนการก่อสร้างต่ำกว่าการใช้อิฐมอญ นอกจากนี้สามารถควบคุมขนาดและคุณภาพได้อย่างสม่ำเสมอ มีค่าการยืดหดตัวซึ่งเกิดจากความชื้น และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้เกิดการแตกร้าวน้อยกว่าผนังแบบอื่น [1-3]

จากกระแสอนุรักษ์พลังงานและการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ปัจจุบันมีการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาออกจำหน่าย เนื่องจากมีข้อดีหลายประการคือ น้ำหนักเบา ทำให้โครงสร้างอาคารรับน้ำหนักน้อยลง และคอนกรีตบล็อกมวลเบากันความร้อนได้ดีทำให้ประหยัดพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศ กันเสียงได้ดีเนื่องจากมีความพรุนทำให้สามารถลดเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารและทนไฟได้ดี การผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบมีฟองอากาศอบไอน้ำ ซึ่งวิธีการผลิตจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูง เงินลงทุนจำนวนมาก และในกระบวนการผลิตยังต้องใช้วัตถุดิบและพลังงานจำนวนมหาศาล เนื่องจากต้องมีการอบไอน้ำในห้องที่มีความดันสูง จึงทำให้ราคาคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่ผลิตด้วยวิธีนี้มีราคาแพง บ้านพักอาศัยของชาวบ้านในท้องถิ่นทั่วไปยังไม่สามารถเข้าถึงคอนกรีตบล็อกชนิดนี้ได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ มีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน โรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกทั่วไปสามารถผลิตได้ ผู้วิจัยจึงพัฒนาคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากคอนกรีตมวลเบาชนิดไร้ทราย (no-fine concrete) หรือคอนกรีตพรุน (porous concrete) เนื่องจากคอนกรีตพรุนมีวิธีการผลิตไม่ซับซ้อน สามารถดูดซับเสียงได้ [4] มีการหดตัวและมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ จึงถูกนำมาใช้ในงานคอนกรีตที่ต้องการคุณสมบัติความเป็นฉนวน [5,6] งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติด้านกำลังของคอนกรีตพรุนได้แก่ อัตราส่วนช่องว่าง ลักษณะของซีเมนต์เพสต์ ปริมาตรและขนาดของมวลรวมหยาบ [7-9] โดยทั่วไปคอนกรีตพรุนมีกำลังอยู่ระหว่าง 143-408 กก./ตร.ซม. [5] ซึ่งมีกำลังอัดเพียงพอที่จะนำมาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อก

จากคุณสมบัติด้านการนำความร้อนต่ำ น้ำหนักเบา ดูดซับเสียงได้ดี มีวิธีการผสมไม่ยุ่งยาก รวมถึงการฉาบปูนที่ผิวของคอนกรีตพรุนทำได้ง่ายเนื่องจากมีผิวหยาบ จึงทำให้คอนกรีตพรุนมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกมวลเบา สำหรับอาคารประหยัดพลังงาน เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งให้ผู้บริโภคมีวัสดุสำหรับก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานที่มีราคาถูก ดังนั้นในบทความนี้จึงได้นำเสนอผลการศึกษาการพัฒนาคอนกรีตบล็อกที่มีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปจากคอนกรีตพรุน ซึ่งจะเรียกคอนกรีตบล็อกที่ได้ว่า “คอนกรีตบล็อกพรุน (porous concrete block)” โดยเป็นการหาส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกพรุนที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ มีคุณสมบัติด้านการอนุรักษ์พลังงาน และมีคุณสมบัติผ่านตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 (คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก) [10]

2. ขอบเขตของการศึกษา

คอนกรีตบล็อกพรุนที่ทำการศึกษา เป็นคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ขนาด 39×19×7 ซม. ผลิตจากเครื่องอัดแบบเท้าเหยียบ ดังรูปที่ 1 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่ทำการศึกษาอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.45 และอัตราส่วนระหว่างวัสดุผสมต่อปูนซีเมนต์อยู่ระหว่าง 6-12 มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคอนกรีตบล็อกได้แก่ มอก.109-2517 (วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต) [11] คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกพรุนที่ทำการศึกษาได้แก่

1) กำลังอัดของคอนกรีตบล็อก ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน
2) หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก ที่อายุ 28 วัน
3) การดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก ที่อายุ 28 วัน
4) ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity) ของคอนกรีตปกติ คอนกรีตบล็อกพรุน และคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากัน

3. วิธีการศึกษา

3.1 วัสดุ

งานวิจัยนี้ศึกษาคอนกรีตบล็อกพรุนที่ผลิตจากคอนกรีตพรุน ซึ่งเป็นคอนกรีตที่ไม่มีส่วนผสมของมวลละเอียด ดังนั้นส่วนผสมจึงมีเพียง ปูนซีเมนต์ มวลรวมหยาบและน้ำ วัสดุที่ใช้ในการศึกษามีคุณสมบัติดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 3.15

2) มวลรวมหยาบ ที่ใช้เป็นหินปูนที่มีขนาดเดี่ยว โดยมีขนาด 3/8 นิ้ว มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 5.79 ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.67 ร้อยละการดูดกลืนน้ำเท่ากับ 0.33 และมีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,613 กก./ลบ.ม.

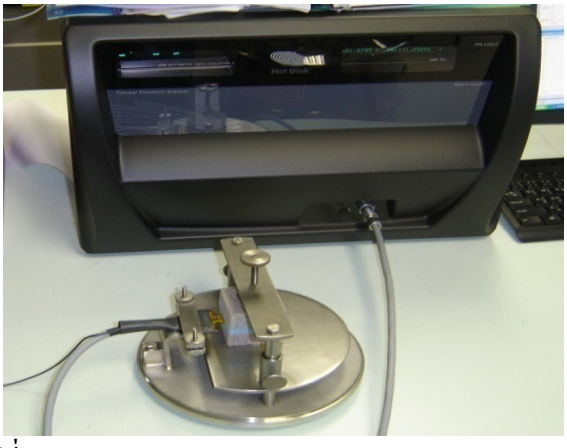
3.2 การเตรียมตัวอย่าง

การออกแบบส่วนผสมสำหรับผลิตคอนกรีตบล็อกพรุนในงานวิจัยนี้จะใช้หลักการ การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม (experiment design) จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับคอนกรีตพรุนและคอนกรีตบล็อกทั่วไปสามารถกำหนดตัวแปรและค่าที่ใช้ในการออกแบบการทดลองได้คือ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.25 – 0.45 และอัตราส่วนระหว่างวัสดุผสมต่อปูนซีเมนต์ 6-12 จากการออกแบบการทดลอง ได้ชุดทดสอบทั้งหมด 9 ชุด แสดงดังตารางที่ 1 โดยแต่ละส่วนผสมมีปริมาณเพสต์ที่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 11.59-25.62 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร วิธีการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตบล็อกพรุนจะมีขั้นตอนเช่นเดียวกับการอัดขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกทั่วไป

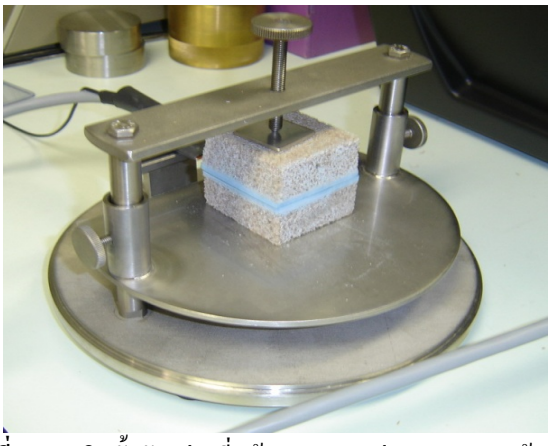
3.3 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก

การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกในงานวิจัยนี้ได้แก่ การทดสอบกำลังอัด การทดสอบหน่วยน้ำหนักและการทดสอบการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก ซึ่งทดสอบตามมาตรฐาน มอก.109-2517 ส่วนการทดสอบค่าการนำความร้อนของคอนกรีตปกติ คอนกรีตบล็อกพรุน และคอนกรีตบล็อกทั่วไป ทดสอบโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) เครื่องมือที่ใช้ทดสอบค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อก ได้แก่ Hot Disk Thermal Constant Analyzer TPS2500 ซึ่งทำการทดสอบตาม มาตรฐาน ISO/DIS 22007-2.2 ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3

รูปที่ 1 เครื่องอัดบล็อกแบบเท้าเหยียบ



รูปที่ 2 Hot Disk Thermal Constant Analyzer TPS2500



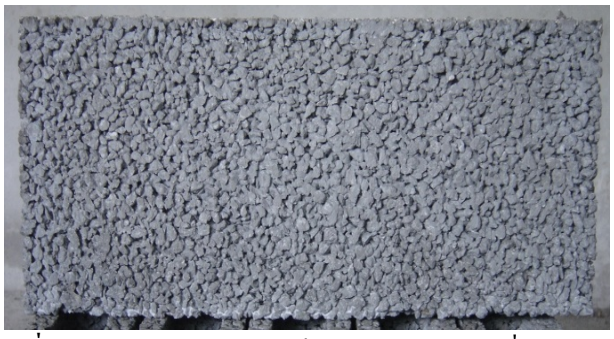
รูปที่ 3 การติดตั้งตัวอย่างที่พร้อมทดสอบค่าการนำความร้อน

ตารางที่ 1 ส่วนผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกพรุน

Mix	Mix proportions (kg/m^3)			Paste content (% V/V)
	Cement	Water	Rock	
1	178.25	65.46	1,663.44	16.22
2	257.82	63.11	1,508.74	20.88
3	181.39	52.96	1,713.73	11.59
4	264.43	57.91	1,578.10	19.70
5	209.34	56.14	1,581.12	17.00
6	216.69	43.86	1,678.71	14.87
7	162.77	45.58	1,718.84	12.59
8	307.87	75.43	1,459.29	25.62
9	212.95	74.53	1,629.07	19.22

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกพรุน แสดงดังตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาลักษณะของคอนกรีตบล็อกพรุนพบว่ามีลักษณะไม่ต่างกันมากนัก ยกเว้นส่วนผสมที่มีปริมาณเพสต์ต่างกันมากๆ เช่น ชุดทดสอบที่ 1 และชุดทดสอบที่ 8 ซึ่งมีปริมาณเพสต์เท่ากับ 16.22 และ 25.62% ลักษณะของคอนกรีตบล็อกพรุนแสดงดังรูปที่ 4 และ รูปที่ 5 ตามลำดับ โดยชุดทดสอบที่ 1 จะมองเห็นช่องว่างระหว่างมวลรวมได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 6 จะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากส่วนผสมที่มีปริมาณเพสต์มาก จะไปอุดประสานช่องว่างระหว่างมวลรวมได้มากกว่าส่วนผสมที่มีปริมาณเพสต์น้อย จึงทำให้เกิดช่องว่างน้อยกว่า ในขณะที่คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีทรายและหินฝุ่นเป็นส่วนผสมผิวของคอนกรีตบล็อกที่ได้จึงมีความเรียบและพบช่องว่างเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 4 ลักษณะของคอนกรีตบล็อกพรุน ชุดทดสอบที่ 1

รูปที่ 5 ลักษณะของคอนกรีตบล็อกพรุน ชุดทดสอบที่ 8

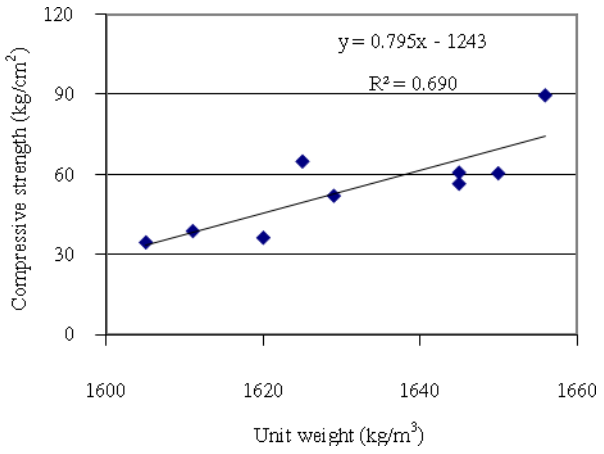
รูปที่ 6 ลักษณะของคอนกรีตบล็อกทั่วไป

4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกพรุน

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าคอนกรีตบล็อกพรุนในทุกส่วนผสมมีกำลังอัดที่อายุ 14 วัน ผ่านมาตรฐาน มอก. 58-2533 และในชุดทดสอบที่ 1, 2, 4, 5, 8 และ 9 มีกำลังอัด มากกว่า 50.97 กก./ตร.ซม. ซึ่งผ่านมาตรฐาน มอก.57-2530 (คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก) ชั้นคุณภาพ ค. [12] แสดงให้เห็นว่าส่วนผสมของคอนกรีตพรุนที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนักได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกทั้ง 9 ชุดทดสอบ มีค่าผ่านมาตรฐาน มอก.

แต่เมื่อพิจารณาลักษณะของคอนกรีตบล็อก พบว่าคอนกรีตบล็อกในชุดทดสอบที่ 3, 6 และ 7 (มีปริมาณเพสต์เท่ากับ 11.59, 14.87 และ 12.58% ตามลำดับ) มีการหลุดร่อนของเม็ดหินที่มุมของบล็อก เมื่อมีน้ำหนักกระทำเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าปริมาณเพสต์ที่ใช้น้อยเกินไป ทำให้เกิดการหลุดร่อนของเม็ดหิน ดังนั้นปริมาณเพสต์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตคอนกรีตบล็อกจึงควรมีค่ามากกว่า 14.87%

จากรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกพรุนมีค่าเพิ่มขึ้นตามหน่วยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกพรุนมีค่าลดลงตามปริมาณมวลรวมหยาบที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกำลังอัดของคอนกรีตพรุนขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและปริมาณของเพสต์ในการยึดมวลรวมหยาบเข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นเมื่อปริมาณเพสต์เพิ่มขึ้นกำลังอัดจึงเพิ่มขึ้น [13] ในขณะที่เมื่อปริมาณมวลรวมหยาบเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณเพสต์ลดลง ทำให้กำลังอัดลดลงตามไปด้วย เมื่อพิจารณาความแตกต่างของกำลังอัดที่อายุการบ่ม 14 และ 28 วัน แสดงให้เห็นว่ากำลังของเพสต์มีผลอย่างมากต่อกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกพรุน ซึ่งจะเห็นผลชัดเจนกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดที่อายุ 28 วันกับหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกพรุน ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน

Mix	Paste content (% V/V)	Compressive strength (kg/cm²)		
		7 days	14 days	28 days
1	16.22	39.38	41.20	52.22
2	20.88	45.97	48.14	56.73
3*	11.59	24.07	31.72	36.52
4	19.70	31.77	34.67	60.89
5	17.00	29.84	42.07	60.63
6*	14.87	21.03	28.54	34.78
7*	12.58	17.35	31.23	39.03
8	25.62	44.58	48.14	65.05
9	19.22	86.30	88.91	89.77

Note : TIS. 58-2533 (Compressive strength ≥ 25.48 kg/cm²)

* Some of rock splitting off from the concrete block

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกพรุน

Mix	Compressive strength at 28 days (kg/cm²)	Unit weight (kg/m³)	Absorption (%)
1	52.22	1,629	5.19
2	56.73	1,645	5.76
3	36.52	1,620	6.07
4	60.89	1,645	3.52
5	60.63	1,650	5.74
6	34.78	1,605	6.01
7	39.03	1,611	5.27
8	65.05	1,625	6.76
9	89.77	1,656	4.74

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของคอนกรีต

Sample	Thermal conductivity (W/m·K)
Porous concrete block (Mix 1)	0.7254
Porous concrete block (Mix 9)	1.0260
Typical concrete block	1.3090
Concrete	2.2397

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกพรุน

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกมีค่าอยู่ระหว่าง 3.52 - 6.76% ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ มอก.58-2533 กำหนดคือ มีค่าไม่เกิน 25 % ดังนั้นคอนกรีตบล็อกพรุนที่ได้นี้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ คอนกรีตบล็อกชนิดควบคุมความชื้น และพบว่าการดูดกลืนน้ำมีแนวโน้มลดลงตามหน่วยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกพรุนยังมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 7.99 - 12.79% [14] เนื่องจากคอนกรีตบล็อกพรุนประกอบด้วยเพสต์และมวลรวมหยาบ ไม่มีมวลรวมละเอียด ทำให้มีช่องว่างขนาดใหญ่น้ำจึงสามารถไหลออกจากช่องว่างเหล่านี้ได้ง่าย ทำให้มีการกักเก็บอยู่ในเนื้อของคอนกรีตได้น้อยกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป

4.3 ปัจจัยด้านหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกพรุน

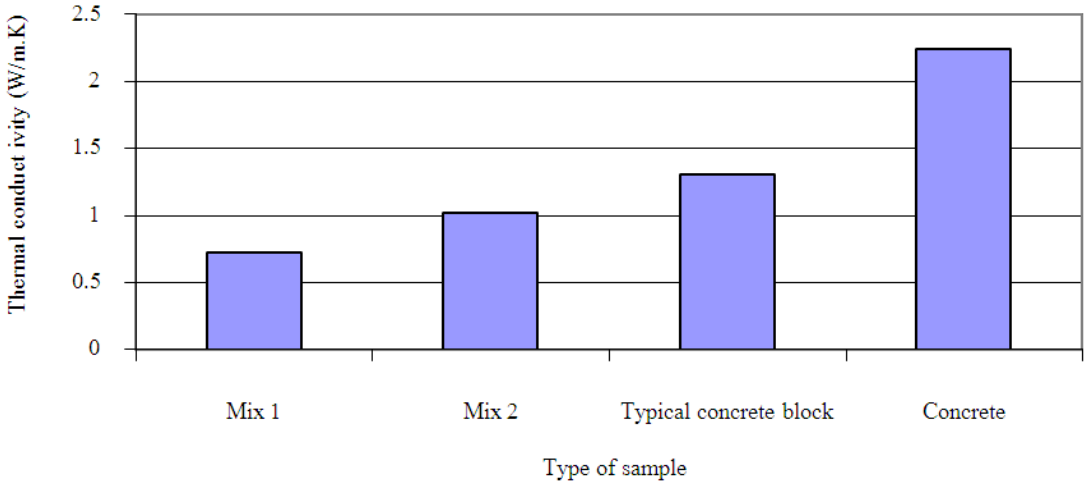
หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกพรุน จากงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,632 กก./ลบ.ม. ซึ่งถือว่ามีน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ซึ่งมีหน่วยน้ำหนักประมาณ 2,039 กก./ลบ.ม. [14] ดังนั้นน้ำหนักของผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกพรุนจึงมีค่าน้อยกว่า กำแพงที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกทั่วไปประมาณ 20% น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกที่ลดลงไปนี้เนื่องจากในคอนกรีตบล็อกพรุนมีปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่อยู่เป็นจำนวนมาก

4.4 ปัจจัยด้านการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกพรุน

จากรูปที่ 8 พบว่าค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกพรุนมีค่าน้อยกว่า คอนกรีตปกติ และคอนกรีตบล็อกทั่วไป เนื่องจากค่าการนำความร้อนจะสัมพันธ์กับความพรุนของวัสดุ โดยวัสดุที่มีความพรุนหรือมีช่องว่างในเนื้อของวัสดุมากจะมีค่าการนำความร้อนต่ำ คอนกรีตบล็อกพรุนในชุดทดสอบที่ 1 มีหน่วยน้ำหนักน้อยกว่าในชุดทดสอบที่ 9 แสดงให้เห็นว่ามีช่องว่างมากกว่าจึงทำให้มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่า คอนกรีตบล็อกพรุนในชุดทดสอบที่ 9

เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติด้านกำลังอัด หน่วยน้ำหนัก และราคาของคอนกรีตบล็อกพรุน สามารถสรุปได้ว่า ส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับนำมาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกพรุน ได้แก่ ส่วนผสมในชุดทดสอบที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : มวลรวม เท่ากับ 1 : 9.33 โดยน้ำหนัก (1 : 11 โดยปริมาตร) และมีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.367 โดยคอนกรีตบล็อกพรุนที่ได้มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 52.22 กก./ตร.ซม. และมีลักษณะของคอนกรีตบล็อกที่สวยงาม ขอบของบล็อกมีความแข็งแรง มีต้นทุนการผลิต 2.12 บาทต่อก้อน (ไม่รวมค่าแรง)

เมื่อเปรียบเทียบกับราคาต้นทุนการผลิตของคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่อยู่ประมาณ 1.80 บาท (ไม่รวมค่าแรง) พบว่ามีราคาต่างกัน 15% แต่เมื่อพิจารณาราคาขายของคอนกรีตบล็อกในปัจจุบันที่อยู่ระหว่าง 4 – 6 บาท/ก้อน ส่วนต่างนี้จึงถือว่าน้อยมาก อย่างไรก็ตามเมื่อคำนึงถึงการจัดการเกี่ยวกับส่วนผสม ซึ่งคอนกรีตบล็อกพรุนใช้เพียงหินเกล็ด ในขณะที่คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีส่วนผสมคือ ทรายหยาบ หินฝุ่นและหินเกล็ด ก็จะทำให้ต้นทุนการผลิตต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบอบไอน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 5 คอนกรีตบล็อกพรุนมีราคารวมต่อตารางเมตร ต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบาแบบอบไอน้ำถึง 45% แต่มีน้ำหนักรวมปูนฉาบสูงกว่าเพียง 15% และค่าการนำความร้อนสูงกว่าคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบอบไอน้ำ แต่ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ดังนั้นคอนกรีตบล็อกพรุนจึงถือเป็นวัสดุมวลเบาที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ ชาวบ้านทั่วไปสามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างได้



รูปที่ 8 ค่าการนำความร้อนของวัสดุต่างๆ

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ

Properties	Typical concrete block [1]	Porous concrete block (Mix 1)	Autoclaved aerated concrete block [15]
Size (cm)	7 × 19 × 39	7 × 19 × 39	7.5 × 20 × 60
Cost per sq.m. (Baht)	200	200	363.5
Total weight with mortar per sq.m. (kg/cm^2)	130	112	95
Thermal conductivity (mW/m·K)	1,309	725.4	110
Absorption (%)	10	5	30

Note : [1] water to cement ratio = 0.367 (same as Mix 1)

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ในโครงการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับนำมาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกพรุนได้แก่ส่วนผสมในชุดทดสอบที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : มวลรวม เท่ากับ 1 : 9.33 โดยน้ำหนัก (1 : 11 โดยปริมาตร) และมีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.367 โดยคอนกรีตบล็อกพรุนที่ได้มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 52.22 กก./ตร.ซม. และมีลักษณะของคอนกรีตบล็อกที่สวยงาม ขอบของบล็อกมีความแข็งแรง มีต้นทุนการผลิต 2.12 บาทต่อก้อน (ไม่รวมค่าแรง) ส่วนคุณสมบัติทั่วไปของคอนกรีตบล็อกพรุนจากการวิจัยนี้พบว่าเมื่อปริมาณเพสต์อยู่ในช่วง 11.59 - 25.62% โดยปริมาตร กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกพรุนที่ได้อยู่ในช่วง 34.78 - 89.77 กก./ตร.ซม. โดยกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกพรุนมีค่าเพิ่มขึ้นตามหน่วยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกพรุนมีค่าอยู่ระหว่าง 3.52 - 6.76% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ดังนั้นคอนกรีตบล็อกพรุนในทุกชุดทดสอบจึงผ่านมาตรฐาน มอก.58-2533 หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกพรุนน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ดังนั้นน้ำหนักของกำแพงคอนกรีตบล็อกพรุน จึงน้อยกว่ากำแพงคอนกรีตบล็อกทั่วไปประมาณ 20% ทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านงานโครงสร้างลงได้ ส่วนค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกพรุน (ชุดทดสอบที่ 1) มีค่าน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ถึง

45% เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบอบไอน้ำ พบว่าคอนกรีตบล็อกพรุนมีราคารวมต่อตารางเมตร ต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบาแบบอบไอน้ำถึง 45% แต่มีน้ำหนักรวมปูนฉาบสูงกว่าเพียง 15% และค่าการนำความร้อนสูงกว่าคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบอบไอน้ำ แต่ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ดังนั้นจากคุณสมบัติต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วจึงสามารถสรุปได้ว่า คอนกรีตบล็อกพรุนที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติในการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งสามารถลดน้ำหนักของโครงสร้าง และช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารลงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และได้รับความอนุเคราะห์ในการทดสอบค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกจาก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และความอนุเคราะห์ข้อมูลของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Vorasunttharosoth, “Construction Materials”, SE-ED Co., LTD, Bangkok, 1995, pp.136-141. (in Thai)

[2] P. Soonthonsmai, “Engineering materials of construction”, H.N. Group, Bangkok, 1987. (in Thai)

[3] U. Kanchanaworawong., “Materials Testing”, Sky Book, Bangkok, 2002. (in Thai)

[4] S.B. Park, D.S. Seo and J. Lee, “Studies on the Sound Absorption Characteristics of Porous Concrete Based on the Content of Recycled Aggregate and Target Void Ratio”, Cement and Concrete Research, 35, 2005, pp.1846-1854.

[5] P. Chindaprasirt, S. Hatanaka, T. Chareerat, N. Mishima and Y. Yuasa, “Cement Paste Characteristics and Porous Concrete Properties”, Construction and Building Materials, 22(5), 2008, pp.894-901.

[6] V.M. Malhotra, “No-fines concrete: Its properties and applications”, Journal of American Concrete Institute, 73(11), 1976, pp.628-644.

[7] J. Yang and G. Jiang, “Experimental Study on Properties of Pervious Concrete Pavement Materials. Cement and Concrete Research, 33, 2003, pp.381-386.

[8] N. Ghafoori, “Development of No-fines Concrete Pavement Applications. Journal of Transportation Engineering, 121(3), 1995, pp.283-288.

[9] K. Yanagibashi and T. Yonezawa, “Properties and Performance of Green Concrete”, ACI SP179-9, 1998, pp.141-158.

[10] TIS 58-2533, “Standard for Hollow Non-Load Bearing Concrete Masonry Units”, Thai Industrial Standards Institute, ISBN 974-8111-71-7. (in Thai)

[11] TIS 109-2517, “Standard for Sampling and Testing Concrete Masonry Units”, Thai Industrial Standards Institute. (in Thai)

[12] TIS 57-2530, “Standard for Hollow Load Bearing Concrete Masonry Units”, Thai Industrial Standards Institute, ISBN 974-8111-70-9. (in Thai)

[13] S.B. Park and T. Mang, “An Experimental Study on the Water-Purification Properties of Porous Concrete”, Cement and Concrete Research, 34, 2004, pp.177-184.

[14] S. Tongaroonsri and A. Kunajamjarus, “Applications of Statistical Model in Proportioning of Concrete Block to Minimum Cost”, Proceedings of the first Annual PSU Phuket Research Conference, Phuket, Thailand, 2011. (in Thai)

[15] Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), “The alternative of Construction Materials for Energy Conservation”, http://www2.dede.go.th/newhomesafe/webban/actionplan1.htm, 15 September 2011. (in Thai)