บล็อกประสานจากขยะคอนกรีต

โดย

อาทร ชูพลสัตย์

ณิชาภา มินาบูลย์

สนับสนุนงบประมาณโดย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2556

Interlocking block of waste concrete

by
Arthorn Chuponsat
Nichapha Minaboon

Granted by
Rajamangala University of Technology Rattanakosin
Fiscal year 2013

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของทุกๆฝ่ายและทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์และคณะวิศวกรรมศาสตร์ในการสนับสนุนการทำผลงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คณบดี รองคณบดีและอาจารย์ในสาขาวิศวกรรมโยธาทุกท่านสำหรับมิตรภาพที่ดีในการทำงาน ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่ให้การสนับสนุน ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ และความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งคอยเลี้ยงดูให้คำปรึกษาให้ความรักตลอดจนกำลังใจและเป็นทุกๆสิ่งสำหรับผู้วิจัย ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กัน และขอบคุณหนึ่งสำหรับกำลังใจ ทุกๆสิ่งที่มีให้กันมาตลอดและอยู่เคียงข้างกันมา ขอขอบพระคุณทุกๆท่านจากใจ

อาทร ชูพลสัตย์

ตุลาคม 2556

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : A21 / 2556

ชื่อโครงการ : บล็อกประสานจากขยะคอนกรีต

ชื่อนักวิจัย : นายอาทร ชูพลสัตย์และนางสาวณิชาภา มินาบูลย์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาบล็อกประสานขยะคอนกรีต ว่ามีความเหมาะสมกับการใช้ในงานก่อสร้างหรือไม่ โดยทำการเปรียบเทียบกับบล็อกประสานโดยทั่วไป ที่อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นหินเท่ากับ 1 :5, 1 : 7 และ 1 : 8 โดยน้ำหนัก ทดสอบหลังการอัดที่ระยะเวลา 3 วัน 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังอัดที่ระยะเวลาต่าง ๆ และคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมต่าง ๆ ของบล็อกประสาน

จากการศึกษาพบว่าบล็อกประสานที่ผลิตได้จากฝุ่นหินมีค่าความสามารถการรับกำลังอัด การดูดกลืน ความหนาแน่นแห้ง การสึกหรอ และการนำความร้อน มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานโดยทั่วไป ตามเกณฑ์ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน มผช. 602-2547 กระทรวงอุตสาหกรรม โดยอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อคอนกรีตเก่าส่วนผสมที่ 1. เท่ากับ(1 : 5) มีค่ากำลังอัดสูงสุดเฉลี่ย 105.58 ksc ที่อายุ 28 วัน,อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นหินส่วนผสมที่ 2. เท่ากับ (1 : 7) มีค่ากำลังอัดสูงสุดเฉลี่ย 87.37 ksc ที่อายุ 28 วัน,อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อคอนกรีตเก่าส่วนผสมที่ 3. เท่ากับ (1 : 8) มีค่ากำลังอัดสูงสุดเฉลี่ย 82.12 ksc ที่อายุ 28 วัน จากมาตรฐานการผลิตตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน มผช. 602-2547 กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดเกณฑ์ บล็อกประสานรับแรงอัดได้เท่ากับ 70 ksc. เพราะฉะนั้นสามารถสรุปได้ว่าฝุ่นหินสามารถนำมาใช้ผลิตบล็อกประสานได้เป็นอย่างดีในทุก ๆ อัตราส่วนผสม จึงนับว่าการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งมาสร้างมูลค่าเพิ่ม และเป็นการลดวัสดุเหลือทิ้งทำให้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่งด้วย

E-mail Address : arthorn.chu@rmutr.ac.th

Period of project : 1 ตุลาคม พ.ศ. 2555 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2556

Abstract

Code of project : A21/2556

Project Name : Interlocking block of waste concrete

Resercher name : Mr.Arthorn Choponsat and Mis.Nichapha Minaboon

This research aims to study the waste concrete interlocking blocks . That is appropriate for use in construction or not . By comparing the block integration in general. The ratio of cement dust Rocky was 1: 5 , 1: 7 and 1: 8 by weight tested after compressing the period of 3 days, 7 days, 14 days and 28 days to study the compressive strength at the time were . and the engineering properties of various interlocking blocks.

The study found that co- produced blocks of stone dust has the ability to absorb compressive strength, dry density and thermal wear . Values are in the acceptable criteria . Compared to the typical block coordinate basis coordinate มผ ch blog community standards . 602-2547 Ministry of Industry. By mixing cement with concrete ingredients first . Equals (1: 5), the compressive strength average maximum 105.58 ksc at 28 days , the rate of cement dust Rocky ingredients 2. Equal (1: 7) have compression . 87.37 ksc average maximum at 28 days , concrete mixture ratio of cement to three . equal (1: 8) has the highest average 82.12 ksc compressive strength at 28 days of standard production . Standard Blogging Community Coordinator มผ ch . 602-2547 Ministry criteria . Interlocking block compressive strength equal to 70 ksc. Therefore conclude that rock dust can be used to produce interlocking blocks very well in all the ingredients , so that the introduction of waste into value added . Reduce waste and reduce environmental impact is another way .

E-mail Address : arthorn.chu@rmutr.ac.th

Period of project : 1 October 2012 - 30 August 2013

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
สารบัญ		ง
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
	ขอบเขตการวิจัย	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2	ทฤษฎี	4
3	การดำเนินการศึกษาวิจัย	29
4	ผลการวิจัยและความสำเร็จในการถ่ายทอดเทคโนโลยี	41
5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	54
บรรณานุกรม		57
ภาคผนวก		57
ภาคผนวก ก ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมพื้นฐาน		58
ภาคผนวก ข ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของตัวอย่างบล็อกประสาน		66
ภาคผนวก ค ประวัตินักวิจัย		78

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในการที่คนในชาติสามารถดำรงชีวิตอย่างมีความสุขได้ด้วยตนเอง และมีการช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกัน ทำให้ชุมชนท้องถิ่น สังคม และประเทศชาติ สามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนถาวร ถ้าชุมชนและท้องถิ่น จนถึงในระดับชาติก็ตาม ได้ยึดตามรอยเบื้องพระยุคลบาทขององค์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พระผู้มีแต่ให้ของปวงชนชาวไทยแล้ว ทุกๆชุมชน ทุกๆท้องถิ่นและทุกระดับชั้นของสังคมจะสามารถดำรงคงอยู่ได้อย่างปกติสุข ซึ่งแนวทางตามพระราชดำริปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว นั้น ถือเป็นหลักชัย นำชีวิตของประชาชนชาวไทยทุกหมู่เหล่า ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ การพึ่งพาตนเอง และการเสริมสร้างขีดความสามารถการยึดความพอเพียงเดินทางสายกลางและการยึดมั่นในคุณธรรมและจริยธรรม ซึ่งทำให้คนไทยสามารถดำเนินชีวิตได้อย่างมีความสุข

ความมั่นคงทางด้านที่อยู่อาศัยถือเป็นความปรารถนาขั้นสูงสุดของมนุษย์ทุกคน ซึ่งถ้าในชุมชนสามารถผลิตวัสดุก่อสร้างราคาถูกขึ้นใช้ภายในชุมชนของตนเอง โดยใช้วัสดุภายในท้องถิ่นในการผลิตโดยการจัดทำขึ้นในรูปแบบของธนาคารวัสดุก่อสร้างของชุมชน เมื่อสมาชิกในชุมชนมีความต้องการสร้างที่อยู่อาศัยของตนเอง ตลอดจนผู้ที่มีรายได้น้อยที่ผ่านการคัดเลือกคุณสมบัติจากคณะกรรมการชุมชนหรือองค์กรของชุมชนที่ต้องการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างสาธารณะประโยชน์ เพื่อประโยชน์ใช้สอยของชุมชน เช่น ใช้เป็นศาลาประชาคม อาคารฝึกวิชาชีพ ถังเก็บกักน้ำ ฯลฯ ก็สามารถนำวัสดุก่อสร้างนี้ไปใช้ผลิตขึ้นเองนำไปใช้ในการก่อสร้าง และอาศัยการช่วยเหลือเกื้อกูลกันและกันภายในชุมชน ในส่วนของแรงงานในการผลิตและก่อสร้างซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญประจำชาติของคนไทยที่มีมาช้านาน

วัสดุก่อสร้างบล็อกประสานเป็นวัสดุก่อรับน้ำหนัก ที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อกประสาน เพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง และผู้ที่ไม่มีความรู้ทางด้านการก่อสร้างก็สามารถทำได้โดยง่าย ในการผลิตสามารถใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่ายในชุมชนและท้องถิ่น อาทิเช่น ดิน ลูกรัง ดินชนิดต่าง ๆ หินฝุ่น หินคลุก ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งประเภทต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสม อาทิ เช่น ดินตะกอน ขี้เถ้าชนิดต่าง ๆ เศษอิฐ เศษคอนกรีต โฟม และวัสดุรีไซเคิลชนิดต่าง เป็นต้น โดยนำมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัด แล้วนำมาบ่มให้ได้กำลัง จะได้บล็อกประสานที่มีความแข็งแกร่งมีรูปลักษณะพิเศษ สามารถใช้ในการก่อสร้างต่าง ๆ ภายในชุมชน

ดังนั้นคณะผู้ทำการวิจัยจึงมีความคิดที่จะทำโครงการวิจัยเรื่อง “ การผลิตวัสดุก่อสร้างบล็อกประสาน เพื่อชุมชนตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง ” โดยเน้นการศึกษาวิจัยให้ได้วัสดุก่อสร้างบล็อกประสานที่มีคุณภาพ และช่วยลดต้นทุนในการผลิต เนื่องจากวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น และแรงงานภายในท้องถิ่นเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในการก่อสร้างสิ่งต่างๆ ภายในชุมชนหรือท้องถิ่นของตนเอง ในลักษณะการพึ่งพาตนเอง และสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการจำหน่าย การสร้างรายได้

แก่ชุมชนและท้องถิ่นของตนเอง โดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการผลิต และสามารถผลิตวัสดุก่อสร้างบล็อกประสาน ที่มีคุณภาพ ในลักษณะ ผลิตภัณฑ์เพื่อชุมชนและท้องถิ่น

1.2.2 เพื่อเพิ่มคุณภาพและลดต้นทุนในการผลิตวัสดุก่อสร้างบล็อกประสาน ในลักษณะผลิตภัณฑ์ชุมชน และท้องถิ่น

1.2.3 เพื่อเพิ่มศักยภาพด้านวัสดุก่อสร้างและการก่อสร้างให้กับชุมชนในลักษณะของการพัฒนา ตนเองของชุมชน

1.2.4 เพื่อจัดตั้งศูนย์การผลิตและถ่ายทอดเทคโนโลยีวัสดุก่อสร้างบล็อกประสานของชุมชน โดยยึด หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตของโครงการวิจัยด้านตัวแปร ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยหลัก ได้แก่ ประเภทของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตบล็อกประสาน อัตราส่วนของวัสดุที่นำมาใช้ และอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้

1.3.2 ขอบเขตด้านประชากรที่ศึกษา ในการผลิตตัวอย่างบล็อกประสานเพื่อการทดสอบ ใช้ตัวอย่างที่แต่ละอัตราส่วนผสม จำนวน 20 ตัวอย่าง

1.3.3 ขอบเขตด้านสถานที่ศึกษา ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เน้นทางด้านวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น อาทิเช่น ดิน หิน และวัสดุเหลือใช้ประเภทต่างๆ ที่สามารถนำมาผลิตเป็นบล็อกประสานที่มีคุณภาพ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ

1.4.1 หลังจากเสร็จสิ้นโครงการวิจัยนี้ จะนำผลงานวิจัยไปตีพิมพ์เผยแพร่หรือนำเสนอในระดับชาติ (Peer review) อย่างน้อย ๑ ฉบับ

1.4.2 เป็นฐานข้อมูลงานวิจัย ทางด้านเทคโนโลยีบล็อกประสาน

1.4.3 บล็อกประสานที่ผลิตขึ้นมีคุณภาพ ได้มาตรฐาน เหมาะสมในการนำไปใช้งาน

1.4.4 ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตบล็อกประสาน

1.4.5 สามารถนำผลการวิจัยสู่การผลิตในเชิงอุตสาหกรรมครัวเรือน ชุมชนและท้องถิ่น

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 บล็อกประสาน หมายถึง วัสดุก่อรับ น้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรู และเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดยเน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย

หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่ม ให้บล็อกแข็งตัวประมาณ 10 วัน จะได้คอนกรีตบล็อกที่มีความแข็งแกร่ง มีรูปลักษณะพิเศษ ที่สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ หรือก่อเป็นถังเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว สวยงาม และประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไป

1.5.2 ดินลูกรัง หมายถึง ดินที่พบชั้นลูกรัง ชั้นกรวด ชั้นเศษหินหรือชั้นหินพื้นในระดับตื้นกว่า 50 ซม. เนื้อดินบนเป็นทรายปนดินร่วนถึงดินร่วนปนทราย อาจพบกรวด หินมนเล็กหรือเศษหินปะปน จึงทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืช ดินลูกรังเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.5.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หมายถึง วัสดุหลักในผลิตคอนกรีต โดยการนำซีเมนต์ไปผสมกับหิน ทราย และ น้ำ ตามอัตราส่วนที่เหมาะสม ถูกคิดค้นขึ้นโดยชาวอังกฤษ และตั้งชื่อว่าซีเมนต์ที่เขาคิดค้นขึ้นว่า ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ตามสีของหินที่เกาะปอร์ตแลนด์ ประเทศอังกฤษ

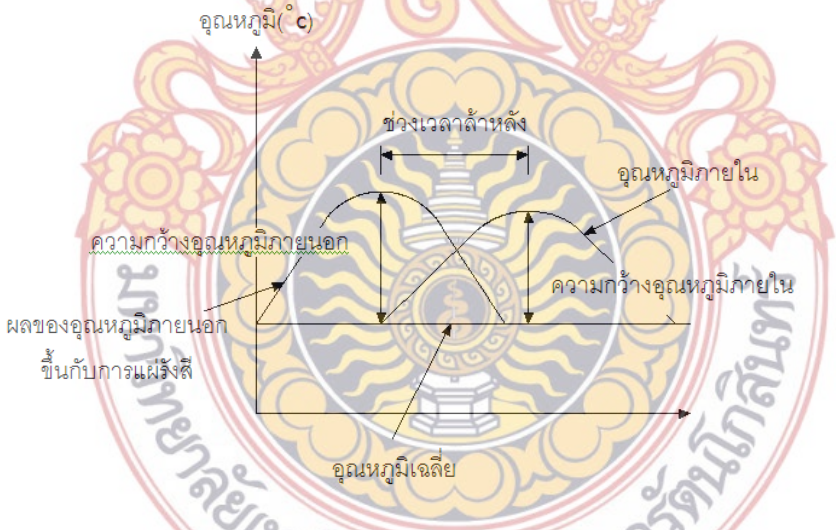
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การผลิตบล็อกประสาน เพื่อชุมชนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงนั้น เป็นการศึกษาวัสดุก่อสร้างบล็อกประสานเป็นวัสดุก่อรับน้ำหนัก ที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อกประสาน เพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง และผู้ที่ไม่มีความรู้ทางด้านการก่อสร้างก็สามารถทำได้โดยง่าย โดยทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1ความร้อนเฉื่อย

เนื่องจากความร้อนจากพื้นโลกในเวลากลางวัน และความเย็นในเวลากลางคืน ห่อหุ้มอาคารสามารถอธิบายได้เป็นคาบ โดยการไหลของความร้อนเป็นคาบกำหนดได้จากสภาวะเสมือนอยู่ตัวของอุณหภูมิและการไหลของความร้อนที่ผ่านกำแพงหรือหลังคาที่เปลี่ยนแปลงกับเวลาอย่างต่อเนื่องสำหรับโมเดลของความร้อนเฉื่อยค่าของอุณหภูมิดวงอาทิตย์-อากาศ จะพิจารณา วัฏจักรหนึ่งวัน (แม็คเคย์ และไวท์ 1944) ความร้อนเฉื่อยคือระดับความร้อนที่เคลื่อนที่ผ่านวัสดุที่พิจารณาช้าลงเมื่อเทียบกับแวดล้อมเมื่ออาคารได้รับความร้อนจากการแผ่รังสี อุณหภูมิภายในวัตถุจะเพิ่มขึ้นแต่คนละความเร็วกัน โดยทั่วไปก่อนที่อุณหภูมิภายในจะถึงจุดสมดุลกับอุณหภูมิอากาศภายนอก สภาพภายนอกจะเย็นลงเสียก่อน ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดสภาวะสมดุลและอยู่ตัว ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 คาบการไหลของความร้อนและวิธีการอ่านค่าช่วงเวลาล้าหลัง

ความร้อนเฉื่อยนี้สามารถอธิบายได้โดยตัวแปรเสริมของช่วงเวลาล้าหลัง (Time lag) และการลดสัมพัทธ์ (time and decrement) ตัวแปรเสริมนี้จะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเชิงซ้อนระหว่างความหนาแน่นของวัสดุ ความร้อนจำเพาะ ความนำความร้อนจำเพาะ และความหนาช่วงเวลาล้าหลัง (Time lag) นี้แสดงถึงความสามารพในการต้านทานความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ถ้าอิฐชนิดใดมีค่ามากจะมีความร้อนเข้าอาคารจำนวนน้อยทำให้ประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศ

ตัวแปรเสริมของความร้อนเฉื่อย Aroni 1990 และ Mroni et al.1993 ได้ตั้งตัวแปรเสริมเพื่อกำหนด ช่วงเวลาล้าหลัง (θ , ชั่วโมง) เป็นความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างค่าสูงสุดของอุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิดวงอาทิตย์ – อากาศภายนอก และค่า λ เป็นการลด สัมพัทธ์ในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวภายในกับเวลา คำนวณได้จากการหารระหว่างช่วงของอุณหภูมิผิวภายในกับเวลา คำนวณได้จากการหารระหว่างช่วงของอุณหภูมิผิวภายในกับอุณหภูมิดวงอาทิตย์ – อากาศภายนอก ดังสมการที่ 1

$$\lambda = \frac{A_i}{A_e} = \frac{T_{i(max)} - T_{i(ave)}}{T_{e(max)} - T_{e(ave)}} \quad \text{.....(1)}$$

โดยที่

λ การลดสัมพัทธ์ ° C

A_i แอมปริจูดของอุณหภูมิผิวภายใน °C

A_e แอมปริจูดของอุณหภูมิผิวภายนอก °C

$T_{i(max)}$ ค่าสูงสุดของอุณหภูมิผิวภายใน ° C

$T_{i(ave)}$ คาเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวภายใน ° C

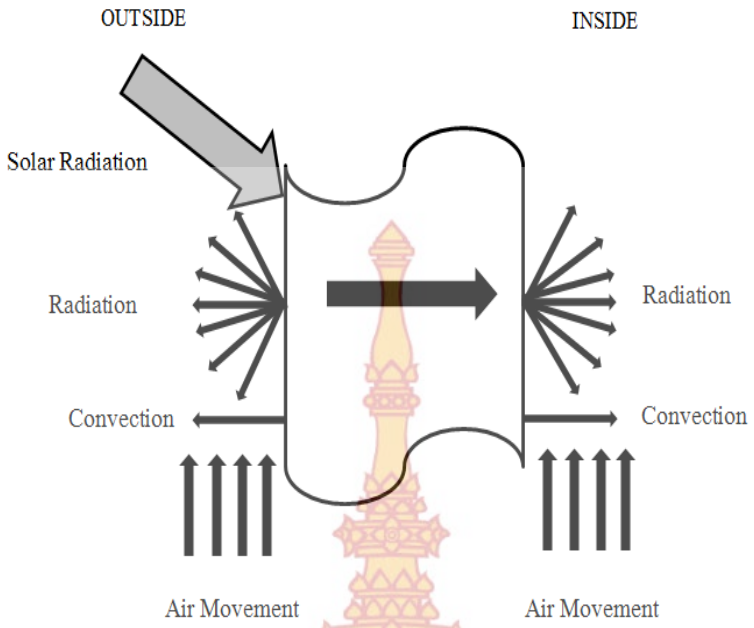
$T_{e(max)}$ ค่าสูงสุดของอุณหภูมิผิวภายนอก ° C

$T_{e(ave)}$ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวภายนอก ° C

1.1 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนวัสดุ (The Role of Thermal Mass)

อุณหภูมิอากาศภายในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลปัจจัยภายนอกหลายอย่าง เช่น Solar Radiation, อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร รวมถึงโครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุด้วย เช่นกันอาคารที่ใช้ในงานโดยปราศจากเครื่องกลเพื่อช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคารให้เข้าภาวะน่าสบายนั้น ส่วยใหญ่จะขึ้นกับปัจจัยตัวแปรภายในมากมาย เช่น ลักษณะทางกายภาพของอาคาร Heat Gainและ Heat Losses ที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณีและมีกระบวนการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังดังรูปที่ 2.2

1. การนำความร้อน (Heat Conduction)
2. การพาความร้อน (Heat Convection)
3. การแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation)



รูปที่2.2 ภาพแสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง
(Passive Cooling of Building: 1996)

ส่วนอุณหภูมิในผนังนั้นจะแตกต่างกันหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่เป็นผนัง มวลสาร ส่วนในเวลากลางคืน การถ่ายเทความร้อนจะกลับกัน เนื่องจากสภาพภายนอกผนังเปลี่ยนไป อุณหภูมิอากาศภายนอกนั้นลดลง และไม่มีผลกระทบต่อ Solar Radiation ซึ่งอัตราการลดลงของอุณหภูมิขึ้นอยู่กับ สภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติเฉพาะของวัสดุ

อัตราการลดลงของอุณหภูมิ ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับการพา (Air Convection) และแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation) ของวัสดุต่อสภาพแวดล้อม ยิ่งความเร็วลมภายนอกมีค่ามากก็ยิ่งลดอุณหภูมิผิววัสดุได้มากเท่านั้น

2.1.2 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1) ดินลูกรัง

ดินลูกรังเกิดจากการผุพังของหินในสภาพภูมิอากาศชื้นและมีอุณหภูมิสูง มีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือสามารถแข็งตัวได้เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศ และมักมีสีแดงเพราะมีออกไซด์ของเหล็กปะปนอยู่ คุณสมบัติของดินลูกรังจะขึ้นอยู่กับชนิดของต้นกำเนิด ชนิดของหินเดิม ส่วนประกอบทางเคมี และสภาพภูมิอากาศ ดินลูกรังเมื่อนำมาบดอัดจะสามารถรับแรงเฉือนได้สูงขึ้น และมักนิยมใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในงานวิศวกรรมเช่น เป็นชั้นทางวัสดุงานทาง เป็นดินถมในคันทางดินถม ในเขื่อนดิน และในงานฐานรากเพราะมีราคาถูก และหาง่ายในธรรมชาติ งานวิจัยนี้จึงเลือกดินลูกรังเป็นวัสดุหลักในการจัดทำการวิจัย

ดินลูกรังลักษณะของดินลูกรังSivarajaisinghan and Alexander and cady(1982) ได้ให้คำจำกัดความหินลูกรังว่าเป็นแร่ธาตุที่สลายตัวมานานส่วนมากประกอบไปด้วย Secondary oxide of iron หรืออลูมินั่ม (Aluminum) หรือทั้งสองอย่าง ซึ่งเกือบจะไม่เป็นด่าง และส่วนมากประกอบ ด้วย silica แต่อาจจะมีแร่ Quartz และแร่ Kaolinite เป็นจำนวนมากได้ มีลักษณะแข็งหรืออาจจะแข็งเมื่อเปียกและแห้ง มีสีของ Oxide คือ สีน้ำตาลหรือสีแดงหรือสีน้ำตาลแดงดินลูกรังจัด

อยู่ในประเภท skeletal soil ได้แก่ ดินที่มีเศษหินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร หรือใหญ่กว่าอยู่ในดินเป็นปริมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่าโดยปริมาตรที่มีความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน เป็นได้ทั้ง ดินทราย (sandy – skeletal) ดินร่วน (loamy – skeletal) และดินเหนียว (clay) จัดอยู่ในกลุ่มดิน skeletal soil หรือดินตื้นเป็นดินที่มีชั้นศิลาแลง (laterite) มี 2ชนิด ที่พบในชั้นของดิน ที่สามารถแยกได้ชัดเจน คือ ประเภทดินลูกรังร่วนโดยปกติแล้วจะมีขนาดแตกต่างกันมากตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ถึง 4-5 เซนติเมตร รายละเอียดของทั้ง 2 แบบ สามารถแยกได้ดังนี้ แบบแรก เมื่อใช้มือบิดออกจะเห็นลักษณะ Concentric lamination characteristic แต่แบบที่ 2 จะไม่เห็น โดยทางปฏิบัติ แบบแรก เรียกว่า True laterite หรือ ground water laterite ส่วนหลังแบบหลัง เรียกว่า pseudo laterite โดยทั่วไปจะพบ laterite ทั้ง 2 แบบปะปนในชั้นดินเสมอแต่จะมีชนิดหนึ่งชนิดใดมากกว่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะหรือบริเวณที่อยู่ในดิน

ดินลูกรัง (Skeletal soils) ดินลูกรังและดินตื้น หมายถึงดินที่มีชั้นลูกรัง หรือเศษหินกรวดเกิดขึ้นเป็นชั้นหนาและแน่น พบในความลึก 50 ซม. จากผิวดินบน โดยปกติชั้นลูกรังที่กล่าวนี้จะประกอบกอบด้วยลูกรัง เศษหิน หรือ กรวดไม่ต่ำกว่า 35 % โดยปริมาตร จากผลการสำรวจดินระดับจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่ามีดินลูกรังและดินตื้นในประเทศไทยประมาณ 52 ล้านไร่ และเกิดขึ้นในสภาพพื้นที่ 2 ลักษณะคือ ในพื้นที่ราบเรียบและค่อนข้างราบเรียบของลานตะพักลำน้ำขั้นต่ำ (low terrace) และขั้นกลาง (middle terrace) ดินลูกรังในสภาพพื้นที่ส่วนนี้จะเกิดขึ้นเป็นชั้นหนา 40-80 ซม. ภายใต้ชั้นลูกรังลงไปมักเป็นชั้นดินเหนียวส่วนดินลูกรังอีกพวกหนึ่งจะเกิดในสภาพที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่น พื้นที่มีระดับสูงกว่าและมีชั้นลุกรังหนากว่าด้วย ดินลูกรังในพื้นที่ดังกล่าวนี้เกิดจากการสลายตัวของหินแล้วกลายสภาพมาเป็นลูกรังอยู่กับที่ ส่วนใหญ่เกิดจากหินดินดานและหินทรายละเอียดกล่าวโดยทั่วไป ดินลูกรังและดินตื้นเป็นดินที่มีศักยภาพในการเกษตรต่ำ เพราะดินชั้นล่างแน่นทึบ เกิดปัญหาการไชชอนของระบบราก การระบายน้ำไม่ดี การอุ้มน้ำต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำมีการชะล้างพังทลายของดินสูง

- ประเภทของดินลูกรังมีดังต่อไปนี้

Laterite หรือลูกรัง หมายถึง ดินที่เกิดจากกระบวนการผุพังในอัตราค่อนข้างสูง และมีคุณสมบัติแข็งตัวเมื่อสัมผัสกับอากาศ

Lateritic soil หรือดินลูกรัง หมายถึง ดินสีแดงซึ่งมีออกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียมในปริมาณสูง ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการ laterizationมีคุณสมบัติแข็งตัวได้เองและมี laterite rock และ laterite gravel ผสมอยู่

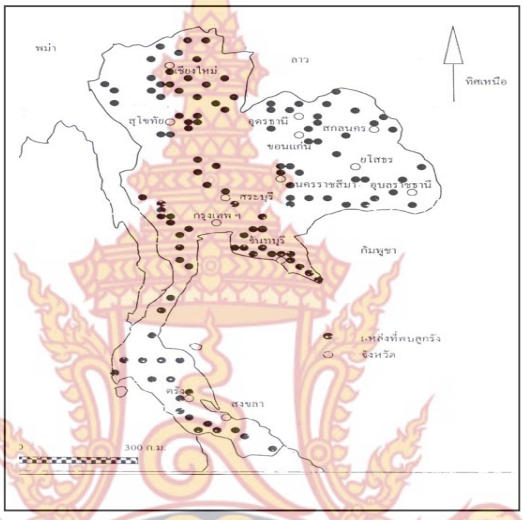
Tropical red soil (latosols) หมายถึง ดินสีแดงที่ไม่มีคุณสมบัติแข็งตัวได้เอง และไม่มี laterite rock และ laterite gravel ผสมอยู่

Laterite rock หรือหินลูกรัง หมายถึง ดินลูกรังที่เกิดจากการแข็งตัวเองอย่างสมบูรณ์ มีความเหนียวและแข็ง มีคุณสมบัติเป็นหินมากกว่าดิน เช่น หินศิลาแลง เป็นต้น

Phinthiteหมายถึง หินลูกรังอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งสามารถตัดด้วยเครื่องตัดโลหะได้ในขณะอยู่ใต้ดินเมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศจะเกิดการแข็งตัวและไม่กลับสู่สภาพเดิม

Laterite gravel หรือกรวดลูกรัง หมายถึง ลูกรังที่ประกอบด้วยวัสดุเม็ดหยาบเป็นเม็ดเล็ก ๆ มีความแข็งแตกต่างกัน บางที่อาจยึดเกาะกันเป็นมวลใหญ่ หรืออาจร่วนเป็น siltyและ (หรือ) clayey lateritic soil

- ดินลูกรังในประเทศไทย ลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีฤดูร้อนและฤดูฝนสลับกันเป็นระยะเวลานาน จึงเหมาะสมต่อการกำเนิดดินลูกรังในประเทศไทยจะพบดินลูกรังมากกว่าลูกรัง และจะพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคเหนือ (Hongnoi, 1969) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 บริเวณที่พบดินลูกรังในประเทศไทย

2) หินฝุ่น

หินฝุ่น คือ หินปูนบดหยาบๆ เป็นผลพลอยได้จากการโม่หินปูน มีองค์ประกอบหากหลายขึ้นอยู่กับแหล่งของหินว่ามีสิ่งเจือปนมากน้อยเท่าใด ในการศึกษาตัวอย่างหินฝุ่นจากโรงโม่หินพบว่ามีองค์ประกอบสำคัญ คือ แคลเซียมประมาณ 30 – 35 % แมกนีเซียมประมาณ 3 – 5 % และธาตุอื่นๆปะปนในปริมาณเล็กน้อย คือ ฟอสฟอรัส กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส ทองแดงสังกะสี ซึ่งเป็นธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อมันสำปะหลัง หินฝุ่นสามารถละลายในน้ำได้อย่างช้าๆ แต่ในดินที่เป็นกรดสามารถละลายในน้ำได้เร็วขึ้น และในดินที่มีความเป็นกรดค่อนข้างจัด ที่พีเอช (pH)ต่ำกว่า 5 มักจะละลายหมดภายใน 4 – 6 เดือน จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการสามารถละลายน้ำได้ 90.6 % มีกากเหลือที่ไม่ละลายน้ำเพียง 9.4 % หินฝุ่นมารถละลายได้ในดินด่าง (pHอยู่ระหว่าง 7 – 7.5) หรือดินเค็มเล็กน้อย (ค่า EC อยู่ระหว่าง 0.5 – 1.5 ds/m)

3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์(Portland Cement)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) เป็นผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ดซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่างๆ (หินปูน หรือดินปูนขาว กับดินเหนียว หรือดินดาน) จนรวมตัวผสมสุกพอดี มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ คัลเซียมและอลูมิเนียมซิลิเกต ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์(Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement) ที่เมื่อผสมกับน้ำ

ตามอัตราส่วนแล้วสามารถก่อตัวและแข็งตัวในน้ำได้ เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับส่วนประกอบของปูนซีเมนต์นั้น การทำปฏิกิริยาดังกล่าวเรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) อัตราการก่อตัวและแข็งตัวตลอดจนปริมาณความร้อนที่เกิด ขึ้นอยู่กับความละเอียดและส่วนประกอบของผงปูน ความแข็งแรงและความทนทานเมื่อแข็งตัวแล้ว ขึ้นอยู่กับสัดส่วนการผสมและการให้ความชื้นในขณะที่เริ่มแข็งตัว

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญที่สุดในการก่อสร้างทางวิศวกรรมปัจจุบัน เพราะเมื่อนำมาผสมรวมกับทราย และน้ำ จะได้เป็นมอร์ตา (Motar) ซึ่งนำไปใช้เป็นปูนก่อสำหรับงานก่ออิฐหรือหิน หรือปูนฉาบ สำหรับฉาบปูน เป็นต้น หากนำไปผสมรวมกับหิน กรวด ทรายและน้ำ ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม จะได้เป็นคอนกรีต ซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วจะแข็งและทนทานคล้ายหิน ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติของการยึดติดและการเชื่อมแน่นในตัว ซึ่งสามารถที่จะทำให้เกิดการยึดแน่นของธาตุสารขึ้นเป็นมวลวัตถุได้ เมื่อปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ จะเกิดซีเมนต์เพสต์ที่อยู่ในสภาพเหลวชั่วขณะหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง เรียกช่วงนี้ว่า Dormant Period หลังจากนั้นเพสต์จะเริ่มแข็งตัว โดยจะไม่สามารถลื่นไหลเข้าแบบได้ เรียกจุดนี้ว่า จุดแข็งตัวเริ่มต้น (Initial Set) การก่อตัวของเพสต์จะดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีสภาพกลายเป็นของแข็ง ซึ่งเรียกจุดนี้ว่า จุดแข็งตัวสุดท้าย (Final Set) ต่อจากนั้นเพสต์จะยังคงแข็งตัวต่อไปและสามารถรับน้ำหนักได้ เรียกว่าการแข็งตัว (Hardening) ซึ่งเวลาตั้งแต่ซีเมนต์ผสมกับน้ำจนถึงจุดแข็งตัวเริ่มต้นเรียกว่า เวลาก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) และเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนถึงจุดนี้เรียกว่า เวลาก่อตัวสุดท้าย (Final Setting Time)

ทางสมาคมทดสอบวัสดุของประเทศสหรัฐอเมริกัน (ASTM C 150) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ม.อ.ก.15) แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็น 5 ประเภท ซึ่งในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) ตราช้าง สำหรับใช้ในงานคอนกรีตทั่วไป ที่ไม่อยู่ในสภาวะอากาศที่รุนแรง หรือที่ไม่มีการกัดกร่อนของคอนกรีตหรือความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำ จะไม่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงขั้นอันตรายที่คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าวเสียหายมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในงานอาคาร งานถนน และสะพาน อ่างน้ำ และกิจการก่อสร้างทั่วๆไป

2.1.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)

อิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) เป็นวัสดุก่อที่ผลิตจากดินลูกรังทำให้อยู่ตัว (Stabilized) ด้วยปูนซีเมนต์ เมื่อบ่มได้อายุแล้วจะรับกำลังอัดได้สูง (70 กก / ตร.ซม.) มีสีในตัวคือสีของดินลูกรัง สร้างบ้านด้วยอิฐประสาน(Interlocking Blocks)สามารถตัดงานฉาบปูน/งานทาสีออกไปได้ อิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ใช้ก่อเป็นผนังประเภทรับน้ำหนัก

วิวัฒนาการของอิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ในประเทศไทยที่พอค้นหาหลักฐานได้ เริ่มที่กลุ่มวิจัยวัสดุก่อสร้าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย (ชื่อเดิมของสาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ร่วมกับบัณฑิตวิทยาลัย สปอ. (SEATO Graduate School of Engineering) ซึ่งก็คือ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ปัจจุบัน เมื่อ40ปีที่แล้ว (2508) เริ่มศึกษาการใช้ดินลูกรังที่มีคุณสมบัติเหมาะสมมาผสมซีเมนต์แล้วเติมความชื้นหลังจากนั้นนำไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด CINVA-RAM เป็นวัสดุก่อเชิงตัน (Solid Block)

เรียกแท่งดินก่อสร้าง (Soil Block) หลังจากนั้นเปลี่ยนชื่อเรียกว่าบล็อกดินซีเมนต์ (Soil-Cement Block) บล็อกดินซีเมนต์ที่ทำจากดินลูกรังที่ว่านี้ขนาด กว้าง × ยาว เท่ากับ 15 × 30 เซนติเมตร ส่วนความหนาของก้อนคือ 10 เซนติเมตรหนักก้อนละ 7-8 กิโลกรัม หนึ่งตารางเมตรใช้บล็อก 33.33 ก้อน ก่อด้วยปูนก่อเช่นเดียวกับการก่อบล็อกทั่วไป ผนังที่ก่อด้วยบล็อกดินซีเมนต์เป็นผนังรับน้ำหนัก(LOAD BEARINGWALL) ปัญหาในการก่อเยอะ เพราะน้ำหนักมากก่อสูงไม่ได้น้ำหนักก้อนไปกดทับปูนก่อทะลักปี 26-27-2528 เป็นช่วงที่มีการพัฒนารูปแบบบล็อกดินซีเมนต์มาเป็นบล็อกที่รู- ดอกตัวผู้–ร่องตัวเมีย เรียกบล็อกรูปใหม่นี้ว่า บล็อก(Interlocking Blocks) เพื่อให้ก่อง่าย ก่อเร็วโดยไม่ต้องใช้ช่างฝีมือไม่ใช้ปูนก่อ การเชื่อมประสานบล็อกแต่ละก้อนด้วยน้ำปูน (เกร้าท์มอร์ตาร์) ช่วงนี้ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย (วว.) ปรับขนาดบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ลงมาให้มีขนาดเล็กลงเป็นขนาด กว้าง ×ยาว ×หนา เท่ากับ 12.5 × 25.0 ×10 เซนติเมตร ขนาดเล็กลงและเบาลงเหลือหนักก้อนละ 5 กิโลกรัม เศษและใช้เป็นขนาดมาตรฐานมาจนกระทั่งปัจจุบันนี้ ส่วนรูปแบบได้มีการปรับเปลี่ยนกันเรื่อยมาจากบล็อกรุ่นดอกกากะบาดมาเป็นรุ่นดอกกลมจนกระทั่งรุ่นสุดท้ายคือรุ่นดอกกลมที่มีรูกลางดอกซึ่งเป็นรุ่นที่ให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างก้อน (Bond Strength) ดีที่สุดในทางวิศวกรรม เมื่อมีโรงงานเกิดขึ้นมีบล็อกออกสู่ตลาดมากขึ้นชื่อเรียกบล็อกประเภทนี้ก็มีแตกต่างกันไปมากขึ้นถึง 6-7 ชื่อ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย (วว.) เกรงว่าอาจก่อให้เกิดความสับสนได้จึงตกลงกันว่าจะใช้ชื่อว่า บล็อกประสาน(Interlocking Blocks)

บล็อกประสาน (Interlocking Blocks)แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ บล็อกโค้ง ใช้ทำถังเก็บน้ำ ขนาดความจุ 2,150 ลูกบาศก์เมตรและบล็อกตรงที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร รูปแบบบล็อกตรงหลักๆ มีอยู่ 3 รูปแบบคือ บล็อกเต็มก้อน บล็อกครึ่งก้อน และบล็อกคาน หรือ บล็อกตัวยูทั้ง 3 รูปแบบพอเพียงสำหรับการก่อผนัง ก่อเสา คาน พื้นและบันได แต่ละรูปแบบจะมีแยกย่อยออกไปอีกตามความต้องการของการใช้งาน เช่น บล็อกคาน ก็จะแยกย่อยออกไปเป็นบล็อกคานปิดหัว เช่น บล็อกคานปิดหัวครึ่งก้อน บล็อกคานปิดหัวเต็มก้อนหรืออย่างบล็อกตรงเต็มก้อน ก็จะแยกย่อยเป็น หัวเรียบ 1 ด้าน หัวเรียบ 2 ด้าน และอีกหลากหลายรูปแบบในบ้านหนึ่งหลังจะใช้รูปแบบบล็อกที่แยกย่อยออกไปต้องประยุกต์ใช้งานจากบล็อกทั้ง 3 รูปแบบที่ได้กล่าวไปแล้ว

รูปแบบการก่อมาตรฐานของบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) คือการก่อแบบ Running Bond สัดส่วนของบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)กว้าง×ยาว เท่ากับ 1:2 เช่น กว้าง 12.5 เซนติเมตรความยาวของก้อนจะเป็น 2 เท่าของความกว้างเสมอนั่นคือ 2 x 12.5 เท่ากับ 25 เซนติเมตร

บล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ไม่ว่าจะเป็นขนาดเท่าไรสัดส่วนอย่างไรความหนาของก้อนคือ 10 เซนติเมตร ก่อ 10 ชั้นจะได้ความสูง 1.00 เมตร ในช่วง 5-6 ปีที่ผ่านมารูปแบบบล็อกประสาน(Interlocking Blocks)มีการพัฒนามาแล้ว 2 รุ่น แต่ก็ยังไม่สรุปว่าเป็นรูปแบบอิฐบล็อกประสาน(Earth Blocks) ที่ดีที่สุดจุดที่ให้ความสนใจและกำลังพัฒนาอยู่ขณะนี้คือรูปแบบที่จะให้กำลังการยึดเหนี่ยว (Bond Strength) ก้อนแต่ละก้อนสูงสุดจากการเกร้าท์น้ำปูนอัดขึ้นรูปบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ยิ่งมีกำลังอัดเยอะยิ่งดีกำลังอัดของเครื่องมีผลต่อการรับกำลังอัดของบล็อก ซึ่งจะเป็นจริงก็ต่อเมื่อกำลังอัดที่ใช้สูงมากๆเช่นสูงถึง 80 ตัน 100 ตัน แต่ในความเป็น

จริงการผลิตบล็อกประสานทุกวันนี้เน้นการใช้ความรู้และเทคนิคมากกว่าการพึ่งพาทางด้านเครื่องจักร (Mechanics) เราจึงให้ความสำคัญกับตัวแปรอื่นอีกหลายตัวที่มีผลต่อคุณภาพของบล็อกประสาน เช่น ส่วนคละของเนื้อดิน (กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว) ประเภทและปริมาณซีเมนต์ ปริมาณความชื้นในเนื้อวัสดุก่อนอัดขึ้นรูปการบ่มฯลฯ รวมทั้งปริมาณของมวลหรือวัตถุดิบที่เติมลงไปในแม่พิมพ์ด้วยเครื่องอัดมือโยกที่เรียกว่า “CinvaRam”ให้กำลังอัดสูงสุดระดับหนึ่งจากกลไกที่ออกแบบไว้กำลังอัดที่ได้จากเครื่องจะขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุดิบที่เติมลงในแม่พิมพ์เติมน้อยได้กำลังอัดน้อยเติมมากได้กำลังอัดมาก ก็ต้องกลับมาดูที่การให้ความชื้นว่าเหมาะสมหรือไม่ ความชื้นเป็น (Lubricant) ที่ดี โดยหลักการปริมาณความชื้นในส่วนผสมควรจะเท่ากับหรือใกล้เคียงกับ ค่า Optimum Moisture Conntent-OMC เพื่อที่จะให้อัดขึ้นรูปให้ได้บล็อกที่มีความหนาแน่นสูงสุด ส่วนเครื่องอัดขึ้นรูปไฮดรอลิกก็อยู่ในแนวคิดเดียวกันกับเครื่องมือโยกCinva-Ram

การทดสอบการรับกำลังอัด (Ultimate Compressive Strength) ของก้อน บล็อกต้องวางในลักษณะของการรับแรงในขณะใช้งานเช่นเดียวกับการเตรียมแท่งตัวอย่างในการทดสอบ Prism อิฐบล็อกประสานเป็นบล็อกที่มีร่องมีรูรับเกร้าท์มอร์ต้าเต็มไปหมดในการเตรียมบล็อกประสานเพื่อการทดสอบการรับกำลังอัดต้องทำการเกร้าท์ให้เรียบร้อยเพื่อให้อยู่ในรูปของ Solid Block ก่อนส่วนดอกตัวผู้ให้ ตัดออก (หลังผึ่งบล็อกไว้ประมาณ 12 - 18 ชั่วโมง) การตัดดอกอาจทำได้ไม่ประณีตพอ (ถ้าจะให้ดีก็ควรCap) บล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ก่อนทำการทดสอบวิธีการ Cap ก็เหมือนกับการ Cap แท่งคอนกรีตที่เตรียมสำหรับทดสอบกำลังอัดบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)นอกจากดินลูกรังแล้วดินอื่นก็ใช้ได้ที่เราใช้ดินลูกรังเพื่อต้องการสี ดินลูกรังจะเป็นดินที่มีสีสวยและสามารถหาได้ทั่วไปเนื่องจากการทำให้ดินอยู่ตัว(Stabilized Soil)คงรูปอยู่ได้ในเมืองไทยคุ้นเคยกับการใช้ซีเมนต์ ซีเมนต์หาได้ง่ายราคาไม่แพงเกินไปจึงใช้ซีเมนต์ (Cement) เป็น Stabilizer (ในต่างประเทศมีการใช้ Lime, Bituminous, Lime-Cement-Flyashเป็น Stabilizer ด้วย) การใช้ซีเมนต์เป็นStabilizer ก็ดีครับสามารถใช้ได้กับดินหลายประเภทที่มีค่า Plastic Index (PI) ไม่เกิน 30 ซึ่งส่วนใหญ่ก็จะเป็นประเภทดินที่มีปริมาณทรายสูงเช่นดินปนทราย (Loamy Sand) ส่วนพวกดินร่วน (Loam) อื่นๆก็สามารถนำมาใช้ได้ แต่ต้องผสมทราย (ก่อสร้าง) เข้าไปจึงจะพอใช้ได้กระบวนการผลิตบล็อกประสาน-วัตถุดิบใช้ ดินลูกรัง+ ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Type1) + น้ำ ในปริมาณที่เหมาะสม(OMC) นำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดCinva-Ramจะได้บล็อกสด (Green block) ผึ่งบล็อกไว้ประมาณ 12 ชั่วโมงแล้วทำการบ่มบล็อกประสานด้วยน้ำ 5-7 วันก่อนนำไปใช้งาน นอกจากดินลูกรังที่มีคุณภาพเหมาะสมแล้วยังสามารถที่จะเลือกใช้วัตถุดิบอื่นเช่น ทราย หินฝุ่น กรวด เม็ดลูกรัง ข้ามาผสมเพื่อให้ได้ Gradation ที่ดีซึ่งจะช่วยลดปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันจะให้สีสันและTextureที่แตกต่างกันทำให้บล็อกประสานเป็นผลิตภัณฑ์ที่มี Variation สูงและนี่คือหนึ่งในการควบคุมคุณภาพบล็อกประสาน คุณภาพของบล็อกประสานจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์ (ขั้นต่ำดังนี้)

ค่าการรับกำลังอัดจะต้องไม่ต่ำกว่า 70กก / ตร.ซม.(Ultimate Compressive Strength)Compressive Strength)ที่อายุ 28 วันโดยปกติผิวอิฐบล็อกประสานที่อัดเสร็จใหม่หรือที่เรียกว่าบล็อกสด (Green Block) รอยด่างมี 2 ลักษณะคือรอยด่างที่เป็น finger print บนผิวบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) เมื่อยกบล็อกออกจากแม่พิมพ์โดยใช้ฝ่ามือ

ประกบด้านข้างของบล็อก (บล็อกรุ่น10*10*30 เซนติเมตร) ปัญหานี้พบน้อยมากเพิ่งพบครั้งแรกที่โรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร อีกลักษณะหนึ่งเป็นปัญหามาจากการแก้ปัญหาดินติดแม่พิมพ์โรงงานนิยมแก้ปัญหา โดยใช้น้ำมันเครื่องชโลมแม่พิมพ์เป็นระยะๆ เมื่อเช็ดคราบน้ำมันเครื่องตามซอกตามมุมออกไม่หมด ก็จะทิ้งคราบด่างของน้ำมันไว้บนผิวบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ปัญหาดินติดแม่พิมพ์ให้กลับไปดู 2 เรื่องคือ ดินเหนียวมากเกินไปหรือไม่ก็ความชื้นที่ให้กับดินเวลาผสมพอดีหรือไม่ (ส่วนผสมแห้งเกินไปก็ติดแม่พิมพ์ส่วนผสมเปียกหรือชื้นเกินไปก็ติดแม่พิมพ์

คราบขาวบนผิวอิฐบล็อกประสาน เกิดจากการบ่มน้ำที่ชุ่มจนโชกน้ำ ส่วนเกินจะไปละลายเกลือในเนื้อบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)แล้วนำคราบเกลือออกมาทิ้งไว้ที่ผิวบล็อกในขณะที่น้ำส่วนเกินค่อยๆระเหยไปจนหมดการบ่มบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ที่ถูกต้องเป็นการบ่มความชื้นพอควรและบ่มช่วงยาวๆ ปัญหาคราบขาวจะไม่เกิดและการพัฒนากำลังอัดของบล็อกดีกว่าบ่มจนโชกแต่บ่มช่วงเวลาสั้นๆการใช้น้ำยากันซึมในงานบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) แตกต่างกับการใช้น้ำยากันซึมในงานคอนกรีต ในงานคอนกรีตเราใช้น้ำยากันซึมเพื่อช่วยลดฟองอากาศในเนื้อของคอนกรีตลดอัตราส่วนการใช้น้ำลง แต่ workability ของคอนกรีตยังเหมือนเดิมการลดปริมาณน้ำในส่วนผสมก็จะลดรูพรุนในเนื้อคอนกรีตโดยปริยายในงานบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)พยายามทำให้ลดความพรุนในเนื้อบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) เช่นกัน โดยพยายามอัดบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ให้มีความหนาแน่น (Density) ที่สูงที่สุดที่จะเป็นไปได้ บล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ที่มีความหนาแน่นดีแสดงว่ามวลมากช่องว่าง (Void) ในเนื้อน้อยในขณะที่ปริมาตรของบล็อกเท่าเดิมส่วนใหญ่เราแนะนำให้พยายามเน้นการใช้เทคนิคต่างๆเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิต เช่น การดูแลปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (สำหรับโรงงานที่ใช้เครื่อง Cinva Ram ขึ้นรูปบล็อกประสาน) การทำ Gradation ของมวลผสม และน้ำหนักของมวลแต่ละก้อน เมื่อดูแลเรื่องเหล่านี้ให้ดีอัตราการดูดกลืนน้ำน่าจะอยู่ที่ 11-12 เปอร์เซ็นต์ (อัตราการดูดกลืนน้ำที่ยอมให้-ตามมาตรฐาน ก่อสร้าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย (วว.) อยู่ที่ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ถึงแม้จะผลิตบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ให้มีค่าอัตราการดูดกลืนน้ำให้ต่ำเท่าไรก็ตาม

ผลที่ได้จะไปมีความสัมพันธ์ตรงกับค่าการรับกำลังอัดของบล็อกประสาน (Interlocking Blocks Ultimate Compressive Strength) มากกว่าและเรายังคงต้องให้น้ำหนักหรือความสำคัญที่การป้องกันการดูดซึมน้ำที่ผิวด้านนอกของบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) เมื่อเวลาที่เอาไปใช้งานโดยเฉพาะบริเวณของผิวบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ที่มีโอกาสเจอน้ำและความชื้นซ้ำซาก ดั้งนั้นการCoat ผิวด้วยสารเคลือบใส่ประเภท Water Repellent หรือสารเคลือบใสประเภท Waterproof ให้กับผิวบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ในพื้นที่ผนังดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นสารประเภท Waterproof มีความคงทนและอายุการใช้งานยาวกว่าสารประเภท Water Repellent

รอยร้าวที่ก้อนบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) มีผล (ทางลบ) โดยตรงต่อการรับกำลังอัดของก้อนแน่นอนและมีผล (ทางลบ) ต่อการรับกำลังอัดของผนังด้วยเช่นกันกำลังอัดของผนังขึ้นอยู่กับกำลังอัดของก้อน (Masonry Unit) และแรงยึดเหนี่ยวของแต่ละก้อนที่เกิดจากปูนก่อ (กรณีที่ก่อทั่วไปที่ใช้ปูนก่อ) กรณีของอิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ซึ่งใช้เกร้าท์มอร์ต้า แรงยึด

เหนี่ยวหรือ Bond Strenght นอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของเกร้าท์มอร์ต้าแล้วยังขึ้นอยู่กับขนาดและระยะห่างของ Grouted Core

2.1.4 การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ

การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานต้องอาศัยองค์ประกอบหลาย ๆ อย่าง ทั้งจากทางด้านแรงงาน เครื่องจักรที่ใช้ และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือความเอาใจใส่ในงานทุกขั้นตอน โดยมีรายละเอียดที่ควรทำในด้านต่าง ๆ คือ

- เครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อการผลิตบล็อกประสานโดยเครื่องจักรที่ใช้ทั่วไปมีดังนี้
- เครื่องบดร่อนวัตถุดิบ
- เครื่องผสม
- เครื่องอัดบล็อกตรง และบล็อกโค้งแบบใช้แรงคนและแบบอัดด้วยแรงดันไฮดรอลิก
- ชั้นวางบล็อก

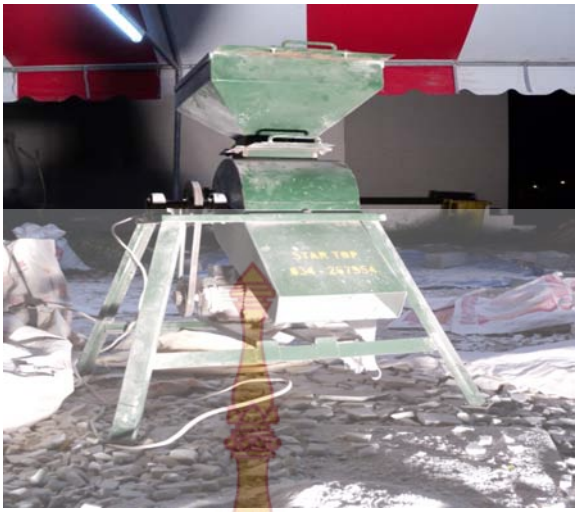
ตาชั่ง และอุปกรณ์การตวงวัดส่วนผสม

1) ข้อพิจารณาในการเลือกซื้อเครื่องจักรกล

อย่าคิดว่าเครื่องจักรที่ใช้ผลิตบล็อกทุกตัวสมบูรณ์แบบดังนั้นก่อนการเลือกซื้อเครื่องจักรควรศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ให้รอบคอบทั้งการใช้งาน การดูแลรักษาเครื่องจักรและความเหมาะสมกับกิจการของเรา ถ้าไม่แน่ใจอย่าลืมว่าสอบถามผู้มีประสบการณ์

- เครื่องบดร่อน

เครื่องบดร่อนเป็นเครื่องที่ใช้สำหรับบดร่อนวัตถุดิบที่มี เนื้อกรวดหินมาก ๆ หรือก้อนดินเกาะกันเป็นก้อนใหญ่ ถ้าวัตถุดิบที่ใช้มีเนื้อละเอียด เล็กเป็นส่วนใหญ่ ไม่เป็นฝุ่น อาจใช้ตะแกรงร่อนขนาดตะแกรง 3 – 4 ม.ม. ร่อนเอาหินขนาดใหญ่ออกก็ได้ไม่ต้องซื้อเครื่องบดร่อนให้เสียต้นทุน และค่าไฟในปัจจุบันเครื่องบดร่อนมี 2 รูปแบบหลัก คือแบบช่องดินออก 1 ทาง และช่องดินออก 2 ทาง แบบ 2 ทางมีข้อเสียคือ อัตราส่วนผสมของทั้ง 2 ช่องทางไม่เหมือนกัน ฉะนั้นเมื่อนำมาผลิตแล้วคุณภาพจะไม่แน่นอน และยังมีราคาเครื่องที่แพงกว่า ดังนั้นควรศึกษาถึงขีดความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรว่าพอกับวัตถุดิบของเราหรือไม่ ได้ความละเอียดแค่ไหน และระบบไฟฟ้าเป็นอย่างไร โดยเครื่อง 3 เฟสจะมีราคาถูกและประหยัดค่าไฟได้มากกว่าแต่ต้องลงทุนติดตั้งหม้อแปลง 3 เฟสหลักแสน



รูปที่ 2.4 เครื่องบดร่อน

- เครื่องผสม

เครื่องผสมเป็นเครื่องมือหลักที่ควรมี เพราะการผลิตเพื่อจำหน่ายจำเป็นต้องใช้ส่วนผสมมาก การใช้เครื่องผสม จะช่วยลดค่าแรงงานและเพิ่มผลผลิตต่อแรงงานต่อวันได้มากกว่าการใช้แรงงานผสม นอกจากนี้เครื่องผสมที่ดีจะทำให้การผสมส่วนผสมเป็นไปได้อย่างทั่วถึงกว่าการผสมด้วยแรงงานคน การเลือกซื้อเครื่อง ควรเลือกซื้อเครื่องที่มีกำลังเหมาะสมกับปริมาณการผลิต และระบบไฟฟ้าที่มีอยู่ และต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของวัสดุที่ใช้ผลิตด้วย.

รูปที่ 2.5 เครื่องผสม

- เครื่องอัดบล็อกตรง และบล็อกโค้ง

เครื่องอัดบล็อกมี 2 ประเภท คือใช้แรงงานคน (แบบมือโยก) และเครื่องอัดไฮดรอลิก การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับทุนที่มีอยู่มากกว่าปริมาณการขาย เพราะต้นทุนการผลิตต่อก้อนด้วยเครื่องไฮดรอลิกถูกกว่าเล็กน้อย ทำให้ระยะยาวจะได้กำไรสูงกว่า แต่เครื่องอัดด้วยแรงคนสามารถตอบสนองปริมาณการขายที่เท่ากันด้วยต้นทุนรวมที่น้อยกว่า แม้ว่าใช้เงินหมุนเวียนด้านค่าแรงงานมากกว่า และไม่ต้องใช้ไฟฟ้า

- **เครื่องอัดด้วยแรงคน**

เป็นเครื่องอัดด้วยแรงคนแบบมือโยก ใช้การทดแรงแบบคานงัดคานดีดมีลักษณะดอก ร่องด้านใต้หลายรูปแบบ และความหนาของเหล็กที่ใช้ผลิตแต่ละแห่งจะไม่เท่ากันสามารถผลิตได้วันละประมาณ 400 – 800 ก้อนขึ้นอยู่กับจำนวนแรงงานและความชำนาญ

รูปที่ 2.6 เครื่องอัดด้วยแรงคน

- เครื่องอัดไฮดรอลิก

เครื่องอัดไฮดรอลิกเป็นเครื่องอัดแบบอุตสาหกรรมขนาดย่อม จนถึงขนาดใหญ่ ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับน้ำมันสร้างแรงดันในระบบไฮดรอลิกอัดได้ครั้งละ 2 – 4 ก้อนสามารถผลิตได้วันละประมาณ 1000-2600 ก้อน ข้อควรระวังเมื่อได้รับเครื่องจักรมาใหม่ เครื่องจักรทุกตัวมีค่าคลาดเคลื่อนจากขนาดบล็อกที่ต้องการจริงทุกตัวไม่ว่าจะเป็นเครื่องอัดมือโยก หรือเครื่องอัดแบบไฮดรอลิก ดังนั้นก่อนการผลิต หรือเมื่อได้รับเครื่องมือมาใหม่ควรทดสอบอัดบล็อกเพื่อตรวจสอบค่าต่าง ๆ คือขนาดในมิติต่าง ๆ ตรวจสอบว่าได้ตามต้องการหรือไม่ทั้งความสูง ความกว้าง ความยาว และความเอียง หากหนาไปให้หนุนแผ่นชิม หรือแผ่นสังกะสีบาง ๆ ไว้ใต้แผ่นแม่พิมพ์ด้านล่าง หากก้อนต่ำให้ลดระดับแผ่นชิมออก หรือไสแผ่นรองแม่พิมพ์ออก โดยจะต้องตรวจสอบความแน่นหนาของฐานรองด้วยทุกครั้ง หากฐานรองหลวมต้องยึดให้แน่นก่อนทำการปรับความหนาความจุของดินในช่องอัด ตรวจสอบว่ามีปริมาตรที่จะบรรจุดินได้มากพอที่จะทำงานได้สะดวกในการเติมดินแต่ละครั้ง โดยเมื่ออัดแล้วบล็อกประสานยังคงมีความหนาแน่นตามต้องการหรือไม่ เพราะตามธรรมชาติดินยิ่งมีความหนาแน่นมากกำลังก็จะสูงมากตามไปด้วย ดังนั้นก่อนทำการผลิตจริงอย่าลืมตรวจสอบความสูงของช่องบรรจุดินให้มีเพียงพอกับปริมาณดินที่จะใส่แต่ละครั้งซึ่งโดยทั่วไปไม่ควรน้อยกว่า16 ซ.ม. โดยความลึกที่เหมาะสมที่สุดคือ 19 ซ.ม.

- ชั้นบ่มก้อนบล็อกประสาน ใช้วางก้อนบล็อกประสานให้เป็นระเบียบเรียบร้อยประหยัดที่วางก้อนบล็อกให้ความชื้นในการบ่มได้ง่าย ชั้นวางควรมีความแข็งแรงสูง สามารถวางก้อนบล็อกได้สะดวกจากทุก ๆ ทิศทาง ไม่เป็นสนิมง่าย ทนทาน และถ้าเคลื่อนย้ายได้ง่ายก็จะสะดวกมากขึ้น จำนวนของชั้นวางขึ้นอยู่กับกำลังการผลิต ชั้นวางบล็อกสด หลังการผลิตสามารถลดระยะเวลา

และแรงงานในการเรียงบล็อก ขนาดไม่ควรกว้างเกิน 50 ซ.ม. เพื่อให้สะดวกในการวางโดยไม่ต้องเอื้อมติดล้อเลื่อนเพื่อสามารถเคลื่อนย้ายไปสู่พื้นที่บ่มได้สะดวกชั้นวางบล็อกสำหรับการขนส่ง หรือพาเล็ท ใช้ในกรณีที่มีรถเฮี้ยบ(รถยก) หรือรถลากไฮดรอลิก(ตะเข่) จะช่วยให้ขนส่งได้สะดวก ประหยัดค่าแรงในระยะยาว

- ตาชั่งและอุปกรณ์ตวงวัดส่วนผสม ตาชั่งต้องมีความเที่ยงตรง และสามารถรับน้ำหนักได้มากพอที่จะชั่งวัสดุ แต่ไม่มากจนเกินไป เพราะจะทำให้ค่าที่ได้ไม่ละเอียดพอ อุปกรณ์การตวงวัดส่วนผสมต่าง ๆ ควรใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายตามท้องถิ่นไม่จำเป็นต้องมีราคาแพงในการตวงวัสดุ ถ้าใช้อุปกรณ์ชนิดไหนตวงก็ควรใช้ตัวเดิมเพื่อลดความแตกต่างจากอุปกรณ์จะทำให้การผสมแต่ละครั้งมีความใกล้เคียงกันมากขึ้น

2) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

-ดินที่ใช้ในการผลิตเกิดจากหินที่ผุพังไปตามกาลเวลาและการกระทำจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งการพัดพอของน้ำลำธาร ฝนตก แดดออก และจากน้ำมือของมนุษย์ ดังนั้นดินจากแต่ละภูมิประเทศจะไม่เหมือนกัน ทั้งขนาดเม็ดดิน รูปร่าง ขนาดคละและแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน เมื่อมีความแตกต่างกันดังนั้นอัตราส่วนผสมที่ใช้ผลิตบล็อกก็จะแตกต่างกันไป ดังนั้นก่อนการผลิตต้องตรวจสอบก่อนว่าดินมีสภาพอย่างไรลักษณะของดินที่ดีการเลือกดินที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะวิธีการเหมือนแนวคิดของการแบ่งชั้นคุณภาพดินสำหรับทำถนน (ASTM D3282 Standard Classification of Soils and Soil – Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes) คือ มีฝุ่นดินน้อย มีมวลละเอียดแข็งตั้งแต่ร้อยละ 65 โดยน้ำหนักขึ้นไปดังนั้นก่อนการผลิตต้องทำการตรวจสอบดินที่จะใช้เป็นวัตถุดิบก่อนการผลิต โดยการทดสอบมีหลายขั้นตอน ดังนี้

- การทดสอบด้วยตนเอง

วิธีการทดสอบ โดยดินที่นำมาทดสอบควรเป็นดินที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ได้ อยู่ลึกจากหน้าดินไม่มีเศษวัชพืช และรากไม้ นำดินหรือวัตถุดิบที่ต้องการ ใส่ในขวดใสครึ่งขวด แล้วเติมน้ำให้เต็ม ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน วางบนโต๊ะแล้วขีดเส้นด้วยปากกาเมจิกที่ระดับดินที่ตกตะกอนทันที ตั้งทิ้งไว้จนตกตะกอนทั้งหมดจนน้ำใส ขีดเส้นบนสุดอีกเส้น หาร้อยละของตะกอนฝุ่นที่ตกตะกอนที่หลังไม่เกินร้อยละ 35 โดยปริมาตร หรือส่วนมวลละเอียดตะกอนแข็งที่ตกตะกอนก่อนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 65 โดยปริมาตร ถือว่ามีคุณภาพดี ใช้ผลิตบล็อกประสานได้ด้วยอัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ดิน ประมาณ 1 : 6 ถ้าเนื้อมวลละเอียดอยู่ระหว่างร้อยละ 35-50 จะต้องมีการทดสอบในห้องปฏิบัติการอย่างละเอียดเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของดินก่อน

- การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการเป็นการทดสอบอย่างละเอียดเพื่อหาขนาดคละโดยวิธี (Sieve Analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D421, D1140 เพื่อตรวจสอบว่าขนาดคละของดินที่ใช้มีขนาดเหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะต้องปรับปรุงอย่างไร เนื่องจากดินแต่ละแหล่งจะมีคุณภาพต่าง ๆ ที่ไม่เหมือนกัน ดินบางประเภทเหมาะสมต่อการใช้งาน แต่บางประเภทไม่เหมาะสามต่อการใช้งาน ถ้านำมาใช้จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง หรือเมื่อผลิตออกมาแล้วจะได้บล็อกที่ไม่แข็งแรงบล็อกประสานเป็นคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทหนึ่งที่ใช้เป็นโครงสร้างแทนเสาคานได้ ซึ่งมีความแข็งแกร่งสูง

กว่าอิฐ หรือคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่ขายตามท้องตลาดมาก เพราะอิฐทั่วไปใช้เป็นผนังไม่รับน้ำหนักได้เพียงอย่างเดียว ปูนซีเมนต์จึงเป็นต้นทุนวัตถุดิบหลักที่มากที่สุด ในการผลิตบล็อก 1 ก้อนเพื่อให้ได้ความแข็งแกร่งเพียงพอ การคัดเลือก และหาส่วนผสมที่ดีอาจช่วยลดสัดส่วนการใช้ปูนซีเมนต์ต่อก้อนได้สูงสุด จากอัตราส่วน 1 : 6 เป็น 1 : 12 ได้ ซึ่งสดการใช้ปูนได้ครึ่งหนึ่ง หรือประมาณ 50 สตางค์ต่อก้อนการทดสอบเพื่อกำหนดสูตรส่วนผสมโดยละเอียดเพิ่มการกำหนดสัดส่วนปูนที่ใช้ในการผลิตตามหลักสถิติ เพื่อให้ได้สัดส่วนที่ใช้ปูนน้อยที่สุด โดยการปรับอัตราส่วนปูนที่ใช้ในการผสม และนำมาหาค่าความต้านทานแรงอัด ซึ่งจะทำให้ทราบค่าความสัมพันธ์ระหว่างปูนที่ใช้ และความต้านทานแรงอัด และกำหนดสัดส่วนปูนให้ได้ค่าความต้านทานแรงอัดที่ประมาณ 70 กก. ต่อ ตร. ซม. บวกส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเผื่อไว้หน่อย เพื่อความสบายใจของผู้ใช้ และปริมาณการขายในอนาคต

อัตราส่วนผสมที่แท้จริงขึ้นอยู่กับว่าในการผลิตจะสามารถผลิตบล็อกให้รับกำลัง ผ่านมาตรฐานได้ที่อัตราส่วนเท่าไร ดังนั้นถ้าหากว่ามีแหล่งดิน และเครื่องจักรพร้อมอยู่แล้ว อาจลองอัดบล็อกที่หลาย ๆ อัตราส่วนอาจไล่ตั้งแต่ 1 : 5 ถึง 1 : 10 แล้วดูว่าอัตราส่วนไหนที่ใช้แล้วทำงานง่าย บล็อกแข็งแรงดี ขอบมุม ไม่ลุ่ย ไม่ร้าวเมื่อแห้ง ไม่ยุ่ยเมื่อถูกน้ำ แล้วค่อยส่งมาทดสอบการรับกำลังอัดว่าผ่านมาตรฐานหรือไม่ ถ้าผ่านก็ถือว่าใช้ได้อัตราส่วนผสมที่แท้จริงจะดูจากผลทดสอบการรับกำลังอัดว่าผสมที่อัตราส่วนเท่าไร แล้วกำลังรับกำลังอัดยังผ่านมาตรฐานอยู่เพราะถ้าผสมมากเกินก็จะเปลืองต้นทุนโดยเปล่าประโยชน์ แต่ถ้าน้อยเกินก็อาจได้กำลังไม่เพียงพอการพัฒนาส่วนผสมดินด้วยตนเอง กรณีฝุ่นดินมาก จากการทดสอบดินด้วยตัวเองนั้นหากพบว่ามีเนื้อฝุ่นมาก เราอาจผสมหินฝุ่นหรือทรายเลือกวัตถุดิบตัวที่มีราคาถูก โดยการนำขวดเปล่ามาชั่งน้ำหนัก ตวงดินใส่ขวดประมาณ 1/3 ของขวด ชั่งน้ำหนักขวด จะได้น้ำหนักดินที่ใช้หรือปริมาตรที่ตวงเติมน้ำไว้ครึ่งขวด นำหินฝุ่นหรือทรายมาชั่งน้ำหนักแล้วค่อย ๆ เติมลงในขวดเดียวกัน จนสัดส่วนฝุ่นดินลดลงจนเหลือประมาณร้อยละ 35 ชั่งน้ำหนักดินที่เหลือ หรือจำนวนปริมาตรที่ตวงใส่ขวด จะได้ส่วนผสมวัตถุดิบโดยประมาณสำหรับผลิตบล็อกประสานที่มีคุณภาพดี

ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกประสาน ซีเมนต์ที่ใช้จะเลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (ปูนที่ใช้ในงานโครงสร้าง เทเสา คาน เช่น ปูนตราช้างแดง ทีพีไอแดง) และเป็นปูนที่ได้รับมาตรฐาน มอก. สาเหตุที่เลือกใช้ปูนประเภท 1 นั้น เพราะความคุ้มค่าต่อราคาสูงสุด สามารถผลิตบล็อกประสานให้ได้กำลังตามมาตรฐานโดยใช้ปูนซีเมนต์ไม่มากเกินไป และที่สำคัญคือสะดวกสามารถหาได้ทุกที่ทั่วไทย การใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 จะให้ก้อนบล็อกประสานมีความแข็งแกร่ง ทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำได้ดี การใช้ปูนซีเมนต์ผสม ปูนก่อฉาบ คุณภาพจะต่ำกว่าทำให้ต้องใช้ปูนมากขึ้นถึง 2 เท่าเพื่อให้ได้คุณภาพเท่ากัน ซึ่งจะทำให้ต้นทุนสูงขึ้น ที่เลือกใช้ควรเป็นปูนใหม่ สด หีบห่อไม่แตกร้าว เมื่อแกะออกมา ปูนยังเป็นผงดี ไม่จับตัวเป็นก้อนแข็ง และอย่าลืมตรวจสอบวันผลิตข้างถุง อย่าให้ผลิตนานมาก ปูนอาจเสื่อมคุณภาพได้ การวางงเก็บควรวางเป็นชั้น ๆ ในที่อากาศถ่ายเทสะดวก ไม่ถูกลม ฝน แสงแดดจัด ๆ และในการผลิตควรนำปูนเก่ามาใช้ก่อนเมื่อหมดจึงปูนใหม่เข้ามาใช้หมุนเวียนไปเรื่อย ๆ

- น้ำสะอาดน้ำที่ใช้ในการผสมดินซีเมนต์ต้องเป็นน้ำสะอาด ปราศจากสารเจือปน หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไม่มีความเป็นกรดหรือด่าง หรือคราบน้ำมัน ดังนั้นถ้าไม่แน่ใจก็ใช้น้ำสะอาดที่ใช้ดื่มได้ เพราะว่าน้ำจะเป็นตัวเข้าไปทำปฏิกิริยากับซีเมนต์โดยตรง ดังนั้นถ้าในน้ำมีสารอินทรีย์หรือมีสภาพ

เป็นกรด ด่าง ก็จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ไม่เต็มที่ ทำให้ได้กำลังไม่สูงมากเท่าที่ต้องการบล็อกที่ผลิตออกมาก็จะไม่ได้มาตรฐาน

-ทรายละเอียด หินฝุ่นจะใช้ในกรณีที่ดินที่เป็นแหล่งวัตถุดิบมีสภาพไม่เหมาะสมและต้องมีการปรับปรุงคุณภาพก่อนนำมาผลิตเพื่อปรับสัดส่วนขนาดคละใหม่ให้มีความเหมาะสม วัสดุที่นำมาใช้ผสมเพื่อปรับขนาดคละ ต้องทราบแหล่งของวัตถุดิบที่แน่นอน เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละที่คุณสมบัติจะแตกต่างกัน ทำให้เกิดความแปรปรวนได้ถ้าใช้จากคนละแหล่ง

3) ขนาดคละของวัสดุ

ดินที่มีขนาดคละดี คือจะมีสัดส่วนของดินขนาดเม็ดใหญ่ ขนาดเม็ดกลาง และขนาดเม็ดเล็ก ปนกันอยู่อย่างเหมาะสม เม็ดดินที่มีขนาดเล็กก็จะเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดใหญ่ทำให้เกิดความแน่น และความแข็งแรงตามมา ลองเปรียบเทียบง่าย ๆ กับการนำลูกปูนมาวางเรียงในกล่องจะเห็นได้ว่า จะมีช่องว่างระหว่างเม็ดลูกปืนอยู่มาก แต่ถ้าเราหาลูกปืนซึ่งมีขนาดเล็ก ๆ เพิ่มลงไปช่องว่างก็จะลดลงเนื่องจากลูกปืนเม็ดเล็กจะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างลูกปืนเม็ดใหญ่

รูปที่ 2.7(ก) แสดงการเรียงตัวของขนาดคละที่ไม่ดี รูปที่ 2.7 (ข) แสดงการเรียงตัวของขนาดคละที่ดี

รูปที่ 2.7แสดงการเรียงตัวของขนาดคละ

จากรูปที่ 2.7 (ก) คือ ดินที่การกระจายตัวไม่ดี และรูปที่ 2.5 (ข) คือดินที่มีเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ปนกันอยู่ ช่องว่างในรูปด้านขวาจะมีน้อยกว่ามากซึ่งผลคือ กำลังก็จะสูงกว่าด้วย

4) ขั้นตอนการผลิตบล็อกประสานของ วว.

- เก็บตัวอย่างวัตถุดิบ ทดสอบแหล่งวัตถุดิบเพื่อหาแหล่งที่เหมาะสมที่สุด และกำหนดส่วนผสมที่เหมาะสม

- เตรียมวัตถุดิบ ถ้ามีความชื้นมากควรนำไปตากให้แห้งและกองเก็บวัตถุดิบในที่ร่มให้มากเพียงพอที่จะทำการผลิตตลอดฤดูฝน หากดินเป็นก้อน หรือมีมวลหยาบน้อย ควรร่อมผ่านตะแกรงขนาด 2 – 4 ม.ม. ไม่ควรใช้ตาละเอียดเพราะจะทำให้ได้แต่เนื้อฝุ่นดินทำให้ก้อนบล็อกไม่มีความแข็งแรง ถ้าเนื้อดินมีก้อนใหญ่หรือมวลหยาบมาก ควรใช้เครื่องบดร่อน กองเก็บในที่ร่มเพื่อรอผลิต

-ในการตวงวัตถุดิบสามารถตวงส่วนผสมได้ 2 วิธี คือ ตวงด้วยปริมาตร และการตวงวัดด้วยน้ำหนัก การตวงด้วยน้ำหนักจะทำให้การผลิตสามารถควบคุมคุณภาพได้แน่นอน แต่อาจตวงโดยปริมาตรได้ซึ่งจะสะดวกรวดเร็วกว่า โดยการหาน้ำหนักของดินเต็มภาชนะตวง เช่นถังปูนแล้วคำนวณแปลงอัตราส่วนโดยน้ำหนักเป็นปริมาตร

- ในการผสมให้คลุกเคล้าส่วนผสมแห้งหรือมวลรวมกับซีเมนต์ให้เข้ากันก่อน ในกรณีที่ดินชื้นเกาะกันเป็นก้อนการผสมกับซีเมนต์จะทำให้ส่วนผสมไม่เข้ากันดี หรือซีเมนต์ไม่สามารถแทรกเข้าไปในก้อนดินที่จับตัวเป็นก้อนได้ ทำให้ความแข็งแรงลดลง เมื่อโดนฝนจะทำให้บล็อกเป็นรูขนาดเท่าก้อนดินที่ไม่มีปูนเข้าไปผสมจึงเป็นจุดที่ต้องให้ความสำคัญ

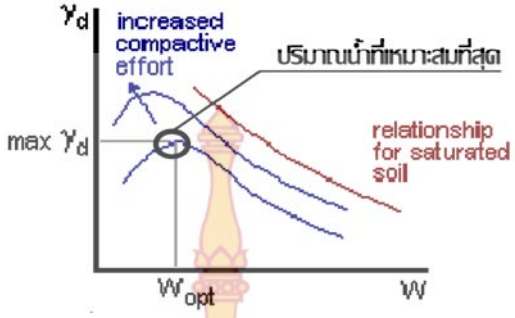
-ในการอัดบล็อก ควรใช้ส่วนผสมให้หมดภายใน 30 นาที หลังจากผสมน้ำเพื่อป้องกันปูนเสื่อมก่อนอัดขึ้นรูป

- บล็อกประสาน วว. ที่อัดเป็นก้อนแล้วควรผึ่งในที่ร่มอย่างน้อย 1 วัน จึงเริ่มบ่มจนอายุครบ 7 วัน

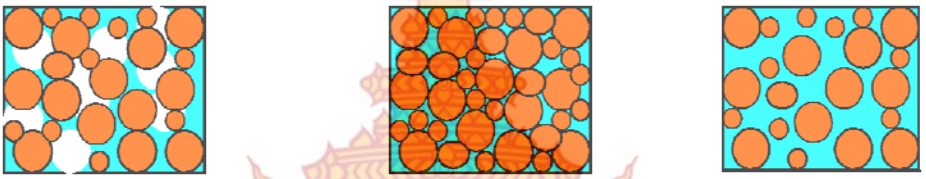
การผสมน้ำ หรือการหาปริมาณที่เหมาะสมด้วยถังบัวรดน้ำ เติมน้ำให้เกือบเต็มถังบัวรดน้ำชั่งน้ำหนักบันทึกผลเติมน้ำลงในส่วนผสม จนส่วนผสมเริ่มมีความชื้น นำส่วนผสมไปอัดบล็อก พร้อมกับหาน้ำหนักก้อนที่มากที่สุดที่สามารถอัดได้โดยไม่ใช้แรงมากเกินไป บันทึกผลน้ำหนักถังบัวรดน้ำและน้ำหนักบล็อกสูงสุด ทำซ้ำโดยการเติมน้ำเพิ่ม และหาน้ำหนักก้อนสูงสุด ทำซ้ำจนกระทั่งเมื่ออัดบล็อกแล้วจะมีน้ำถูกบีบออกมาจากก้อนซึ่งจะเป็นจุดที่มีปริมาณน้ำในก้อนมากเกินพอดี ที่จุดนี้ก้อนบล็อกที่อัดได้จะเสียรูปขณะยกออกมาจากเครื่องอัด หรือเกิดการแอ่นตัวอย่าง
เห็นได้ชัด เมื่อได้จุดที่มีปริมาณน้ำมากเกินพอดีให้บันทึกค่าไว้ ส่วนปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตคือปริมาณน้ำ ก่อนถึงจุดที่บล็อกจะมีน้ำถูกบีบออกมาจากก้อนโดยใช้น้ำหนักต่อก้อนเท่ากับน้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ

5) ปริมาณน้ำที่เหมาะสม

น้ำที่ใช้ผสมมีหน้าที่หลักคือเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ นอกจากนั้นหน้าที่หลักที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือน้ำจะเป็นเสมือนสารหล่อลื่นทำให้แรงเสียดทานระหว่างเม็ดดินลดลง ทำให้การบดอัดดินลงในเครื่องอัดทำได้ง่ายขึ้น จากรูปที่ 2.6 จะแสดงให้เห็นถึงจุดที่มีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุด โดยในแกนตั้งจะเป็นความหนาแน่นของดิน และแกนนอนเป็นปริมาณน้ำ โดยปริมาณน้ำที่ดีที่สุดคือ จุดที่โค้งขึ้นเปลี่ยนกลับเป็นโค้งลงคือมีน้ำหนักมากที่สุด ซึ่งก็คือดินมีความแน่นมากที่สุด ผลที่ได้คือกำลังจะสูงสุดด้วย



รูปที่ 2.8แสดงการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม



รูปที่ 2.9 (ก) ปริมาณน้ำน้อยรูปที่ 2.9(ข) ปริมาณน้ำเหมาะสมรูปที่ 2.9(ค) ปริมาณน้ำมาก

รูปที่ 2.9 แสดงปริมาณน้ำที่จุดต่าง ๆ

รูปที่ 2.9 (ก) คือปริมาณน้ำที่น้อยเกินไปก่อนที่จะถึงจุดที่เป็นปริมาณน้ำที่เหมาะสมการเรียงตัวของเม็ดดินในกรณีนี้จะไม่แน่นมาก เพราะแรงเสียดทานระหว่างเม็ดดินมีมากทำให้การบดอัดดินทำได้ยากเมื่อทำได้ยากทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดดินมาก เมื่อบดอัดลงในเครื่องอัดทำให้บล็อกที่ผลิตได้มีช่องว่างมากทำให้กำลังต่ำลง

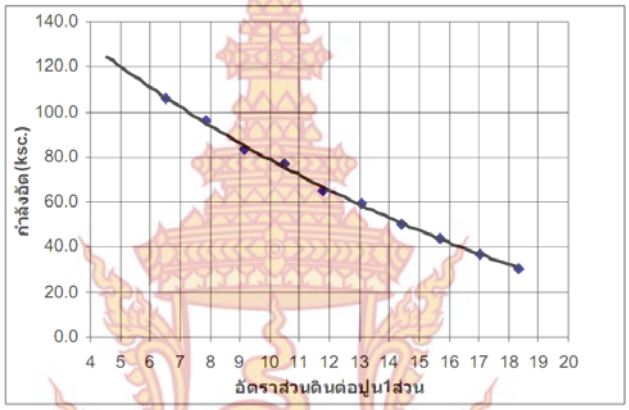
รูปที่ 2.9 (ข) เป็นกรณีที่มีปริมาณน้ำพอดีคือปริมาณน้ำคลุกเคล้าในวัตถุดิบอย่างทั่วถึงทำให้การบดอัดทำได้ง่ายเพราะมีแรงเสียดทานต่ำในกรณีนี้ช่องว่างทั้งหมดจะถูกแทนที่ด้วยน้ำซึ่งถือว่าเป็นกรณีที่การบดอัดทำได้แน่นมากที่สุดทำให้บล็อกที่ผลิตได้มีช่องว่างน้อยที่สุดจึงมีความแข็งแรงมาก

รูปที่ 2.9 (ค) เป็นกรณีที่มีปริมาณน้ำมากเกินพอดีเมื่อมีน้ำมากเกินทำให้น้ำเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดินทำให้เม็ดดินแยกตัวออกจากกันเมื่อบดอัดลงในเครื่องอัดทำให้น้ำที่แทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดินถูกบีบออกมา เมื่ออัดก้อนบล็อกทำให้น้ำส่วนเกินถูกบีบออกมาจึงมีน้ำเยิ้มออกมาเมื่ออัดก้อนบล็อก และบล็อกจะมีความแข็งแรงต่ำ จึงมองเห็นก้อนบล็อกอ่อนตัวเมื่อยกออกมาจากเครื่องอัด

การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมต้องหาทุกครั้งที่เปลี่ยนแหล่งดินเพราะดินแต่ละชนิดต้องการปริมาณน้ำไม่เท่ากัน แต่ถ้าใช้แหล่งดินเดิมอนุโลมให้ใช้ปริมาณน้ำที่เหมาะที่เคยหาไว้ก่อนได้ แต่วัตถุดินที่ใช้ต้องอยู่ในสภาพที่แห้ง เพราะถ้าวัตถุดิบเปียกปริมาณน้ำที่เติมจะไม่เท่าเดิม โดยจะต้องหักน้ำหนักน้ำที่มีอยู่ในมวลดินออกไปซึ่งหาได้ยาก ดังนั้นการใช้วัตถุดิบที่แห้งจะเหมาะสมกว่า

6) อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อวัตถุดิบของบล็อกประสาน

อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตบล็อกประสาน หาจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยส่วยใหญ่แนะนำให้ผลิตที่อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมประมาณ 1 : 6 ถึง 1 : 7 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลรวมเป็นหลัก แต่อาจปรับส่วนด้วยตนเองได้ โดยการผสมปูนซีเมนต์กับวัตถุดิบในอัตราส่วนที่ต่าง ๆ กันไปเช่น ผลิตบล็อกประสานอัตราส่วน 1:6,1:7,1:8 และ 1:9 จำนวนสูตรละ 3 ก้อน แล้วส่งตัวอย่างมาทดสอบความต้านทานแรงอัด เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปูนซีเมนต์ที่ใช้ และความต้านทานแรงอัดที่ได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงค่ากำลังอัดที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

จากรูปที่แสดงในแกนตั้ง เป็นกำลังอัด แกนนอนเป็นอัตราส่วนที่ผสมต่อซีเมนต์ 1 ส่วน โดยกำลังตามมาตรฐานจะอยู่ประมาณ 7 Mpa(ประมาณ 70 กก./ซ.ม.) ดังนั้นอัตราส่วนดินที่แนะนำจึงอยู่ในช่วงประมาณปูนซีเมนต์ 1 ส่วนต่อดิน 6 – 8 ส่วน โดยอัตราส่วนที่น้อยกว่านี้ถึงแม้กำลังจะดีขึ้นแต่ในแง่การลงทุนไม่คุ้มเนื่องจากต้องเปลืองปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้นมาก และในอัตราส่วนดินที่มากเกินไปก็อาจจะทำให้กำลังไม่ได้ตามมาตรฐาน โดยสังเกตได้จากค่าอัตราส่วนซีเมนต์ต่อดินที่ประมาณ 1:8 ขึ้นไปกำลังมีแนวโน้มที่จะลดลงต่ำกว่า 7 Mpa(ประมาณ 70 กก./ซ.ม.) แต่ทั้งนี้อัตราส่วนซีเมนต์ต่อดินจะเป็นเท่าไรแน่ขึ้นอยู่กับแหล่งดินที่นำมาใช้ ดังนั้นเมื่อผลิตแล้วอย่าลืมทดสอบด้านกำลังอัดด้วยว่าได้เท่าไรแน่จะได้ทราบถึงปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสมจริง ๆ ที่ควรใช้เพื่อไม่ให้สิ้นเปลืองเกินไป หรือกำลังไม่ได้มาตรฐาน

7) **วิธีการบ่ม**

หลังจากนำบล็อกออกจากเครื่องอัดแล้ว บ่มในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน ไม่ควรตากแดดเพราะน้ำจะระเหยเร็วทำให้ปูนซีเมนต์ขาดน้ำส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดไม่เต็มที่ บล็อกที่ได้จะไม่แข็งแรงตามที่ต้องการ หรืออาจเกิดรอยแตกร้าวที่ผิวจากการแห้งเร็ว เมื่อบ่มจนครบ 1 วัน นำมาจัดเรียงแล้วคลุมด้วยพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก บ่มด้วยความชื้นทั้งไว้อีก 7 วัน บล็อกประสานจะมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้ แต่ไม่ควรขนส่งก่อนกำหนดเพราะจะทำให้ก้อนบิ่น หรือเกิดการแตกร้าวได้ง่าย ในดินบางประเภทการรดน้ำใน 1 – 3 วันแรกน้ำอาจละลายเกลือ หรือด่างต่าง ๆ ใน

ปูนที่ใช้ผสมกับดินให้ไหลออกมาจนเกิดคราบสีขาวแข็งติดผิวจนบล็อกไม่สวยจึงควรพิจารณารดน้ำตาม ความเหมาะสม โดยให้มีความชื้นอยู่ตลอดเวลาแต่อย่าให้น้ำมากจนชุ่มโชก

บล็อกประสานเป็นวัสดุสร้างบ้านในระบบผนังรับน้ำหนัก ที่มีความแข็งแรงสูง มีความสวยงาม ในตัวเองก่อสร้างง่าย ด้วยรูปแบบที่หลากหลาย และราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่าบ้านก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป 15 – 20 % แต่บ้านบล็อกประสานจะมีความแข็งแง สวยงามเพียงใด สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงก็คือคุณภาพของบล็อกประสานนั่นเอง

น้ำหนักของวัตถุดิบที่ผสมเรียบร้อยแล้วก้อนมาตรฐาน ใช้น้ำหนัก 5.3 กก.(ถ้าผสมน้ำถูกส่วน น้ำหนักขนาดนี้จะใช้กำลังอัดที่พอดี ไม่หนัก หรือ เบาจนเกินไป) ก้อนแบบหลังเรียบ ใช้น้ำหนัก 5.6 กก. (โดยเมื่อใส่ดินลงในแบบพิมพ์แล้วควรกดให้พูนกลางลักษณะหลังเต่า) ก้อนแบบครึ่งก้อน ใช้น้ำหนัก 2.6 กก. ก้อนแบบคาน ใช้น้ำหนัก 4.7 กก.

8) ขั้นตอนการอัดอิฐบล็อกประสาน

- เตรียมส่วนผสมต่างๆที่ตวงและชั่งน้ำหนักไว้ตามมาตราส่วนที่ต้องการแล้วใส่เครื่องผสม
- เติมน้ำใสในเครื่องผสมที่ใส่ส่วนผสมไว้ (ปูนซีเมนต์, ดินลูกรัง) โดยใส่น้ำและคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน (เติมน้ำทั่วอย่าให้น้ำอยู่ที่ใดที่หนึ่ง)
- ทำความสะอาดเครื่องอัดบล็อกประสานและทาน้ำมันที่เครื่องก่อนการเทส่วนผสมเพื่อไม่ให้ส่วนผสมติดเครื่อง
- ใส่ส่วนผสมที่ชั่งเตรียมไว้แล้วลงในเครื่องผสมส่วนและเปิดเครื่องผสมตีให้ส่วนผสมเข้ากันดีและคอยเติมน้ำตามที่ได้ชั่งไว้
- ใส่ส่วนผสมที่ผสมเสร็จแล้วลงในเครื่องอัดขึ้นรูป กดอัดส่วนผสมให้ทั่วบล็อก โดยน้ำหนักของส่วนผสมนั้นเท่ากับ 6.0 kg. และปิดฝาเครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน (Earth Blocks)
- กดคันโยกเพื่อที่จะกดส่วนผสมให้เป็นก้อนอิฐบล็อกประสาน (Earth Blocks) และการดันก้อนอิฐบล็อกประสานออกจากเครื่องกดขนาด 12.5 × 25.0 × 10.0 เซนติเมตร
- เมื่ออัดขึ้นรูปเป็นก้อนแล้วยกออกจากเครื่อง และนำไปวางไว้เพื่อรอการบ่ม

9) ข้อควรระวังในการผลิตอิฐบล็อกประสาน

- กรณีที่อัดก้อนขึ้นมาแล้วไม่พอใจ สามารถนำก้อนที่พึ่งอัดนั้นมาทุบให้ละเอียด แล้วนำมาอัดใหม่ได้
- การรดน้ำเพื่อให้ก้อนแกร่งขึ้น ควรลดหลังอัดก้อน 12 ชม. หรือวันนี้อัดก้อนเรียบร้อยวันรุ่งขึ้นจึงรดน้ำโดยใช้สายยางที่มีหัวสปริงเกอร์น้ำออกเป็นฝอย พรมให้ทั่วก้อนแต่ไม่ต้องเปียกมาก เพราะถ้าเปียกมากก้อนจะขึ้นคราบขาว เนื่องจากน้ำจะไปดันความเค็มของปูนให้ออกมา
- กระป๋องตวงดินควรมีขนาดเดียวกัน และมีน้ำหนักเท่ากัน เพราะเวลานำมาใส่ดินเพื่อชั่งน้ำหนักจะเท่ากัน
- เมื่อใส่ดินลงในแบพิมพ์แล้ว ควรปัดเศษดินออกให้หมดก่อนที่จะปิดฝา
- **กรณี อัดครึ่งก้อน หรือแบบคาน ไม่ควรผสมวัตถุดิบให้ชื้นมากเกินไป**

2.1.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช. 779/2548)

บทนิยามความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมีค่าดังนี้

อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้นำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่น ๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่อง และเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัวอิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้ เช่น ก่อเสา ก่อผนังอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารชนิดบล็อกประสานอิฐบล็อกประสานแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดรับน้ำหนัก และชนิดไม่รับน้ำหนักคุณลักษณะที่ต้องการลักษณะทั่วไป ต้องไม่มีรอยแตกร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อยมิติ ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยแต่ละมิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร

ความต้านทานแรงอัด

ชนิดรับน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะปาสคัล

ชนิดไม่รับน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะปาสคัล

การดูดกลืนน้ำ(เฉพาะชนิดไม่รับน้ำหนัก) ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.8

ตารางที่2.8 การดูดกลืนน้ำ

น้ำหนักอิฐบล็อกประสาน เมื่ออบแห้ง กิโลกรัม	การดูดกลืนน้ำสูงสุด เฉลี่ยจากบล็อกประสาน 5 ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
1680 และน้อยกว่า	288
1681- 1760	272
1761 - 1840	256
1841 - 1920	240
1921 - 2000	224
มากกว่า 2000	208

การบรรจุ หากมีการบรรจุให้บรรจุอิฐบล็อกประสานในภาชนะที่สามารถป้อนกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอิฐบล็อกประสานได้

- เครื่องหมายและฉลาก

ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุอิฐบล็อกประสาน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

1) ชื่อผลิตภัณฑ์

2) มิติ

3) เดือน ปีที่ทำ

4) ข้อแนะนำในการใช้และการดูแลรักษา

5) ชื่อผู้จัดทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน

ก) รุ่นในที่นี้หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

ข) การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดดังนี้

1) การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป มิติ การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามคุณลักษณะที่กำหนด จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2)การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความต้านทานแรงอัด ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 1) แล้วจำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามความต้านทานกำลังอัดข้างต้นที่กำหนด จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน

3)การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการดูดกลืนน้ำ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังตารางที่ 2.8 จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

- เกณฑ์การตัดสินใจ

ตัวอย่างอิฐบล็อกประสานต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทุกข้อ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

- การทดสอบ

1)การทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ตรวจพินิจ

2)การทดสอบมิติ ให้ใช้เครื่องวัดที่เหมาะสม

3)การทดสอบความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.57 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.58

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลงานที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการนี้ มีดังนี้

วุฒิชัย กกกำแหง (2540) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานที่ใช้ยิปซั่มสังเคราะห์เป็นวัสดุผสมแทนปูนซีเมนต์ จากการทดลองพบว่าเมื่อผสมยิปซั่มลงในมวลรวม 5 % สามารถเพิ่มกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานได้ทีที่สุดโดยเมื่อเทียบกับที่กำลังอัดเดียวกันในการผสมยิปซั่ม จะสามารถประหยัดปูนซีเมนต์ลงได้ประมาณ 10%คิดเป็นปริมาณต่อก้อนประมาณ 0.20 บาท หรือประมาณร้อยละ 5 ของราคารวมซึ่งในอุตสาหกรรมอิฐบล็อกประสานที่มีกำลังการผลิตสูง ๆ จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก รวมทั้งยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์แทนการนำไปทิ้งอีกทางหนึ่งด้วย

วุฒิชัย กกกำแหงและคณะ (2540) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานที่ใช้หน้าดินขาวจากเหมืองแร่ Mineral Resources Development จังหวัดระนองเป็นวัตถุดิบในการผลิตบล็อกประสาน

ผสมวัตถุดิบที่อัตราส่วน 1:5 1:7 และ 1:9 โดยน้ำหนัก ทดสอบหลังการอัดที่ระยะเวลา 3,7,14 และ 28 วัน จากการทดลองพบว่าบล็อกประสานหน้าดินขาวจะมีความสามารถในการรับกำลังอัดเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่บ่ม และค่าการรับกำลังจะไม่ค่อยเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการบ่มแล้ว 28 วัน กำลังอัดของบล็อกประสานที่อายุ 28 วันที่อัตราส่วน1:5 1:7 และ 1:9 โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 115,91.8และ 73.5 ksc. โดยมีค่าการดูดกลืนน้ำเท่ากับ 247,253 และ 256 กก./ลบ.ม. และมีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 1777,1788 และ 1794 กก./ลบ.ม. ตามลำดับซึ่งทั้งสามอัตราส่วนมีค่าสูงกว่ามาตรฐานของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุลและคณะได้ทำการศึกษาการนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้าและบล็อกประสาน จากการทดลองพบว่า อิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10 – 30 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ก ส่วนอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 40 – 50 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข และอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 70 ผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักและค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมการตะกอนเคมีร้อยละ 10 ผ่านมาตรฐาน ชั้นคุณภาพ ก ส่วนอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 20 – 50 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข ผลการศึกษาที่ได้ทำให้ทราบว่ากากตะกอนเคมีจากการผลิตน้ำประปาที่ร้อยละ 10-30 มีความเป็นไปได้อย่างมากในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

ขวัญชัย อุ่นใจวิวัฒน์ และคณะ (2548)งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตที่ใช้แล้วพร้อมทั้งศึกษาการนำคอนกรีตที่ใช้แล้วมาทดแทนมวลหยาบในการก่อสร้างกรณีศึกษาคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตาม มอก.58-2530 และกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้วัสดุจากคอนกรีตเก่าแทนหิน100% ตามขนาดดังนี้ 3/4,1/2 และ3/8 นิ้ว ที่กำลังอัดออกแบบ 150,200,150 และ 300 กก./ตร.ซม.

กรณีศึกษาสมบัติของคอนกรีตใช้แล้ว ที่นำมาเป็นวัสดุ มวลหยาบในงานคอนกรีตปรากฏผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีตที่ 566-2528 โดยการทดสอบผ่านกระบวนการ Los Abrasion Test มีค่า percent of wear (ค่าเปอร์เซ็นต์การสึกกร่อนของมวลสาร) มีค่าดังนี้ คือ grading B=8.94%, grading C=12.43% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานคุณสมบัติมวลผสมคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป จะต้องไปเกินร้อยละ 50 โดยน้ำหนักจึงสรุปได้ว่าวัสดุมวลหยาบที่ได้จากคอนกรีตใช้แล้วสามารถนำมาใช้แทนวัสดุมวลผสมคอนกรีตตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลรวมผสมคอนกรีต มอก.566-2528กรณีศึกษาผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีขนาดของวัสดุมวลรวมละเอียดขนาดเล็กกว่า 1/4 นิ้วเป็นส่วนผสมสามารถรับแรงกดได้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก.58-2530 ซึ่งได้กำหนดให้สามารถรับแรงกดสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากการศึกษาพบคุณสมบัติดังนี้

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้มวลรวมละเอียดจากคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบในอัตราส่วน 1: 7 มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยในแนวตั้งแนวนอนและแนวก่อ เท่ากับ 65.62 , 65.32 , และ 65.20 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้มวลรวมละเอียดจากคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบในอัตราส่วน 1:1:6 มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยในแนวตั้งแนวนอนและแนวก่อ เท่าไร 68.770,89.86 , และ80.42 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้มวลรวมละเอียดจากคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบในอัตราส่วน 1:2:5 มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยในแนวตั้งแนวนอนและแนวก่อ เท่ากับ 64.16 , 63.34 และ 67.24 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้มวลละเอียดจากคอนกรีตที่ผ่านการรื้อถอนในอัตราส่วน 1:7 มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยในแนวตั้งแนวนอนและแนวก่อ เท่ากับ 61.32 , 61.96 , 61.16 กก./ตร.ซม. ตามลำดับซึ่งสามารถสรุปได้ว่าคอนกรีตบล็อกที่มีสาวนผสมมวลรวมละเอียดจากคอนกรีตใช้แล้วมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานและสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้

เริงศักดิ์ ศรีอุทัย และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของแอสฟัสต์คอนกรีตที่แทนวัสดุมวลรวมด้วยคอนกรีตเก่า โดยทำการเปรียบเทียบกับแอสฟัสต์คอนกรีตโดยทั่วไป ที่อัตราส่วนผสมของวัสดุมวลรวม 48:20:22:10 โดยน้ำหนักและปริมาณของแอสฟัลต์ 4.0% ,4.5% ,5.0% ,5.5% ,และ 6.0% โดยที่น้ำหนักของวัสดุมวลรวม ทำการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานมาร์แชล(Marshall Method) ของกรมทางหลวงซึ่งตัวอย่างคอนกรีตเก่า และการทำตัวอย่างทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตใช้วัสดุมวลรวม หินปูนจากแหล่งเดียวกัน จากการศึกษาพบว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่แทนวัสดุมวลรวมด้วยคอนกรีตเก่า ค่าการทดสอบในส่วน ความหนาแน่น ร้อยละช่องว่างอากาศ ค่าการไหล เสถียรภาพ ร้อยละช่องว่างส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ และร้อยละช่องว่างระหว่างมวลรวม มีค่าอยู่ในเกณฑ์การทดสอบที่สามารถยอมรับได้ เมื่อเปรียบกับแอสฟัลต์คอนกรีตโดยทั่วไป ตามเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวง จากการศึกษาพบว่าการนำคอนกรีตเก่ามาใช้ในการทำแอสฟัลต์คอนกรีตในส่วนของผิวทางสามารถที่จะนำมาใช้ได้

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัย เป็นการศึกษาวัสดุก่อสร้างบล็อกประสานเป็นวัสดุก่อรับน้ำหนัก ที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อกประสาน เพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง สามารถสรุปการดำเนินการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

3.1 การเตรียมวัสดุ

3.1.1 วัสดุทำอิฐบล็อกประสานสำหรับการทดสอบ

1) ดินลูกรังที่ได้นำมาศึกษาวิจัย ได้มาจากอำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี โดยมีลักษณะดังรูปที่3.1นำมาแยกส่วนที่หินก้อนใหญ่ๆ ออกผึ่งให้แห้ง แล้วนำมาบดย่อยด้วยเครื่องบดย่อยวัสดุทางวิศวกรรม โดยมีลักษณะของเครื่องบดย่อย ดังรูปที่ 3.2จนมีความละเอียดร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 (ขนาด2.38 มม.) โดยมีลักษณะ ดังรูปที่ 3.3

2) หินฝุ่นที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ได้มาจาก โรงโม่หินศิลาชัย อำเภอปากท่อจังหวัดราชบุรี โดยมีลักษณะ ดังรูปที่ 3.4

3) ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่1 ตราช้าง ในการผสมกับวัสดุผสม เพื่อทำตัวอย่างบล็อกประสานจากวัสดุดินลูกรังและวัสดุหินฝุ่นโดยมีลักษณะดังรูปที่3.5

4) น้ำ ในการทดสอบนี้ ได้ใช้น้ำประปาสะอาดมาใช้ในส่วนผสมในการทำตัวอย่างบล็อกประสานจากดินลูกรังและหินฝุ่น

3.1.2 วัสดุสำหรับใช้ในการทำแบบอาคารจำลอง

วัสดุที่ใช้สำหรับการทำแบบอาคารจำลอง เลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป 3 ประเภท คืออิฐบล็อก ,อิฐมอญ ,อิฐ บปก. หาซื้อจากร้านขายวัสดุก่อสร้างโดยทั่วไป โดยมีขนาดตามมาตรฐานคือ อิฐบล็อก 7x39x19 เซนติเมตร อิฐมอญขนาด 6.4x14x4 เซนติเมตร อิฐ บปก.7x23x11 เซนติเมตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการผลิตบล็อกประสานสำหรับการทดสอบ

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินลูกรังและหินฝุ่น และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 สำหรับใช้ในการทำตัวอย่างบล็อกประสานจากดินลูกรังและหินฝุ่น มีการทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานดังต่อไปนี้

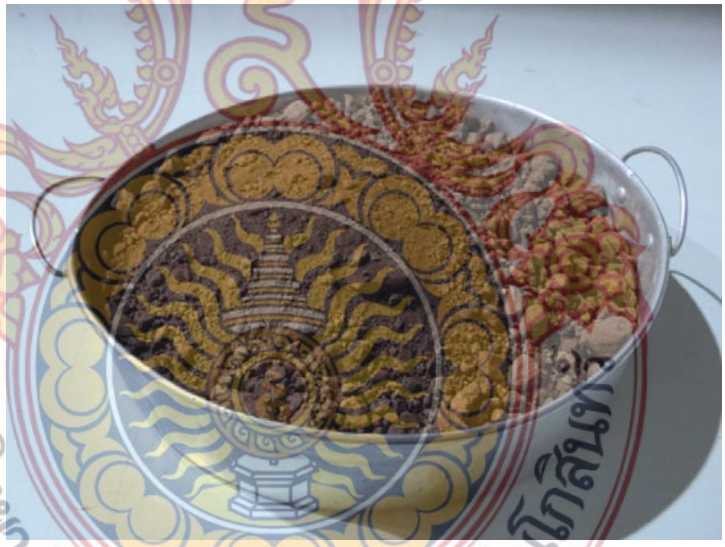
3.2.1 การหาปริมาณความชื้นของวัสดุดินลูกรังและวัสดุหินฝุ่นตามมาตรฐานASTM D2216-98

3.2.2 การหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุดินลูกรังและวัสดุหินฝุ่นตามมาตรฐานASTMC128-93

3.2.3 การหาขนาดคละของวัสดุดินลูกรังและวัสดุหินฝุ่นโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงตามมาตรฐานASTM D-2487

3.2.4การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผสมตัวอย่างโดยทำการทดสอบการบดอัดแบบมาตรฐานASTMD 1557-70

3.2.4 การหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1ตราช้างตามมาตรฐานASTMC-150



รูปที่3.1 ลักษณะดินลูกรัง ที่ใช้ในการทำตัวอย่างบล็อกประสาน

รูปที่ 3.2 เครื่องบดย่อยวัสดุทางวิศวกรรม

รูปที่ 3.3 ลักษณะดินลูกรังสำหรับทำบล็อกประสานที่ผ่านการบดย่อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

รูปที่ 3.4 ลักษณะหินฝุ่นที่ใช้ในการทำตัวอย่างบล็อกประสาน

รูปที่ 3.5 ลักษณะหินฝุ่นที่ใช้ในการทำตัวอย่างบล็อกประสาน

3.3 การศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของตัวอย่างบล็อกประสานจากดินลูกรังและหินฝุ่น

การทำตัวอย่างบล็อกประสานเพื่อการทดสอบในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้วัสดุในการทำสองชนิดคือ ดินลูกรังและหินฝุ่นโดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต่อวัสดุในอัตราส่วนผสม 1:6 (ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 6 กก. : วัสดุผสม 36 กก.)ที่อัตราส่วนผสมตามชนิดของวัสดุผสมละ 56 ตัวอย่างรวมทั้งหมด112 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องผสมวัสดุ ซึ่งมีลักษณะของเครื่องดังรูปที่ 3.6 และใช้เครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก (Cinva Ram) มีลักษณะของเครื่องดังรูปที่ 3.7 สำหรับทำตัวอย่างทดสอบ ตัวอย่างบล็อกประสานที่ได้จะมีขนาด กว้าง 12.5 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร

หนา 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นดำเนินการทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมต่างๆ ดังต่อไปนี้ และ มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

3.3.1 การตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วันของบล็อกประสานดินลูกรังและหินฝุ่น

3.3.2 การทดสอบความต้านทานแรงอัดที่อายุ 3,7,14 และ 28 วัน ของบล็อกประสานดินลูกรัง และหินฝุ่น ตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน 602-2547 กระทรวงอุตสาหกรรมโดยมีลักษณะของเครื่องทดสอบ ดังรูปที่ 3.8

3.3.3 การทดสอบการดูดกลืนน้ำ ที่อายุ 28 วัน ของบล็อกประสานดินลูกรังและหินฝุ่น ตาม มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน 602-2547

3.3.4 การทดสอบความต้านทานแรงดัด ที่อายุ 28 วัน ของบล็อกประสานดินลูกรังและหินฝุ่น

ตารางที่ 3 .1 แสดงประเภทการทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมและจำนวนตัวอย่างทดสอบ

ประเภทการทดสอบ	จำนวนตัวอย่างทดสอบ	
	ดินลูกรัง	หินฝุ่น
1) ลักษณะทั่วไปและมิติ	8	8
2) ความต้านทานแรงอัด		
-ที่อายุ 3 วัน	8	8
-ที่อายุ 7 วัน	8	8
-ที่อายุ 14 วัน	8	8
-ที่อายุ 28 วัน	8	8
3) การดูดกลืนน้ำ	8	8
4) ความต้านทานกำลังดัด	8	8
รวม	56	56

รูปที่ 3.6 เครื่องผสมวัสดุ

รูปที่ 3.7 เครื่องอัดบล็อกประสาน

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสาน

3.4 การหาคุณสมบัติการนำพาความร้อนของวัสดุก่อผนังแต่ละประเภท

การทดสอบแบบอาคารจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบค่าความต่างของอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านนอก และผิวผนังด้านในของแบบอาคารจำลองที่สร้างจากวัสดุก่อที่ต่างกัน โดยเปรียบเทียบผนังอาคารจำลองที่รับแสงแดด 4ด้านและผนังอาคารจำลองด้านใน 4 ด้าน และอุณหภูมิภายในของแบบอาคารจำลอง โดยมีวิธีการสร้างและวิธีการวัดอุณหภูมิ ดังต่อไปนี้

3.4.1 วิธีการสร้างแบบอาคารจำลอง

สร้างแบบอาคารจำลองทั้งหมด 5 แบบจำลอง เนื่องจากวัสดุที่จะนำมาทดสอบมีได้แก่บล็อกประสานวัสดุดินลูกรัง , บล็อกประสานวัสดุหินฝุ่น, อิฐมอญ , บล็อกคอนกรีตและอิฐ , บปก. ก่อนการสร้างแบบอาคารจำลอง ได้มีการเตรียมพื้นที่สำหรับสร้างแบบอาคารจำลองด้วยแผ่นพื้นคอนกรีตขนาดกว้าง 1.50 เมตร ยาว 1.50 เมตร และหนา 0.08 เมตร จากนั้นจะสร้างแบบอาคารจำลองมีขนาดพื้นที่ กว้าง 1.00 เมตร ยาว 1.00 เมตร สูง 1.00 เมตร โดยมีความหนา 0.10 เมตร และหลังคาทำจากกระเบื้องลอนคู่โดยมีช่องลม 17% ของพื้นที่ผนังแบบบ้านพักอาศัยเพื่อประชาชนเล่ม2แบบบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง จึงนำมาคิดปริมาณช่องอากาศได้ความสูงหน้าแบบอาคารจำลอง15 เซนติเมตร เพื่อสะดวกในการวัดอุณหภูมิภายในและติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ (Temperature Datalogger)ในการสร้างแบบอาคารจำลองนั้นจำนวนอิฐที่ใช้ในการสร้างจะแสดงไว้ดังตารางที่ 3.3

บล็อกประสานวัสดุดินลูกรัง , บล็อกประสานวัสดุหินฝุ่น ทั้งสองชนิดนี้จะต้องมีการเทมอร์ต้าลงไปตามช่องที่มีทางด้านบนของแบบอาคารจำลอง ส่วนอิฐมอญ , บล็อกคอนกรีตและอิฐ บปก.หลังจากทำการก่อผนังเสร็จแล้วแบบอาคารจำลองทั้งหมดจะต้องมีการอุดผนังที่เกิดรูหรือส่วนที่หายไปเพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ

3.4.2 วิธีการวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิจะทำการวัดทุกๆช่วงเวลา 3ชั่วโมง นับจากวันเริ่มต้นนั่นคือ วันที่ 24ธันวาคม 2553เวลา 00.00 น. ได้อุณหภูมิหนึ่งค่าและหลังจากนั้นอีก 3.00 ชั่วโมงจะได้อีกหนึ่งค่านั้นคือเวลา 03.00 น. วัดค่าอุณหภูมิต่อเนื่องทุกๆ 3ชั่วโมงจนครบกำหนดเวลารวม 7วันคือเวลา 24.00 น.ของวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2554โดยการวัดอุณหภูมินั้นจะวัดอุณหภูมิที่ผนังอาคารจำลองด้านนอก4ด้านและผนังอาคารจำลองด้านในทั้ง4 ด้านและอุณหภูมิภายในอาคารจำลองตรงกลางแบบอาคารจำลองอีก 1 จุด รวมเป็น 9 จุดต่อหนึ่งแบบอาคารจำลอง โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ 2 ชนิด คืออินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์และเครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติโดยมีรายละเอียดของเครื่องวัดอุณหภูมิดังต่อไปนี้

1) อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ (รุ่น Fluke 62)

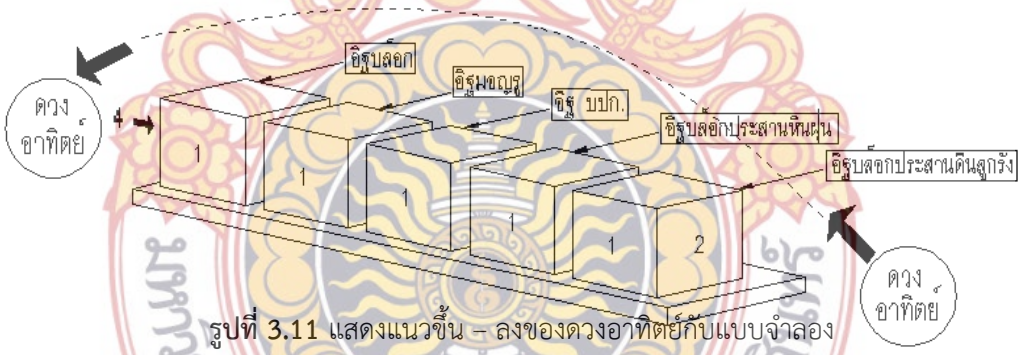
รูปที่ 3.9 อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์(รุ่น Fluke 62)

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์(รุ่น Fluke 62)

รายการ	คุณสมบัติ
ย่านการวัด	-30 ถึง 500 °C (932 °F)
ส่วนระยะทางต่อขนาดวัสดุ	10 ต่อ 1
ความแม่นยำ	สำหรับเป้าหมายที่ 10°Cถึง 30°C ± 1°C นอกเหนือจากนั้น ±0.5°C
ระยะที่ใช้งาน	ไม่มากกว่า 1.50 เมตร
ดัชนีการเปล่งรังสีของวัตถุที่ต่างกัน	0.95
เวลาการตอบสนอง	น้อยกว่า 0.05 วินาที
ความละเอียด	0.2°C
อายุการใช้งานแบตเตอรี่	12 ชั่วโมง
ความสามารถในการทำซ้ำ	±0.5% หรือน้อยกว่า ± 1°C

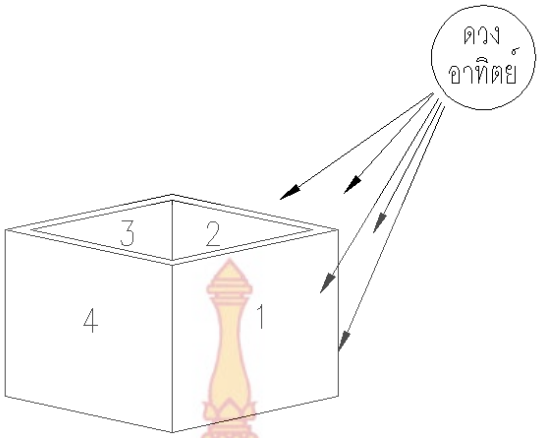
2) เครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ (Temperature Datalogger)คือ เครื่องวัดอุณหภูมิที่ใช้เป็นระบบตัวเลขซึ่งอาศัยการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่หัววัดอุณหภูมิแล้วแปลงค่าเป็นองศาเซลเซียส สามารถต่อสายวัดอุณหภูมิได้ 1 ช่อง (1 chanal) ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ (Temperature Datalogger)

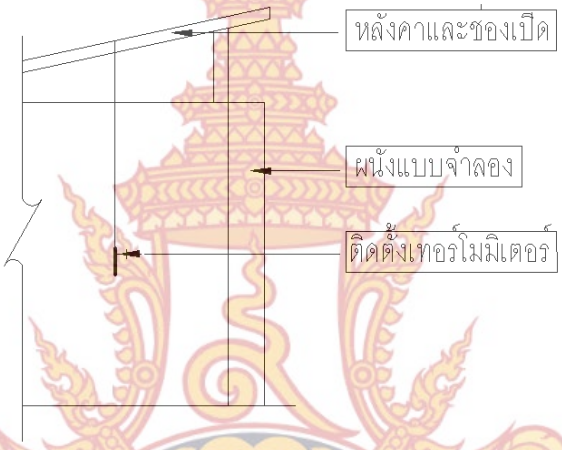


รูปที่ 3.11 แสดงแนวขึ้น – ลงของดวงอาทิตย์กับแบบจำลอง

ลักษณะของแสงแดดจะเอียงข้างด้าน 2 ดังรูปที่ 3.11โดยลักษณะการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ของผนังแต่ละด้าน แสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ลักษณะที่แสงแดดกระทบกับผนังแบบจำลอง



รูปที่ 3.13 ตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ของแบบจำลอง

ตารางที่ 3.3 แสดงจำนวนการใช้วัสดุก่อผนังของแบบอาคารจำลองในแต่ละหลัง

แบบอาคารจำลอง	จำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (ก้อน)
1) แบบบ้านจำลองจากอิฐบล็อกประสานวัสดุหินฝุ่น	160
2) แบบบ้านจำลองจากอิฐบล็อกประสานวัสดุดินลูกรัง	160
3) แบบบ้านจำลองจากอิฐ บปก.	192
4) แบบบ้านจำลองจากอิฐบล็อก	100
5) แบบบ้านจำลองจากอิฐมอญ	**650**

3.5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมและการนำความร้อนของวัสดุก่อแต่ละประเภท

การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของตัวอย่างบล็อกประสานจากดินลูกรังและหินฝุ่น โดยทำการพิจารณา เปรียบเทียบ ผลการทดสอบในส่วนของการตรวจลักษณะทั่วไปและมิติ ความต้านทานแรงอัด การดูดกลืนน้ำ และความต้านทานแรงดัดว่าวัสดุชนิดใดมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมดีที่สุด และทำการเปรียบเทียบการนำความร้อนของวัสดุก่อแต่ละประเภท ที่เก็บค่าอุณหภูมิที่ช่วงเวลาต่างๆต่อเนื่องกันของแบบอาคารจำลองที่ได้ก่อสร้างขึ้น ว่าวัสดุก่อประเภทใด มีการนำความร้อนต่ำที่สุด และสามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างเป็นผนังอาคาร เพื่อช่วยลดอุณหภูมิของตัวอาคารได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาวิจัย การผลิตบล็อกประสาร เพื่อชุมชน ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยทำการศึกษาวัสดุก่อสร้างบล็อกประสานเป็นวัสดุก่อรับน้ำหนัก ที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อกประสาน เพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง สามารถสรุปศึกษาวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการผลิตตัวอย่างบล็อกประสาน

จากการศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของวัสดุผสมชนิดต่างๆและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 สำหรับใช้ในการทำตัวอย่างบล็อกประสาน ได้ผลการทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการทดสอบหาปริมาณความชื้นตามสภาพธรรมชาติตามมาตรฐานASTM D 2216-98 ได้ค่าเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่าง ของดินลูกรังได้ค่า เท่ากับ 5.58 % และหินฝุ่นได้ค่า เท่ากับ 5.02%โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ก.1 และ ก.2ในภาคผนวก ก.

4.1.2 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐาน ASTM C128-93ของดินลูกรังได้ค่าเท่ากับ 5.484 และ หินฝุ่นได้ค่าเท่ากับ 7.178 โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ ก.3และก.4ในภาคผนวก ก.

4.1.3 ผลการทดสอบการหาขนาดคละโดยทำการทดสอบโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง ตามมาตรฐาน ASTM D-2487 ของดินลูกรังมีค่าสัมประสิทธิ์ Cu เท่ากับ 5 และมีค่าสัมประสิทธิ์Cc เท่ากับ 2.40,หินฝุ่นค่าสัมประสิทธิ์ Cu เท่ากับ 5 และมีค่าสัมประสิทธิ์Cc เท่ากับ 2.30ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์Cu มากกว่า 4และสัมประสิทธิ์ Cc อยู่ระหว่าง 1-3 มีลักษณะเป็นกรวดที่มีขนาดคละกันดีมีลักษณะเป็นทรายที่มีขนาดคละกันดีโดยมีค่าแสดงดังแสดงในตารางที่4.1โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ก.5และ ก.7 ในภาคผนวก ก.

ตารางที่ 4.1แสดงลักษณะขนาดคละของวัสดุผสมแต่ละชนิด

ชนิดของวัสดุ	ดินลูกรัง	หินฝุ่น
Cu	5	5
Cc	2.4	2.3

4.1.4 ผลการทดสอบหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผสมวัสดุโดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ตามมาตรฐาน ASTM D 1557-70ของดินลูกรังได้ค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับ 11%และความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับ 2.60 g/cm^{3}และหินฝุ่นได้ค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับ 8.00%และความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับ 2.00 g/cm^{3}โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ ก.7และก.8ในภาคผนวก ก.

4.1.5 ผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1ตราช้าง ตามมาตรฐาน ASTM C- 150ได้ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ4 ตัวอย่างเท่ากับ 3.07โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ ก.9ในภาคผนวก ก.

4.2 ผลการศึกษาและการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของตัวอย่างบล็อกประสานดินลูกรังและหินฝุ่น

จากการทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของตัวอย่างบล็อกประสานปูพื้นจากดินลูกรังดินและหินฝุ่น ได้ผลการทดสอบดังนี้

4.2.1 ผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วันตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 602-2547 กระทรวงอุตสาหกรรมของบล็อกประสานปูพื้นดินลูกรังและหินฝุ่นจากขนาดมาตรฐาน 12.5×25×10.0 cmมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับขนาดมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 4.2โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ ข.1 และ ข.2ในภาคผนวก ข.

ตารางที่4.2แสดงผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน

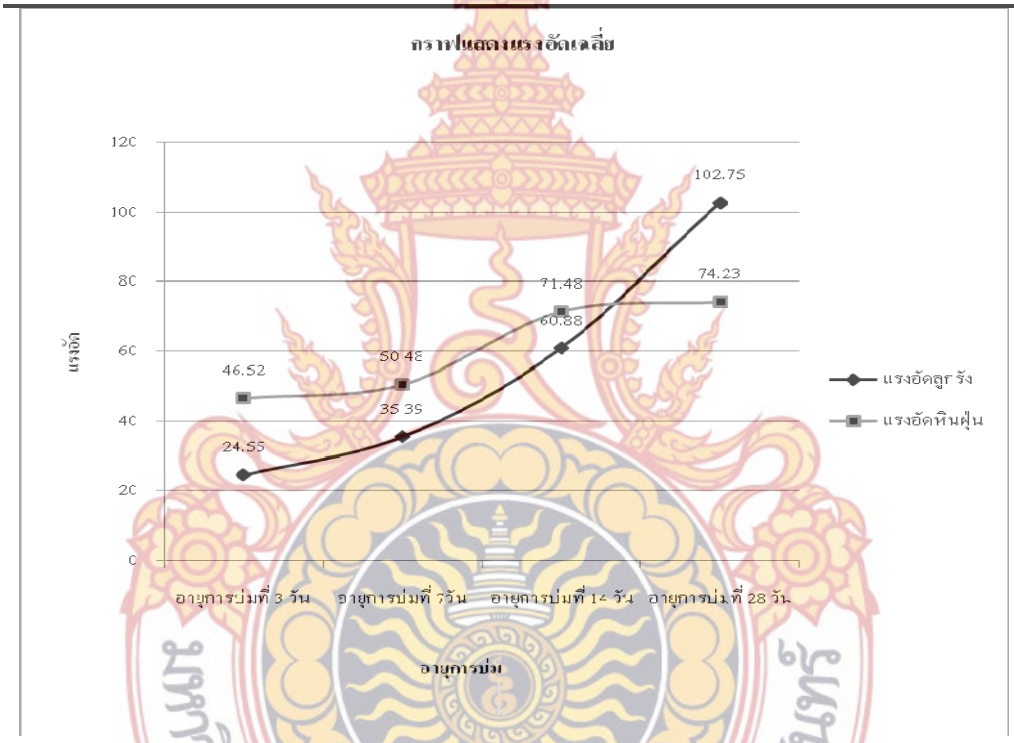
ค่าเฉลี่ย	ดินลูกรัง	หินฝุ่น
น้ำหนัก ;kg	6.40	5.27
กว้าง ;cm	12.6	12.6
ยาว ;cm	25.0	25.0
หนา;cm	10.1	10.1

4.2.2 ผลการทดสอบการต้านทานแรงอัดเฉลี่ยที่อายุ 3,7,14และ 28 วันตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช.) 602-2547 กระทรวงอุตสาหกรรมของบล็อกประสานดินลูกรัง และบล็อกประสานหินฝุ่น จากจำนวนตัวอย่างการทดสอบ 8 ตัวอย่าง ที่อายุการบ่มต่างๆได้ค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 4.3พบว่าบล็อกประสานที่ทำจากวัสดุดินลูกรังมีค่าต้านทานแรงอัดสูงสุด เท่ากับ 102.75ksc ส่วนบล็อกประสานหินฝุ่น มีค่าต้านทานแรงอัด เท่ากับ 102.75kscและความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับ

แรงอัดกับอายุการบ่มดังรูปที่ 4.1 โดยความสามารถในการรับแรงอัดจะเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการบ่มโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ ข.3และ ข.4ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 4.3แสดงผลการทดสอบการต้านทานแรงอัดที่อายุ 3,7,14 และ 28 วัน

อายุการบ่ม (วัน)	บล็อกประสานดินลูกรัง (ksc)	บล็อกประสานหินฝุ่น (ksc)
การบ่มที่ 3 วัน	25.55	46.52
การบ่มที่ 7 วัน	35.39	50.48
การบ่มที่ 14 วัน	60.88	71.48
การบ่มที่ 28 วัน	102.75	74.23

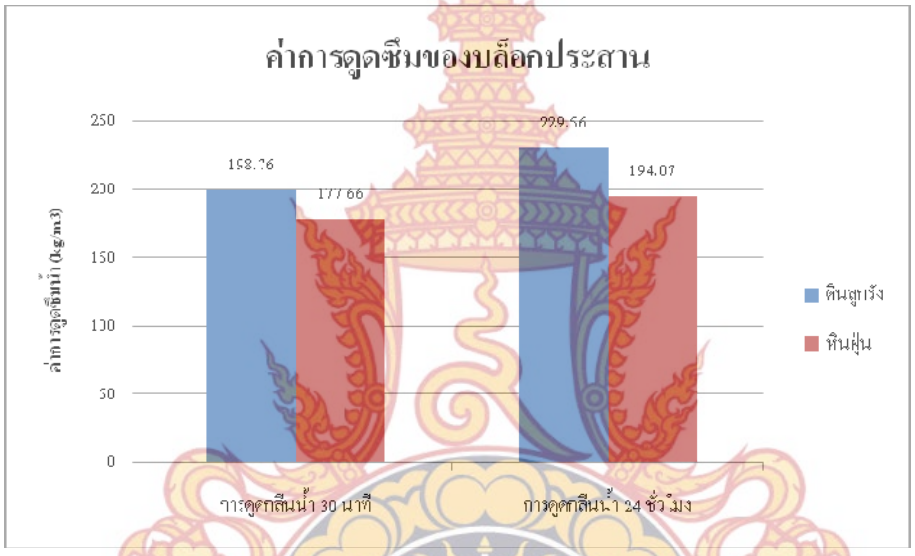


รูปที่ 4.1กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุการบ่มของบล็อกประสานแต่ละชนิด

4.2.3 ผลการทดสอบความหนาแน่นแห้งและการดูดกลืนน้ำที่อายุ 28 วันตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช.) 602-2547 กระทรวงอุตสาหกรรมของบล็อกประสานดินลูกรัง และบล็อกประสานหินฝุ่น จากจำนวนตัวอย่างการทดสอบ 8 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.2 โดยบล็อกประสานที่ทำจากวัสดุดินลูกรังมีความหนาแน่นแห้งสูงสุดและมีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ ข.9ในภาคผนวกข.

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบความหนาแน่นแห้ง,การดูดกลืนน้ำที่ 28 วันที่เวลา30 นาทีและ 24ชั่วโมง

บล็อกประสาน	ความหนาแน่นแห้ง (kg/m^3)	การดูดกลืนน้ำ 30นาที (kg/m^3)	การดูดกลืนน้ำ 24ชั่วโมง (kg/m^3)
ดินลูกรัง	1906.84	198.76	229.56
หินฝุ่น	1641.42	177.66	194.07

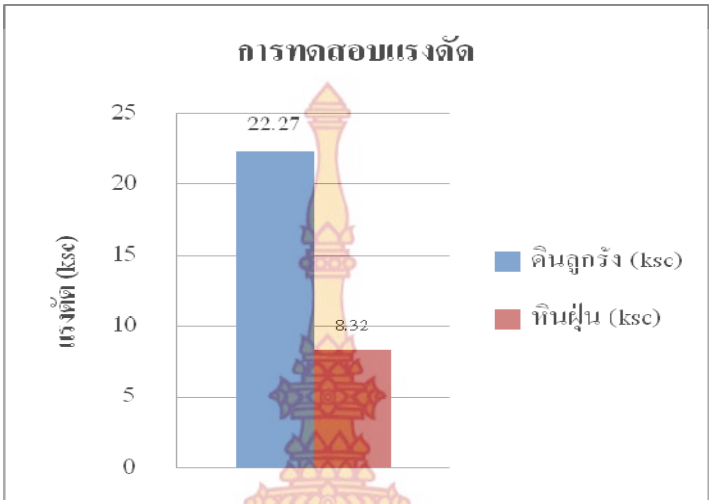


รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงการดูดกลืนน้ำที่อายุ 28 วัน ที่เวลา 30 นาทีและ 24 ชั่วโมง

4.2.4 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดที่อายุ 28 วันของบล็อกประสานดินลูกรัง และบล็อกประสานหินฝุ่น จากจำนวนตัวอย่างการทดสอบ 8 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่4.5 พบว่าบล็อกประสานที่ทำจากวัสดุดินลูกรังมีค่าต้านทานแรงดัดสูงสุด เท่ากับ 22.27kscส่วนบล็อกประสานปูพื้นที่ทำจากวัสดุหินฝุ่นมีค่าต้านทานแรงดัด เท่ากับ 8.32kscดังรูปที่ 4.3 โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ ข.10 ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบการต้านทานแรงดัดที่อายุ 28 วัน

การทดสอบ	ดินลูกรัง (ksc)	หินฝุ่น (ksc)
แรงดัดเฉลี่ย	22.27	8.32



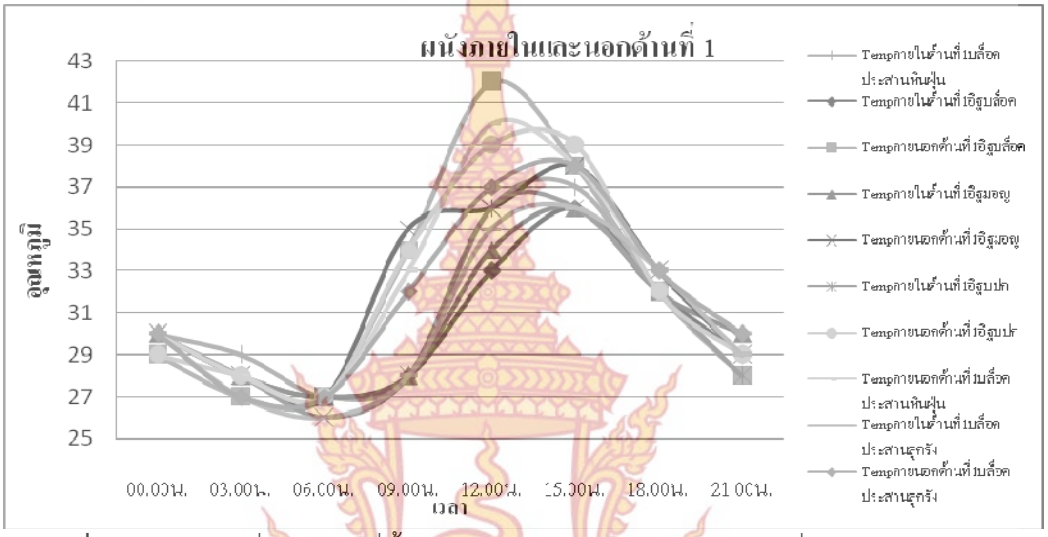
4.3 ผลการศึกษาและการเปรียบเทียบคุณสมบัติการนำพาความร้อนของวัสดุก่อผนังแต่ละประเภท

จากการสร้างแบบอาคารจำลองทั้งหมด 5 แบบจำลอง ด้วยบล็อกประสานวัสดุดินลูกรัง , บล็อกประสานวัสดุหินฝุ่น, อิฐมอญ , บล็อกคอนกรีตและอิฐบปกโดยเตรียมพื้นที่สำหรับสร้างแบบอาคารจำลองด้วยแผ่นพื้นคอนกรีตขนาดกว้าง 1.50 เมตร ยาว 1.50 เมตร และหนา 0.08 เมตร จากนั้นจะสร้างแบบอาคารจำลองมีขนาด กว้าง 1.00 เมตร ยาว 1.00 เมตร สูง 1.00 เมตร โดยมีความหนา 0.10 เมตร และหลังคาทำจากกระเบื้องลอนคู่โดยมีช่องลม 17% ของพื้นที่ผนังแบบบ้านพักอาศัยเพื่อประชาชนเล่ม2 แบบบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง จึงนำมาคิดปริมาณช่องอากาศได้ความสูงหน้าแบบอาคารจำลอง15 เซนติเมตรโดยมีลักษณะดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 ลักษณะแบบอาคารจำลองสำหรับทดสอบหาค่าอุณหภูมิ

จากการดำเนินการวัดอุณหภูมิโดยทำการวัดทุกๆช่วงเวลา 3ชั่วโมง นับจากวันเริ่มต้น วันที่ 24 ธันวาคม 2553เวลา 00.00 น. วัดค่าอุณหภูมิครั้งที่หนึ่งและหลังจากนั้นอีก 3.00 ชั่วโมงทำการวัดค่าอุณหภูมิอีกหนึ่งค่าเวลา 03.00 น. วัดค่าอุณหภูมิต่อเนื่องทุกๆ 3ชั่วโมงจนครบกำหนดเวลารวม 7วัน

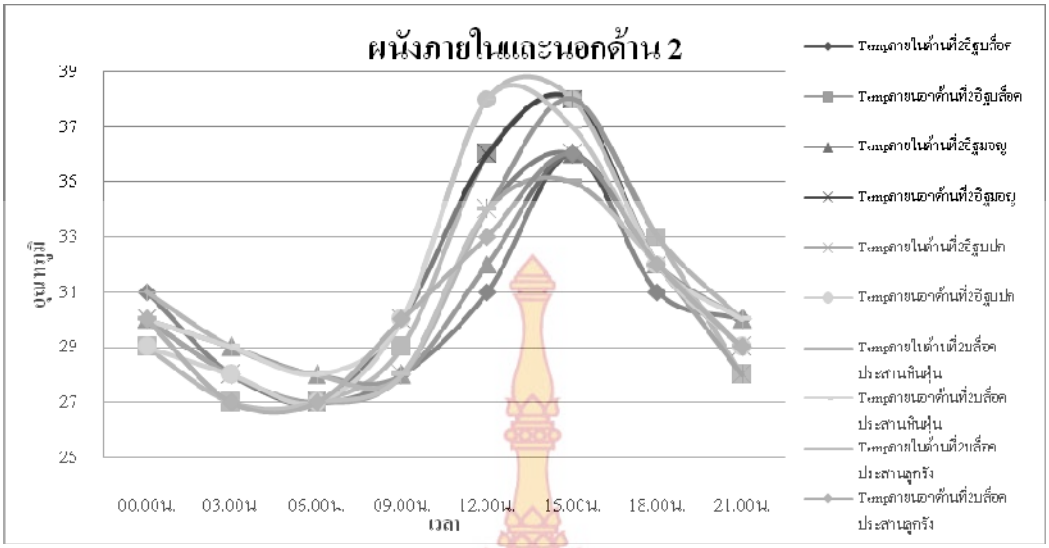
คือเวลา 24.00 น.ของวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2554โดยการวัดอุณหภูมินั้นได้ทำการวัดอุณหภูมิที่ผนังอาคารจำลองด้านนอกทั้ง4ด้านและผนังอาคารจำลองด้านในทั้ง 4 ด้านโดยใช้เครื่องอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์และอุณหภูมิภายในอาคารจำลองตรงกลางแบบอาคารจำลองอีก 1 จุด โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ รวมเป็น 9 จุดต่อหนึ่งแบบอาคารจำลอง ได้ผลของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยดังตารางที่ ค.1 ถึง ค.5 และรูปแสดงอุณหภูมิเฉลี่ย ดังรูปที่ 4.5ถึง 4.9



ตารางที่ 4.6แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่พื้นผิวผนังภายในและผนังภายนอกด้านที่ 1

แบบอาคารจำลอง	อุณหภูมิต่ำสุด เวลา 5.00 น.		อุณหภูมิสูงสุด เวลา 12.00 น.	
	ภายนอก (°c)	ภายใน(°c)	ภายนอก (°c)	ภายใน(°c)
บล็อกประสานหินฝุ่น	27	27	38	38
บล็อกประสานดินลูกรัง	27	27	37	38
อิฐ บปก.	26	27	36	39
อิฐบล็อก	26	27	36	38
อิฐมอญ	27	27	36	38

จากรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่ำสุดคือเวลาประมาณ5.00 น. วัดค่าอุณหภูมิภายนอกของผนังแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารจำลองปรากฏว่าอาคารจำลองที่มีค่าอุณหภูมิต่ำสุด คือ อิฐ บปก.และ อิฐบล็อก มีอุณหภูมิ 26°cส่วนภายในมีอุณหภูมิเท่ากันที่ 27°c และที่เวลา 12 .00น.ผนังภายใน มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันทั้ง 5 แบบอาคารทดลองที่ประมาณ 38°c อุณหภูมิภายนอกของผนังที่มีค่าสูงสุด คืออาคารจำลองบล็อกประสานหินฝุ่นมีอุณหภูมิ38 °c

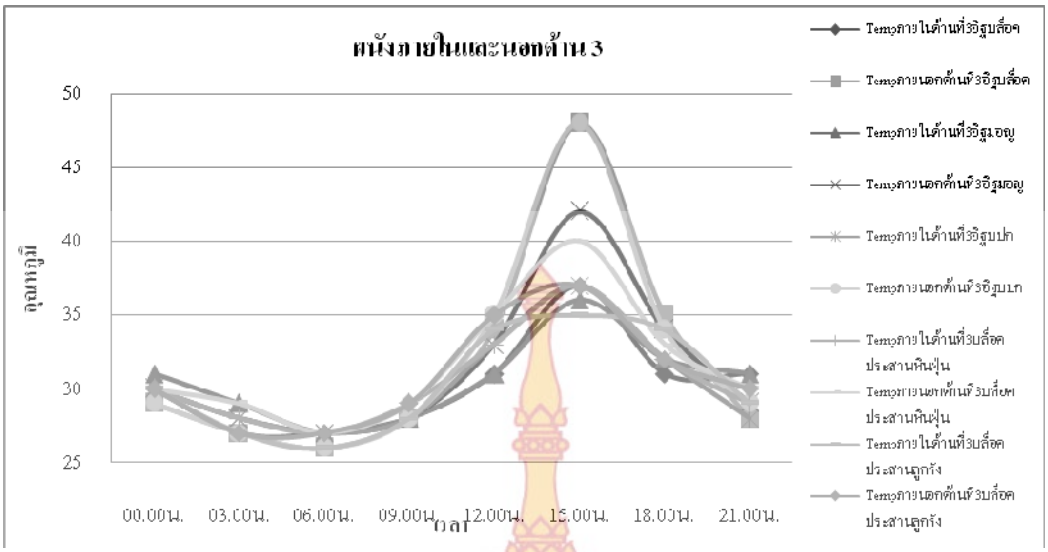


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังภายในและผนังภายนอกด้านที่ 2

ตารางที่ 4.7แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่พื้นผิวผนังภายในและผนังภายนอกด้านที่ 2

บล็อกประสาน	อุณหภูมิต่ำสุด เวลา 5.00 น.		อุณหภูมิสูงสุด เวลา 14.00 น.	
	ภายนอก (°c)	ภายใน(°c)	ภายนอก (°c)	ภายใน(°c)
บล็อกประสานหินฝุ่น	28	27	40	38
บล็อกประสานดินลูกรัง	27	27	37	38
อิฐ บปก.	28	27	36	39
อิฐบล็อก	26	28	36	38
อิฐมอญ	28	27	36	36

จากรูปที่ 4.6และ**ตารางที่ 4.7**ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่ำสุดคือเวลาประมาณ5.00 น. วัดค่าอุณหภูมิภายนอกของผนังแบบอาคารจำลองทั้ง5 อาคารจำลองปรากฏว่า อาคารจำลองที่มีค่าอุณหภูมิต่ำสุด คือ อิฐ บล็อกมีอุณหภูมิ 26°c ส่วนภายในมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันที่ 27°c และที่เวลา 12 .00น. ผนังภายในอิฐ บปก ที่ประมาณมีค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ39°c และ อุณหภูมิภายนอกของผนังที่มีค่าสูงสุดคือ บล็อกประสานหินฝุ่น ซึ่งมีอุณหภูมิ 40 °c



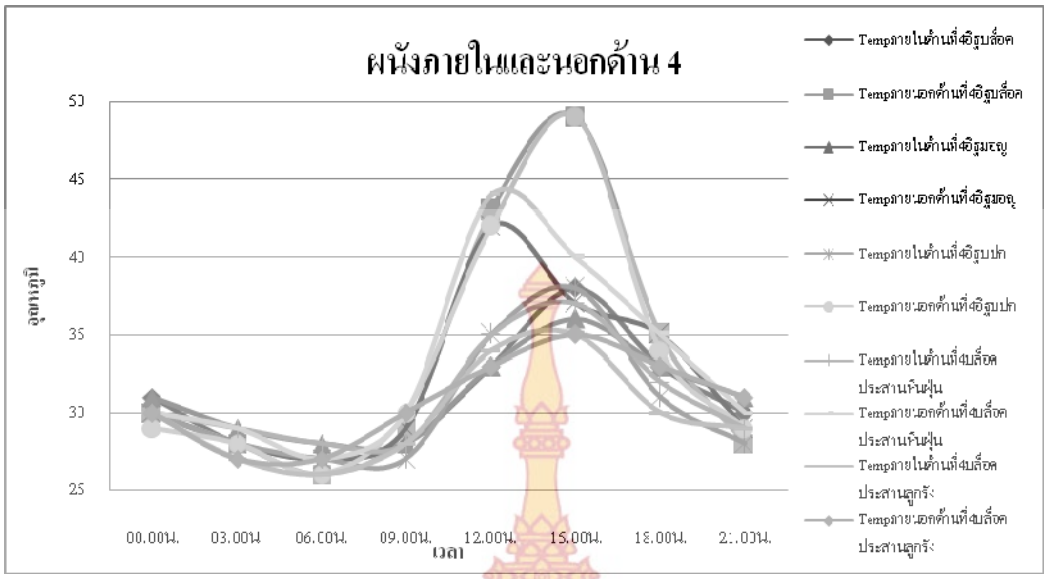
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังภายในและผนังภายนอกด้านที่ 3

ตารางที่ 4.8แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่พื้นผิวผนังภายในและผนังภายนอกด้านที่3

บล็อกประสาน	อุณหภูมิต่ำสุด เวลา 6.00 น.		อุณหภูมิสูงสุด เวลา 15.00 น.	
	ภายนอก (°c)	ภายใน(°c)	ภายนอก (°c)	ภายใน(°c)
บล็อกประสานหินฝุ่น	26	27	40	37
บล็อกประสานดินลูกรัง	26	27	37	37
อิฐ บปก.	26	27	47	37
อิฐบล็อก	26	27	47	37
อิฐมอญ	26	27	42	36

จากรูปที่ 4.7 และ**ตารางที่ 4.8**ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่ำสุดคือเวลาประมาณ 6.00 น. วัดค่าอุณหภูมิภายนอกของผนังแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารจำลองบล็อกประสานหินฝุ่น บล็อกประสานดินลูกรังอิฐ บปก.อิฐบล็อกอิฐมอญมีอุณหภูมิสูงสุดและเท่ากันทั้ง 5 แบบอาคารจำลองนั่นคืออุณหภูมิ 26°c และอุณหภูมิภายในของผนังแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารจำลอง บล็อกประสานหินฝุ่น บล็อกประสานดินลูกรังอิฐ บปก.อิฐบล็อกอิฐมอญมีอุณหภูมิสูงสุดและเท่ากันทั้ง 5 แบบอาคารจำลองนั่นคืออุณหภูมิ 27°c

ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงที่สุดคือเวลาประมาณ 15.00 น. วัดค่าอุณหภูมิภายนอกของผนังแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารจำลองบล็อกประสานหินฝุ่นมีอุณหภูมิสูงสุดนั่นคืออุณหภูมิ 40°c และอุณหภูมิภายในของผนังแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารจำลองบล็อกประสานหินฝุ่นบล็อกประสานดินลูกรังอิฐ บปก.และอิฐบล็อกมีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ 37°c



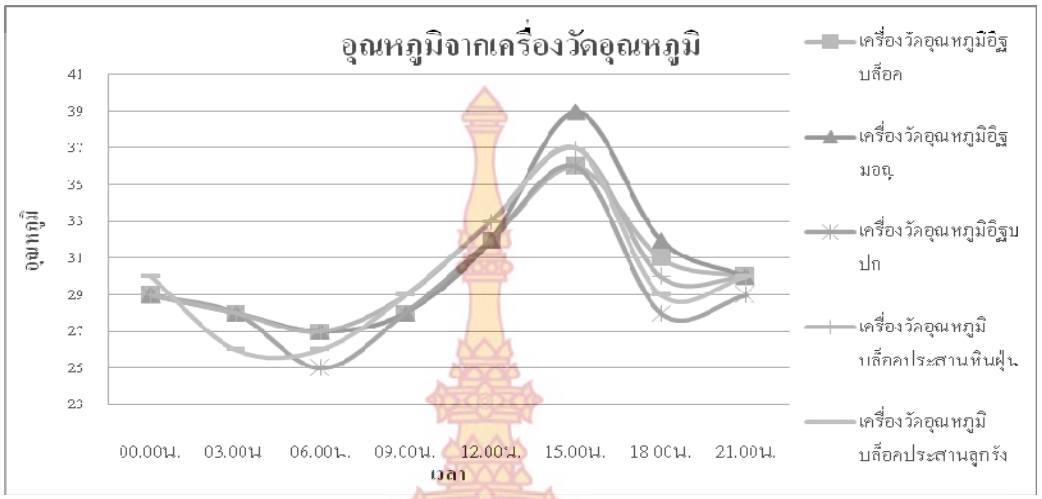
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังภายในและผนังภายนอกด้านที่ 4

ตารางที่ 4.9แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่พื้นผิวผนังภายในและผนังภายนอกด้านที่4

แบบอาคารจำลอง	อุณหภูมิต่ำสุด เวลา 6.00 น.		อุณหภูมิสูงสุด เวลา 15.00 น.	
	ภายนอก (°c)	ภายใน(°c)	ภายนอก (°c)	ภายใน(°c)
บล็อกประสานหินฝุ่น	27	27	40	35
บล็อกประสานดินลูกรัง	28	27	38	36
อิฐ บปก.	27	27	49	37
อิฐบล็อก	27	26	49	37
อิฐมอญ	27	27	40	37

จากรูปที่ 4.8 และ**ตารางที่ 4.9**ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่ำสุดคือเวลาประมาณ 6.00 น. วัดค่าอุณหภูมิภายนอกของผนังแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารจำลองบล็อกประสานดินลูกรังมีอุณหภูมิสูงสุดคืออุณหภูมิ 28°cและอุณหภูมิภายในของผนังแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารบล็อกประสานหินฝุ่นบล็อกประสานดินลูกรังอิฐ บปก.อิฐมอญมีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ 27°c

ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงที่สุดคือเวลาประมาณ 15.00 น. วัดค่าอุณหภูมิภายนอกของผนังแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารจำลองอิฐ บปก.อิฐบล็อก มีอุณหภูมิสูงสุดนั่นคืออุณหภูมิ 49°c และอุณหภูมิภายในของผนังแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารอิฐ บปก.อิฐบล็อกอิฐมอญมีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ 37°c

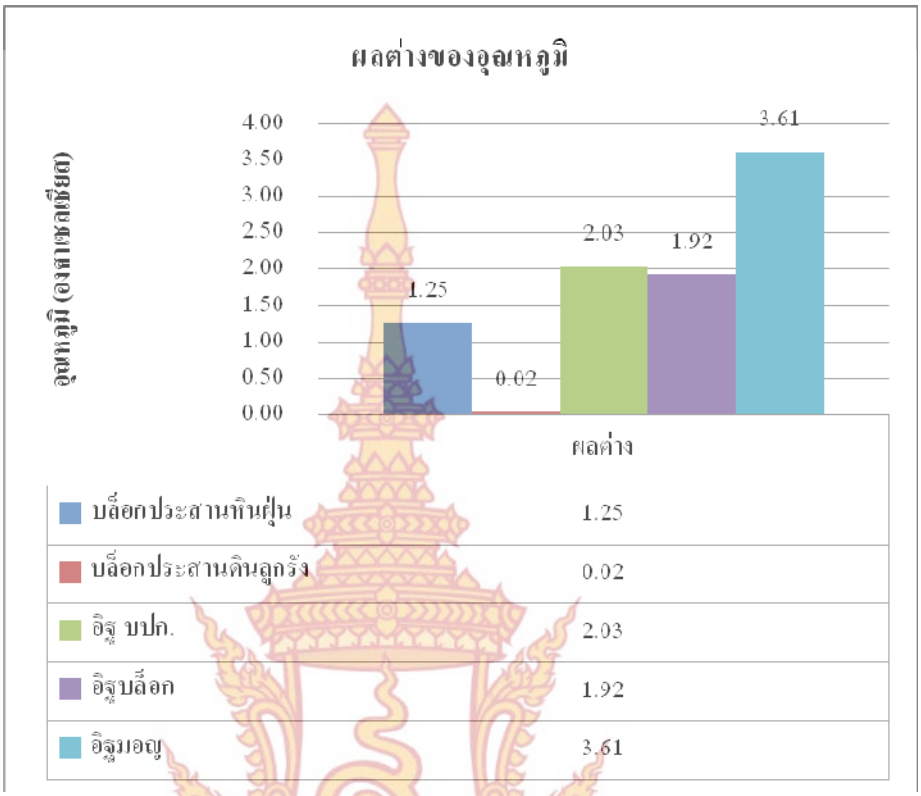


ตารางที่ 4.10แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของภายในแบบอาคารจำลอง

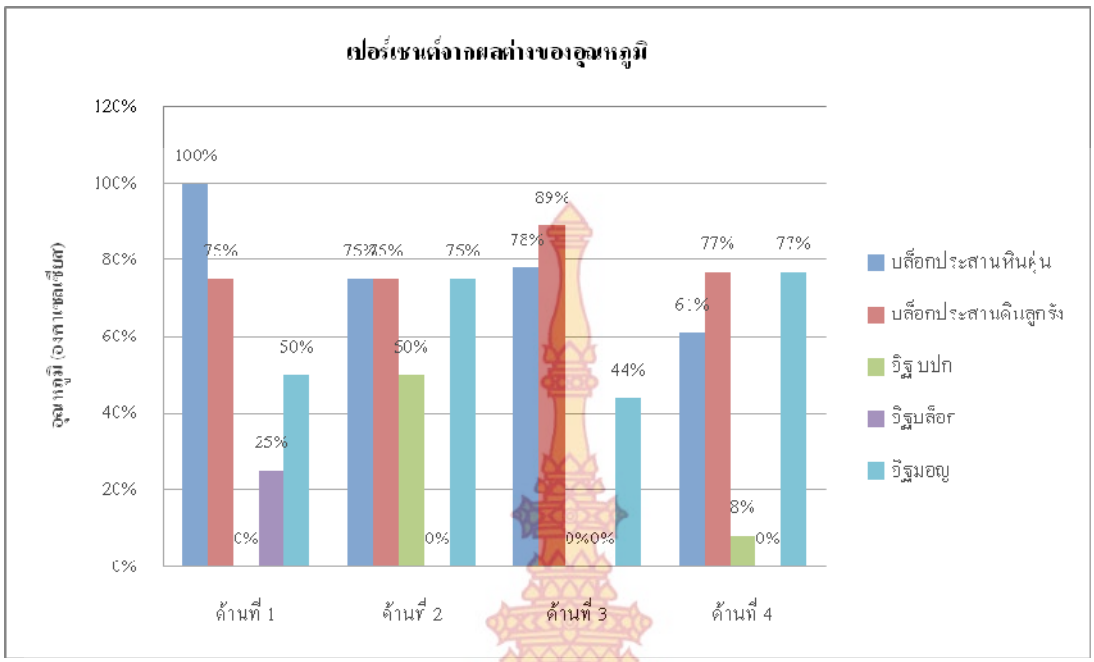
แบบอาคารจำลอง	อุณหภูมิต่ำสุด เวลา 6.00 น.	อุณหภูมิสูงสุด เวลา 15.00 น.
	ภายในแบบอาคารจำลอง (°c)	ภายในแบบอาคารจำลอง (°c)
บล็อกประสานหินฝุ่น	27	37
บล็อกประสานดินลูกรัง	26	38
อิฐ บปก.	25	36
อิฐบล็อก	27	36
อิฐมอญ	27	39

จากรูปที่ 4.9 และ**ตารางที่ 4.10**ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่ำสุดคือเวลาประมาณ 6.00 น. วัดค่าอุณหภูมิภายในแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารจำลองอิฐ บปก.มีอุณหภูมิ 25°c และในช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงที่สุดคือเวลาประมาณ 15.00 น. วัดค่าอุณหภูมิภายในแบบอาคารจำลองทั้ง5อาคารจำลองอิฐมอญ มีอุณหภูมิสูงสุดคืออุณหภูมิ 39°c

ด้วยการที่ผลต่างของอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงน้อยความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านวัสดุได้ยากขึ้น ด้วยเหตุนี้ บล็อกประสานดินลูกรังที่มีค่าผลต่างของอุณหภูมิน้อยที่สุด จึงเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุก่อผนังมากที่สุด



รูปที่ 4.10 แสดงผลต่างของอุณหภูมิภายนอก – ภายในของวัสดุก่อ



รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์จากผลต่างของอุณหภูมิของวัสดุก่อ

ตารางที่ 4.11 แสดงอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยและผลต่างของอุณหภูมิ

	อุณหภูมิต่ำสุดภายนอก	อุณหภูมิต่ำสุดภายใน	อุณหภูมิสูงสุดภายนอก	อุณหภูมิสูงสุดภายใน	เฉลี่ยอุณหภูมิภายนอก	อุณหภูมิเฉลี่ยภายใน	ผลต่างอุณหภูมิ
หินฝุ่น	27.00	27.00	39.50	37.00	33.25	32.00	1.25
ลูกรัง	27.00	27.00	37.25	37.20	32.13	32.10	0.02
บปก	26.75	27.00	42.00	37.70	34.38	32.35	2.03
บล็อก	26.25	27.00	42.00	37.41	34.13	32.21	1.92
มอญ	32.75	27.00	38.50	37.04	35.63	32.02	3.61

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการผลิตบล็อกประสาน เพื่อชุมชน ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยวิธีผลิตเป็นบล็อกประสานซึ่งใช้วัสดุสองชนิด คือ ดินลูกรัง และ หินฝุ่น โดยนำมาหาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมพื้นฐานของวัสดุที่นำมาทำเป็นบล็อกประสานทั้งสองชนิด และนำบล็อกประสานมาก่อเป็นแบบอาคารจำลอง เพื่อศึกษาการนำความร้อนของวัสดุก่อผนัง และนำมาเปรียบเทียบกับวัสดุก่อที่เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้กันโดยทั่วไป ทั้ง สามชนิด คือ อิฐมอญ , อิฐ บปก. , อิฐบล็อก ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ค่าเฉลี่ยของขนาดบล็อกประสานดินลูกรัง และบล็อกประสานหินฝุ่น เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน มผช. 602-2547 กระทรวงอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ว่าต้องมีลักษณะทั่วไปและมิติ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±2 มิลลิเมตรจากการตรวจสอบพบว่ามีความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยลักษณะภายนอกไม่มีรอยแตกหักและรอยบิ่น

5.1.2 ค่าความหนาแน่นความหนาแน่นและการดูดกลืนน้ำที่อายุ28 วัน ของบล็อกประสานดินลูกรังมีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 1906.84kg/m^3 ค่าการดูดกลืนน้ำเท่ากับ229.56kg/m^3ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน มผช. 602-2547 กระทรวงอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ว่าบล็อกประสานที่มีความหนาแน่นแห้ง 1841 kg/m^3ถึง 1920 kg/m^3 ต้องมีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดได้ไม่เกิน 240 kg/m^3และบล็อกประสานหินฝุ่นมีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 1641.42kg/m^3ค่าการดูดกลืนน้ำเท่ากับ 184.07kg/m^3ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน มผช. 602-2547 กระทรวงอุตสาหกรรม ที่กำหนดไว้ว่าบล็อกประสานที่มีความหนาแน่นแห้ง 1680 kg/m^3และน้อยกว่า ต้องมีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดได้ไม่เกิน 288 kg/m^3

5.1.3 ค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน บล็อกประสานดินลูกรังมีค่าเฉลี่ยกำลังอัดสูงที่สุดเท่ากับ 102.75ksc บล็อกประสานหินฝุ่นมีค่าเฉลี่ยกำลังอัด เท่ากับ 74.23kscซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสานมผช.602-2547 กระทรวงอุตสาหกรรมที่กำหนดค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนักต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 71.38 ksc (7 Mpa)

5.1.4 ความต้านทานแรงดัดที่อายุ 28 วัน บล็อกประสานดินลูกรังมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงดัดสูงสุดเท่ากับ27kscและบล็อกประสานปูพื้นหินฝุ่นมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงดัด เท่ากับ 8.32ksc

5.1.5 สรุปการหาคุณสมบัติการนำพาความร้อนของวัสดุก่อผนังแต่ละประเภท พบว่าจากการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิที่พื้นผิวผนังภายในและภายนอก ของแบบอาคารจำลองของวัสดุต่างๆทั้ง 5 ชนิดผนังที่ก่อด้วยบล็อกประสานดินลูกรังมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของผนังภายนอก ทั้ง 4 ด้าน ประมาณ 32.13°Cและภายในทั้ง4ด้าน ประมาณ 32.10°C ซึ่งมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก ประมาณ 0.02°C ซึ่งเป็นวัสดุก่อผนังที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดเป็นอันดับที่ 1คิดเป็นประสิทธิภาพดีที่สุด 100%

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผนังที่ก่อด้วยบล็อกประสานหินฝุ่นมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของผนังภายนอก ทั้ง 4 ด้าน ประมาณ 33.25 °Cและภายในทั้ง4ด้าน ประมาณ 32.00°C ซึ่งมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก ประมาณ 1.25°C ซึ่งเป็นวัสดุก่อผนังที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำเป็นอันดับที่2 คิดเป็นประสิทธิภาพ 98%

ผนังที่ก่อด้วยอิฐบล็อกมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของผนังภายนอก ทั้ง 4 ด้าน ประมาณ 34.13°C และภายในทั้ง4ด้าน ประมาณ 32.21°C ซึ่งมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก ประมาณ 1.92°C ซึ่งเป็นวัสดุก่อผนังที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำเป็นอันดับที่ 3คิดเป็นประสิทธิภาพ 96.80%

ผนังที่ก่อด้วยอิฐ บปก มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของผนังภายนอก ทั้ง 4 ด้าน ประมาณ 34.38 °C และภายในทั้ง4ด้าน ประมาณ 32.35°C ซึ่งมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก ประมาณ 2.03°C ซึ่งเป็นวัสดุก่อผนังที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำเป็นอันดับที่ 4 คิดเป็นประสิทธิภาพ 96.80%

ผนังที่ก่อด้วยอิฐมอญ มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของผนังภายนอก ทั้ง 4 ด้าน ประมาณ 35.63 °C และภายในทั้ง4ด้าน ประมาณ 32.02°C ซึ่งมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก ประมาณ 3.61°C ซึ่งเป็นวัสดุก่อผนังที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด คิดเป็นประสิทธิภาพ 96.50%

ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในแบบอาคารจำลอง จากการเก็บข้อมูลพบว่า แบบอาคารจำลองที่สร้างจากอิฐ บปก มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในต่ำที่สุดเป็นอันดับที่ 1 ประมาณ 30.5°C บล็อกประสานดินลูกรังมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในต่ำที่สุดเป็นอันดับที่ 2 ประมาณ 31.50°Cบล็อกประสานหินฝุ่นมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในต่ำสุดเป็นอันดับที่ 3 ประมาณ 32°C อิฐบล็อกมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในต่ำที่สุดเป็นอันดับที่ 4 ประมาณ 32°C ส่วนอิฐมอญมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงที่สุด ประมาณ 33°C

ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแบบอาคารจำลองสอดคล้องกับค่าการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานดินลูกรังและหินฝุ่น ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดกลืนน้ำเป็นอย่างดีจึงสรุปได้ว่าการใช้วัสดุก่อผนังประเภทบล็อกประสานดินลูกรังและหินฝุ่นมีคุณสมบัติในการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้คงที่ได้เป็นอย่างดี กว่าวัสดุก่อทั่วไปในท้องตลาดที่ใช้กันอยู่ทั่วไป จึงควรส่งเสริมการก่อสร้างอาคารด้วยวัสดุ

ประเภทบล็อกประสานให้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากการก่อสร้างสามารถทำได้ง่าย และยังช่วยในส่วนของการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้เย็นสบายและมีอุณหภูมิคงที่ได้เป็นอย่างดี

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บข้อมูลให้มีระยะเวลาที่มากขึ้นเพื่อจะได้ทราบค่าอุณหภูมิที่แม่นยำ และถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.3.2 ควรพิจารณาเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติช่วยในการลดอุณหภูมิ ที่หลากหลายเป็นวัสดุก่อผนังเพื่อใช้ในการทดสอบ

5.3.3 ควรทำการสร้างแบบจำลองอาคารในพื้นที่กลางแจ้งไม่มีสิ่งบดบังตัวอาคารจำลองซึ่งการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ในการสร้างแบบจำลองอาคาร และควรมีระยะห่างของแบบจำลอง แต่ละหลังที่ทำการทดสอบที่ใกล้เคียงกับอาคารจริง

5.3.4 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาวิจัยในลักษณะของแบบจำลอง ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการนำไปใช้ในการก่อสร้างจริง

5.3.5 ควรเพิ่มจำนวนของเครื่องมือวัดอุณหภูมิและติดตั้งให้ครบทุกด้านของผนังทั้งด้านในและด้านนอก ซึ่งการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เกิดความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิเนื่องจากระยะในการอ่านอุณหภูมิจากเคื่องมือ มีการพัฒนาในส่วนของเครื่องมือวัดอุณหภูมิให้มี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

เอกสารอ้างอิง

จิรพัฒน์ โชติไกร, ประทีป ดวงเดือน และ วรากร ไม้เรียง. **ปฐพีกลศาสตร์ทฤษฎีและ ปฏิบัติการ.** กรุงเทพมหานคร: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2525.

“ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง อิฐก่อสร้างสามัญ (มอก.72-2536),” ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 91 ตอนที่ 62. หน้า 1-15 10 เมษายน 2517.

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ. **วัสดุก่อสร้าง.** กรุงเทพมหานคร. ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2540.

มณเฑียร กังศศิเทียม. **กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม.** กรุงเทพมหานคร : 2533.

วรากร ไม้เรียง และคณะ.**ปฐพีกลศาสตร์ทฤษฎีและ ปฏิบัติการ.**พิมพ์ครั้งที่ 2. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2525.

วินิต ช่อวิเชียร และวัฒนา ธรรมมงคล. **ปฐพีกลศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร : ป.สัมพันธ์พาณิชย์, 2532.

อุดมวิทย์กาญจนวรงค์ . **การทดสอบวัสดุแบบทำลาย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:สกายบุ๊กส์,2543.

วุฒิชัย กกกำแหง.“**การศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานที่ใช้ยิปซั่มสังเคราะห์เป็นวัสดุผสมแทนปูนซีเมนต์**”.สำนักงานวิจัยและพัฒนา (สวพ.),2540

ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุล.“**การศึกษาการนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้าและบล็อกประสาน**”คณะวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพมหานคร : พ.ศ. 2550

ขวัญชัย อุ่นใจวิวัฒน์.“**คุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตที่ใช้แล้วพร้อมทั้งศึกษาการนำคอนกรีตที่ใช้แล้วมาทดแทนมวลหยาบในการก่อสร้าง**”ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานคร : พ.ศ. 2548

เริงศักดิ์ ศรีอุทัย. **“การศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของแอสฟัสต์คอนกรีตที่แทนวัสดุมวลรวมด้วยคอนกรีตเก่า”** ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.ปทุมธานี : พ.ศ. 2551

ภาคผนวก ก

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมพื้นฐาน ของวัสดุที่ใช้ในการผลิตบล็อกประสาน

ตารางที่ก.1 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของวัสดุดินลูกรัง

Can No.	1	2	3
Wt. of Can + Wet Soil ; g.	88.31	82.43	87.67
Wt. of Can + Dry Soil ; g.	84.58	78.89	83.83
Wt. of Can ; g.	18.48	14.71	14.91
Wt. of Dry Soil ; g.	66.10	64.18	68.92
Wt. water ; g.	3.73	3.54	3.84
Water content ; %	5.64	5.52	5.57
Average Water content;%		5.58	

ตารางที่ ก.2 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของวัสดุหินฝุ่น

Can No.	1	2	3
Wt. of Can + Wet Soil ; g.	95.40	89.42	92.76
Wt. of Can + Dry Soil ; g.	91.43	86.01	89.04
Wt. of Can ; g.	15.85	14.82	15.08
Wt. of Dry Soil ; g.	75.58	71.19	73.97
Wt. water ; g.	3.97	3.41	3.72
Water content ; %	5.25	4.79	5.03
Average Water content;%		5.02	

ตารางที่ ก.3 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุดินลูกรัง

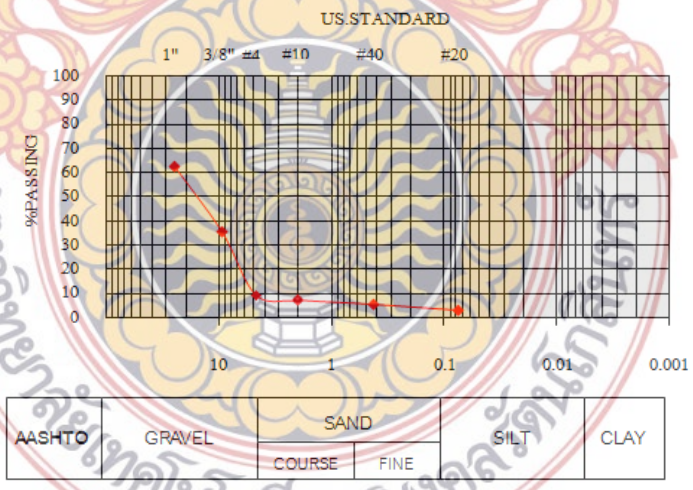
Determination	1	2	3
Temperature (°C)	50	45	40
Density of water (g. / cm^3)	0.9922	0.9902	0.9881
Mass of Pycnometer + water + sample (g.)	944	946	948
Mass of Pycnometer + water (g.)	648	649	650
Apparent Specific Gravity			
GA	5.402	5.515	5.589
GA	5.423	5.484	5.546
Average GA (30°C)		5.484	

ตารางที่ ก.4 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุหินฝุ่น

Determination	1	2	3
Temperature (°C)	50	45	40
Density of water (g. / cm^3)	0.9922	0.9902	0.9881
Mass of Pycnometer + water + sample (g.)	969	970	972
Mass of Pycnometer + water (g.)	656	658	660
Apparent Specific Gravity			
GA	7.330	7.169	7.154
GA	7.304	7.129	7.099
Average GA (30°C)		7.178	

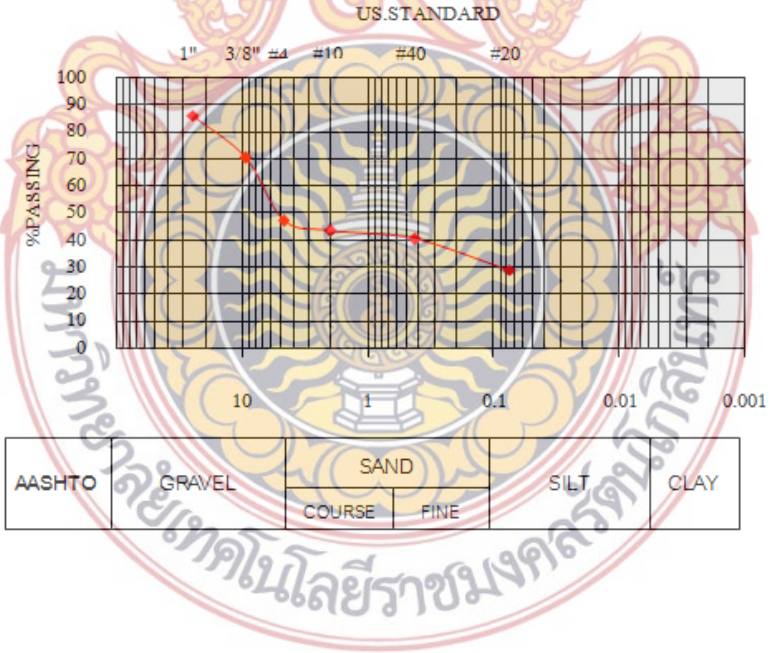
ตารางที่ ก.5 ผลการทดสอบการหาขนาดคละของวัสดุดินลูกรังโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง

Size	Sieve Open (mm.)	W.Sieve (g.)	W.Soil+Sieve (g.)	W.soilRetain (g.)	% Retain	% com	% Pass
4	4.75	700	889	189	37.80	37.80	62.20
8	2.38	436	572	136	27.20	65.00	35.00
30	0.6	351	480	129	25.80	90.80	9.20
40	0.425	533	545	12	2.40	93.20	6.80
50	0.3	554	562	8	1.60	94.80	5.20
100	0.149	490	502	12	2.40	97.20	2.80
200	0.074	471	479	8	1.60	98.80	1.20
pan	-	501	507	6	1.20	100.00	0.00



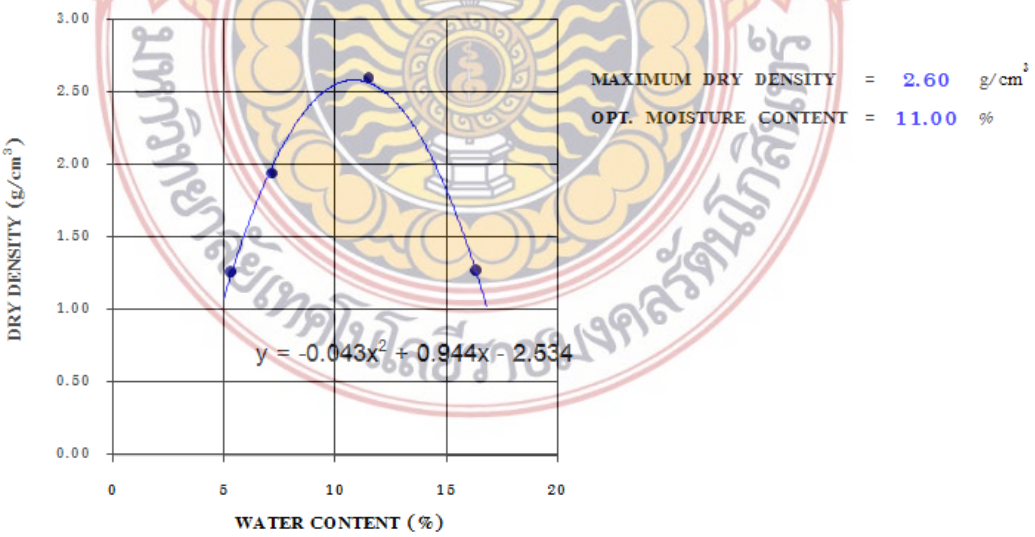
ตารางที่ ก.6 ผลการทดสอบการหาขนาดคละของวัสดุหินฝุ่นโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง

Size	Sieve Open (mm.)	W.Sieve (g.)	W.Soil+Sieve (g.)	W.soilRetain (g.)	% Retain	% com	% Pass
4	4.75	700	771	71	14.20	14.20	85.80
8	2.38	436	541	78	15.60	29.80	70.20
30	0.6	351	467	116	23.20	53.00	47.00
40	0.425	533	552	19	3.80	56.80	43.20
50	0.3	554	569	15	3.00	59.80	40.20
100	0.149	490	547	57	11.40	71.20	28.80
200	0.074	471	562	91	18.20	89.40	10.60
pan	-	501	554	53	10.60	100.00	0.00



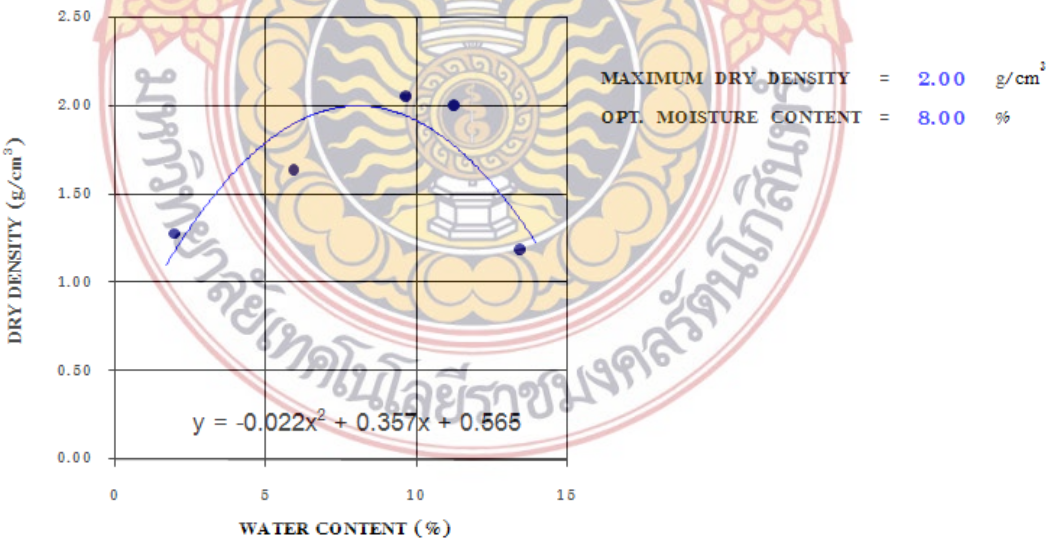
ตารางที่ ก.7 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุดินลูกรังโดยวิธีการบดอัดแบบมาตราฐาน

Sample No.	1	2	3	4	5
Wt. of Can + Wet Soil ; g.	84	85	125	82	-
Wt. of Can + Dry Soil ; g.	81	81	115	74	-
Wt. of Can ; g.	24	25	28	25	-
Wt. of Dry Soil ; g.	57	56	87	49	-
Wt. water ; g.	3	4	10	8	-
Water content ; g.	5.26	7.14	11.49	16.33	-
Wt. of Soil + Mold ; g.	5880	6083	6875	6094	-
Wt. of Mold ; g	4133	4133	4133	4133	-
Wt. of Soil ; g.	1747	1950	2742	1961	-
Wet density ; g/cm^3	1.93	2.16	3.03	2.17	-
Dry density ; g/cm^3	1.26	1.94	2.60	1.27	-



ตารางที่ ก.8 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุหินฝุ่นโดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน

Sample No.	1	2	3	4	5
Wt. of Can + Wet Soil ; g.	128	113	127	103	142
Wt. of Can + Dry Soil ; g.	126	108	118	95	128
Wt. of Can ; g.	25	24	25	24	24
Wt. of Dry Soil ; g.	101	84	93	71	104
Wt. water ; g.	2	5	9	8	14
Water content ; g.	1.98	5.95	9.68	11.27	13.46
Wt. of Soil + Mold ; g.	5977	5899	6250	6158	6258
Wt. of Mold ; g	4133	4133	4133	4133	4133
Wt. of Soil ; g.	1844	1766	2117	2025	2123
Wet density ; g/cm^3	2.04	1.96	2.34	2.24	2.35
Dry density ; g/cm^3	1.28	1.64	2.06	2.01	1.19



ตารางที่ ก.9 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนประเภท 1 ตราช้าง

Symbol	Sample No.	Weight (g)	Volume (cm^3)	Specific Gravity of Cement	Average Specific Gravity
Portland Cement Type I	1	64.0	20.8	3.062	3.07
	2	64.0	20.8	3.076	
	3	64.0	20.9	3.062	
	4	64.0	20.8	3.076	

ภาคผนวก ข

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของตัวอย่าง บล็อกประสานดินลูกรัง,บล็อกประสานหินฝุ่น อิฐมอญ,อิฐ บปก,อิฐบล็อก

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติของบล็อกประสานดินลูกรัง

	ตัวอย่าง								ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	
น้ำหนัก ; kg	6.260	6.140	6.490	6.440	6.470	6.320	6.630	6.500	6.406
กว้าง ; cm	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
ยาว ; cm	25	25.1	25	25.1	25	25	25	25	25.0
ลึก ; cm	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติของบล็อกประสานหินฝุ่น

	ตัวอย่าง								ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	
น้ำหนัก ; kg	5.210	5.190	5.380	5.260	5.320	5.250	5.330	5.250	5.274
กว้าง ; cm	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
ยาว ; cm	25	25.1	25	25.1	25	25	25	25	25.0
ลึก ; cm	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสานดินลูกรัง

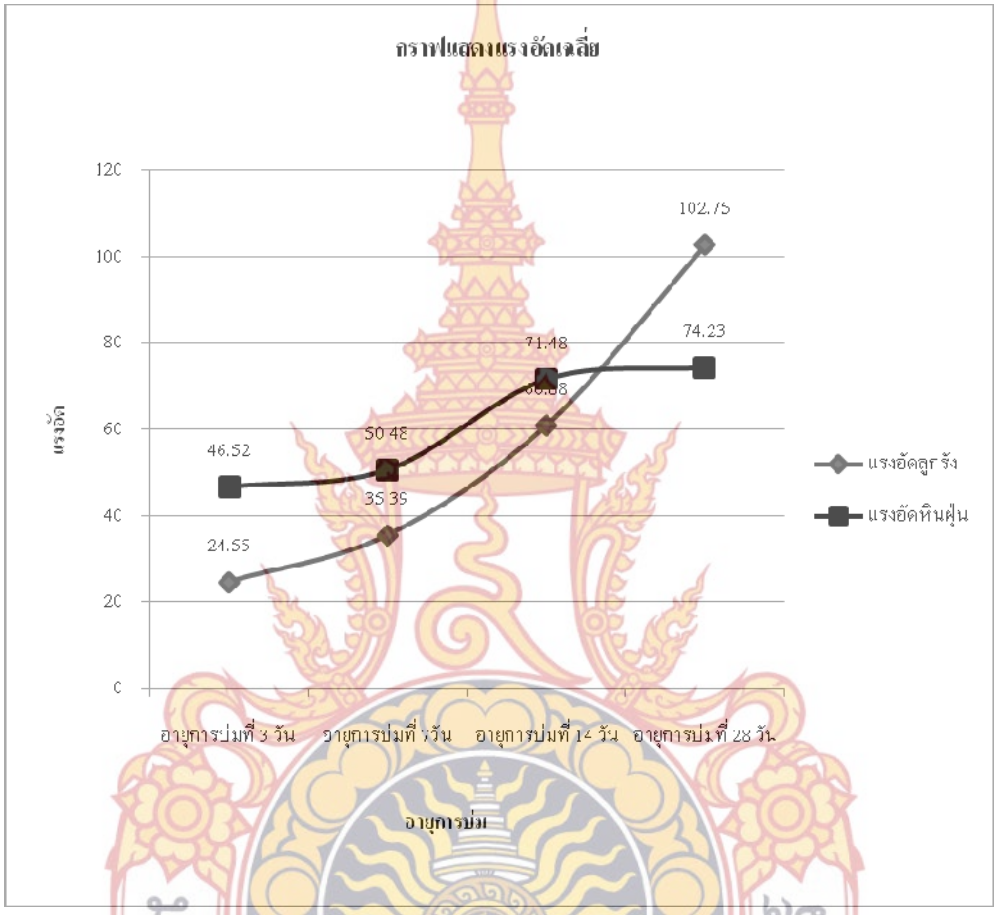
อายุการบ่ม	น้ำหนัก/ก้อน (kg)								ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	6	7	8	(kg)
3 วัน	6.78	6.82	6.77	6.85	6.92	6.85	6.66	6.86	6.81
7วัน	6.5	6.34	6.63	6.55	6.4	6.66	6.66	6.67	6.55
14 วัน	6.6	6.53	6.59	6.76	6.75	6.58	6.6	6.65	6.63
28 วัน	6.27	6.47	6.35	6.48	6.36	6.34	6.42	6.36	6.38

อายุการบ่ม	ค่ารับกำลังแรงอัด(ksc)								ค่าเฉลี่ยกำลังอัด
	1	2	3	4	5	6	7	8	(ksc)
3 วัน	45.31	32.36	30.74	32.36	32.36	35.60	32.36	42.07	35.39
7วัน	22.65	24.92	22.98	31.71	19.42	19.42	26.21	29.12	24.55
14 วัน	51.78	38.83	61.49	61.49	48.54	50.16	67.96	106.79	60.88
28 วัน	110.03	126.21	100.32	97.08	100.32	100.32	97.08	93.85	102.75

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสานหินฝุ่น

อายุการบ่ม	น้ำหนัก/ก้อน (kg)								ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก
	1	2	3	4	5	6	7	8	(kg)
3 วัน	6.78	6.82	6.77	6.85	6.92	6.85	6.66	6.86	6.81
7วัน	6.50	6.34	6.63	6.55	6.40	6.66	6.66	6.67	6.55
14 วัน	6.60	6.53	6.59	6.76	6.75	6.58	6.60	6.65	6.63
28 วัน	6.27	6.47	6.35	6.48	6.36	6.34	6.42	6.36	6.38

อายุการบ่ม	ค่ารับกำลังแรงอัด(ksc)								ค่าเฉลี่ยกำลังอัด
	1	2	3	4	5	6	7	8	(ksc)
3 วัน	4.22	4.22	4.22	4.22	4.22	4.22	4.22	4.22	4.22
7วัน	8.43	8.43	8.43	8.43	8.43	8.43	8.43	8.43	8.43
14 วัน	16.85	16.85	16.85	16.85	16.85	16.85	16.85	16.85	16.85
28 วัน	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06



รูปที่ ข.1 กราฟแสดงกำลังอัดเฉลี่ยระหว่างบล็อกประสานดินลูกรังและบล็อกประสานหินฝุ่น

ตารางที่ข.5การทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมบล็อกประสานดินลูกรัง

รายละเอียด	อิฐทดสอบ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ขนาด ;m.	0.126x0.25x0.10							
ปริมาตร (V) ;m^3	0.003125							
น้ำหนัก (W1) ;kg	6.26	6.14	6.49	6.44	6.47	6.32	6.63	6.5
น้ำหนัก เฉลี่ย ;kg	6.40625							
นน. เผาแห้ง ;kg	5.81	5.581	6.12	6.07	6.02	5.9	6.16	6.01
นน. เผาแห้ง เฉลี่ย ;kg	5.958875							
นน. แช่น้ำที่ 1/2 hr. ;kg	6.54	6.51	6.66	6.55	6.65	6.52	6.61	6.6
นน. แช่น้ำที่ 1/2 hr.เฉลี่ย ;kg	6.58							
นน. แช่น้ำที่ 24 hr. ;kg	6.57	6.54	6.78	6.71	6.70	6.60	6.82	6.95
นน. แช่น้ำที่ 24 hr.เฉลี่ย ;kg	6.86375							
ความหนาแน่นอิฐเฉลี่ย	289.56							
เปอร์เซนด์ความชื้น ;%	7.745	10.02	6.046	6.096	7.475	7.119	7.63	8.153
เปอร์เซนด์ความชื้นเฉลี่ย ;%	7.534921489							
เปอร์เซนด์การดูดซึม ;%	17.56	21.66	13.4	13.18	12.79	17.29	10.7	15.64
เปอร์เซนด์การดูดซึมเฉลี่ย ;%	15.27883812							

ตารางที่ ข.6 การทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมอิฐบล็อกประสานหินฝุ่น

รายละเอียด	อิฐทดสอบ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ขนาด ;m.	0.126x0.25x0.10							
ปริมาตร (V) ;m^3	0.003152							
น้ำหนัก (W1) ;kg	5.21	5.19	5.38	5.26	5.32	5.25	5.33	5.25
น้ำหนัก เฉลี่ย ;kg	5.27375							
นน. เผาแห้ง ;kg	5.12	5.1	5.28	5.16	5.22	5.14	5.23	5.14
นน. เผาแห้ง เฉลี่ย ;kg	5.17375							
นน. แช่น้ำที่ 1/2 hr. ;kg	5.74	5.72	5.86	5.78	5.85	5.74	5.83	5.73
นน. แช่น้ำที่ 1/2 hr.เฉลี่ย ;kg	5.78125							
นน. แช่น้ำที่ 24 hr. ;kg	5.7	5.68	5.81	5.73	5.78	5.69	5.78	5.7
นน. แช่น้ำที่ 24 hr.เฉลี่ย ;kg	5.73375							
ความหนาแน่นอิฐเฉลี่ย	177.6649746							
เปอร์เซนต์ความชื้น ;%	1.758	1.765	1.894	1.938	1.916	2.14	1.91	2.14
เปอร์เซนต์ความชื้นเฉลี่ย ;%	1.932794077							
เปอร์เซนต์การดูดซึม ;%	11.33	11.37	10.04	11.05	10.73	10.7	10.5	10.89
เปอร์เซนต์การดูดซึมเฉลี่ย ;%	10.82807711							

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ตารางที่ ข.7 การทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมอิฐบปก.

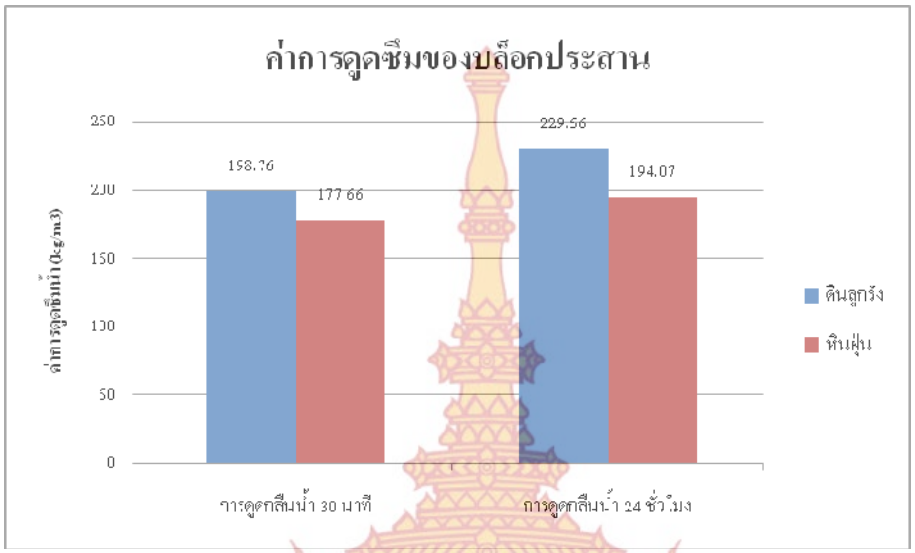
รายละเอียด	อิฐทดสอบ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ขนาด ;m.	0.07x0.23x0.11							
ปริมาตร (V) ;m^3	0.001771							
น้ำหนัก (W1) ;kg	2.83	2.89	2.81	2.85	2.85	2.88	2.84	2.86
น้ำหนัก เฉลี่ย ;kg	2.85125							
นน. เผาแห้ง ;kg	2.83	2.89	2.8	2.84	2.84	2.88	2.84	2.86
นน. เผาแห้ง เฉลี่ย ;kg	2.8475							
นน. แช่น้ำที่ 1/2 hr. ;kg	3.08	3.16	3.09	3.12	3.13	3.14	3.11	3.11
นน. แช่น้ำที่ 1/2 hr.เฉลี่ย ;kg	3.1175							
นน. แช่น้ำที่ 24 hr. ;kg	3.16	3.19	3.13	3.17	3.18	3.22	3.06	3.02
นน. แช่น้ำที่ 24 hr.เฉลี่ย ;kg	3.24125							
ความหนาแน่นอิฐเฉลี่ย	222.3320158							
เปอร์เซนด์ความชื้น ;%	0	0	0.357	0.352	0.352	0	0	0
เปอร์เซนด์ความชื้นเฉลี่ย ;%	0.132671026							
เปอร์เซนด์การดูดซึม ;%	15.19	13.84	15.36	15.14	15.49	15.28	11.3	9.091
เปอร์เซนด์การดูดซึมเฉลี่ย ;%	13.83280186							

ตารางที่ ข.8 การทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมอิฐมอญ

รายละเอียด	อิฐทดสอบ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ขนาด ;m.	0.064x0.14x0.04							
ปริมาตร (V) ;m^3	0.003584							
น้ำหนัก (W1) ;kg	4.6	4.5	4.6	4.7	4.4	4.8	4.8	4.6
น้ำหนัก เฉลี่ย ;kg	4.625							
นน. เผาแห้ง ;kg	4.5	4.5	4.6	4.6	4.3	4.8	4.7	4.6
นน. เผาแห้ง เฉลี่ย ;kg	4.575							
นน. แช่น้ำที่ 1/2 hr. ;kg	4.9	4.8	5	5.1	4.7	5.3	5	4.9
นน. แช่น้ำที่ 1/2 hr.เฉลี่ย ;kg	4.9625							
นน. แช่น้ำที่ 24 hr. ;kg	5.1	5.1	5.2	5.1	5.1	5.3	5.4	5
นน. แช่น้ำที่ 24 hr.เฉลี่ย ;kg	5.1625							
ความหนาแน่นอิฐเฉลี่ย	0.128415301							
เปอร์เซนต์ความชื้น ;%	2.222	0	0	2.174	2.326	0	2.13	0
เปอร์เซนต์ความชื้นเฉลี่ย ;%	1.106172029							
เปอร์เซนต์การดูดซึม ;%	13.33	13.33	13.04	10.87	18.6	10.42	14.9	8.696
เปอร์เซนต์การดูดซึมเฉลี่ย ;%	12.89878715							

ตารางที่ ข.9 การทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมอิฐบล็อก

รายละเอียด	อิฐทดสอบ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ขนาด ;m.	0.07x0.39x0.19							
ปริมาตร (V) ;m^3	0.005187							
น้ำหนัก (W1) ;kg	6.97	6.74	6.59	6.55	6.38	6.52	6.83	6.56
น้ำหนัก เฉลี่ย ;kg	6.6425							
นน. เผาแห้ง ;kg	6.9	6.7	6.52	6.48	6.33	6.49	6.77	6.49
นน. เผาแห้ง เฉลี่ย ;kg	6.585							
นน. แช่น้ำที่ 1/2 hr. ;kg	7.36	7.19	7.03	7	6.81	7.02	7.26	7.01
นน. แช่น้ำที่ 1/2 hr.เฉลี่ย ;kg	7.085							
นน. แช่น้ำที่ 24 hr. ;kg	7.36	7.18	7.02	6.96	6.82	6.8	7.24	6.98
นน. แช่น้ำที่ 24 hr.เฉลี่ย ;kg	7.045							
ความหนาแน่นอิฐเฉลี่ย	88.68324658							
เปอร์เซนต์ความชื้น ;%	1.014	0.597	1.074	1.08	0.79	0.462	0.89	1.079
เปอร์เซนต์ความชื้นเฉลี่ย ;%	0.872794827							
เปอร์เซนต์การดูดซึม ;%	6.667	7.164	7.669	7.407	7.741	4.777	6.94	7.55
เปอร์เซนต์การดูดซึมเฉลี่ย ;%	6.989616301							

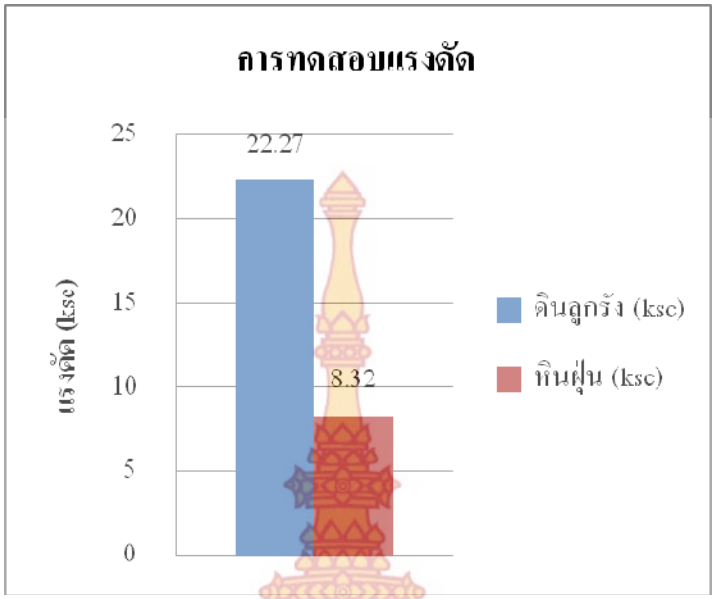


รูปที่ ข.2 แผนภูมิแสดงเปอร์เซนต์การดูดซึมเฉลี่ยของวัสดุ

ตารางที่ ข.10 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของบล็อกประสาน ที่อายุ 28 วัน

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนัก/ก้อน (kg)								ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (kg)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
ดินลูกรัง	6.87	6.81	6.81	6.73	6.97	6.65	6.76	6.67	6.78
หินฝุ่น	6.72	6.97	6.85	6.98	6.66	6.94	6.72	6.96	6.85

ชนิดของวัสดุ	ค่ารับกำลังแรงดัด (ksc)								ค่าเฉลี่ย (kg)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
ดินลูกรัง	19.22	24.76	21.86	24.17	25.22	19.28	24.44	19.23	22.27
หินฝุ่น	8.31	7.22	9.73	8.34	9.29	7.26	9.14	7.31	8.32



รูปที่ ข.3 แผนภูมิแสดงค่ากำลังต้านทานแรงดัดที่อายุ 28 วัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ภาคผนวก ค

ประวัตินักวิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย

1.1 ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายอาทร ชูพลสัตย์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr, Arthorn Chuponsat

1.2 เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1201 00655 99 1

1.3 ตำแหน่งปัจจุบันอาจารย์ 5 สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

1.4 หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มทร.รัตนโกสินทร์ เลขที่ 96หมู่ 3 ตำบล ศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัด นครปฐม 73170 โทรศัพท์ 02-8894585-7 ต่อ 2650

สถานที่อยู่ 37/1 หมู่ 2 ตำบลบางเขน อำเภอ เมือง จังหวัดนนทบุรี 11000 โทรศัพท์ 02-9525046 โทรศัพท์มือถือ 083-1898270

E-mail – arthorn_civil16@rmutr.ac.th

1.5 ประวัติการศึกษา

ปวช.ช่างก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต นนทบุรี

ปวส.ช่างก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต นนทบุรี

ปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต เทเวศร์

ปริญญาโท วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยรังสิต

1.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

วิศวกรรมการทาง , วิศวกรรมขนส่ง

1.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย : การศึกษาวิธีการสำรวจและการทดสอบวัสดุก่อสร้างทาง (ดินลูกรัง) สำหรับใช้ในงานถนน

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : การศึกษาคุณสมบัติของดินชั้นทางลูกรังบดอัดผสมปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนต์และขี้เถ้าแกลบเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ปี 2550

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: การศึกษาวิธีการสำรวจและการทดสอบวัสดุก่อสร้างทาง (ดินลูกรัง) สำหรับใช้ในงานถนน แหล่งทุนงบประมาณ ผลประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551

งานวิจัยที่กำลังทำ : ขยะพลาสติกผสมดินบดอัด แหล่งทุนงบประมาณ ผลประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2554

2. ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวณิชาภา มินาบูลย์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss. Nichapha Minaboon
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 7303 00125 59 1
3. ตำแหน่งปัจจุบัน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ (Labboy) สังกัดสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ กระทรวงศึกษาธิการ เลขที่ 96 ม.3 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170 โทรศัพท์ 0 2889 4585-7 โทรสาร 0 2889 4585 -7 ต่อ 2650 E-mail - nichapha.min @ rmutr.ac.th
4. ประวัติการศึกษา
   ปวส. (ช่างก่อสร้าง) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายา
   บธ.บ (การจัดการอุตสาหกรรม)มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
   วศ.ม (การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม) วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   - สาขาวิศวกรรมโยธา , สาขาการจัดการอุตสหกรรม
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

   -

7. งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด
   - ขยะพลาสติกผสมดินบดอัด งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2554 มทร. รัตนโกสินทร์ ดำเนินการเสร็จแล้ว
   - ถ่านอัดแท่งจากฟางข้าวผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แหล่งทุนงบประมาณผลประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555 ดำเนินการเสร็จแล้ว