

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก
ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ททราย และเส้นใยมะพร้าว

ปริญญาโท
ของ
ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2549

A STUDY OF THE RATIO OF PORTLAND CEMENT, SAND AND COCONUT COIR
FOR LIGHTWEIGHT HOLLOW NON – LOAD BEARING CONCRETE

A THESIS
BY
SAKSIT SRISAENG

Presented In Partlal Fulfilment of the Reqlurements
For the Master of Education degree In Industrial Education
at Srinakharinvirof University
May 2006

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก
ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ททราย และเส้นใยมะพร้าว

บทคัดย่อ
ของ
ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2549

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง. (2549) การศึกษาอัตราส่วนในการทำคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว ปริมาณนิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.อุวิทย์ สุวคันธกุล, อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุสำหรับคอนกรีตบล็อก ชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว มีอัตราส่วนที่จะใช้ในการทดสอบคือการนำเส้นใยมะพร้าวมาผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และทราย เพื่อมาผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3 ของน้ำหนักทราย มีสูตรในการทดลองจำนวน 12 สูตร แต่และสูตรจะทำการผลิตคอนกรีตบล็อกขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร จำนวนสูตรละ 25 ก้อน รวม 300 ก้อน แล้วนำไปเทอบเคียงคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน ผลการทดสอบพบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุด ได้แก่ สูตรที่ 8 คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ของมวลรวม ทรายร้อยละ 52.50 ของมวลรวม เส้นใยมะพร้าวร้อยละ 22.50 ของมวลรวม และใช้น้ำร้อยละ 15 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านคุณลักษณะทั่วไปด้านความหนาของเปลือก ขนาด โดยอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร ด้านความแข็งแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐานปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อก ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจ ด้านความต้านทานแรงอัด เมื่ออายุก่อนคอนกรีตบล็อกครบ 28 วัน ต้องมีความต้านทานแรงอัดมีเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุดแต่ละก้อน 2.0 เมกะพาสคัล และเฉลี่ยจากก่อนคอนกรีตบล็อกจำนวน 5 ก้อน 2.5 เมกะพาสคัล สูตร 8 มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด คือ ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1 – 5 มีค่า 2.86, 2.91, 2.88, 2.89, 2.90 เมกะพาสคัล ตามลำดับและค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.65 เมกะพาสคัล และร้อยละการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 14 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือต้องน้อยกว่าร้อยละ 25 และค่าความเป็นฉนวนความร้อนยังมีค่าการนำความร้อนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

A STUDY OF THE RATIO OF PORTLAND CEMENT, SAND AND COCONUT COIR
FOR LIGHTWEIGHT HOLLOW NON – LOAD BEARING CONCRETE

AN ABSTRACT .
BY
SAKSIT SRISAENG

Presented In Partlal Fulfilment of the Reqlirements
For the Master of Education degree In Industrial Education
at Srinakharinvirof University
May 2006

Saksit Srisaeng (2006). *A study of the ratio of portland cement, sand and coconut coir for lightweight hollow non – load bearing concrete*, Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate school, Srinakharinvirot University. Advisor committee : Dr.Upawit Suwakuntakul, Mr. Soodchai Ngaosiprai

The objective of this research the ratio of portland cement, sand and coconut coir for lightweight hollow non – load bearing concrete. For the ratio of the test, the research used the coconut coir mixed with portland cement and sand to produced the lightweight hollow non – load bearing concrete. In the ratio of all the mixed was increase by three percents of the weight of sand. The experiment was divided into 12 formulas and eash formula will produce the concrete with the of size $70 \times 190 \times 390$ millimeter by using 25 pieces in each formula.

Then, the products were compared with the quality of Standard for Hollow Non-Load Bearing Concrete Masonry Units 58 – 2533 and the quality of insulator. The result shown that the best formula is the eighth formolea that use 25 percents of portland cement , used sand of 52.50 percents, used the coconut coir 22.50 percents and used water15 percents of portland cement. Generally, the thickness can be in exactly 2 millimeters. The product have to stored 28 day befor have it experiment. The result of the product strong, without any crack and in the easy to The experiment was tested by the expert of resistance. It have resistance at least 2 mega Pascal and the average of 5 pieces of concrete (2.5 mega Pascal) From the eighth formulea, the concrete has the most resistance. The result shown that the resistance of the first to the fifth, were 2.86, 2.91, 2.88 and 2.90 mega Pascal and the ability of the absorbtable is 14 percents which is in the quality standard (absorb less than 25 percents) Moreover, it has the ability to lead the heat more than the general kind of concrete.

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปฏิญานิพนธ์
เรื่อง

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก
ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราาย และเส้นใยมะพร้าว

ของ
ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2549

.....ประธานควบคุมปฏิญานิพนธ์
(อาจารย์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันทรกุล)

.....กรรมการควบคุมปฏิญานิพนธ์
(อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร)

.....กรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....กรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์โอภาส สุขหวาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยความเมตตา ให้คำแนะนำ แก้ไขข้อเสนอนี้ และดูแลและให้กำลังใจอย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และอาจารย์สุดใจ เห่งาสีไพร ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน ที่ให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอนี้ต่าง ๆ ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัยครั้งนี้ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ คุณคมกริช ศรีมงคล คุณวัลลภ โคตรพันธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ บัญชา ชื่นจิตร ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ข้อมูล คำแนะนำและทำการทดสอบก่อนคอนกรีตบล็อก

อนึ่ง ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนและให้กำลังใจเป็นอย่างดีจากคณาจารย์และกรรมการบริหารหลักสูตรอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคคล ที่ไม่สามารถกล่าวชื่อนามได้ทั้งหมดที่มีส่วนช่วยเหลือแนะนำสนับสนุน และให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดา ครู – อาจารย์ อันเป็นที่เคารพรักสูงสุด ให้ทั้งความรู้ กำลังใจ กำลังทรัพย์ และให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ อันพระคุณนี้หาที่เปรียบมิได้

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
สมมุติฐานในการวิจัย.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีต.....	5
ความหมายของคอนกรีต.....	5
ลักษณะของคอนกรีต.....	6
ซีเมนต์เฟสท์.....	7
ส่วนผสมคอนกรีต.....	7
การบ่มคอนกรีต.....	9
คอนกรีตบล็อกมวลเบา.....	13
ชนิดของคอนกรีตเบา.....	13
คุณสมบัติของคอนกรีตเบา.....	20
ประโยชน์ของคอนกรีตเบา.....	21
คอนกรีตบล็อก.....	25
วัสดุผสม.....	36
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์.....	36
ทราย.....	40
วัสดุเส้นใย.....	41
น้ำ.....	45
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	46
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533.....	46
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 109 – 2517.....	47
การเป็นฉนวนความร้อน.....	48
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	49

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	53
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง.....	53
วัสดุผสมที่ใช้ในการทดลอง.....	53
ลำดับขั้นตอนการทดลอง.....	55
วิเคราะห์ข้อมูล.....	59
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	62
การวิเคราะห์คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมที่มีส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว.....	62
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	67
สรุปผลการวิจัย.....	68
อภิปรายผล.....	69
ข้อเสนอแนะ.....	70
บรรณานุกรม.....	72
ภาคผนวก.....	76
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	135

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่นิยมใช้งานประเภทต่าง ๆ.....	8
2 ขอบเขตความคลาดเคลื่อนของการชั่งน้ำหนักวัสดุเพื่อใช้ในการผสม.....	8
3 วิธีการบ่มโดยเพิ่มความชื้น.....	10
4 วิธีป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต.....	11
5 กำหนดระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่คอนกรีต ได้รับการบ่มนับจากวันที่หล่อเสร็จแล้ว 24 ชั่วโมง เป็นต้นไป.....	13
6 แสดงการจำแนกประเภทของคอนกรีตเบาตามลักษณะการนำไปใช้งาน.....	15
7 ประเภทและคุณสมบัติของมวลรวมผสมเบา.....	16
8 ค่าทั่วไปของการเป็นตัวนำความร้อนสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบา.....	23
9 ค่าทั่วไปของกำลังอัดสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบา.....	24
10 ขนาดคอนกรีตบล็อกแบบกลวงชนิดรับน้ำหนัก และชนิดไม่รับน้ำหนัก.....	26
11 ขนาดของคอนกรีตบล็อกเชิงตันรับน้ำหนัก.....	27
12 ขนาดของทรายในลักษณะงานต่าง ๆ.....	40
13 อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุผสมละเอียดต่อวัสดุผสมหยาบ.....	41
14 สมบัติของเส้นใยธรรมชาติ.....	43
15 ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยมะพร้าว.....	45
16 แสดงกำลังของคอนกรีตที่ลดลงอันเนื่องมาจากซัลเฟตที่ปะปนอยู่กับน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต.....	46
17 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก.....	47
18 อัตราส่วนผสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก.....	54
19 ตารางผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ.....	61
20 ตารางบันทึกผลการทดสอบแรงอัด.....	61
21 ตารางวิเคราะห์ผลคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่าง ปูนซีเมนต์ปอร์ต แลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว.....	63

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 การเรียกชื่อองค์ประกอบต่าง ๆ ของคอนกรีต.....	6
2 ปริมาตรของส่วนประกอบของส่วนผสมคอนกรีตธรรมดา.....	7
3 คอนกรีตบล็อกแบบกลวงชนิดรับน้ำหนัก.....	25
4 คอนกรีตบล็อกแบบกลวงชนิดไม่รับน้ำหนัก.....	25
5 คอนกรีตบล็อกมาตรฐานที่ผลิตในประเทศไทย.....	28
6 ขั้นตอนในการผลิตก่อนคอนกรีตบล็อกโดยใช้เครื่องผลิตคอนกรีตบล็อกแบบใช้แรงคน.....	33
7 ขั้นตอนในการผลิตก่อนคอนกรีตบล็อกโดยใช้ไฮดรอลิค.....	34
8 แผนภาพแสดงกรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์.....	39
9 การจำแนกกลุ่มของเส้นใยธรรมชาติ.....	42
10 กระบวนการผลิตวัสดุก่อสร้างที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบ.....	44
11 ลำดับขั้นตอนการทดลองคอนกรีตไม่รับน้ำหนัก.....	55
12 การก่อตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบ.....	58

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

พลังงานมีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาทั้งทางด้านอุตสาหกรรมในโลกปัจจุบันนี้ค่าพลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากแหล่งพลังงานลดน้อยลง รวมถึงค่าน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้น และในขณะเดียวกันการใช้พลังงานก็มีสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ประสบกับปัญหาดังกล่าว ดังนั้นจึงต้องมีการคิดวิธีที่จะลดต้นทุนของค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดการค้นคว้าหาวัสดุชนิดใหม่ๆ และได้มีการนำเอาวัสดุเหลือใช้มาช่วยลดต้นทุนในอุตสาหกรรมงานก่อสร้างลงได้อีกทางหนึ่ง

คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย โดยใช้ในการก่อผนังหรือกำแพง เนื่องจากเป็นวัสดุที่ผลิตง่ายและสะดวกในการก่อสร้าง วัสดุก่อผนังเพื่อทดแทนไม้ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างที่กำลังเป็นที่นิยมในวงการก่อสร้าง เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ ขนาดและคุณภาพที่เป็นมาตรฐาน มีความแข็งแรงและทนทานดี มีคุณสมบัติทนไฟและระบายความร้อนในตัวอาคารให้กับตัวอาคารได้ ทั้งยังง่ายและสะดวกต่อการวางแผน ก่อง่าย ใช้เวลาในการก่อน้อยกว่าการก่ออิฐมาก นอกจากนี้ยังให้ความสวยงามได้อย่างเพียงพอโดยไม่ต้องฉาบปูนหรือทาสี (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 192) คอนกรีตบล็อกโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก และคอนกรีตบล็อกเชิงตันรับน้ำหนัก ส่วนใหญ่ที่ผลิตขึ้นในประเทศ และใช้กันทั่วไปคือ คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักขนาด $70 \times 190 \times 390$ มิลลิเมตร แต่ละปีมีความต้องการใช้เป็นจำนวนมากทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ ปัจจุบันจึงมีโรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกจำนวนมาก แต่เนื่องจากไม่ได้มีการออกแบบส่วนผสม (Mix Design) ให้เป็นมาตรฐาน ดังเช่นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้ทั่วไป ผู้ผลิตแต่ละรายจึงใช้อัตราส่วนผสมแตกต่างกัน ส่วนผสมแตกต่างกัน ส่วนผสมที่ใช้อาจได้จากการสอบถามจากผู้เคยผลิตมาก่อน แล้วนำมาปรับเพื่อให้การทำงานสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย โดยไม่ได้คำนึงถึงคุณสมบัติด้านวิศวกรรม เช่น กำลังรับแรงอัด และดูดกลืนน้ำ ทำให้คอนกรีตบล็อกที่มีขายอยู่ในปัจจุบันมักไม่ได้มาตรฐาน หรือบางกรณี อาจใช้วัตถุดิบเกินความพอดี ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงเกินความจำเป็น

วิธีการแก้ปัญหาที่กล่าวมาวิธีหนึ่งคือ การประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) มาใช้ประโยชน์เป็นเส้นใยเสริมแรงในวัสดุ ประเทศไทยมีเส้นใยธรรมชาติมากมาย บางชนิดเป็นเศษเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เช่นเส้นใยอ้อยจากอุตสาหกรรมน้ำตาล เส้นใยมะพร้าวจากอุตสาหกรรมกะทิ ซึ่งเหลือจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับไม้อื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมกระดาษ ฯลฯ เส้นใยธรรมชาติมีข้อดีหลายประการดังนี้ หาง่าย เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีใช้ไม่หมดสิ้น และมีให้เลือกมากมายหลายชนิด เส้นใยบางชนิดเป็นของเหลือทิ้ง หรือเป็นวัชพืช มีราคาถูก ทำให้สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิต เส้นใยมีสมบัติเชิงกลดี บางชนิดมีความแข็งแรงและ มอดุลัสสูง ความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีน้ำหนักเบา ช่วยกำจัดและลดการกักเก็บของเสียจากเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เป็นต้น (<http://www.forest.go.th/VetiverGrass/Project3.htm>)

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน ซึ่งจากสำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/

คนปี (<http://web.ku.ac.th/agri/coconut1/coco1.htm>) และมีแนวโน้มของปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี ซึ่งส่งผลให้ของเหลือใช้ที่ได้จากมะพร้าวก็ย่อมมีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งถ้าไม่สามารถกำจัดเหลือใช้ที่ได้จากมะพร้าวเหล่านั้นก็จะส่งผลทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม จึงเกิดแนวคิดโดยการนำเส้นใยมะพร้าวมาประยุกต์ ซึ่งเส้นใยมะพร้าวมีส่วนประกอบทางเคมีของลิกนิน (Lignin) และ เซลลูโลส (Cellulose) เป็นองค์ประกอบที่สูง ส่งผลให้เส้นใยมะพร้าวมีความแข็งแรงและเหนียว นำมาใช้เป็นส่วนประกอบของคอนกรีตบล็อก สำหรับใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตคอนกรีตบล็อก และช่วยกำจัดวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากมะพร้าว

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของเส้นใยมะพร้าวที่เป็นของเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปมะพร้าวมาผสมสำหรับผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยมีอัตราส่วนดังกล่าวมีลักษณะทั่วไปและความต้านทานแรงอัดเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาสูตรอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำวัสดุผสม สำหรับทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ที่มีส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพ ให้เทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้สูตรอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านคุณลักษณะทั่วไป ด้านความต้านทานแรงอัด ค่าการดูดซึมน้ำ เทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน
2. เป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก และสามารถนำวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาตินำมาตัดแปลงให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ขอบเขตการวิจัย

เพื่อให้การศึกษาคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของเส้นใยมะพร้าวบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตการศึกษาไว้ดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง
 - ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่
 - 1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1
 - 1.2 ทราย
 - 1.3 เส้นใยมะพร้าว
 - 1.4 น้ำใช้ water cement ratio (w/c) 0.6
2. ตัวแปรที่ศึกษา
 - 2.1 ตัวแปรอิสระ

อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราย เส้นใยมะพร้าว และน้ำ โดยกำหนดให้ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และน้ำมีสัดส่วนคงที่ โดยเส้นใยมะพร้าวมาผสมใช้งาน

ในงานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3 ของน้ำหนักทราย โดยแต่ละส่วนผสม จะผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักขนาด $70 \times 190 \times 390$ มิลลิเมตร จำนวน 25 ก้อน

2.2 ตัวแปรตาม

สมรรถนะของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย เส้นใย มะพร้าวทางด้านลักษณะทั่วไป ด้านกำลังอัดประลัย ค่าการดูดซึมน้ำ ให้เทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน

2.2.1 คุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก. 58 - 2533)

2.2.1.1 ลักษณะทั่วไป

2.2.1.1.1 คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียหายอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้าง ก่อสร้างหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อย เนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการยอมรับ

2.2.1.1.2 คอนกรีตไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบ พอดีแก่การจับยึดของปูน

2.2.1.1.3 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสังเคราะห์หนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ

2.2.1.2 ความต้านทานแรงอัด

2.2.1.2.1 ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล

2.2.1.2.2 ค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 2.0 เมกะพาสคัล

2.2.2 คุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนเทียบเคียงกับคอนกรีตบล็อกตามท้องตลาดทั่วไป

นियามศัพท์เฉพาะ

1. เส้นใยมะพร้าว หมายถึง เส้นใยที่ได้จากกากมะพร้าว ทำให้มีขนาดเล็กลงด้วยการบดมีขนาดคละกันตั้งแต่ 10 มิลลิเมตรถึงเป็นผงละเอียด

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หมายถึง ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยมีจำหน่ายในท้องตลาด

3. ทราย หมายถึง ทรายหยาบเม็ดใหญ่ ที่มีขนาดเม็ดอยู่ที่ 2 ถึง 4 มิลลิเมตร ทำความสะอาดเพื่อขจัดสิ่งเจือปนอื่นๆ ทิดมา

4. น้ำ หมายถึง น้ำประปาสะอาดที่สามารถดื่มกินได้

5. คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก หมายถึง คอนกรีตบล็อกประเภท 2 ที่ไม่ควบคุมความชื้นขึ้นใช้สำหรับก่อผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง มีขนาด $70 \times 190 \times 390$ มิลลิเมตร

6. มอก. 58 – 2533 หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ว่าด้วยเรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกมวลเบาไม่รับน้ำหนักในด้านคุณลักษณะทั่วไป และความต้านทานแรงอัด

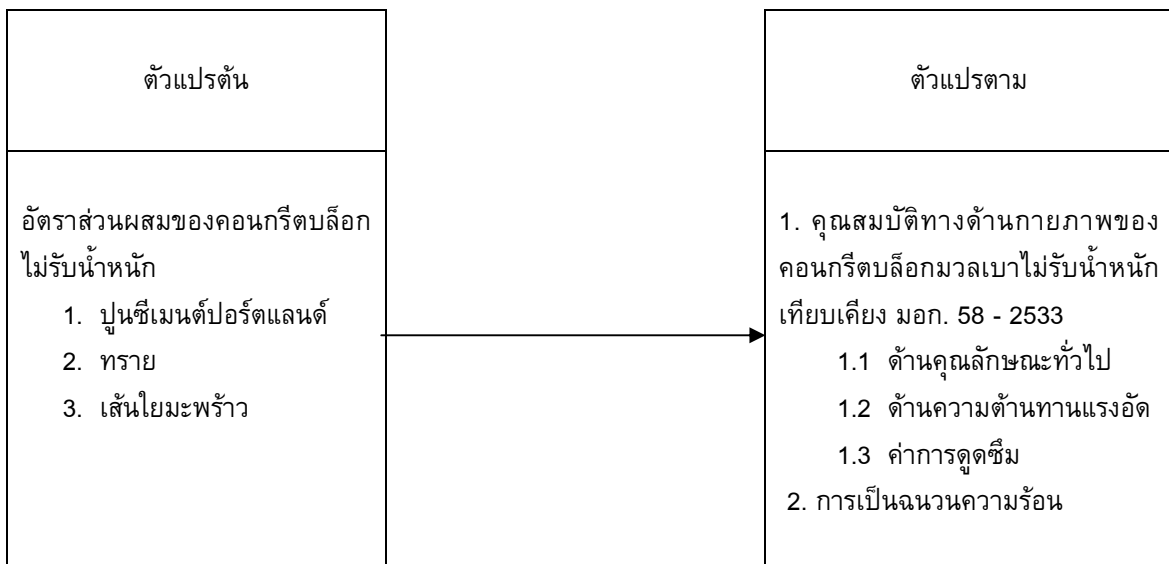
6.1 คุณลักษณะทั่วไป หมายถึง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อนต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนที่เสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีต หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลัง หรือความคงทนถาวร ยกเว้นรอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา และคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักซึ่งต้องการปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอสมควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดี การทดสอบให้ทำโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจ

6.2 ความต้านทานแรงอัด หมายถึง ค่าความต้านทานในการรับแรงอัด ขณะ ที่ชิ้นงานทดสอบเริ่มเสียหาย โดยมีค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน ไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล

6.3 ค่าการดูดซึมน้ำ หมายถึง ร้อยละการดูดกลืนของคอนกรีตบล็อก ต้องมีค่าการดูดกลืนน้ำไม่เกินร้อยละ 25

7. การเป็นฉนวนความร้อน หมายถึง ผลรวมของการถ่ายเทความร้อน โดยการแผ่รังสี การนำ และการพาความร้อนจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูง ไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำ

กรอบแนวคิดการวิจัย



สมมติฐานการวิจัย

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว มีคุณสมบัติเทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 ด้านทางด้านคุณลักษณะทั่วไป ด้านความต้านทานแรงอัด ค่าการดูดซึมน้ำ และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและหาข้อมูลต่างๆ จากตำราเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์และทำให้งานวิจัยครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยจำแนกสาระสำคัญที่เกี่ยวข้อง ได้ ดังนี้ คือ

1. ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีต

- 1.1 ความหมายของคอนกรีต
- 1.2 ลักษณะของคอนกรีต
- 1.3 ซีเมนต์เพสต์
- 1.4 ส่วนผสมคอนกรีต
- 1.5 การบ่มคอนกรีต

2. คอนกรีตบล็อกมวลเบา

- 2.1 ชนิดของคอนกรีตเบา
- 2.2 คุณสมบัติของคอนกรีตเบา
- 2.3 ประโยชน์ของคอนกรีตเบา
- 2.4 คอนกรีตบล็อก

3. วัสดุผสม

- 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
- 3.2 ทราย
- 3.3 วัสดุเส้นใย
- 3.4 น้ำ

4. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

- 4.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533
- 4.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 109 - 2517

5. ฉนวนความร้อน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุประติษฐ์เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติเด่น คือ สามารถหล่อให้เป็นรูปร่างตามแบบที่ต้องการได้ และสามารถผลิตวัสดุแต่งรูปเหมือนๆ กันออกมาได้มากโดยทำแบบหล่อเพียงครั้งเดียว เป็นการประหยัดเวลาในการก่อสร้างและมีความคงทนดี คอนกรีตเป็นของผสมที่เกิดจากการผสมกันระหว่างปูนซีเมนต์กับวัสดุผสมคละกัน เช่น ทราย หินหรือกรวด และน้ำเข้าด้วยกันตามสัดส่วนที่พอเหมาะ เพื่อสะดวกต่อการเทและการใช้งาน (good workability)

1.1 ความหมายของคอนกรีต

คอนกรีตเป็นหินเทียมที่มนุษย์ได้คิดค้นประดิษฐ์ขึ้นเพื่อใช้แทนที่หินธรรมชาติ คอนกรีตเป็นของผสมที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างปูนซีเมนต์กับวัสดุผสมคละอันได้แก่ ทราย หินหรือกรวด และน้ำเข้าด้วยกันตามสัดส่วน (ประณต กุลประสูตร. 2541 : 79) เมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่งพอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็งมีความแข็งแรง และสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น ตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น (ชัชวาล เศรษฐบุตร. 2540 : 1)

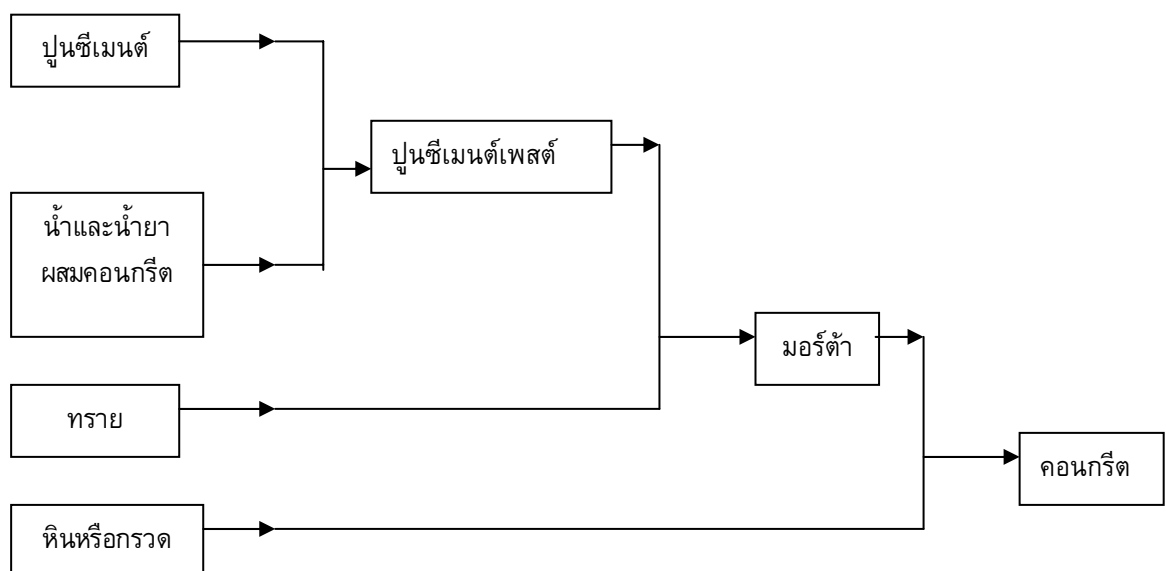
1.2 ลักษณะของคอนกรีต

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต โดยเมื่อนำส่วนผสมต่าง ๆ เหล่านี้มาผสมกัน จะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้

ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่าซีเมนต์เพสต์ (cement paste)

ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับทราย เรียกว่า มอร์ต้า (mortar)

มอร์ต้า ผสมกับหินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (concrete) สามารถนำมาเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังภาพประกอบ 1 (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. 2540 : 4)



ภาพประกอบ 1 การเรียกชื่อองค์ประกอบต่าง ๆ ของคอนกรีต

คอนกรีตที่ดี จะเป็นผลจากการที่อนุภาคของวัสดุคละกันทุก ๆ อนุภาคในส่วนผสม ถูกเคลือบหรือหุ้มด้วยซีเมนต์เพสต์ (cement paste) ซึ่งเป็นส่วนผสมที่เกิดจากปูนซีเมนต์กับน้ำเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเรียกว่า ไฮเดรชัน (hydration) ระหว่างกันและกันกับอากาศจะทำให้มีคุณสมบัติจับเกาะแน่นกับวัสดุผสมและช่องว่าง (void) ระหว่างอนุภาคต่าง ๆ ได้ถูกแทนที่ด้วยซีเมนต์เพสต์ด้วยเช่นกัน ดังนั้น คุณภาพของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับกำลังของซีเมนต์เพสต์เป็นสำคัญนอกเหนือไปจากความแข็งแรงของวัสดุผสมคละที่ใช้ (ประณต กุลประสูตร. 2541 : 80) การที่ได้คอนกรีตที่ดีนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจองค์ประกอบ

ต่าง ๆ ดังนี้ ต้องมีความรู้ในเรื่องคุณสมบัติของวัสดุและหลักการออกแบบ ต้องรู้ถึงสภาพทั่วไปของหน่วยงานก่อสร้าง วัตถุประสงค์ต่าง ๆ ต้องมีคุณภาพอยู่ในมาตรฐานที่กำหนด ต้องให้ความระมัดระวังในเรื่องการชั่งตวงส่วนผสมทุกชนิด ต้องมีการผสม การลำเลียง การเทลงแบบ และการอัดแน่นอย่างเหมาะสม ต้องทำการบ่มอย่างถูกต้อง ต้องมีการควบคุมงานคอนกรีตที่ดีทุกขั้นตอน (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. 2540 : 6)

1.3 ซีเมนต์เพสต์

ซีเมนต์เพสต์ เป็นส่วนประกอบของน้ำกับปูนซีเมนต์และอากาศ ความแข็งแรงของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับกำลังของซีเมนต์เพสต์นี้เป็นส่วนใหญ่ ส่วนคุณภาพของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับ อัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์ (Water – Cement Ratio) ที่ใช้ในส่วนผสม (วันชัย สินสวัสดิ์. 2535 : 2) โดยจะมีลักษณะเป็นวุ้น และจับตัวเป็นแผ่นกับวัสดุผสมได้ มอร์ต้าเป็นส่วนผสมของซีเมนต์ น้ำและวัสดุผสมย่อย นำมาผสมกับวัสดุผสมมวลหยาบ ก็จะได้เป็นคอนกรีต (พิภพ สุทรสมัย. 2543 : 16) โดยส่วนใหญ่หน้าที่ของซีเมนต์เพสต์ คือ เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเทหล่อ ให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ (ชัชวาล เศรษฐบุตร. 2540 : 5)

อากาศ ร้อยละ 5	น้ำ ร้อยละ 15	ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 10	มวลรวม (ละเอียดและหยาบ) ร้อยละ 70
----------------	---------------	----------------------	-------------------------------------

ซีเมนต์เพสต์

ตัวแทรกที่เป็นธาตุที่เจือย

ภาพประกอบ 2 ปริมาตรของส่วนประกอบของส่วนผสมคอนกรีตธรรมดา

1.4 ส่วนผสมคอนกรีต

การผสมคอนกรีต เป็นการนำปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ น้ำยาผสมคอนกรีตและวัสดุผสมอื่น ๆ ผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่พอเหมาะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเคลือบหรือหุ้มผิวของมวลรวมทั้งหมดด้วยซีเมนต์เพสต์ และเพื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน อันจะส่งผลให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดี ถ้าการผสมไม่ทั่วถึง จะทำให้คุณภาพของคอนกรีตไม่สม่ำเสมอกำลังและคุณสมบัติต่าง ๆ ไม่เป็นไปตามต้องการ (ชัชวาล เศรษฐบุตร. 2540 : 80)

โดยทั่วไปการวัดส่วนผสมอาจทำได้ 2 วิธี คือ การตวงส่วนผสมโดยปริมาตร และการชั่งส่วนผสมโดยน้ำหนัก

การวัดส่วนผสมโดยปริมาตร เป็นการวัดส่วนผสมด้วยการใช้ภาชนะตวงวัดส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย และหิน ภาชนะที่ใช้ตวงควรใช้ถังหรือกล่องตวงที่ดีมีปริมาตรแน่นอน อย่างไรก็ตามในการตวงวัดแม้จะให้ความระมัดระวังเพียงใดก็ตาม ก็อาจจะผิดพลาดได้ง่าย เนื่องจากความแตกต่างของรูปร่างเนื้อหิน และเนื้อทราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรายที่มีความชื้นด้วยแล้วจะทำให้ปริมาตรของทรายผิดไปจากความเป็นจริงร้อยละ 25 – 30 เนื่องจากการฟองตัวของทราย

การกำหนดอัตราส่วนผสมโดยปริมาตร มักใช้สำหรับงานเล็ก ๆ ที่ไม่ค่อยสำคัญนัก โดยกำหนดอัตราส่วนผสมเป็นปูนซีเมนต์ ต่อทราย ต่อหิน เช่น 1 : 2 : 4 ซึ่งหมายถึง ใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน และหิน 4 ส่วน ตามตารางที่ 1

การวัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก เป็นการวัดสัดส่วนด้วยการชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งธรรมดาหรือเครื่องชั่งอัตโนมัติ ซึ่งติดอยู่กับเครื่องผสมก็ได้ การวัดส่วนผสมด้วยการชั่งน้ำหนักเป็นวิธีที่ให้ความแน่นอนกว่าการตวงมาก เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่ งานคอนกรีตกำลังสูง และคอนกรีตอัดแรง การวัดส่วนผสมโดยการชั่งน้ำหนักยังมีผลดีต่อการปรับน้ำหนักส่วนผสมตามสภาพความชื้นของมวลรวมอีกด้วย (วันชัย สินสวัสดิ์.2535 : 8 -11) โดยมีขอบเขตของความคลาดเคลื่อนของการชั่งน้ำหนักวัสดุเพื่อใช้ผสมคอนกรีต ดังตาราง 2

ตาราง 1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่นิยมใช้งานประเภทต่าง ๆ

อัตราส่วนผสมของคอนกรีตโดยปริมาตร	ประเภทของของงาน
1 : 1.5 : 4	เสาและส่วนของโครงสร้างอาคารที่ต้องการทึบน้ำ
1 : 2 : 4	งานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป
1 : 2.5 : 4	งานถนน ทางเท้า ฐานรากอาคาร เชื่อนกั้นดิน
1 : 3 : 4	งานคอนกรีตขนาดใหญ่ เช่น ฐานราก ขนาดใหญ่ หรือผนังที่หนา

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2541 : 88

ตาราง 2 ขอบเขตความคลาดเคลื่อนของการชั่งน้ำหนักวัสดุเพื่อใช้ในการผสม

วัสดุ	ปริมาณ	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้
1. ปูนซีเมนต์	น้อยกว่า 200 กก.	± ร้อยละ 2
	มากกว่าหรือเท่ากับ 200 กก.	± ร้อยละ 1
2. มวลรวม	น้อยกว่า 200 กก.	± ร้อยละ 3
	มากกว่าหรือเท่ากับ 200 กก.	± ร้อยละ 2
3. น้ำ	-	± ร้อยละ 3
4. สารผสมเพิ่ม	-	± ร้อยละ 3

ที่มา : ชัชวาล เศรษฐรูปูตร. 2540 : 79

1.5 การบ่มคอนกรีต

การบ่ม (Curing) คือ ชื่อเฉพาะของวิธีที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ซึ่งจะส่งผลให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง วิธีการทำโดยให้น้ำแก่คอนกรีตหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว

หน้าที่สำคัญของการบ่มคอนกรีตมีด้วยกัน 2 ประการ คือ การป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีต และการรักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม สำหรับวัตถุประสงค์ที่สำคัญของการบ่มคอนกรีต คือ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังและความทนทาน และเพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต โดยรักษาระดับอุณหภูมิให้เหมาะสม และลดการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุด

กรรมวิธีการบ่ม เราแบ่งกรรมวิธีการบ่มออกเป็น 2 ชนิดตามสภาพอุณหภูมิใช้บ่มคือ

1.5.1 การบ่มที่อุณหภูมิปกติ สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือการเพิ่มความชื้นและการป้องกันความชื้น

1.5.1.1 การเพิ่มความชื้น โดยให้ความชื้นอย่างต่อเนื่องของผิวของคอนกรีตโดยตรงในระยะแรกที่คอนกรีตแข็งตัว วิธีนี้นอกจากจะเป็นวิธีบ่มที่ดีแล้ว ยังสามารถช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตลงด้วยจึงเหมาะกับคอนกรีตที่เทในอากาศร้อน การบ่มแบบนี้ทำได้หลายวิธี สามารถสรุปได้ดังตาราง 3

1.5.1.2 วิธีป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต วิธีนี้เป็นการป้องกันความชื้นจากผิวคอนกรีตมิให้เล็ดลอดออกสู่ภายนอกการป้องกันความชื้นวิธีนี้ได้แก่ การใช้กระดาษกันน้ำ ผ้าพลาสติก หรือสารเคมี เป็นต้น อย่างไรก็ตามไม้แบบที่ยังไม่ถอดก็สามารถป้องกันการเสียน้ำได้เช่นกัน วิธีการบ่มแบบนี้สามารถสรุปได้ดังตาราง 4

1.5.2 การบ่มที่อุณหภูมิสูง เป็นการบ่มที่สามารถเร่งอัตราการเพิ่มกำลังได้อย่างรวดเร็ว เป็นที่นิยมการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น ท่อ คานและพื้น เป็นต้น ข้อดีในการปฏิบัติ คือ สามารถผลิตได้รวดเร็วขึ้น ประหยัดแบบหล่อเพราะสามารถถอดแบบได้เร็ว คอนกรีตมีกำลังสูงเร็ว ทนต่อการเคลื่อนย้ายและใช้งาน

ตาราง 3 วิธีการบ่มโดยเพิ่มความชื้น

วิธีการบ่ม	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
<p>1. การบ่มขังน้ำ</p> <p>เหมาะสมกับยางคอนกรีตที่มีพื้นราบ เช่น แผ่นพื้นทั่วไป ฝ้าฟ้า พื้นสะพาน ถนนทางเท้า สนามบิน</p> <p>วิธีการ ทำโดยใช้ดินเหนียวหรือก่ออิฐทำเป็นคันโดยรอบของงานคอนกรีตที่จะบ่ม</p> <p>ข้อควรระวัง อย่างให้พื้นที่ใช้บ่มมีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน10°C</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ทำได้สะดวก ง่าย ราคาถูก 2. วัสดุหาได้ง่าย เช่นดินเหนียวและน้ำ 3. ใช้คนงานระดับกรรมกรได้ 4. ซ่อมแซมได้สะดวก รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายตัวอย่างเช่น ทำดินเหนียวและฟังกิสามารถซ่อมได้ทันที 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ตั้งหมั่นตรวจสอบดูรอยแตกร้าวของดินเหนียวที่นำมาใช้อยู่เสมอ มิฉะนั้นน้ำจะซึมหนี 2. ต้องเก็บทำความสะอาดบริเวณคอนกรีตที่บ่มเมื่อเสร็จงานบ่มเรียบร้อยแล้ว
<p>2. โดยการฉีดน้ำหรือพรมน้ำ</p> <p>วิธีการ ใช้ได้ทั้งแนวราบและแนวตั้ง เช่น ผนัง กำแพง และพื้น</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ทำได้สะดวก ได้ผลดี 2. ค่าใช้จ่ายถูก 3. ใช้คนงานระดับกรรมกรได้ 4. ไม่ต้องดูแลตลอดเวลา 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ไม่เหมาะสมกับสถานที่ที่หาน้ำได้ยาก 2. ไม่สะดวกกับการฉีดกับกำแพงใน แนวตั้ง เพราะน้ำจะแห้งเร็ว
<p>3. โดยการใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม</p> <p>วิธีการ เช่นนำผ้าใบ กระสอบ ซึ่งอุ้มน้ำได้ ถ้าเป็นผ้าใบควรเป็นสีขา เพราะสะท้อนความร้อนได้ดี และรอยต่อต้องเหลื่อมกันให้มาก</p> <p>ถ้าใช้ฟางหรือขี้เลื่อยคลุมควรหนาไม่น้อยกว่า 15 ซม. คลุมให้ทั่ว และฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ได้ผลดีมาก ราคาไม่สูงเกินกว่าที่จะทำ 2. ทำได้ทั้งแนวราบและแนวตั้ง ในกรณีที่ใช้ผ้าใบและกระสอบ 3. ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้ 4. สามารถหาวัสดุมาใช้ได้ง่าย 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ถ้าอากาศร้อนจะแห้งเร็ว 2. ถ้าที่กว้าง ๆ ถ้าใช้ผ้าใบคลุมจะเสียค่าใช้จ่ายมาก 3. ต้องฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ 4. ต้องพิจารณาก่อนที่จะนำมาใช้ว่าวัสดุนั้นเป็นอันตรายต่อซีเมนต์หรือผิวคอนกรีตหรือไม่

ตาราง 4 วิธีป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต

วิธีการบ่ม	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
<p>1. การใช้กระดาษกันน้ำซีมได้</p> <p>กลุ่มกระดาษนี้ทำด้วยกระดาษเหนียวยึดติดกันด้วยกาวประเภทยางมะตอยและเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว และมีคุณสมบัติหดตัวไม่มาก</p> <p>วิธีการใช้ รอยต่อควรเหลื่อมกันให้มากพอสมควร และรอยต่อระหว่างแผ่นต้องผนึกติดแน่นด้วยกาว หรือเทป หรือ ทราयीก็ได้</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ทำได้สะดวก รวดเร็ว 2. ป้องกันคอนกรีตไม่ให้แห้งได้เร็ว 3. ใช้คนงานระดับกรรมกรได้ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ราคาแพง 2. ไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน 3. ไม่สะดวกในการเก็บรักษาต่อไป เมื่อนำมาใช้งานต่อ
<p>2. การใช้แผ่นพลาสติกคลุม</p> <p>เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา และสามารถใช้คลุมงานคอนกรีตที่จะบ่มได้ทันทีที่ต้องการ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. มีน้ำหนักเบา ปฏิบัติงานง่าย 2. ได้ผลดีในการป้องกันน้ำที่ระเหยออกไปจากคอนกรีต 3. ไม่ต้องรดน้ำให้ชุ่มอยู่ภายใน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. บางมาก ชำรุดง่าย 2. ต้องหาของหนักทับเพื่อกันปลิว 3. ราคาแพง ถ้าใช้ในการคลุมงานคอนกรีตที่กว้าง ๆ
<p>3. การบ่มด้วยน้ำยาเคมีเคลือบผิวคอนกรีต</p> <p>มีหลายสีด้วยกัน เช่น สีขาว เทาอ่อน และดำ สำหรับสีขาวจะเหมาะสมกว่า เพราะสะท้อนความร้อนและแสงได้ดีกว่า โดยการใช้พ่นคลุมพื้นผิวคอนกรีตที่ต้องการใช้งานเร็ว ๆ เช่นลานบิน หลังคากว้าง ๆ งานพิเศษต่าง ๆ หรือตึกสูง ๆ ที่น้ำส่งขึ้นไปได้ลำบาก</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. สะดวก รวดเร็ว 2. ได้ผลดีพอสมควร ถ้าน้ำยานั้นเป็นของแท้ และมีความเข้มข้นตามมาตรฐานของผู้ผลิต 3. ไม่ต้องคอยรดน้ำ 4. ไว้ใช้ในกรณีการบ่มด้วยวิธีอื่นไม่ได้ผล 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ค่าใช้จ่ายสูง 2. ต้องจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับพ่นทุกครั้ง 3. ต้องใช้บุคลากรที่เคยทำมาก่อนการพ่น 4. น้ำยาเคมีที่ใช้พ่นอาจทำอันตรายแก่ผู้ที่อยู่ในระยะใกล้เคียงได้

ตาราง 4 (ต่อ)

วิธีการบ่ม	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
4. การบ่มโดยใช้แบบต้องพ่นไม้แบบให้มีความชื้นอยู่เสมอไม้แบบจะป้องกันการเสียความชื้นได้ดีมาก ฉะนั้นควรรักษาไม้แบบไว้ให้นานที่สุดหลังจากถอดแบบแล้วจึงใช้วิธีอื่นต่อไป	<ol style="list-style-type: none"> 1. ทำได้สะดวก 2. ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ต้องใช้ไม้แบบจำนวนมาก 2. ช้ำเพราะต้องนำไม้แบบไปใช้งานอื่นต่อไป 3. ถ้าเป็นไม้แบบเก่า ต้องเสียเวลาทำความสะอาดไม้แบบ

1.5.3 การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำ (low Pressur Steam Curing) อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 40 – 100 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่ให้ผลดีที่สุดจะอยู่ระหว่าง 65 – 80 องศาเซลเซียส การเลือกอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มกำลังและกำลังสูงสุดที่ต้องการ อุณหภูมิสูงจะทำให้กำลังสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและกำลังประลัยสูงสุดจะมีค่าต่ำ อุณหภูมิที่ต่ำให้กำลังประลัยสูงสุดที่สูงแต่ด้วยอัตราการเพิ่มกำลังที่ต่ำ นอกจากอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้บ่มแล้ว สิ่งที่สำคัญก็คือ เวลาที่ใช้ในการบ่มซึ่งประกอบด้วยช่วงเวลา การค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น เวลาที่อุณหภูมิสูงสุดจริง และการลดอุณหภูมิลงสู่อุณหภูมิปกติ ควรทิ้งคอนกรีตไว้ที่อุณหภูมิปกติประมาณ 2 – 6 ชั่วโมงหลังการหล่อ ก่อนที่จะสัมผัสกับไอน้ำ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ชั้นเบื้องต้นก่อน อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิไม่ควรให้เกิน 30 องศาเซลเซียส / ชั่วโมง เวลาที่คอนกรีตอยู่ภายใต้อุณหภูมิสูงสุดเป็นสิ่งกำหนดปริมาณกำลังที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับผลคูณระหว่างเวลาและอุณหภูมิ ทั้งนี้ควรใช้อัตราการลดอุณหภูมิตั้ง 20 – 30 องศาเซลเซียส / ชั่วโมง

1.5.4 การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันสูง (High Pressur Steam Curing) หากต้องการบ่มคอนกรีตด้วยอุณหภูมิเกิน 100 องศาเซลเซียส เราต้องให้ความกดดันสูงขึ้นและต้องบ่มคอนกรีตในภาชนะที่ปิดสนิท ซึ่งมีชื่อว่า Autoclave อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ในช่วง 160 – 210 องศาเซลเซียส มีความดัน 6 – 20 atm สารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีภายใต้สภาวะดังกล่าวมีคุณสมบัติต่างจากสาร ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสและมีผลดีที่สำคัญ คือ สามารถใช้คอนกรีตได้ภายใน 24 ชั่วโมงเพราะคอนกรีตมีกำลังสูงทัดเทียมการบ่มปกติเป็นเวลา 28 ชั่วโมง มีการหดตัวและการล้าลดลงมาก ทนเกลือซัลเฟตได้ดีขึ้น กำจัด Efflorescence มีความชื้นต่ำภายหลังการบ่ม (ชัชวาล เศรษฐบุตร. 2540 : 91 - 96)

ตาราง 5 กำหนดระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่คอนกรีตได้รับการบ่มนับจากวันที่หล่อเสร็จแล้ว 24 ชั่วโมงเป็นต้น

คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์			
ประเภทของงาน	ตราเสือ ตรางูเห่า ทรานกอินทรีย์ ตราทีพีไอ (สีเขียว)	ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว ตราเพชรเม็ดเดียว ตราทีพีไอ (สีแดง)	ตราเอราวัณ ตราพญานาคสีแดง ตราสามเพชร ตราทีพีไอ (สีดำ)
งานธรรมดา			
- เสาคาน และกำแพง	7 วัน	7 วัน	4 วัน
- พื้นบ้าน พื้นถนนใน บ้าน ฯลฯ	8 วัน	8 วัน	4 วัน
- ถนนชั้นหนึ่ง ลานจอดรถ หรือทางวิ่งของ เครื่องบิน	-	14 วัน	7 วัน
- เข็มสำหรับจะนำไป ตอกเป็นฐานราก	28 วัน	14 วัน	7 วัน
- แผ่นพื้นบาง ๆ	14 วัน	14 วัน	7 วัน
- รูปหล่อที่เล็กบางซึ่งใช้ ปูนซีเมนต์ผสมมาก	-	14 วัน	7 วัน

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2541 : 146

2.คอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตเบา คือคอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นน้อยกว่าคอนกรีตที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ซึ่งสามารถนำมาใช้แทนส่วนประกอบของโครงสร้างเป็นผลทำให้ขนาดของโครงสร้างลดลงและรวมถึงลดแรงงานก่อสร้างด้วย อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนและเก็บเสียงได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดาคอนกรีตเบาสามารถจำแนกตามลักษณะการนำไปใช้งานได้เป็น 3 ประเภท ดังตาราง 6

2.1 ชนิดของคอนกรีต

2.1.1 คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบา (Lightweight Aggregate Concrete)

เป็นคอนกรีตที่ใช้มวลรวมเบาแทนที่มวลรวมปกติ ซึ่งมวลรวมเบา (Lightweight Aggregate) มีหน่วยน้ำหนักระหว่าง 60 – 1,000 กก./ลบ.ม. เทียบกับ 1,000 – 1,750 กก./ลบ.ม. ของมวลรวมปกติ หน่วยน้ำหนักของมวลรวมเบาแต่ละชนิด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 และสามารถจำแนกมวลรวมเบาออกได้ เป็น 4 ชนิด คือ

2.1.1.1 มวลรวมเบาที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ Vermiculite, Perlite, Pumice, และ Scoria ซึ่งเป็นลาวาที่พองตัวโดยธรรมชาติเวลาที่ภูเขาไฟระเบิด มวลรวมชนิดนี้นำมาใช้ผสมทำคอนกรีตที่ไม่ต้องการกำลังสูงมากนักและมวลรวมพวกนี้จะมีการดูดซึมน้ำมาก

2.1.1.2 มวลรวมเบาที่ได้จากขบวนการผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ผลิตคอนกรีตมากที่สุด สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.1.1.2.1 Expanded Clay Aggregate

ได้จากการนำดินเหนียวมาผสมกับสารที่ก่อให้เกิดฟองอากาศ และนำไปเผาในหม้อเผา (Rotary Kiln) ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ณ อุณหภูมินี้จะมีการขยายตัว เนื่องจากการเผาไหม้ของสารอินทรีย์เกิดเป็นฟองอากาศอยู่ในเนื้อหิน ลักษณะของหินพวกนี้มีรูปกลมแข็ง ผิวเรียบแน่น แต่เนื้อภายในเป็นโพรงอากาศ

2.1.1.2.2 Expanded Shale Aggregate

ได้จากการนำดินดาน (shale) มาผสมกับถ่านที่บดละเอียดแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส วัตถุประสงค์จะถูกหลอมรวมกันและจะมีฟองอากาศถูกกักไว้ภายในเนื้อหินลักษณะจะเป็นหินที่มีความแข็งแรงมาก หลังจากที่ได้มวลรวมทั้ง 2 นี้ได้ทีแล้ว จะนำมวลเบาที่ได้ไปย่อยให้ได้ขนาดที่ต้องการ มวลรวมเบาชนิดนี้มีความแข็งแรงค่อนข้างดี จึงเป็นที่นิยมใช้ผลิตคอนกรีตมวลเบา

2.1.1.2.3 Sintered Fly Ash

ได้จากการนำเอา Fly Ash หรือ SFA ที่ได้จากการเผาไหม้ของถ่านหินไปทำให้เป็นเม็ดก่อน แล้วจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,400 องศาเซลเซียส อุณหภูมินี้อุณหภูมิของ Ash จะเกาะกันโดยผิวของมวลรวมเบาชนิดนี้ค่อนข้างเรียบ

2.1.1.3 มวลรวมเบาที่ได้จากสารอินทรีย์ ได้แก่ แกลบ ชี้กลบ ชี้เลื่อย ฯลฯ มาใส่ผสมเข้าไปในคอนกรีต

2.1.1.4 มวลรวมเบาที่ได้จากของเหลือของขบวนการผลิต ได้แก่ ถังที่หนัก (Furnace Bottom Ash) ที่ได้จากโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง และ Slag ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมหลอมเหล็ก เป็นการพ่นน้ำลงไปบน Slag ที่หลอมเหลวอันจะก่อให้เกิดฟองอากาศจำนวนมากในเนื้อ Slag ที่แข็งตัวหลังนำไปย่อยให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ ส่วนใหญ่จะได้จากถังเตาหลอมเหล็ก

ข้อควรระวังในการใช้งาน

การแยกตัว คอนกรีตที่ใช้มวลรวมเบา ถ้าส่วนผสมมีค่ายุบตัวมากหรือมีการจึ้เขย่ามากเกินไป คอนกรีตจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวโดยมวลรวมเบาจะลอยตัวสู่บริเวณผิวบน การแต่งผิวหน้าจึงทำได้ยาก

การดูดซึมน้ำ มวลรวมเบาจะดูดซึมน้ำมากดังนั้นผู้ออกแบบส่วนผสมต้องนำบับนัยนี้มาพิจารณา และเลือกสัดส่วนผสมที่เหมาะสม รวมทั้งควรกำหนดวิธีผสมและเลือกประเภทน้ำยาผสมคอนกรีตที่เหมาะสม ซึ่งจะเป็นการขจัดปัญหาเรื่องการดูดซึมน้ำของคอนกรีตประเภทนี้

การผสม การผสมที่ไม่ถูกวิธีหรือใช้เวลานานเกินไปอาจทำให้มวลรวมเบาแตก

ความหนาแน่น ในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก ผู้ออกแบบต้องระมัดระวังเรื่องการกัดกร่อนเหล็กเสริม เนื่องจากความลึกที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าทำปฏิกิริยา Carbonation จะสูงเป็น 2 เท่าของคอนกรีตปกติ ตาราง 6 แสดงการจำแนกประเภทของคอนกรีตเบาตามลักษณะการนำไปใช้งาน

ประเภท	กำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์ (กก. / ตร.ซม.)	หน่วยน้ำหนัก (กก. / ลบ.ม.)
คอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง (Structural Lightweight Concrete)	180 – 480	14000 – 1800
คอนกรีตสำหรับงานก่อสร้าง (Masonry Concrete)	100 – 180	500 – 800
คอนกรีตสำหรับงานฉนวนความร้อน (Insulating Concrete)	10 – 100	น้อยกว่า 800

ที่มา : ปูนซีเมนต์ไทย. 2537

2.1.2 คอนกรีตฟรูนหรือโฟมคอนกรีต (Aerated or Foam Concrete)

เป็นคอนกรีตเบาที่ได้จากการผสมฟองอากาศที่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและคงที่ หรือที่เรียกอีกอย่างว่าโฟมลงในคอนกรีต มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศอยู่ประมาณ 0.1 – 1 มม. ซึ่งจะทำให้คอนกรีตนั้นมีความฟรูนหรือช่องว่างในตัวคอนกรีตขึ้น การผสมคอนกรีตสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

2.1.2.1 การผสมสารเคมีใส่ลงในมอร์ต้าหรือซีเมนต์เพสต์ แล้วทำการผสมหรือกวนจนเกิดฟองอากาศ

2.1.2.2 ทำให้เกิดฟองอากาศก่อนแล้วจึงค่อยทำการผสมลงในมอร์ต้าหรือซีเมนต์เพสต์

นอกจากนี้ยังสามารถทำให้เกิดคอนกรีตฟรูน (Aerated Concrete) ได้ โดยการใช้สารเคมีซึ่งได้แก่ ผงอลูมิเนียม (Aluminium Powder) จะเป็นการทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กๆ จำนวนมากในเนื้อคอนกรีต และในการผสมโดยใช้ผงอลูมิเนียมนี้จะใส่ในปริมาณร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ก่อให้เกิดฟองของไฮโดรเจนในคอนกรีต

คอนกรีตฟรูน (Aerated Concrete) สามารถที่จะทำการผสมโดยที่ไม่ต้องใช้ทรายมาเป็นวัสดุผสม ซึ่งจะเข้าไปในการทำฉนวนป้องกันความร้อน โดยส่วนใหญ่หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตประเภทนี้จะอยู่ที่ประมาณ 200 – 300 กก./ลบ.ม. และส่วนในกรณีที่ใช้ทรายมาเป็นส่วนผสมก็จะมีหน่วยน้ำหนักประมาณ 500 - 1,100 กก./ลบ.ม.

คุณสมบัติที่สำคัญของโฟมคอนกรีต

จะช่วยให้คุณสมบัติทางด้านกำลังอัดและความสามารถนำความร้อนจะผันแปรโดยตรงต่อหน่วยน้ำหนัก โดยกำลังอัดจะเพิ่มขึ้นถ้าทำการบ่มโดยวิธีอบไอน้ำที่มีความดันสูง และยังเป็น การเสริมให้คอนกรีต

ที่ใช้โฟมมีความสามารถทนไฟได้ดีกว่าคอนกรีตปกติ ด้านการดูดซึมน้ำสูงทำให้คอนกรีตสามารถพัฒนากำลังได้อย่างต่อเนื่อง สามารถเลื่อยหรือตอกตะปูได้

ตาราง 7 ประเภทและคุณสมบัติของมวลรวมผสมเบา

วัสดุ	หน่วยน้ำหนัก มวลรวมเบา (กก./ลบ.ม.)	แหล่งกำเนิด	หน่วยน้ำหนัก คอนกรีต (กก./ลบ.ม.)	กำลังอัดรูปทรง ลูกบาศก์ (กก./ตร.ซม.)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)
Expanded Clay Expanded Shale	550 – 1050	ทำจากวัสดุ ธรรมชาติ	1,100 – 1,850	180 – 450	5 - 15
Foamed Slay	650 – 900	สังเคราะห์	1,100 – 1,850	180 – 450	5 – 25
Sintered Fly Ash	600 – 1,000	สังเคราะห์	1,350 – 1,900	180 – 450	14 – 24
Vermiculite	65 – 200	ทำจากวัสดุ ธรรมชาติ	400 – 950	8 – 35	20 – 35
Perlite	65 – 200	ทำจากวัสดุ ธรรมชาติ	550- 800	7 - 42	10 - 50
Pumice	-	ธรรมชาติ	800 – 1,300	50 – 60	สูงมาก
Crushed Stone	1,450 – 1,750	ธรรมชาติ	2250 – 2,400	240 – 550	0.5 – 2.0

ที่มา : ปูนซีเมนต์ไทย. 2537

2.1.3 คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด (No – Fine Aggregate Concrete)

คอนกรีตประเภทนี้ได้จากการไม่ใส่มวลรวมละเอียดลงในส่วนผสมนั้น คือมีเพียงมวลรวมหยาบ ซึ่งจะถูกเคลือบด้วยซีเมนต์เพสต์จะมีความหนาประมาณ 1 – 3 มม. ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคมวลรวมหยาบขนาดใหญ่ในเนื้อคอนกรีต ทำให้ความสามารถในการรับกำลังอัดของคอนกรีตลดลง น้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด จะขึ้นอยู่กับชนิดของมวลรวมหยาบที่ใช้และขนาดผลของมวลรวมเป็นหลัก ซึ่งมวลรวมที่มีขนาดเดียวกันจะมีความหนาแน่นน้อยกว่ามวลรวมที่มีส่วนละเอียดประมาณร้อยละ 10

โดยทั่วไปคอนกรีตไร้มวลรวมละเอียดจะมีความหนาแน่นประมาณ 1,600 – 2,000 กก./ลบ.ม. แต่ถ้าใช้มวลรวมเบาที่สามารถทำหน่วยน้ำหนักอาจเหลือเพียง 640 กก./ลบ.ม. การใช้งานคอนกรีตประเภทนี้ควรใช้ขยายอัดคอนกรีตเข้าแบบเพียงเล็กน้อย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหา น้ำปูนไหลออกจากหิน เราสามารถวัดค่าความสามารถเทได้ของคอนกรีตประเภทนี้โดยการตรวจสอบด้วยสายตาวาน้ำปูนเคลือบผิวหินอย่างทั่วถึงหรือไม่ ซึ่งถือเป็นการเพียงพอแล้วรวมทั้งคอนกรีตประเภทนี้ไม่มีการแยกตัวจึงสามารถเทได้ทุกความสูงของแบบ

กำลังอัดของคอนกรีตไร้มวลรวมละเอียดนี้จะรับได้ประมาณ 18 – 180 กก./ตร.ซม. ขึ้นอยู่กับหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงต่อปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ ส่วนค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 0.38 – 0.52 เนื่องจากคอนกรีตนี้มีการยึดเกาะกันเพียงเล็กน้อย จึงควรทิ้งคอนกรีตไว้นานพอสมควร ทำให้คอนกรีตพัฒนากำลังอัด

คอนกรีตที่ไร้มวลรวมละเอียดนี้ มักไม่ใช้กับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่ถ้าต้องการใช้ควรที่จะเคลือบเหล็กเสริมด้วยน้ำปูนให้หนาประมาณ 3.0 มิลลิเมตร เพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะและป้องกันการกัดกร่อนวิธีที่ง่ายที่สุดในการเคลือบเหล็กเสริมคือ การใช้วิธีพ่น (Shotcreting) โดยทั่วไปจะใช้ปูนซีเมนต์ประมาณ 70 – 130 กก./ลบ.ม. ดังนั้นราคาของคอนกรีตประเภทนี้จึงต่ำมาก

2.1.4 ตะกรันเม็ดเตาเผา (Furnace clinker)

มวลรวมชนิดนี้ผลิตขึ้นโดยการนำเอากากที่เหลือจากการเผาไหม้ของดีบุกในเตาไฟมาเผา หรือ หลอมให้เป็นก้อนจนกระทั่งมีคุณสมบัติและคุณภาพถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น ชีตจำกัดสำหรับปริมาณซัลเฟต และปริมาณวัสดุที่เผาไหม้ไม่หมดรวมทั้งหลักปฏิบัติสำหรับการทดสอบการยึดตัว (soundness test) ในมาตรฐานอังกฤษ BS 1165 ปริมาณของการที่เผาไหม้ไม่หมดสามารถทำให้ลดลงได้โดยการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 6 มม. และแยกส่วนที่ละเอียดออก เพลิงที่เผาไหม้ไม่หมดส่วนที่เหลือเป็นวัสดุหยาบซึ่งสามารถนำมาบดและแยกขนาดตามความต้องการได้อีกทางหนึ่งเชื้อเพลิงที่ยังเผาไหม้ไม่หมดสามารถแยกออกได้โดยการนำกากที่ได้กลับมาเผาไหม้บนแท่นเผาที่สามารถใช้ลมเป่าเพื่อการเผาไหม้ที่ดีขึ้น

วัสดุที่เผาแล้วเป็นก้อน (clinker) บางส่วนมีผงปูนขาวที่ยังไม่ได้ประกอบกับน้ำ (Quick lime) ปนอยู่สิ่งนี้จะขยายตัวช้าๆ เมื่อถูกน้ำในกรณีที่มีการฉาบปูนจะทำให้ปูนฉาบเกิดการบวมเนื่องจากน้ำในปูนฉาบทำให้ตะกรันเม็ดเกิดการขยายตัวการแก้ไขสามารถทำได้โดยการเก็บตะกรันเม็ดไว้ในที่ชื้นเป็นเวลา 2 – 3 อาทิตย์ ก่อนที่จะนำมาใช้งาน สิ่งที่เกี่ยวข้องไปอีกอันหนึ่ง คือ เหล็กซึ่งสามารถทำให้เกิดรอยสนิมในคอนกรีตได้ สิ่งที่เกี่ยวข้องนี้สามารถแยกออกได้โดยการดูดด้วยแม่เหล็กขณะที่ทำการบด

ประโยชน์ของมวลรวมชนิดนี้มีขีดจำกัดในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก เพราะสิ่งเจือปนในตะกอนเม็ดมีผลทำให้เหล็กเสริมเกิดเป็นสนิมได้ง่าย บางประเทศถึงกับห้ามใช้สำหรับคอนกรีตเสริมเหล็ก

วัตถุดิบสำหรับทำมวลรวมชนิดนี้เป็นผลพลอยได้จากโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง และโรงงานปูนซีเมนต์ ราคาโดยทั่วไปถูก แต่สำหรับประเทศไทยวัสดุนี้อาจจะมีปริมาณไม่มากพอที่จะนำมาเป็นวัสดุก่อสร้างอย่างเป็นทางการเป็นล่ำเป็นสันได้

2.1.5 ตะกรันเตาถลุง (Foamed Blastfurnace Slag)

เป็นวัสดุชนิดนี้ผลิตได้โดยการนำเอาตะกรันโลหะที่เกิดขึ้นในเตาถลุงโลหะมา และให้สัมผัสกับน้ำจำนวนจำกัดจำนวนหนึ่ง ขณะที่ตะกรันโลหะยังร้อนเหลืออยู่ หรือโดยการพ่นไอน้ำและอากาศฉีดตรงไปยังมวลโลหะร้อนเหลือที่ไหลออกมา การทำเช่นนี้โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง ทำให้ตะกรันโลหะเกิดการขยายตัวและกลายเป็นวัสดุที่มีรูพรุนคล้ายกับฟัมมิช วัสดุที่ได้จะถูกนำมาบดแล้วร่อนแยกขนาดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการสำหรับมวลรวม ความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 320 – 880 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดที่แยกไว้

มวลรวมชนิดนี้ใช้ทำคอนกรีตหล่อในที่สำหรับเป็นฉนวนหลังคากันความร้อน แต่ส่วนใหญ่ใช้ทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบา นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานคอนกรีตเสริมเหล็กได้อีกด้วย

แหล่งวัตถุดิบสำหรับมวลรวมชนิดนี้คือ โรงงานถลุงเหล็ก โรงงานหลอมเหล็ก และโรงงานทำเหล็กกล้า ซึ่งกำลังจะมีมากขึ้นในประเทศไทย

2.1.6 ซีเมนต์เชื้อเพลิงผง (Sintered Pulverised Fuel Ash)

ซีเมนต์เชื้อเพลิงแบบนี้เป็นกากที่เหลือจากการเผาไหม้ของผงถ่านหิน กากนี้เป็นผงสีเทา และมีความละเอียดใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผงซีเมนต์เชื้อเพลิงนี้สามารถนำมาทำเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาได้โดยการนำเอาผงละเอียดนี้มาทำให้ขึ้นแล้วทำให้เป็นลูกกลมๆ หลังจากการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส วัสดุที่ได้จะมีลักษณะแข็งเป็นปุม และมีรูพรุน วัสดุเหล่านี้สามารถนำไปบดและแยกขนาดเพื่อไปใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบา สำหรับทำคอนกรีตบล็อก ทำแผ่นคอนกรีตเบา ทำคอนกรีตเสริมเหล็ก กระทั่งทำคอนกรีตอัดแรง ถ้าการหล่อคอนกรีตได้รับการอัดแน่นอย่างดี

ในประเทศไทย ซีเมนต์ผงถ่านหินนี้สามารถหาได้ที่โรงไฟฟ้าถ่านหินลิคไนท์แม่เมาะ จังหวัดลำปาง แต่ผลพลอยได้นี้อาจจะมีไม่มากพอสำหรับทำอุตสาหกรรมคอนกรีต

2.1.7 หินกระดานชนวนพองตัว หินเชลพองตัว และดินเหนียวพองตัว (Expanded Clay, Shale, and Slate)

เมื่อดินเหนียวบางชนิดหรือหินเชลบางชนิดถูกนำมาเผาจนเกือบถึงจุดหลอมเหลว มันจะขยายตัวหรือพองตัวขึ้นเนื่องจากการเกิดแก๊สขึ้นภายในเนื้อวัสดุ และเมื่อเย็นลงโครงสร้างที่ประกอบด้วยโพรงเล็กๆ ยังคงอยู่ วัสดุน้ำหนักเบาที่ได้นี้จึงเหมาะสมที่ใช้เป็นมวลรวมสำหรับคอนกรีตเบา ดินเหนียวบางชนิดไม่มีสารประกอบที่จะทำให้เกิดพองแก๊สขึ้นได้เมื่อได้รับความร้อน แต่สามารถทำให้พองตัวได้โดยการเติมวัสดุบางอย่างประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเพื่อช่วยให้เกิดพองแก๊สขึ้นได้เมื่อได้รับความร้อน วัสดุเติมเหล่านี้ได้แก่ ถ่านหิน ซีลี้อย แกลบ ฟาง มูลวัว และน้ำอ้อย

มวลรวมแบบพองตัวนี้อาจจะผลิตให้มีลักษณะเป็นลูกกลมโดยการเผาในเตาหมุน (Rotary Kiln) หรืออาจจะผลิตให้เป็นเศษชิ้นเล็กชิ้นน้อยจากการบดก้อนวัสดุพองที่สร้างขึ้นโดยการเผาบนเตา sinter – strand ก็ได้ ประโยชน์ของมันใช้ทำคอนกรีตบล็อก ทำชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กและทำชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง

นอกจากนี้ หินกระดานชนวนบางชนิด เมื่อนำมาเผาให้ร้อนอย่างรวดเร็ว จะเกิดการขยายตัวหรือพองตัวขึ้นคล้ายๆ กันกับดินเหนียวและหินเชล วัสดุที่ได้เป็นรูพรุนและมีน้ำหนักเบา ซึ่งสามารถใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับคอนกรีตได้เป็นอย่างดี

ในประเทศไทย ดินเหนียวที่มีคุณสมบัติเหมาะสมการผลิตเป็นวัสดุน้ำหนักเบามีอยู่ในจังหวัดอยุธยาและจังหวัดปทุมธานี แต่เนื่องจากการเผาต้องการอุณหภูมิสูงมาก (ประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส) ต้นทุนการผลิตมวลรวมน้ำหนักเบาจากดินเหนียวอาจจะสูงมากจนไม่คุ้มประโยชน์

ความหนาแน่นธรรมชาติของมวลรวมน้ำหนักเบาชนิดนี้อยู่ในระหว่าง 300 – 900 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับดินเหนียวพองตัวอยู่ในระหว่าง 400 – 1,200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.1.8 พัมมิช (Pumice)

เป็นวัสดุน้ำหนักเบาที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการระเบิดของภูเขาไฟ การขยายตัวของแก๊สที่ระเบิดขึ้นมีผลให้วัสดุเต็มไปด้วยรูพรุน โดยปกติวัสดุนี้มีสีอ่อนและมีเนื้อเป็นโพรงเล็กๆ เชื่อมโยงติดต่อกันอย่างสม่ำเสมอ หินภูเขาไฟอีกชนิดมีลักษณะคล้ายๆ กันพัมมิชคือ Scoria ซึ่งโดยปกติมีสีเข้มกว่าเชลล์ในเนื้อวัสดุมีรูปร่างขรุขระและขนาดใหญ่กว่าและเชลล์เหล่านี้ไม่ติดต่อกัน

พัมมิชที่ขุดได้มาโดยทั่วไปจะถูกเจือปนไปด้วยฝุ่นผงภูเขาไฟ ดินเหนียว และหินเชล สิ่งเจือปนเหล่านี้ควรจะล้างให้หมดไปจากการบด พัมมิชที่บดจนได้ขนาดตามที่ต้องการแล้วสามารถทำให้แข็งแกร่งยิ่งขึ้นไปอีกได้ โดยการเผาให้ร้อนจนเกือบถึงจุดหลอมละลาย

ประโยชน์ของหินชนิดนี้ใช้ทำคอนกรีตบล็อก ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จมวลรวมน้ำหนักเบาชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานคอนกรีตหล่อในที่เพราะว่ามีแนวโน้มที่จะลอยขึ้นสู่อากาศซึ่งนำไปสู่การแยกตัวของคอนกรีต ในการใช้กับเหล็กเสริมมวลรวมชนิดนี้จะต้องผ่านการล้างอย่างดี เพื่อขจัดสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่

วัสดุน้ำหนักเบาชนิดนี้ดูเหมือนจะหาได้ยากมากในประเทศไทย ความหนาแน่นธรรมชาติของพัมมิชอยู่ระหว่าง 350 – 650 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.1.9 เพอร์ไลท์พองตัวและเวอร์มิคูไลท์พองตัว (Expanded Perlite and Vermiculite)

เพอร์ไลท์เป็นหินภูเขาไฟที่มีลักษณะคล้ายแก้ว ส่วนเวอร์มิคูไลท์เป็นแร่ที่มีลักษณะเป็นเกล็ดคล้ายไมกา (mica) วัสดุทั้งสองชนิดนี้เมื่อได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมจะขยายตัวจนกลายเป็นวัสดุพรุนเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตสำหรับป้องกันความร้อน แต่ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ในคอนกรีตโครงสร้างเพราะคอนกรีตที่ทำด้วยมวลรวมน้ำหนักเบาทั้งสองชนิดนี้มีกำลังต่ำ

หินทั้งสองชนิดนี้หาได้ยากมากในประเทศไทย ความหนาแน่นธรรมชาติของมันอยู่ในระหว่าง 40 – 200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.1.10 ไดอะตอมไมท์ (Diatomite)

วัสดุน้ำหนักเบาชนิดนี้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และมีชื่อที่รู้จักกันทั่วไปหลายชื่อเช่น Kieselguhr, tripolite, fossil, flour เป็นต้น ประโยชน์ที่สำคัญของมันในงานก่อสร้างคือใช้เป็นตัวช่วยให้คอนกรีตทำงานได้ดีขึ้น และการเผาในเตาหมุนจะทำให้วัสดุชนิดนี้กลายเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาอย่างดีที่สุดสำหรับคอนกรีต ความหนาแน่นธรรมชาติของมวลรวมชนิดนี้อยู่ในราว 3,430 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

แหล่งวัตถุดิบในประเทศไทยอยู่ที่อำเภอเกาะเคาะ จังหวัดลำปาง และเชื่อว่ามีเป็นจำนวนมาก ราคาวัตถุดิบชนิดนี้ค่อนข้างตัวต่ำ

2.1.11 มวลรวมสารอินทรีย์ (Organic Aggregates)

สารอินทรีย์ซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติบางชนิดสามารถใช้เป็นมวลรวมสำหรับคอนกรีตเบาได้ สารอินทรีย์ที่กล่าวมานี้ได้แก่ กากของพืชผล เช่นเปลือกข้าวหรือแกลบ แต่ที่สำคัญที่สุดในบรรดามวลรวมชนิดนี้ คือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมไม้ ไม้เลื้อย สามารถใช้เป็นมวลรวมผสมกับคอนกรีตได้ และให้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “ Saxdust – cement “ นอกจากนี้ซีเมนต์ก็อาจจะใช้เป็นมวลรวมสำหรับคอนกรีตเบาได้ด้วย

ข้อเสียของมวลรวมชนิดนี้ คือ เมื่อคอนกรีตแห้งจะมีการหดตัวมาก ดังนั้นประโยชน์ของมวลรวมชนิดนี้จึงมีขอบเขตใช้งานจำกัด การหดตัวอย่างมากเมื่อแห้งนี้อาจจะแก้ไขได้โดยการเติมทรายเขาไปในส่วนผสมซีเมนต์ ไม้เลื้อย แต่ต้องแลกกับการมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและความเป็นฉนวนกันความร้อนลดลง

ในปัจจุบันสารอินทรีย์สังเคราะห์เป็นจำนวนมากที่สามารถใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาได้เช่น foamwd polystyrene และ polypropylene fibers ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับเป็นตัวฉนวนกันความร้อนสูงๆ เนื่องจากสารสังเคราะห์นี้มีราคาแพงมากในประเทศไทย ดังนั้นจึงมีผู้ทำการทดลองนำเอาเศษพืชที่ทิ้งแล้วมาตัดแปลง เพื่อทำหน้าที่คล้ายกับสารสังเคราะห์ดังกล่าว และปรากฏว่าได้ผล เศษพืชผลนี้ ได้แก่ ขางข้าวโพดตากแห้ง (คิวกร สุขลังการ. 2546 : 11 – 13)

2.2 คุณสมบัติของคอนกรีตเบา

2.2.1 ความแข็งแรง

ค่ากำลังอัดที่อายุการบ่ม 28 วัน ของคอนกรีตเบาจะมีค่าประมาณ 10 – 140 กก./ตร.ซม. ยกเว้นคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับโครงสร้าง ซึ่งมีค่ากำลังอัด 100 – 240 กก./ตร.ซม. สำหรับค่ากำลังอัดของคอนกรีตเบาทั่วไปอาจทำให้สูงขึ้น โดยการใช้ทรายธรรมชาติแทนมวลรวมน้ำหนักเบา แต่อาจทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น และคอนกรีตที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีค่าความแข็งแรงน้อยกว่าคอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงกว่า

ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหัก (Modulus of rupture) ของคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาต่างๆ ไปจะสูงกว่าคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักมากที่มีกำลังอัดเท่ากัน

ค่าพิกัดความยืดหยุ่น หรือค่า E (Modulus of elasticity) ของคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาจะต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดา โดยค่า E ของมวลรวมคอนกรีตเบาจะอยู่ระหว่าง 1/3 ถึง 2/3 ของคอนกรีตธรรมดา และค่า E ของคอนกรีตพูนจะมีค่าต่ำกว่า และค่า Poision's ของคอนกรีตเบาจะเท่ากับคอนกรีตธรรมดา

2.2.2 ความคงทน

คอนกรีตเบาโดยทั่วไป ไม่สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี จึงไม่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีสารซัลเฟตสูงปนอยู่หรือดินซึ้น และการกระทบกระแทกจากแรงภายนอก เนื่องจากคอนกรีตเบานั้นมีความพูนมาก

ความเค้นทางกายภาพมีผลต่อคอนกรีตเบา เนื่องจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวของคอนกรีตเบามีค่าอยู่ระหว่าง 7×10^{-6} ถึง 14×10^{-6} ต่อองศาเซนติเกรด ดังนั้นการหดตัวเมื่อแห้ง และการเปลี่ยนแปลงความชื้นในคอนกรีตเบาบางกรณีอาจมีค่าสูง

การแตกหักของคอนกรีต เนื่องจากแรงภายนอกอาจจะมีผลมาจากการขัดสี การกระทบและการรับน้ำหนักมากเกินไป ซึ่งจะทำให้โครงสร้างของคอนกรีตเกิดการเสียหายได้

2.2.3 การหดตัวเมื่อแห้ง และการคืบตัว

โดยปกติแล้วคอนกรีตเบาจะมีการหดตัวมากกว่าคอนกรีตธรรมดา และจะมีค่าการหดตัวอยู่ประมาณร้อยละ 5 – 40 ส่วนคอนกรีตพูนจะมีค่าการหดตัวมากกว่าคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบา 5 – 10 เท่าในบางครั้ง ค่าการหดตัวเหล่านี้จึงจำเป็นสำหรับการนำมาคำนวณออกแบบ เพื่อที่จะป้องกันการแตกร้าว

การคืบตัวหรือการล้าของคอนกรีตเบาโดยทั่วไปแล้ว จะมีการคืบตัวและยึดตัวตามความชื้นมากกว่าคอนกรีตธรรมดา ซึ่งการคืบตัวมากๆ จะสามารถช่วยลดความเค้นดึงเนื่องจากการหดตัวอាំងยังช่วยลดภัยจากการแตกร้าวได้

2.2.4 การป้องกันไฟ

คอนกรีตเบาที่มีความต้านทานเพลิงไฟได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา เนื่องจากคอนกรีตเบาเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี บางครั้งจึงนิยมใช้คอนกรีตเบาเป็นวัสดุคลุมโครงสร้างเหล็กกล้าเพื่อป้องกันเหล็กเวลาเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งจะช่วยให้เหล็กไม่เสียคุณสมบัติ ทั้งนี้การต้านทานไฟนั้นขึ้นอยู่กับความหนาของคอนกรีตเบาด้วย

2.2.5 การเป็นฉนวนกันความร้อนและการเก็บเสียงสะท้อนเสียง

คอนกรีตเบาเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี เนื่องจากการมีความพูนมากในเนื้อคอนกรีตจึงทำให้คอนกรีตเบามีการนำความร้อนต่ำ และคอนกรีตเบายังสามารถเก็บเสียงได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา แต่หากทำการปรับแต่งผิวหน้าของคอนกรีตโดยการฉาบเรียบเสียใหม่ คอนกรีตเบายังสามารถสะท้อนเสียงได้สูงมากด้วย

2.3 ประโยชน์ของคอนกรีตเบา

คอนกรีตเบา มีคุณสมบัติเด่นหลายประการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ดี เช่น มีน้ำหนักเบา ป้องกันความร้อน รวมทั้งป้องกันเสียงสะท้อนได้ดีอีกด้วย อย่างไรก็ตามเราสามารถจะนำมาประยุกต์การใช้งานได้ดังนี้

2.3.1 ใช้ทำวัสดุสำเร็จรูป เช่น อิฐบล็อก (Masonry Block) กำแพงสำเร็จรูป ใช้สำหรับกำแพงประเภทที่รับน้ำหนักหรือไม่รับน้ำหนัก (Load – Bearing of Nonload – Bearing Wall) คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาและคอนกรีตฟองอากาศหล่อสำเร็จนิยมใช้กันมาก สำหรับทำคอนกรีตบล็อก บล็อกเหล่านี้อาจทำเป็นแบบกลวงหรือเนื้อเต็มก็ได้ และสามารถผลิตได้ง่ายมากในขนาดต่างๆ หลายขนาด คุณสมบัติต่างๆ กล่าวคือความหนาแน่น ความแข็งแรงขึ้นอยู่กับส่วนผสมของคอนกรีตและวิธีการผลิต สำหรับการใช้อิฐบล็อกทำกำแพงเพื่อรับน้ำหนัก กำแพงควรมีความหนาไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว กำแพงที่สร้างด้วยคอนกรีตเบาเป็นที่ยอมรับหลายในต่างประเทศ เนื่องจากเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีและมีน้ำหนักเบา จนสามารถลดขนาดของคานและเสาได้เป็นอย่างดีอีกทั้งยังมีความสม่ำเสมอในด้านขนาดและคุณสมบัติทางกายภาพ

2.3.2 ใช้คอนกรีตน้ำหนักเบาเสริมเหล็ก คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาสามารถนำไปใช้กับองค์โครงสร้างสำคัญๆ เช่น เสาและคานได้ถ้าได้รับการบดอัดเป็นอย่างดี สำหรับกรณีที่มีความแข็งแรงมีความสำคัญน้อยกว่าการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาที่ใช้อาจจะไม่ต้องอัดแน่นมากก็ได้ การให้ส่วนผสมที่ถูกต้องและการอัดแน่นที่ดี การเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตนั้นมักจะตามมาด้วยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เช่น ความหนาแน่น กำลังดึงและพิคค่าความยืดหยุ่น เพราะฉะนั้นคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาส่วนใหญ่สามารถใช้งานคอนกรีตเสริมเหล็กและกระเบื้องงานคอนกรีตอัดแรงได้ แต่ต้องนำคุณสมบัติพิเศษต่างๆ ของวัสดุมาพิจารณาในการออกแบบโครงสร้างด้วย

คอนกรีตเบาเสริมเหล็กใช้เป็นส่วนใหญ่ในชั้นส่วนที่รับน้ำหนักระเภท Flexural Member ตั้งแต่ Span สั้นๆ จนถึง 15 ฟุต อย่างไรก็ตามชั้นส่วนของกำแพงรับน้ำหนัก (Load – Bearing Wall unit) มักจะสูงเท่ากับความสูงของชั้น (Store - high) และเป็นพื้นที่แคบๆ (Narrew Slaps) และเชื่อมเข้ากันตรงมุมด้านตั้ง โดยใช้มอร์ต้าเทเชื่อมในสถานที่ก่อสร้างอีกครั้ง แต่สำหรับกำแพงที่ไม่รับน้ำหนักชั้นส่วนของกำแพงอาจทำในแนวนอน โดยประกอบระหว่างเสารับด้วย นอกจากนี้คอนกรีตพูนหล่อสำเร็จก็สามารถใช้เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กได้ด้วยถ้ามีการป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กอย่างดี

2.3.3 ใช้คอนกรีตรองพื้น น้ำหนักของหลังคาแบบเรียบและคอนกรีตของอาคารสามารถทำให้ลดลงได้มาก ถ้าใช้คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาประเภทอัดแน่นบางส่วนหรือคอนกรีตฟองอากาศแบบหล่อในที่ เป็นวัสดุรองพื้น นอกจากจะลดน้ำหนักของอาคารลงแล้วคอนกรีตรองพื้นน้ำหนักเบานี้ยังเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดีอีกด้วย การรองพื้นนี้มักจะต้องเททับด้วย ปูนซีเมนต์ผสมทรายสะอาดหรือมวลรวมละเอียดอื่นๆ มนอัตราส่วน 1 : 4 ก่อนการปูด้วยกระเบื้องหลังคาหรือการตกแต่งพื้นไม่ควรต่ำกว่า 40 มม. แต่เพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนของหลังคาความหนาต้องมากกว่านี้ ชนิดของคอนกรีตน้ำหนักเบาที่นำมาใช้ในงานนี้มีดังต่อไปนี้ พวกเพอร์ไรต์ฟองตัวหรือเวอร์มิคูไลท์ฟองตัว และคอนกรีตฟองอากาศ ซึ่งจะทำให้มีน้ำหนักเบาเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี แต่ถ้าต้องการให้คอนกรีตมีกำลังสูงด้วย ควรใช้พวกตะกรันถลุงซีเมนต์เชื้อเพลิงหรือดินเหนียวฟองตัว หินเซลหรือหินกระดานชนวนฟองตัว ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อมวลรวม 1 : 8 ถึง 1 : 1 นอกจากประโยชน์ที่กล่าวมาคอนกรีตเบายังมีประโยชน์อีกมากมาย และมีคุณสมบัติที่มีน้ำหนักเบา เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี รวมทั้งสามารถป้องกันเสียงได้ดีอีกด้วย ดังนั้นการประยุกต์ใช้งานจึงทำได้กว้างขวาง (วารสารเส้นทางก่อสร้าง. 2537 : 38 - 41)

2.3.4 การเป็นฉนวนกันความร้อน ลักษณะเด่นที่ดีที่สุดของคอนกรีตเบา คือ การเป็นตัวนำความร้อนที่เลวคุณสมบัติอันนี้มีผลเนื่องมาจากโพรงอากาศของวัสดุ ความต้านทานการไหลผ่านของความร้อนนี้มีประโยชน์มากสำหรับประเทศหนาว กับสำหรับประเทศร้อนในการทำให้อากาศในอาคารมีอุณหภูมิที่เหมาะสมและช่วยลดค่าใช้จ่ายของเครื่องทำความร้อนหรือเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร ค่าการนำความร้อนของคอนกรีตเบาชนิดต่าง

2.3.5 การเป็นสนิมของเหล็ก อุปสรรคสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้คอนกรีตเบาไม่เป็นที่ยอมรับแพร่หลายในงานคอนกรีตเสริมเหล็กเท่าที่ควรคือ ความเป็นรูพรุนของเนื้อคอนกรีต ซึ่งอาจจะเป็นช่องทางให้อากาศเสียและความชื้นเข้าไปกัดเหล็กเสริมได้ง่าย อย่างไรก็ตาม เรื่องนี้สามารถป้องกันได้โดยการใช้คอนกรีตเบาประเภทอัดแน่นอย่างดีสำหรับโครงสร้าง คอนกรีตชนิดนี้โดยเฉพาะที่ผสมด้วยมวลรวมน้ำหนักเบาที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยาทางเคมี สามารถเป็นตัวต้านทานต่อการก่อให้เกิดสนิมของเหล็กและการเสื่อมโทรมของตัวมันเองได้อย่างดีพอๆ กับคอนกรีตธรรมดา คุณภาพของคอนกรีตเองก็มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมรรถนะและความทนทานของคอนกรีตเสริมเหล็กมากกว่าชนิดของมวลรวมน้ำหนักเบาที่ใช้ ประสบการณ์ในการใช้งานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำจากมวลรวมน้ำหนักเบาชนิดต่างๆ ทั้งในทวีปและอเมริกา ได้สนับสนุนประโยชน์ของวัสดุนี้อย่างมาก เช่น การทำเรือคอนกรีตเบาเสริมเหล็กในสงครามโลกครั้งที่ 2 การสร้างเรือลอยน้ำสำหรับยกพลขึ้นบก ในระหว่างการบุกยุโรปของสงครามโลกครั้งที่ 2 การทำอาคารที่อยู่อาศัยและโรงงานบนฝั่งทะเลทางใต้ของประเทศอังกฤษมากกว่า 40 ปี และการทำแผ่นวัสดุฉนวนกับความร้อนสำหรับเหมืองถ่านหินเป็นต้น

การเกิดสนิมนั้นเนื่องมาจากความชื้นและแก๊สออกซิเจนอิสระทำปฏิกิริยากับเหล็กและในบรรยากาศที่มีสารประกอบซัลเฟอร์และคลอไรด์ การผุร่อนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งนั้น เพื่อการป้องกันให้เพียงพอ คอนกรีตต้องหุ้มเหล็กเสริมต้องอย่างน้อย 50 มม. แต่ในกรณีที่มีสภาพแวดล้อมเลวร้ายจริงๆ เช่น

ในบรรยากาศที่ความชื้นมากๆ หรือในดินที่มีสารเคมีเป็นปฏิปักษ์คอนกรีตหุ้มควรจะมีหนา 75 มม. ขึ้นไป ไม่ว่าจะมวลรวมที่ใช้จะเป็นชนิดใดก็ตาม

2.3.6 ผนังอาคารหล่อในที่ คอนกรีตมวลรวมละเอียด ทั้งที่ทำด้วยมวลรวมหยาบน้ำหนักเบา และมวลรวมหยาบธรรมดา มีประโยชน์มากสำหรับทำผนังรับน้ำหนักแบบหล่อในที่ทั้งภายในและภายนอก และผนังไม่รับน้ำหนักที่เป็นส่วนประกอบอุดช่องว่างระหว่างโครงสร้าง ผนังด้านนอกที่ทำด้วยคอนกรีตไร้มวลละเอียดนี้จำเป็นต้องมีการฉาบผิว

ตาราง 8 ค่าทั่วไปของการเป็นตัวนำความร้อนสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบา

วัสดุ (Material)	ความหนาแน่นของคอนกรีต (Dry density of concreat) kg / m ³	การเป็นตัวนำความร้อน (Thermal conductivity 'K' deg C) W/m - °C
Areated concrete	400 – 800	0.30 – 0.20
Expanded Vetmiculite and petlite	400 – 1,200	0.11 – 0.29
Pumice	720 – 1,280	0.14 – 0.36
Foamed slag	960 – 1,520	0.22 – 0.48
Expanded clay or shale	960 – 1,200	0.35 – 0.46
Clinker	1,040 – 1,520	0.35 – 0.58
Dense concrete	2,320	1.20 – 1.70

ที่มา : ปูนซีเมนต์ไทย. 2537

ตาราง 9 ค่าทั่วไปของกำลังอัดสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบา

ชนิดของคอนกรีต	มวลรวม	ความหนาแน่น ของมวลรวม (kg/m ³)	ความหนาแน่น ของคอนกรีต (kg/m ³)	กำลังอัด ลูกบาศก์เมื่อ อายุ 28 วัน (kg/m ³)
คอนกรีตฟองอากาศ (Areated concrete)			400 – 800	14 – 49
คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาอัด แน่นบางส่วน (Partially compacted Structural Lightweight Concrete)	Expanded Vermiculite and Perlite Pumice Sintered pulverized – fuel ash Expanded clay or shale Clinker	54 –120 320 – 880 480 – 960 640 – 960 560 – 1,040 720 – 1,040	400 – 1,120 720 – 1,120 960 – 1,520 1,120 – 1,280 960 – 1,520 1,040 – 1,520	5 – 35 14 – 49 14 – 56 28 – 70 56 – 84 21 – 70
คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด (Non – fines concrete)	Natural Aggregate Lightweight Aggregate	1,360 – 1,600 480 – 1,040	1,600 – 1,920 880 – 1,200	42 – 140 28 – 70
คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบา สำหรับโครงสร้าง (Structural Lightweight Concrete)	Pumice Foamed slag Sintered pulverized – fuel ash Expanded clay or shale	480 – 880 480 – 960 640 – 960 560 – 1,040	1,040 – 1,600 1,680 – 2,080 1,360 – 1,700 1,280 – 1,840	105 – 210 105 – 420 140 – 420 140 – 420
คอนกรีตธรรมดา (Dense concretc)	Gravel	1,600	2,240	280

ที่มา : ปูนซีเมนต์ไทย. 2537

2.4 คอนกรีตบล็อก

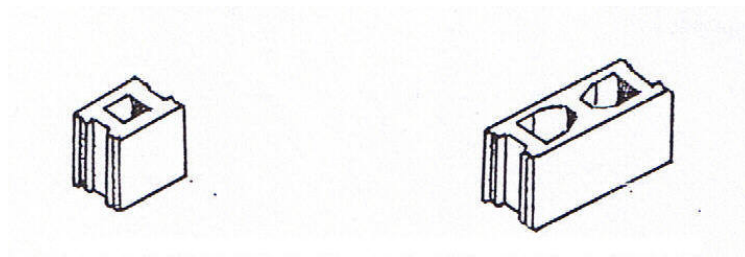
คอนกรีตบล็อก หมายถึง แท่งคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสม ที่เหมาะสมชนิดต่างๆ อาทิเช่น ทราย กรวด หินย่อย และจะมีสารอื่นที่เหมาะสมผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้อัดเข้าแบบมาตรฐานเป็นรูปบล็อกต่างๆ คอนกรีตบล็อกที่ที่จะต้องมีความสามารถในการรับน้ำหนัก คุณสมบัติในการดูดซับเสียงและความแห้ง ตามข้อกำหนดของสมาคมทดสอบวัสดุแห่งอเมริกา (The American Society for Testing Materials) หรือตามมาตรฐาน มอก. ของประเทศไทย

คอนกรีตบล็อกในปัจจุบันสามารถจำแนกได้เป็น 2 แบบ คือ

2.4.1 คอนกรีตบล็อกแบบกลวง (Hollow Concrete Block)

คอนกรีตบล็อกแบบนี้ ยังจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดรับน้ำหนัก (Load bearing block) และชนิดไม่รับน้ำหนัก (Non - load bearing block)(ประณต กุลประสูตร. 2541 : 192 - 193)

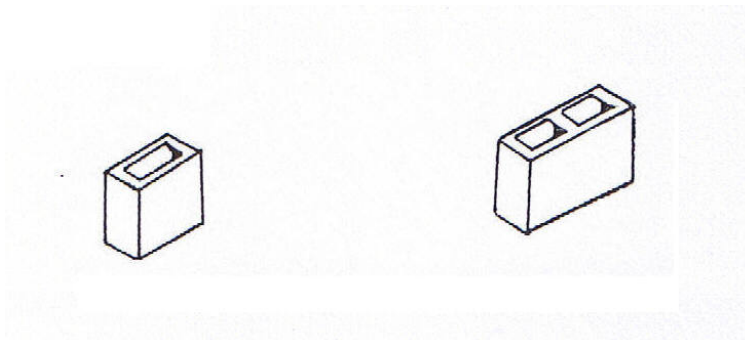
2.4.1.1 คอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก เป็นคอนกรีตบล็อกที่ใช้สำหรับงานก่อผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุก และน้ำหนักของตัวเอกตาม มอก. 57 – 2530 ค่ากำลังรับแรงอัด มากกว่า 70 กก./ตร.ม. มีลักษณะดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 คอนกรีตบล็อกแบบกลวงชนิดรับน้ำหนัก

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2541 : 193

2.4.1.2 คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก เป็นคอนกรีตบล็อกที่ใช้สำหรับงานก่อผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเองตาม มอก. 58 – 2533 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทควบคุมความชื้น และประเภทไม่ควบคุมความชื้น (มอก. 58 - 2533) ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 คอนกรีตบล็อกแบบกลวงชนิดไม่รับน้ำหนัก

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2541 : 193

2.4.2 คอนกรีตบล็อกแบบตัน (Solid Concrete Block)

คอนกรีตบล็อกแบบนี้จะมีเฉพาะชนิดรับน้ำหนักเท่านั้น หมายถึง คอนกรีตบล็อกเชิงตันที่ใช้สำหรับก่อผนังหรือก่อกำแพง ที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักของตัวเอง ขนาดมาตรฐาน มอก. 60 – 2516 และมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้ จะต้องไม่ต่างจากขนาดที่ผู้ผลิตกำหนดไว้มากกว่า 3 มิลลิเมตร ดังตาราง 10

ตาราง 10 ขนาดของคอนกรีตบล็อกเชิงตันรับน้ำหนัก

ขนาด (มิลลิเมตร)			
ประเภท	หนา	สูง	ยาว
คอนกรีตบล็อกเชิงตันรับน้ำหนัก	90	90	290
	140	90	290
	90	190	290
	140	190	290
	90	190	190
	140	90	190
	90	190	190
	140	190	190
	90	90	140
	140	90	140
	90	190	140
	140	190	140

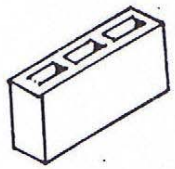
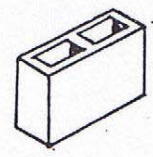
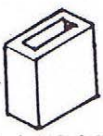

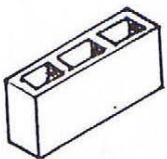
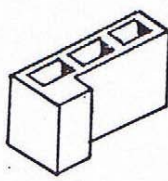
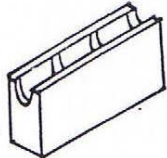
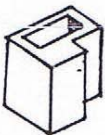
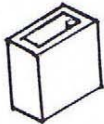

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2541 : 194

ตาราง 11 ขนาดคอนกรีตบล็อกแบบกลวงชนิดรับน้ำหนัก และชนิดไม่รับน้ำหนัก

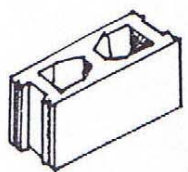
ขนาด (มิลลิเมตร)			
ประเภท	หนา	สูง	ยาว
คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก	90	190	140
	140	190	140
	190	190	140
	90	190	190
	140	190	190
	190	190	190
	90	190	290
	140	190	290
	190	190	290
	90	190	390
	140	190	390
	190	190	390
คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก	70	190	140
	90	190	140
	140	190	140
	190	190	140
	70	190	190
	90	190	190
	140	190	190
	190	190	190
	70	190	290
	90	190	290
	140	190	290
	190	190	290
70	190	390	
90	190	390	
140	190	390	
190	190	390	

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2541 : 194

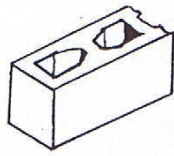
คอนกรีตบล็อกขนาด 100 มิลลิเมตร

	<p>ซี 4 - 1 ผนังกว้าง 100 มม. เปลือกหนา 25 มม. น้ำหนัก 11.5 กก.</p>		<p>ซี 4 - 6 ผนังกว้าง 100 มม. ¾ ก้อน เปลือกหนา 19 มม. น้ำหนัก 7.0 กก.</p>
	<p>ซี 4 - 2 ผนังกว้าง 100 มม. ครึ่งก้อน เปลือกหนา 25 มม. น้ำหนัก 5.5 กก.</p>		<p>ซี 4 - 7 ผนังกว้าง 100 มม. 1/4 ก้อน เปลือกหนา 19 มม. น้ำหนัก 3.0 กก.</p>
	<p>ซี 4 - 3 ผนังกว้าง 100 มม. เปลือกหนา 25 มม. น้ำหนัก 9.0 กก.</p>		<p>ซี 4 - 8 ผนังกว้าง 100 มม. ¾ ก้อน เปลือกหนา 19 มม. น้ำหนัก 12.0 กก.</p>
	<p>ซี 4 - 4 ผนังกว้าง 100 มม. เปลือกหนา 19 มม. น้ำหนัก 10.0 กก.</p>		<p>ซี 4 - 9 ผนังกว้าง 100 มม. 1/4 ก้อน เปลือกหนา 19 มม. น้ำหนัก 6.0 กก.</p>
	<p>ซี 4 - 5 ผนังกว้าง 100 มม. ครึ่งก้อน เปลือกหนา 19 มม. น้ำหนัก 4.5 กก.</p>		<p>ซี 4 - 10 ผนังกว้าง 100 มม. 1/3 ก้อน เปลือกหนา 19 มม. น้ำหนัก 4.0 กก.</p>

คอนกรีตบล็อกขนาด 150 มิลลิเมตร

	<p>ซี 4 - 1 ผนังกว้าง 150 มม. ใช้เรียงตามยาว น้ำหนัก 13.5 กก.</p>
---	---

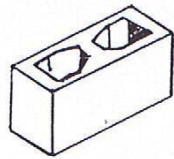
ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2541 : 196 – 198



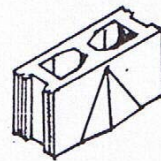
ซี 6 - 2
ผนังกว้าง 150 มม. ก่อมุม
น้ำหนัก 14.0 กก.



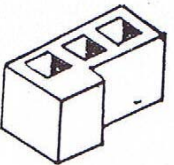
ซี 6 - 10
ผนังกว้าง 100 มม. ¼ ก้อน
ก่อรอบเสาครึ่งก้อน
น้ำหนัก 7.0 กก.



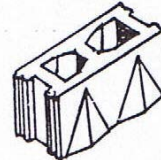
ซี 6 - 3
ผนังกว้าง 150 มม. ก่อมุมคู่
น้ำหนัก 14.5 กก.



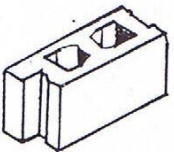
ซี 6 - 11
ผนังกว้าง 150 มม.
ไฮ - ลิก
น้ำหนัก 14.0 กก.



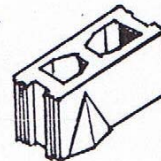
ซี 6 - 4
ผนังกว้าง 150 มม. เข้ามุม
น้ำหนัก 17.5 กก.



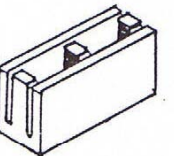
ซี 6 - 12
ผนังกว้าง 150 มม.
ดับเบิลไฮ - ลิก
น้ำหนัก 14.0 กก.



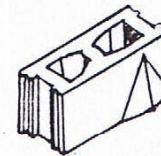
ซี 6 - 5
ผนังกว้าง 150 มม. ก่อรอบเสา
น้ำหนัก 13.5 กก.



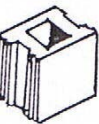
ซี 6 - 13
ผนังกว้าง 150 มม.
เอล. เอล. ไฮ - ลิก
น้ำหนัก 13.5 กก.



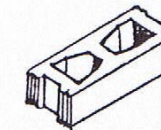
ซี 6 - 6
ผนังกว้าง 150 มม. ก่อขอบ
น้ำหนัก 14.6 กก.



ซี 6 - 14
ผนังกว้าง 150 มม.
เอล. เอล. ไฮ - ลิก
น้ำหนัก 7.0 กก.



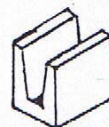
ซี 6 - 7
ผนังกว้าง 150 มม.
เชื่อมรอยต่อ
น้ำหนัก 15.0 กก.



ซี 6 - 15
ผนังกว้าง 150 มม. ก่อสูง
น้ำหนัก 7.5 กก.



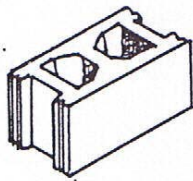
ซี 6 - 8
ผนังกว้าง 150 มม.
เรียงตามยาวครึ่งก้อน
น้ำหนัก 7.0 กก.



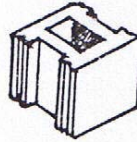
ซี 6 - 16
ผนังกว้าง 150 มม.
ก่อขอบครึ่งก้อน
น้ำหนัก 7.5 กก.

ภาพประกอบ 5 (ต่อ)

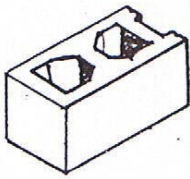
คอนกรีตบล็อกขนาด 200 มิลลิเมตร



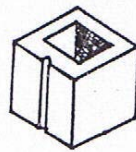
ซี 8 - 1
ผนังกว้าง 200 มม. ครึ่งก้อน
เรียงตามยาว
น้ำหนัก 17.5 กก.



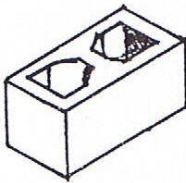
ซี 8 - 7
ผนังกว้าง 200 มม.
เรียงตามยาวครึ่งก้อน
น้ำหนัก 9.0 กก.



ซี 8 - 2
ผนังกว้าง 200 มม. ก่อมุม
น้ำหนัก 18.5 กก.



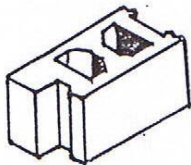
ซี 8 - 8
ผนังกว้าง 200 มม.
ก่อกุมครึ่งก้อน
น้ำหนัก 10.5 กก.



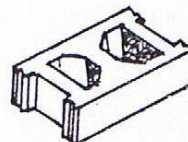
ซี 8 - 3
ผนังกว้าง 200 มม. ก่อกุมคู่
น้ำหนัก 19.5 กก.



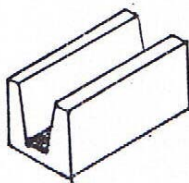
ซี 8 - 9
ผนังกว้าง 200 มม.
ก่อกุมครึ่งก้อน
น้ำหนัก 10.5 กก.



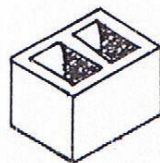
ซี 8 - 4
ผนังกว้าง 200 มม.
ก่อกอบเสา
น้ำหนัก 18.0 กก.



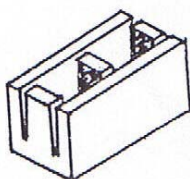
ซี 8 - 10
ผนังกว้าง 200 มม.
ก่อกอบเสาครึ่งก้อน
น้ำหนัก 10.5 กก.



ซี 8 - 5
ผนังกว้าง 200 มม.
ก่อกอบ
น้ำหนัก 20.0 กก.

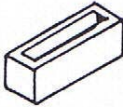
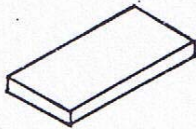


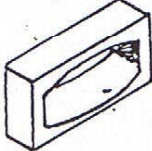
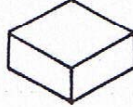
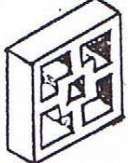
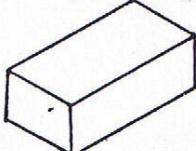

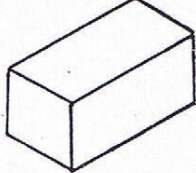
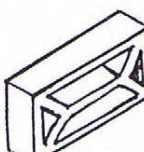

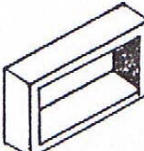
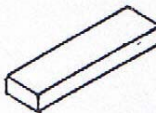




ซี 8 - 11
ผนังกว้าง 200 มม.
ก่อกุมคู่
น้ำหนัก 14.0 กก.



ซี 4 - 5
ผนังกว้าง 200 มม.
เชื่อมรอยต่อ
น้ำหนัก 19.0 กก.

ภาพประกอบ 5 (ต่อ)

บล็อกก่อกำแพง	บล็อกแบบตัน
	
<p>เอสซี - 1 ก่อกำแพงหมายเลข 1 น้ำหนัก 4.5 กก.</p>	<p>เอสแอล 1 ขนาด 35 มม. น้ำหนัก 7.0 กก.</p>
	
<p>เอสซี - 2 ก่อกำแพงหมายเลข 2 น้ำหนัก 6.0 กก.</p>	<p>เอสแอล 2 ขนาด 90 มม. น้ำหนัก 15.5 กก.</p>
	
<p>เอสซี - 3 ก่อกำแพงหมายเลข 3 น้ำหนัก 6.0 กก.</p>	<p>เอสแอล 3 ขนาด 90 มม. ครึ่งก้อน น้ำหนัก 7.5 กก.</p>
	
<p>เอสซี - 4 ก่อกำแพงหมายเลข 4 น้ำหนัก 8.5 กก.</p>	<p>เอสแอล 4 ขนาด 140 มม. น้ำหนัก 23.5 กก.</p>
	
<p>เอสซี - 5 ก่อกำแพงหมายเลข 5 น้ำหนัก 7.5 กก.</p>	<p>เอสแอล 1 ขนาด 190 มม. น้ำหนัก 32.0 กก.</p>
	
<p>เอสซี - 6 ก่อกำแพงหมายเลข 6 น้ำหนัก 8.0 กก.</p>	<p>คอนกรีตก้อน บี - 1 ขนาด 35 มม. น้ำหนัก 3.5 กก.</p>
	
<p>เอสซี - 7 ก่อกำแพงหมายเลข 7 น้ำหนัก 6.0 กก.</p>	<p>บล็อกฝา เอสพี - 1 ขนาด 35 มม. น้ำหนัก 3.5 กก.</p>
	
<p>เอสซี - 8 ก่อกำแพงหมายเลข 8 น้ำหนัก 4.5 กก.</p>	<p>เอสพี - 1 ขนาด 35 มม. น้ำหนัก 3.5 กก.</p>

ภาพประกอบ 5 (ต่อ)

2.5 กระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อก

การก่อสร้างคอกสัตว์ โรงเรือนในฟาร์ม ยังนางตลอดจนอาหารพักอาศัยในชนบท นิยมใช้คอนกรีตบล็อกเป็นส่วนประกอบโครงสร้าง โดยใช้กันเป็นฝาผนัง เนื่องจากราคาถูก ก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว

กระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกมี 3 ขั้นตอนคือ

การผลิตคอนกรีต

การอัดคอนกรีตลงแบบพิมพ์

การผึ่งคอนกรีตบล็อกให้แห้ง (เสกสรร สีหวงษ์ และบัณฑิต จริโมภาส. 2535 : 4 - 6)

2.5.1 เครื่องผลิตก้อนบล็อกมีตั้งแต่เครื่องง่ายๆ จนกระทั่งถึงเครื่องติดตั้งกับที่แบบพิสดารและเครื่องชนิดเคลื่อนที่

2.5.1.1 เครื่องแบบง่ายๆ สามารถจะโยงใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือเครื่องน้ำมันได้ แต่เครื่องแบบพิสดารมักจะใช้ไฟฟ้า เครื่องแบบพิสดารทุกชนิดจะถูกอัดด้วยวิธีการสันสะเทือน ยกเว้นเครื่องผลิตแบบง่ายๆ ใช้มือทำเป็นส่วนใหญ่ ค่อนข้างหยาบ และราคาถูก ส่วนผสมจะถูกอัดโดยใช้ไม้เคาะแบบและตบอัดจากแผ่นเหล็กตอนบนของแบบ เครื่องแบบนี้ถ้ามีการบ่อน้ำมันดูอย่างพอเพียง สามารถจะผลิตบล็อกขนาด 18" x 9" x 9" ได้ถึง 90 ก้อนต่อหน้าที่ สามารถจะเปลี่ยนการเคาะด้วยมือเป็นการเขย่าด้วยสายพานจากเครื่องไฟฟ้า หรือ เครื่องน้ำมันก็ได้

2.5.1.2 เครื่องผลิตติดตั้งกับที่ อย่างชนิดธรรมดาสามารถผลิตบล็อกขนาด 15" x 9" พร้อมกันครั้งละสองก้อน ได้ชั่วโมงละ 250 ก้อนต่อหน้าที่ จำนวนที่ผลิตจะแตกต่างกันอยู่กับขนาดของก้อนบล็อก เครื่องที่ใหญ่ขึ้นไปอีกสามารถผลิตได้มากกว่า 1,000 ก้อนต่อชั่วโมง และส่วนผสมของทุกชนิดใช้การสันสะเทือนทั้งสิ้นเครื่องเหล่านี้ใช้กำลังไฟฟ้า ส่วนเครื่องที่เล็กลงมาก็ใช้เครื่องที่ใช้ น้ำมัน เครื่องผลิตติดตั้งกับที่ สามารถถอดไปติดตั้งที่อื่นได้

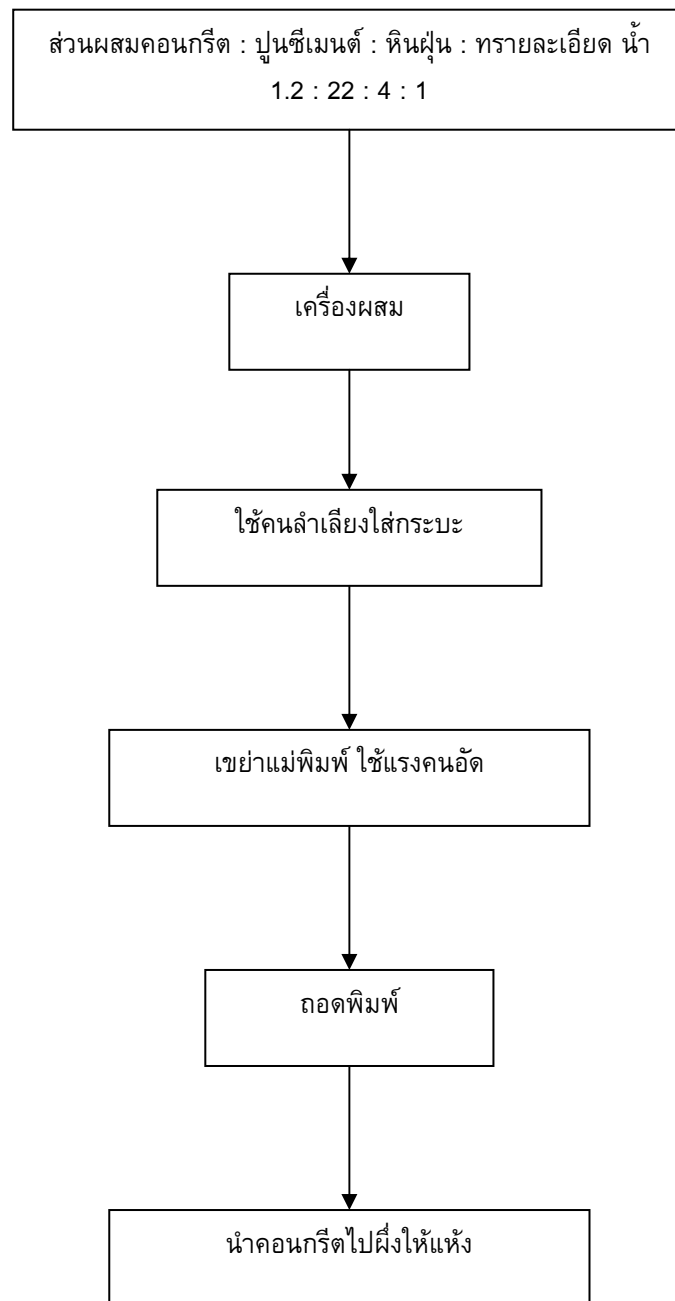
2.5.1.3 เครื่องแบบชนิดวางไข่ เครื่องชนิดนี้ผลิตก้อนคอนกรีตบล็อกออกมาและปล่อยวางบนพื้น และเคลื่อนที่ถอยหลังไปเรื่อยๆ และก็ยังต้องใช้แผ่นรองบล็อกอยู่ทุกก้อน และเคลื่อนที่ไปเก็บบมต่อไปในที่อาคารอื่นแห่ง ก็จำเป็นจะต้องปิดก้อนบล็อกขนาดใหญ่ได้ 100 – 200 ก้อนต่อชั่วโมง จนกระทั่งถึงแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถผลิตได้ถึง 250 – 1,000 ก้อนต่อชั่วโมง และยังมีเครื่องแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งสามารถผลิตได้ 150 – 350 ก้อนต่อชั่วโมง

2.5.1.4 โตะสันสะเทือน แม้จะไม่ใช้เครื่องผลิตบล็อกโดยตรง แต่การสันสะเทือนนี้ คือการ Compact ก้อนบล็อกในเครื่องทำบล็อกด้วยมือ ขนาดของโตะสันสะเทือนในตลาดมีต่างๆ ขนาดกัน มีทั้งแบบใช้ไฟฟ้า ดีเซล ราคาใกล้เคียงกับเครื่องทำบล็อกด้วยมือ

2.5.2 ขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล็อก

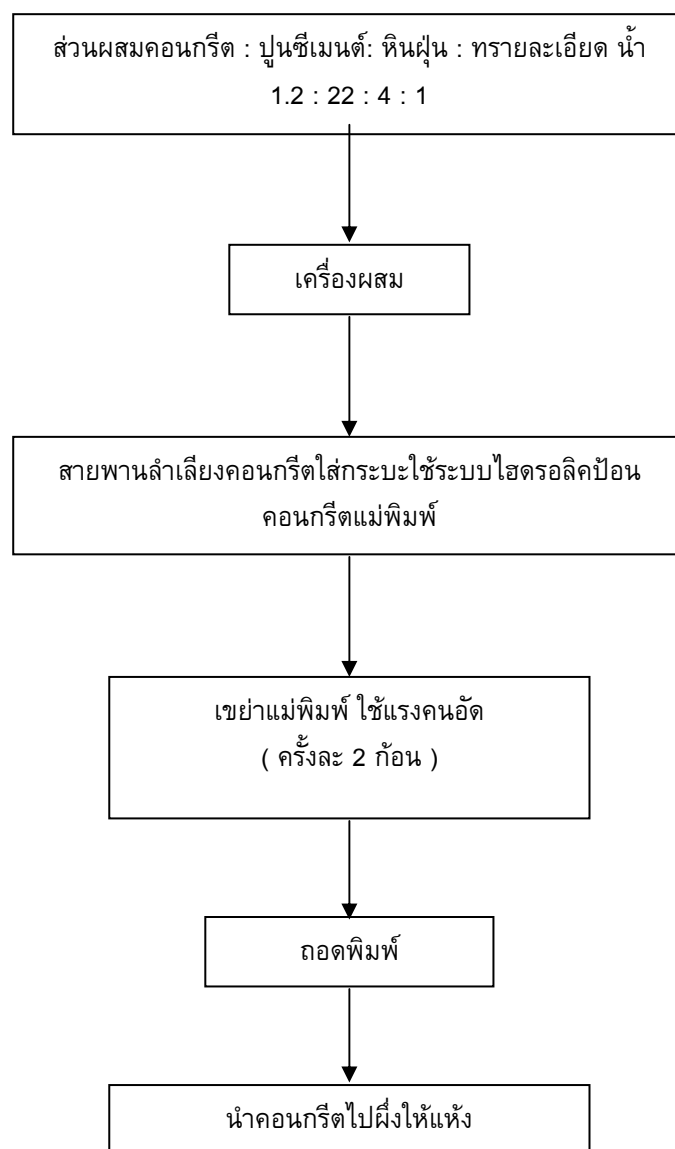
การทำงานขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล็อกทำได้โดยการผสมคอนกรีตอัตราส่วนปูนซีเมนต์ : หิน : ฝุ่น : ทรายละเอียด : น้ำ 1.5 : 22 : 4 : 1 โดยใช้เครื่องผสม ลำเลียงคอนกรีตเข้าสู่กระบะใส่คอนกรีต นำแผ่นเหล็กรองใส่ด้านล่างแม่พิมพ์ แล้วเลื่อนกระบะคอนกรีตเข้าไปเพื่อบรรจุคอนกรีตลงบนแม่พิมพ์ ชูตเขย่า จะทำการเขย่าเพื่อให้คอนกรีตอัดตัวในแม่พิมพ์ หมุนแป้นปิดด้านบนแม่พิมพ์พร้อมเหยียบแป้นเหยียบแม่พิมพ์แล้วเบรคกลไกเขย่าทันที หมุนแป้นเปิดออกพร้อมกับดันคอนกรีตบล็อกขึ้น หมุนแป้นรองไปรับคอนกรีตบล็อกแล้วพลิกคอนกรีตเพื่อนำแผ่นรองออก นำคอนกรีตบล็อกไปผึ่งให้แห้ง

คอนกรีตจากถังผสม สามารถใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกขนาด $70 \times 190 \times 390$ มิลลิเมตร ได้ 32 ก้อน เมื่อใช้คนทำงาน 3 คน จะผลิตคอนกรีตบล็อกได้ 55 ก้อน/คน/ชั่วโมง ค่าแรงงานในการผลิตคอนกรีตบล็อก 30 บาท ต่อคอนกรีตบล็อก 100 ก้อน



ภาพประกอบ 6 ขั้นตอนในการผลิตก้อนคอนกรีตบล็อกโดยใช้เครื่องผลิตคอนกรีตบล็อกใช้แรงคน

เครื่องผลิตคอนกรีตบล็อกแบบไฮดรอลิก ประกอบด้วย เครื่องผสมคอนกรีตสายพานลำเลียงคอนกรีต และเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก เครื่องผสมคอนกรีตเป็นถังหมุนผสมคอนกรีต ความจุ 0.36 ลูกบาศก์เมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้า เป็นต้น เครื่องอัดบล็อกคอนกรีตแบบไฮดรอลิกจะประกอบไปด้วย ชุดป้อนคอนกรีตลงสู่แม่พิมพ์ เป็นรางเลื่อนเข้าออกอยู่ใต้กระบะคอนกรีตทำหน้าที่ป้อนคอนกรีตลงแม่พิมพ์ภายในรางเลื่อน มีเกลียวหมุนคลุกเคล้าคอนกรีต ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/4 แรงม้าเป็นต้นกำลังทำงานร่วมกับระบบไฮดรอลิก ชุดแม่พิมพ์อัดคอนกรีตบล็อกได้ครั้งละ 4 ก้อน ทำงานโดยใช้ระบบไฮดรอลิกชุดอัดประกอบด้วยเขย่า ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า 2 เครื่อง (ซ้าย - ขวา) ทำงานร่วมกับระบบไฮดรอลิกชุดถอดพิมพ์ ทำงานโดยระบบไฮดรอลิก ชุดควบคุมระบบไฮดรอลิกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้า



ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนในการผลิตก้อนคอนกรีตบล็อกโดยใช้ไฮดรอลิก

2.5.3 การใช้คอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อกเหมาะสำหรับที่จะนำไปใช้กับงานก่อสร้างทั่วไป มีความประหยัด นำไปสร้างเป็นเสากำแพงดิน ผนัง ฯลฯ ข้อแนะนำในการใช้คอนกรีตบล็อก มีดังนี้

2.5.3.1 ห้ามชุบน้ำ หรือสาดน้ำในระหว่าง ก่อ หรือ ฉาบ เพื่อป้องกันการยัดหดของก้อนการก่อควรจับระดับน้ำทุก ๆ แถว ทั้งทางตั้งและทางนอน โดยเฉพาะก้อนที่ก่อตอนมุมหรือริมผนังที่กอนั้น

2.5.3.2 ปูนก่อใช้ปูนซีเมนต์มอร์ต้า โดยผสมปูนซีเมนต์กับทรายหยาบ หรือทรายกลางในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 สำหรับปูนแต่รอยต่อใช้ทรายละเอียด

2.5.3.3 ปูนก่อและปูนฉาบควรหนา 3/8 นิ้ว หรือ 1 ซม. เป็นอย่างน้อย เฉพาะรอยปูนก่อต้องเท่ากัน เพื่อก่อผนังลงตัวกับระยะกำหนด

2.5.3.4 แถวบนสุดที่ก่อถึงได้ห้องคานแล้ว ต้องทิ้งผนังไว้ให้ทรุดตัว 1 – 2 วัน แล้วจึงอุดด้วยปูนก่อหรือก่ออิฐแทรกให้เต็ม

2.5.3.5 ผิวคอนกรีตเป็นเสา พื้นและคาน กอนก่อควรรดน้ำให้ทั่ว หรือจะสก๊ตให้ผิวหยาบเพื่อให้ปูนก่อยึดจับหรือจะโผล่เหล็กออกมา เพื่อยึดจับกับผนังคอนกรีตบล็อกได้แน่นหนา

2.5.3.6 ผนังที่ก่อตัวด้วยคอนกรีตบล็อก หรือฉาบแล้วถ้าจะนำอุปกรณ์สุขภัณฑ์ หรือสิ่งโดยติดควรใช้สว่านไฟฟ้าเจาะ ให้เป็นรูฝังติดด้วยผูกตะกั่วหรือในลอน แล้วขันด้วยตะปูดวง การเคาะก้อนคอนกรีตบล็อกให้ทรุดเสมอรระดับใช้ตามเกรียงเคาะ

2.5.3.7 เนื่องจากคอนกรีตบล็อกมีน้ำหนัก ก้อนละ 10, 17.5 กิโลกรัม. การยกและวางซ้อนบนปูนก่อด้วยลักษณะที่มั่นคง และประณีต

2.5.3.8 การให้ที่หมายส่วนสุดของระยะผนังอาคารเป็นไปตามตารางในช่องของขนาดคอนกรีตบล็อกทั้งทางนอนและทางตั้ง แต่ละก้อนจะก่อหรือซ้อนกันพอดี ไม่ต้องสก๊ตเลย

2.5.3.9 ตำแหน่งของการเว้นประตู หรือหน้าต่าง หรือช่องลมควรจัดตรวจอย่างเคร่งครัด โดยเฉพาะส่วนคาบทับหลังประตูและหน้าต่าง

2.5.3.10 เมื่อก่อเป็นผนังแล้ว ก่อนเลิกควรชุบรอยปูนก่อเพื่อการเสริมรอยอีกครั้งหนึ่ง แล้วใช้แปรงชุบน้ำล้างผิวบล็อกให้สะอาด

2.5.4 ข้อพิจารณาในการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน

2.5.4.1 สร้างบ้านคอนกรีต การสร้างผนังภายในหรือภายนอกอาคาร หรือทำผนังกันส่วเพื่อตกแต่งนิยมใช้คอนกรีตบล็อก เนื่องจากสร้างได้สะดวก สวยงาม รวดเร็ว คอนกรีตบล็อกสามารถป้องกันอัคคีภัยสามารถต้านทานความร้อนจากอากาศในฤดูร้อน และให้ความอบอุ่นในฤดูหนาวอีกด้วย

2.5.4.2 อาคารสิกรรมคอนกรีตบล็อก การสร้างอาคารตามโครงสร้างการปศุสัตว์ โรงงานโกดังเก็บของมีความเหมาะสมที่จะพิจารณาใช้ เพราะมีความคงทนต้านทานต่อสภาพธรรมชาติ นอกจากนี้จะทำให้ต้นทุนการสร้างต่ำมีความสวยงามเพียงพอ

2.5.4.3 กำแพงกันดินเหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้สร้างกำแพงกันดิน มีความแข็งแรงโดยเฉพาะมีการเสริมเหล็กด้วย ก็จะสามารถต้านทานการหนีตัวทางด้านข้างได้ดีมาก

2.5.4.4 กำแพงอื่นๆ หรือกำแพงที่สร้างด้วยลวดหนาม หรือสร้างด้วยไม้ สร้างด้วยความยุ่งยากและไม่มีความสวยงาม ควรพิจารณาใช้คอนกรีตบล็อก จะสามารถให้สวยงาม หรือเรียงซ้อนด้วยวิธี หรือแบบต่างๆ ก็จะเกิดความงาม ซึ่งประกอบหรือสัมพันธ์กับอาคารได้

3. วัสดุผสม

ในการผลิตคอนกรีตบล็อก ซึ่งจะช่วยพัฒนาความก้าวหน้าในงานก่อสร้าง ช่วยลดเวลาการก่อสร้าง เร่งเวลาการใช้งาน และลดขนาดของโครงสร้าง ขึ้นอยู่กับการเลือกสรรของชนิด และความเหมาะสม ตลอดจนการควบคุมดูแลเป็นพิเศษของวัตถุดิบที่นำมาใช้ คือ ปูนซีเมนต์ มวลรวม คือ ทราย และน้ำ ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ เป็นวัสดุเชื่อมประสานที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเกิดจากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ อันได้แก่ หินปูน (limestone) หรือดินปูนขาว (marl) กับ ดินเหนียว (clay) หรือดินดาน (shale) ในสัดส่วนที่ถูกต้องเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิต อาจมีการเติม แร่เหล็ก (iron ore) หรือ ยิบซั่ม (gypsum) ตามความจำเป็น เพื่อปรับปรุงให้มีคุณสมบัติตามความต้องการ ปูนซีเมนต์เมื่อผสมกับวัสดุผสมจะจำพวกหินย้อยหรือกรวด กับทรายหยาบ และน้ำในสัดส่วนที่พอเหมาะ ก็จะกลายเป็นคอนกรีต ซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วก็จะมี ความแข็งแรงและความทนทานคล้ายหิน จึงนิยมนำไปใช้กันมากกับงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ ปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (portland cement) (ประณต กุลประสูตร. 2541 : 17) กรรมวิธีการผลิต ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้ Calcareous Material ได้แก่ หินปูน (limestone) และ ดินสอพอง (chalk), Argillaceous Material ได้แก่ ซิลิกา อลูมินา ซึ่งอยู่ในรูปของดินดำหรือดินเหนียว (clay) หรือดินดาน (shale), Iron Oxide Material ได้แก่ แร่เหล็ก (iron ore) หรือศิลาแลง (laterite)

3.1.1 กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ จำแนกออกตามลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาใช้ได้เป็น 2 วิธีด้วยกันคือ กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก (wet process) และกรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง (dry process)

กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก วัตถุดิบที่ใช้ได้แก่ ดินสอพอง และดินเหนียว ถูกนำผสมกันให้ได้สัดส่วนที่พอเหมาะตามต้องการ โดยเติมน้ำลงไปช่วยผสมแล้วนำไปบดให้ละเอียด ก่อนที่จะบ้อนเข้าไปในหม้อเผา กรรมวิธีการในการผลิตแบบแห้งนั้นวัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่ ได้แก่ หินปูน และดินดาน จะถูกนำมาผสมกันในสภาพแห้ง ๆ ให้ได้สัดส่วนที่ต้องการ แล้วบดให้ละเอียดก่อนที่จะบ้อนเข้าไปในหม้อเผา กรรมวิธีแบบเปียกและแบบแห้ง ได้แสดงไว้ในภาพประกอบ 5

เมื่อส่วนผสมของวัตถุดิบบดได้ที่แล้วก็ถูกบ้อนเข้าสู่หม้อเผา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นหม้อเผาแบบหมุนที่อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 1400 – 1500 องศาเซลเซียส ณ อุณหภูมินี้ วัตถุดิบต่าง ๆ จะถูกหลอมรวมกันเป็น Clinker ทิ้งไว้ให้เย็นตัวลง จากนั้นนำปูนเม็ดที่เย็นตัวนี้ มาบดให้ละเอียดอีกครั้งหนึ่งในขณะทำการบดจะมีการเติมยิบซั่มลงไปเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 3 ถึง 6 เพื่อหน่วงเวลาการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ อันจะเป็นผลทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งานต่อไป (ชัชวาล เศรษฐบุตร. 2540 : 8 -10)

3.1.2 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จำแนกออกตามมาตรฐานของ สมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (American Society for Testing Material , ASTM) เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ ด้วยกัน ได้แก่

3.1.2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ รหัส ซี – 150 (C – Protland Cement)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ เป็นปูนซีเมนต์ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปมากที่สุดในปัจจุบัน จำแนกออกได้เป็น 5 ประเภทย่อย ๆ ด้วยกัน คือ

3.1.2.1.1 ประเภทหนึ่ง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Type I – Normal Portland Cement) จัดเป็นปูนซีเมนต์มาตรฐาน เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป ที่ไม่ต้องการคุณสมบัติ

พิเศษนอกเหนือไปกว่าธรรมดา ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้กับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก อาทิเช่น งานก่อสร้างคานคอนกรีตทางเท้า ถนน อาคาร สะพาน ถังน้ำ บ่อน้ำ ท่อระบายน้ำและอื่น ๆ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ไม่เหมาะกับการที่ต้องสัมผัสกับ ซัลเฟต จากดินหรือน้ำ หรือใช้ในที่ซึ่งความร้อนอันเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำจะไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนซีตอันตราย ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราเพชรเม็ดเดียว ตราพญานาคเศียรเดียวสีเขี้ยว และตราที่ฟี่ไอสีแดงส่วนปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ต้องสั่งเข้ามาจากต่างประเทศ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราดอกจิก

3.1.2.1.2 ประเภทสอง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Type II – Modified Portland Cement) จัดเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทดัดแปลง เพื่อให้มีความต้านทานต่อซัลเฟตปานกลาง ความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำจะต่ำกว่าและเพิ่มได้ช้ากว่าประเภทแรก ดังนั้นจึงสามารถช่วยลดอุณหภูมิของคอนกรีตในอากาศร้อนได้ดี ปูนซีเมนต์ประเภทนี้เหมาะกับการก่อสร้างขนาดใหญ่ อาทิเช่น ตอม่อขนาดใหญ่ สะพานเทียบเรือ เขื่อนหรือกำแพงกันดินในบริเวณที่โดยน้ำเค็มเป็นครั้งคราว และซีเมนต์ประเภทนี้ที่เคยผลิตในประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร

3.1.2.1.3 ประเภทสาม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เกิดแรงสูงเร็ว (Type III – High – early Strength Portland Cement) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้เนื้อปูนจะบดละเอียดกว่าปูนซีเมนต์แบบธรรมดา เป็นผลทำให้แข็งตัวและรับแรงได้เร็วกว่าแบบธรรมดา แต่จะต้องบ่มให้ดี โดยปกติจะสามารถรับแรงได้เมื่อคอนกรีตมีอายุเพียงประมาณ 1 ถึง 3 วัน จึงนิยมนำไปใช้กับงานที่จำเป็นต้องทำในช่วงอากาศหนาวเย็น เนื่องจากคอนกรีตจะแข็งตัวก่อนที่น้ำซึ่งใช้ผสมจะแข็งตัวเสียก่อน ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณ ตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง ตราสามเพชร และตราที่ฟี่ไอสีดำ

3.1.2.1.4 ประเภทสี่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เกิดความร้อนต่ำ (Type IV – Low - heat Portland Cement) จัดเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่เหมาะสมกับงานซึ่งต้องการควบคุมทั้งปริมาณ และอัตราความร้อนที่เกิดขึ้นให้น้อยที่สุด การเกิดกำลังของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะช้าไปอย่างช้า ๆ จึงนิยมนำไปใช้กับงานขนาดใหญ่ อาทิเช่น เขื่อนกันน้ำซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นในคอนกรีต ถ้ามากเกินไปจะเป็นอันตรายอย่างมากกับตัวเขื่อน เนื่องจากจะทำให้เกิดการแตกหรือร้าวได้

3.1.2.1.5 ประเภทห้า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต้านทานซัลเฟตได้สูง (Type V – Sulfate - resistance Portland Cement) จัดเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีคุณสมบัติในการต้านทานต่อซัลเฟตได้สูง จึงเหมาะที่จะใช้กับงานก่อสร้างในบริเวณที่มีการกระทำของซัลเฟตอย่างรุนแรง เช่น ในบริเวณดินหรือน้ำที่มีความเป็นด่างสูงระยะเวลาในการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะช้ากว่าประเภทอื่น ๆ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม ตราช้างพื้นสีฟ้า และตราที่ฟี่ไอสีฟ้า

3.1.2.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักอากาศ (Air - entraining Portland Cement)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ ผลิตขึ้นตามมาตรฐานของสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกา รหัสซี - 175 เป็นปูนซีเมนต์ในประเภท IA IIA และIIIA เป็นปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะมีคุณสมบัติหลักเหมือนกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I II และIII รหัสซี - 150 ตามลำดับ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการกักอากาศปริมาณเล็กน้อยจะถูกเติมเข้าไป และบดรวมกับปูนเม็ดในระหว่างการผลิต ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ เหมาะกับการก่อสร้างในบริเวณที่มีอุณหภูมิหนาวจัดหรือมีหิมะ และมีผลต่อการใช้ประโยชน์จากเกลือในการขจัดหิมะและน้ำแข็ง คอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะมีฟองอากาศขนาดเล็กที่แยกตัวออกจากกันอย่างสมบูรณ์ กระจายกันอยู่อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งคอนกรีต

3.1.2.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เตาถลุง (Portland Blast – furnace Slag Cement)

ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ ผลิตขึ้นตามมาตรฐานของสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกา รหัส ซี – 205 จำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือประเภท IS อันได้แก่ ปูนซีเมนต์เตาถลุง (portland blast – furnace slag cement) และประเภท ISA อันได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลานกักอากาศ (air – entraining pozzolan cement) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ได้จากการนำเอาปอซโซลาน ซึ่งเป็นแร่ภูเขาไฟที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือที่ทำเทียมขึ้น บดผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาปูนซีเมนต์ประเภทนี้ ส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับงานโครงสร้างใต้น้ำ ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม อาทิเช่น งานสะพาน เขื่อน หรือทำเทียบเรือ เนื่องจากสามารถทนต่อการกัดกร่อนของซัลเฟตได้ดีพอสมควร

นอกจากปูนซีเมนต์ประเภทต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ก็ยังมีปูนซีเมนต์อีกประเภท ซึ่งถูกนำมาใช้กับงานพิเศษต่าง ๆ แต่ละประเภทก็มีส่วนผสมตลอดจนวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์แตกต่างกันออกไป เพื่อที่จะให้มีคุณสมบัติตามความสามารถ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะ ปูนซีเมนต์ผสม (mixed cement) และปูนซีเมนต์บ่อน้ำมัน (oil – well cement) ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์อีกประเภทหนึ่งที่ถูกผลิตขึ้นในประเทศไทย

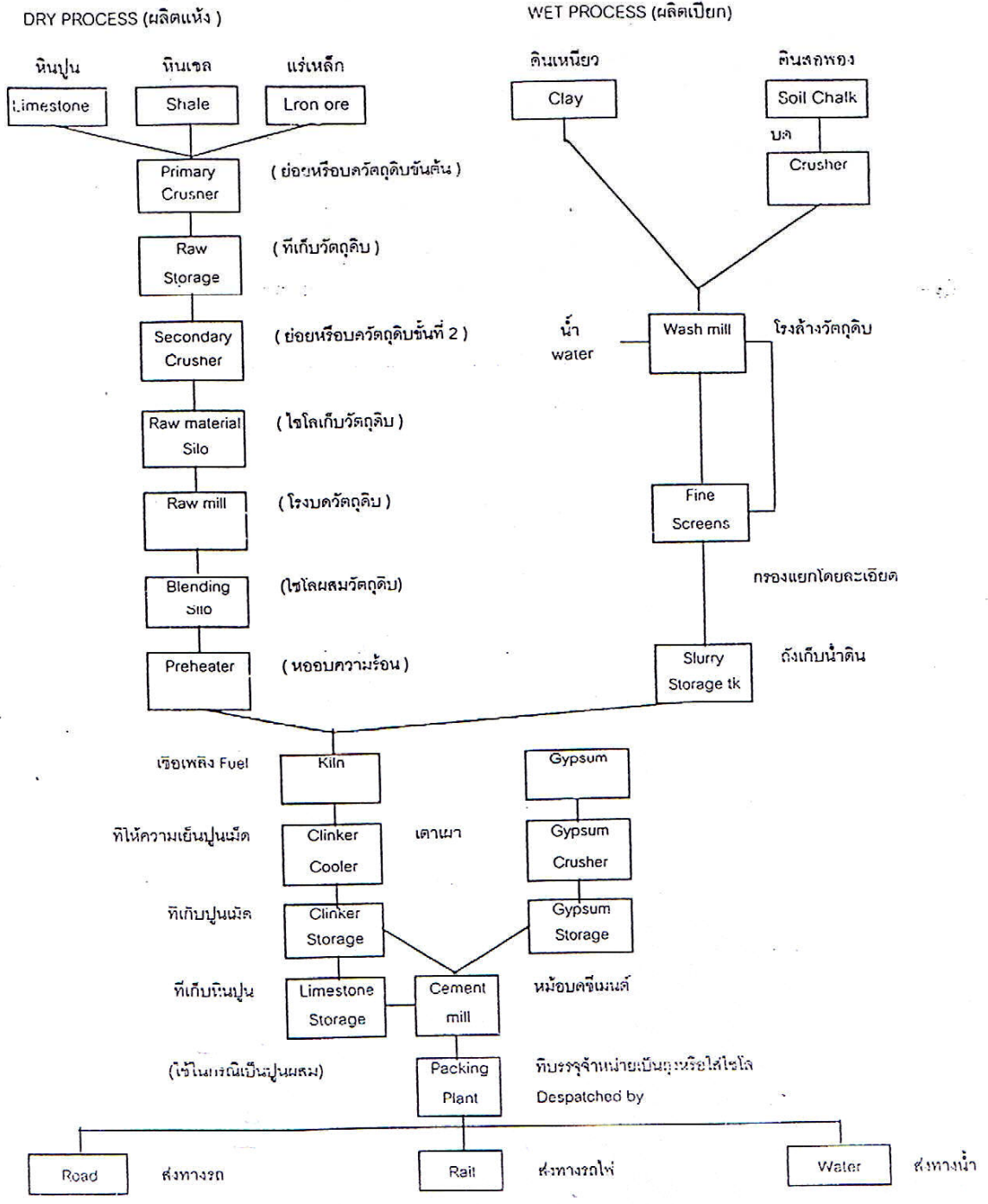
3.1.2.4 ปูนซีเมนต์ผสม (Mixed cement)

ปูนซีเมนต์ผสมหรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ปูนซีเมนต์ซิลิกา ได้จากการนำเอาทรายหรือหินปูนบดละเอียด ผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แบบธรรมดา ในอัตราส่วนประมาณร้อยละ 25 ถึง 30 เพื่อให้มีปริมาณมากขึ้นและราคาถูกลง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้มีคุณภาพค่อนข้างต่ำจึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่สำคัญและงานที่ไม่ต้องรับแรงมากนัก อาทิเช่น งานคอนกรีตเทพื้นบนดินถมอัด ซึ่งมีได้มีการถ่ายเทน้ำหนักจากพื้นไปสู่โครงสร้างส่วนอื่น ๆ กระเบื้องมุงหลังคา โอง ท่อระบายน้ำ หรือถังส้วม เป็นต้น และเนื่องจากมีคุณสมบัติแข็งตัวช้าและไม่ยึดหดตัวมากนัก จึงนิยมนำไปใช้ในงานปูนก่อ ปูนฉาบ และตกแต่งทั่วไป เนื่องจากสามารถช่วยลดการแตกร้าวของผิวได้ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทยได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราเสือ ตราภูเขา ตรานกอินทรี และตราที่พีไอสีเขียว สำหรับปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่นิยมใช้กับงานตกแต่งและงานทางสถาปัตยกรรม ได้แก่ ปูนซีเมนต์ขาวตราช้างเผือกและตรากิเลน

3.1.2.5 ปูนซีเมนต์บ่อน้ำมัน (Oil – Well cement)

ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ เป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกชนิดหนึ่ง ซึ่งจะมีความแตกต่างไปจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาตรงที่ก่อตัวช้ามากในอุณหภูมิที่สูง ๆ เช่นที่เกิดขึ้นตามบ่อลึก (ประณต กุลประสูตร. 2541 : 27-30)

บล็อกไคอะแกรมแสดงกรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์



ภาพประกอบ 8 แผนภาพแสดงกรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2541 : 20

3.2 ทราย

มวลรวมหรือวัสดุผสม (Aggregate) คือ วัสดุเฉื่อย อันได้แก่ หิน ทราย กรวด ที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีตเนื่องจากมวลรวมมีปริมาตรร้อยละ 70 – 80 ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด ดังนั้นจึงไม่น่าเป็นที่สงสัยเลยว่า ทำไมคุณภาพของมวลรวมจึงมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของคอนกรีต และจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสนใจในเรื่องนี้อย่างมาก

ถ้าแบ่งมวลรวมตามขนาด เราสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ได้แก่ หินหรือกรวดที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มม.ขึ้นไป หรือค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) ได้แก่ ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มม. หรือสามารถผ่านตะแกรงเบอร์มาตรฐานเบอร์ 4 แต่ต้องไม่เล็กกว่า 0.07 มม. หรือผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 (ชัชวาล เศรษฐบุตร. 2540 : 26)

ทรายที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป มีทรายบดที่ขุดบนพื้นดินและทรายแม่น้ำ เม็ดทรายบดละเอียดกว่าทรายแม่น้ำแต่สกปรกกว่าทรายหยาบ น้ำหนักของทรายในขณะที่ยังแห้งและขณะที่เปียกจะต่างกัน เนื่องจากขณะที่เปียกจะมีน้ำผสมอยู่ด้วย คือ ทรายแห้ง หนักประมาณ 1,400 – 1,650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ ส่วนทรายเปียกจะหนักประมาณ 1,800 – 2,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาดของทรายทั่วไปจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1/16 ถึง 2 มิลลิเมตร ถ้าโตกว่าขนาดดังกล่าวก็เรียกว่า กรวด (Gravel) โดยมีชนิดของทรายที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง ดังนี้

ทรายหยาบ เป็นทรายเม็ดใหญ่ มีเหลี่ยม แฉก มุมแข็งแรง ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่ต้านกำลังมาก เช่น ฐานราก โครงสร้างอาคาร

ทรายกลาง เป็นทรายที่มีขนาดปานกลางใช้ในงานสำหรับปูนกอ เช่น ก่อกำแพงอิฐ ฯลฯ

ทรายละเอียด เป็นทรายที่มีขนาดละเอียดมากใช้สำหรับผสมปูนฉาบ ทำบัว ประกอบลวดลาย ฯลฯ

คุณสมบัติของทราย การที่เรานำทรายมาใช้ในการก่อสร้าง เช่น ผสมคอนกรีต หรือ ผสมทำปูนฉาบนั้นจะมีเหตุผลหลายประการดังนี้

ทรายสามารถแทรกเข้าไปอัดช่องว่างของหินในคอนกรีต ทำให้คอนกรีตแน่น

ช่วยบรรเทาการยิด หด และการแตกร้าวในงานปูนฉาบถ้าปูนฉาบใส่ปูนซีเมนต์มากเกินไป จะแตกร้าว ต้องเพิ่มทรายเข้าไป เพื่อให้มีทางขยายตัว

ช่วยเพิ่มปริมาณของส่วนผสม ทำให้ราคาของคอนกรีตหรือปูนฉาบหรือปูนก่อกอถูกลง เพราะทรายเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายทั่วไป และราคาถูก (พงศ์พันธ์ วรสุนโรสม. 2535 : 78)

ตาราง 12 ขนาดของทรายในลักษณะงานต่างๆ

ทราย	ขนาด (มม.)	ที่ใช้งาน
ละเอียด	0.5 – 1.5	ปูนฉาบ
ปานกลาง	1 – 3	ปูนก่อ
หยาบ	2 – 4.5	คอนกรีต

ที่มา : อรรถนธ์ ปรากฏพิทยากร. 2531 : 250

ตาราง 13 อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุผสมละเอียดต่อวัสดุผสมหยาบ

ขนาดใหญ่สุดของวัสดุผสมหยาบ	อัตราส่วนของวัสดุผสมละเอียดต่อวัสดุผสมหยาบ		
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
3/8 นิ้ว	หินเกร็ด	0.55	0.70
3/4 นิ้ว	หิน 1	0.40	0.60
1 นิ้ว หรือมากกว่า	หิน 2	0.30	0.50

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2541 : 87

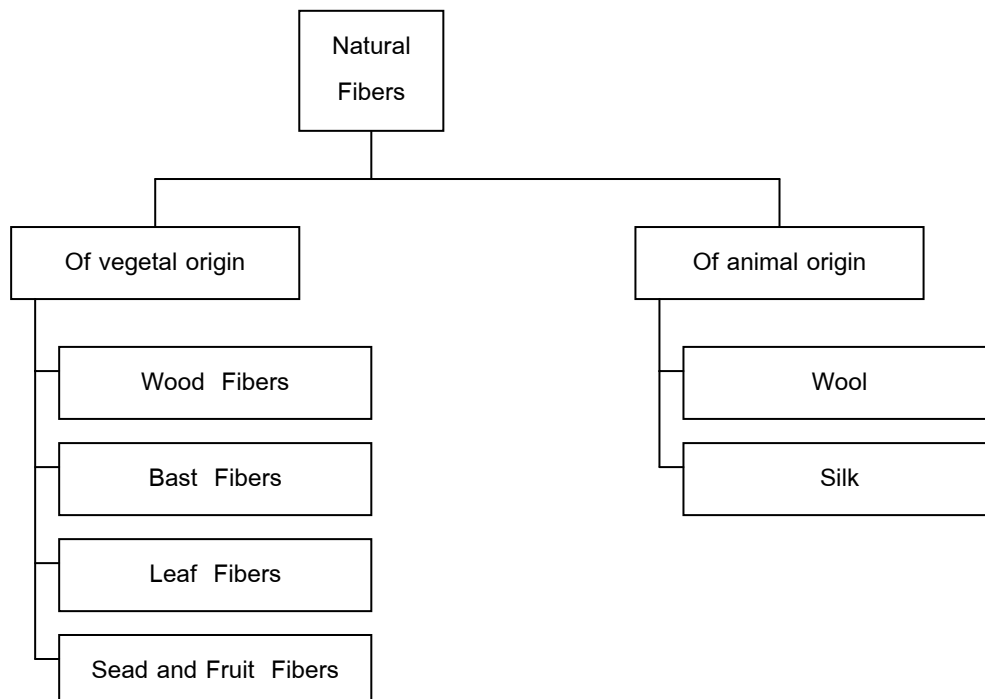
3.3 วัสดุเส้นใย

เส้นใยธรรมชาติมีปริมาณมากมายเกือบทุกที่บนโลก ถ้าสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ก็จะก่อให้เกิดแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญ เส้นใยธรรมชาติสามารถจำแนกไปได้หลายกลุ่ม ดังภาพประกอบที่ 9 สมบัติที่น่าสนใจของเส้นใยธรรมชาตินั้นก็คือ มีค่าความแข็งแรง (Tensile Strength) และ ความยืดหยุ่นสูง (Elastic Modulus) ส่งผลให้วัสดุก่อสร้างที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบมีความคงทน (พิชัย นามประกอบ และคณะ. 2545 : 8)

3.3.1 สมบัติทางกลและทางกายภาพของเส้นใยธรรมชาติ

โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติมีองค์ประกอบ คือ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกอบต่างๆ เช่น ส่วนที่ละลายน้ำได้และไข (Wax) เป็นต้น

3.3.1.1 เซลลูโลส (Cellulose) เป็นพอลิเมอร์ของพืชธรรมชาติที่มากที่สุดในโลกและพบโดยทั่วไปในธรรมชาติ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืชทุกชนิด ปริมาณของเซลลูโลสในพืชต่างชนิดกันมีปริมาณไม่เท่ากัน เซลลูโลสเป็นสารประกอบพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharides) เชิงเส้นตรงที่ประกอบด้วยกลูโคส (Glucose) เป็นหน่วยซ้ำๆ กัน มีสูตรโมเลกุลทั่วไปคือ $(C_6H_{12}O_5)_n$ เซลลูโลสธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่างกัน เซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลถึง 3 หมู่จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสจึงมีมาก ประกอบกับการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบของหน่วยที่ซ้ำๆ กันในโมเลกุล ทำให้เซลลูโลสมีองศาความเป็นผลึกสูง (Degree of Crystallinity) คือมีค่าประมาณร้อยละ 60 – 80 ทำให้อุณหภูมิกการหลอมตัวสูงมาก มักจะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิลหลอมตัว และมีความสามารถในการละลายต่ำ ทนต่อตัวทำละลาย และสารเคมี ความหนาแน่นของเซลลูโลสประมาณ 1.5 g/cm^3 ความหนาแน่นของเส้นใยเดี่ยวมีค่าไม่แน่นอนจะแปรตามแหล่งที่มา การดูดความชื้นมีการดูดและคายไอน้ำและของเหลวอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศรอบๆ จนกระทั่งถึงสมดุล ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติบางอย่าง เช่น เมื่อเส้นใยฝ้ายมีความชื้นสูงขึ้น จะทำให้ความแข็งแรงตึงมีค่าเพิ่มขึ้นการละลาย และความหนืดไม่ละลายน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะละลายในกรดแก่เข้มข้น เช่น กรดซัลฟูริกร้อยละ 72 กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 40 ในสารละลายกรดแก่ที่อุณหภูมิห้องเซลลูโลสจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส อย่างรวดเร็วและปฏิกิริยาจะหยุดที่อุณหภูมิต่ำ สารละลายเกลือเข้มข้นบางชนิด เช่น ซิงค์คลอไรด์ร้อยละ 72 และสารละลายอัลคาไลด์ไฮดรอกไซด์ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงบวมตัว ส่วนเซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำละลายได้ ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซลลูโลสและอนุพันธ์ โดยที่ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น



ภาพประกอบที่ 9 การจำแนกกลุ่มของเส้นใยธรรมชาติ

3.3.1.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นพอลิแซคคาไรด์คล้ายกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสพบรวมกับเซลลูโลสและลิกนิน เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ สูตรทางเคมีของเฮมิเซลลูโลสคือ $(C_6H_{12}O_5)_{2n}$ โดยประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด เช่น กลูโคส (Glucose) กาแลกโตส (Galactose) แมนโนส (Mannose) ไซโลส (Xylose) อะราบิโนส (Arabinose) รวมทั้งกรดคูโรนิก (Glucuronic acid) และการแลกทูโรนิก (Galacturonic acid)

3.3.1.3 ลิกนิน (Lignin) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเชิงซ้อนของพอลิเมอร์ ซึ่งจะมีทั้งอะลิฟาติก (Aliphatic) และอะโรมาติก (Aromatic) เป็นองค์ประกอบ ทำให้ลิกนินไม่ละลายน้ำและมีความแข็งแรงสูง ลิกนินยังช่วยยึดเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นพืชที่มีปริมาณลิกนินมากจะมีความแข็งแรง (A.K.Bledzki and J.Gassan. 1999 : 221-274)

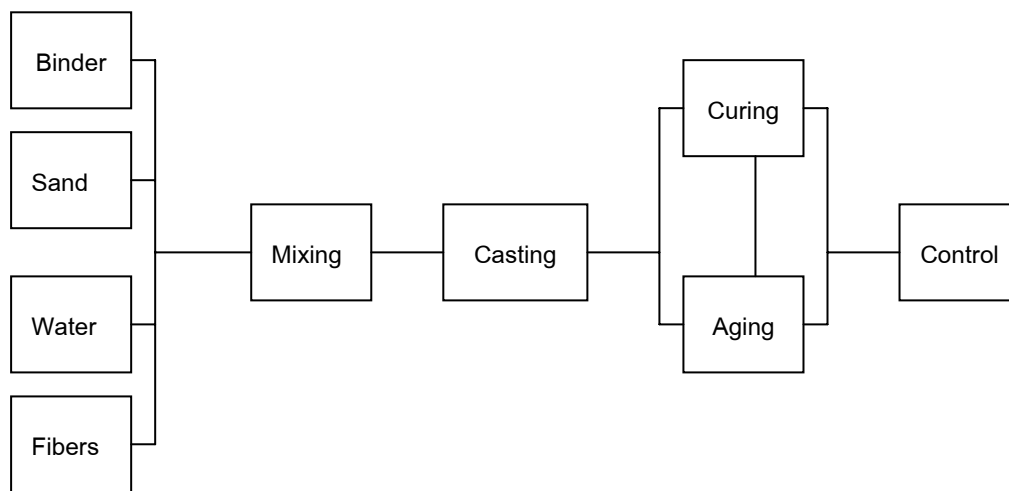
ตาราง 14 สมบัติของเส้นใยธรรมชาติ

Types of fibers	Wood	Bamboo		Coir fibers	Bagasse fibers	Plam fibers	Sugar fiber	Jute	Sisal	
	fibers	Pulp	fibers							
Continuous/ Discrete	Discrete	Discrete	Discrete	Cont.	Discrete	Discrete	Discrete	Cont.	Cont.	Cont.
Orientation	random	Random	Random	Random	Random	Random	Random	Random	Random	Random
Matrix	cement	cement	Cement	Cement	Cement	Cement	Cement	Cement	Cement	Cement
Length(mm)	40	38-51	2.7	-	37.5	26	-	50-300	180-800	50-150
Average Diameter (mm)	-	0.316	0.0275	0.196	0.241	0.240	0.2-0.6	0.2-0.4	0.1-0.2	0.2-0.3
Specific Gravity Water	1.494	1.52	1.53	1.33	1.37	1.25	1.55	300-400	120-140	90-160
Absorption (%)	141.59	-	-	66.0	67.0	78.5	155.0	70-75	25-40	60-70
Moisture Content	20.03	-	-	-	-	12.1	5.0	-	-	-
Ult. Tensile Strength (MPa)	19.95	442.4	1244.1	71.7	56.0	196.4	251.4	250-350	350-500	280-370
Mod. Of Elasticity (Gpa)	5.66	37.96	125.66	2.04	1.97	16.90	2.0	26-32	33-40	13-26
Bond strength (Mpa)	-	1.96	0.98	-	-	0.84	-	-	-	-

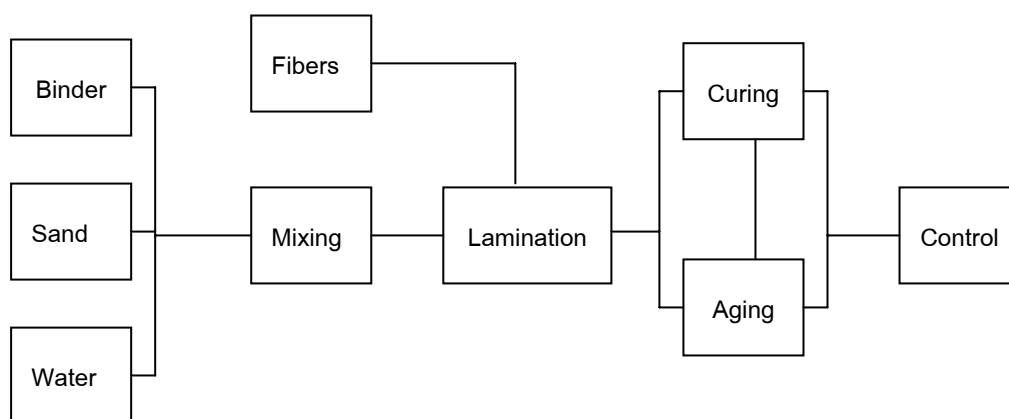
ที่มา : Sera, E.E, Robies-Austria co, L. and Pama, R.P. 1990

3.3.2 เทคโนโลยีการผลิตวัสดุก่อสร้างที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบ

วัสดุก่อสร้างที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบนั้น เส้นใยธรรมชาติจะช่วยให้การกระจายความเค้น และช่วยปรับปรุง microcracking การนำเส้นใยธรรมชาติมาเป็นส่วนประกอบในวัสดุก่อสร้างสามารถนำมาใช้ได้ 2 วิธี ได้แก่เส้นใยธรรมชาติที่นำมาใช้โดยไม่ตัด นำมาวางเป็นชั้นๆ ระหว่างมอร์ต้า และเส้นใยธรรมชาติที่มีการตัดแล้วมาผสมกับมอร์ต้า เส้นใยธรรมชาติจะช่วยปรับปรุง Impact Flexural และ Tensile แต่ถ้าวัสดุก่อสร้างมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านความชื้นและอุณหภูมิ จะส่งผลทำให้เส้นใยธรรมชาติถูกทำลาย และมีผลให้คุณสมบัติทางกลของวัสดุมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้วัสดุก่อสร้างที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบแตกหักได้ (พิชัย นามประกอบ และคณะ. 2545 : 9)



เส้นใยที่ตัด



เส้นใยยาว

ภาพประกอบที่ 10 กระบวนการผลิตวัสดุก่อสร้างที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบ

3.3.3 เส้นใยมะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชยืนต้นชนิดหนึ่งที่มีอายุยืนยาวนานกว่า 80 ปี จัดเป็นพืชที่อยู่ในตระกูลปาล์มเป็นที่รู้จักกันมาหลายร้อยปีแล้ว แต่ถึงกระนั้นก็ตามยังไม่มีใครสามารถที่จะยืนยันถึงถิ่นกำเนิดที่แท้จริงของมะพร้าวได้ เท่าที่ได้มีการศึกษาและค้นคว้าโดยอาศัยภูมิศาสตร์และสภาพสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เป็นเครื่องประกอบการพิจารณา ซึ่งพอที่จะยืนยันได้ว่า มะพร้าวมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อน มะพร้าวจะขึ้นอยู่หนาแน่นในระหว่างเส้นรุ้งที่ 23 เหนือและใต้ เช่นตามหมู่เกาะต่างๆ ในมหาสมุทรอินเดียตอนใต้ของพม่าและไทย และตามหมู่เกาะต่างๆ เป็นต้น มะพร้าวสามารถเจริญเติบโตได้ในสถานที่ๆ มีความสูงประมาณ 900 เมตรลงมา จนถึงระดับน้ำทะเล เป็นที่ปรากฏอย่างแน่ชัดว่ามะพร้าวชอบขึ้นตามฝั่งทะเล ดังจะเห็นได้จากตามหมู่เกาะต่างๆ แถบชายฝั่งทะเลโดยทั่วไปในเขตร้อนมักจะมีมะพร้าวขึ้นอยู่หนาแน่น มะพร้าวเป็นพืชที่ให้ประโยชน์มากที่สุด คือผล เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวขยายพันธุ์ได้โดยวิธีเดียว คือ ทางผล เป็นพืชที่ปราศจากรากแก้วมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Coco nucifers* , Linn โดยภาคกลางและภาคใต้มีเนื้อที่ปลูกมะพร้าวถึง 1,277,000 ไร่ หรือเท่ากับร้อยละ 82.7 ของพื้นที่ทั้งหมด เส้นใยมะพร้าวมีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่าง คือ แข็งแรง คงทนต่อน้ำ มีความเหนียวยืดหยุ่นได้ราวร้อยละ 25 และสปริงดี ซึ่งในเส้นใยมะพร้าวมีปริมาณลิกนิน (Lignin) และ เซลลูโลส (Cellulose) สูง ส่งผลให้เส้นใยมีความแข็งแรงและเหนียว ดังตาราง 15

เส้นใยมะพร้าวแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

เส้นใยาวหรือเส้นใยแข็ง มีลักษณะเป็นเส้นตรง ยาวเท่ากัน จะได้ประมาณร้อยละ 10 เหมาะสำหรับทำเชือก แปรงผูกพื้น ไม้กวาด พรม เป็นต้น

เส้นใยสั้นหรือเส้นใยอ่อน จะได้ประมาณร้อยละ 20 เหมาะสำหรับใช้ทำเบาะที่นอน และหมอนสำหรับคานเรือ

เศษเสี้ยว ประมาณร้อยละ 70 ใช้ทำแผ่นไม้อัดสำเร็จรูปพื้น ทำฝาผนัง โดยที่ฝากาบของมะพร้าว 1,000 ผล จะได้เส้นใยาวและเส้นใยสั้นรวมกันประมาณ 100 – 300 กก. (กล้วยพล เกตุเหล็ก และคนอื่น.2545 : 4 - 5)

ตาราง 15 ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยมะพร้าว

Chemical composition	Unit (%)
Water solubles	5.25
Pectin and related compound	3.00
Hemi – Cellulose	0.25
Lignin	45.84
Cellulose	43.44
Ash	2.22

ที่มา : (<http://www.hayleysexport.com/whatis.htm>)

3.4 น้ำ

หน้าที่หลักของน้ำที่ใช้สำหรับผสมคอนกรีต มีดังต่อไปนี้คือ

ทำให้ปูนซีเมนต์และวัสดุผสมมีความชื้น และส่วนผสมของคอนกรีตมีความชื้นเพียงพอที่จะตกต่อการเท และการเขย่าให้เข้าแบบตามต้องการ

ทำให้วัสดุผสมอันได้แก่ หินย่อยหรือกรวดและทรายที่แห้งให้เปียก เพื่อให้ปูนซีเมนต์เกาะยึดโดยรอบและสามารถแข็งตัวได้ อันจะเป็นผลทำให้วัสดุผสมเหล่านี้ยึดติดแน่นเข้าด้วยกัน

ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ ทำให้คุณสมบัติจับตัวเกาะแน่นกับวัสดุผสม อันจะเป็นผลทำให้วัสดุผสมเหล่านี้เกาะตัวเป็นก้อนวัสดุที่แข็งแรง

เนื่องจากน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญต่องานปูน – คอนกรีต ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น น้ำที่จะนำมาใช้ผสมคอนกรีตจึงควรเป็นน้ำที่สะอาด ปราศจากน้ำมัน เกลือ กรด ต่าง หรือสารอินทรีย์อื่น ๆ จะต้องเป็นน้ำที่ใสโดยมีความขุ่นได้ไม่เกิน 2,000 ส่วนต่อล้าน ดังนั้นน้ำที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ผสมคอนกรีตก็คือน้ำประปาหรือน้ำสะอาดจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

ตาราง 16 แสดงกำลังของคอนกรีตที่ลดลงอันเนื่องมาจากซัลเฟตที่ปะปนอยู่กับน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต

ปริมาณของซัลเฟตในน้ำ ร้อยละ	กำลังของคอนกรีตที่ลดลง ร้อยละ
0.5	4
1.0	10

น้ำสำหรับบ่มคอนกรีต

สำหรับน้ำที่ใช้บ่มคอนกรีตก็เช่นกัน จะต้องเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากฝุ่น น้ำตาล ฟอสเฟต บอเรท กรดแทนนิก และสารอินทรีย์อื่น ๆ ปะปนอยู่ เพราะสิ่งเหล่านี้จะมีผลทำให้คอนกรีตแข็งตัวช้าลงหรือการเกิดกำลังลดลงได้ นอกจากนั้นยังอาจจะทำให้เกิดรอยเปื้อน และสีบนผิวของคอนกรีตที่ไม่พึงประสงค์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกลือของแร่เหล็กและกรดแทนนิก ซึ่งทำให้เกิดรอยเปื้อนและสีที่ล้างออกค่อนข้างยากและถ้าใช้น้ำที่มีสารเหล่านี้ปะปนอยู่บ่มคอนกรีตนาน ๆ น้ำที่มีส่วนผสมของสารดังกล่าวก็จะซึ่งเข้าไปในเนื้อคอนกรีต ทำให้เหล็กเสริมเกิดสนิมได้ด้วย นอกจากนั้นยังไม่ควรนำน้ำที่มีกลิ่นรุนแรงและไม่พึงประสงค์มาใช้บ่มคอนกรีต เพราะจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ใกล้ชิด น้ำที่เหมาะสมต่อการใช้ผสมคอนกรีต อาจไม่เหมาะต่อการนำมาใช้บ่มคอนกรีตก็ได้

น้ำสำหรับล้างวัสดุผสม

สำหรับน้ำที่ใช้ล้างวัสดุผสมนั้น ความสะอาดอาจจะเป็นรองจากน้ำที่ใช้สำหรับผสมคอนกรีต และน้ำที่ใช้สำหรับบ่มคอนกรีตก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามก็ควรจะเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากฝุ่น เกลือ และสารอินทรีย์

อื่น ๆ ปะปนอยู่เช่นกัน เพราะสิ่งเหล่านี้จะไปเคลือบอยู่บนผิวของวัสดุผสม ซึ่งจะเป็นผลทำให้คอนกรีตแข็งตัวช้าลงหรือการเกิดกำลังลดลงได้เช่นกัน นอกจากนี้ก็ยังมีผลทำให้เนื้อคอนกรีตผุกร่อน และเหล็กเสริมในเนื้อคอนกรีตเป็นสนิมได้ง่ายอีกด้วย (ประณต กุลประสูตร. 2541 : 38 - 39)

4. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

4.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 - 2533

4.1.1 ขนาดและความคลาดเคลื่อน

4.1.1.1 ความหนาของเปลือกต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร

4.1.1.2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักให้มีค่าความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร

4.1.2 ลักษณะทั่วไป

4.1.2.1 คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียหายหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอันใดในการยอมรับ

4.1.2.2 คอนกรีตไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูน

4.1.2.3 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสังเคราะห์หนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตรเป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ

4.1.3 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อน ต้องเป็นไปตามตาราง 17 (มอก. 58 - 2533 : 11 - 12)

4.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 109 - 2517

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อสร้างซึ่งทำด้วยคอนกรีตมาตรฐาน

4.2.1 เครื่องมือ เครื่องมือกดต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีรับรองเครื่องกดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

4.2.2 ภาวะการทดสอบ

4.2.2.1 หลังจากได้ส่งตัวอย่างถึงห้องทดสอบ ให้เก็บตัวอย่างอยู่ในสภาพอากาศปกติของห้องทดสอบ และให้ทำการทดสอบตัวอย่างเต็มก่อน จำนวน 5 ก้อน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง

ตาราง 17 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ความต้านทานแรงอัดต่ำสุดเมกะพาสคัล (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	
คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	
2.5	2.0

ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 58 – 2533

4.2.2.2 ก้อนที่ทำให้มีขนาด รูปร่างหรือกำลังผิดปกติ อาจเลื้อยออกเป็นชั้นๆ แล้วนำบางชั้นหรือทุกชั้นมาทดสอบโดยใช้วิธีเดียวกับที่กล่าวในการทดสอบเดิมก่อน กำลังของก้อนเดิมให้คำนวณจากผลเฉลี่ยกำลังของชั้นต่างๆ

4.2.3 วิธีทดสอบ

4.2.3.1 ตำแหน่งทดสอบ จะต้องทำการทดสอบก้อนตัวอย่างโดยให้ศูนย์เนื้อที่ของผิวซารทั้งสองหน้าอยู่ในแนวตั้งกับศูนย์แรงกดจากแท่นธารในป่าทรงกลมของเครื่องกด นอกจากการทดสอบก้อนซึ่งมีลักษณะพิเศษที่ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูอยู่ตามแนวระดับแล้ว การทดสอบคอนกรีตบล็อกจะต้องทดสอบโดยให้ตั้งอยู่ในแนวตั้งสำหรับก้อนวัสดุก่อซึ่งตันร้อยละ 100 และก้อนกลวงซึ่งมีลักษณะพิเศษ ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูอยู่ตามแนวระดับ อาจทำการทดสอบตามลักษณะการใช้งาน

4.2.3.2 ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ บรรทุกน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักสูงสุดที่คาดว่าจะทดสอบด้วยอัตราเร็วตามสะดวก หลังจากนั้นจะต้องคุมเครื่องทดสอบโดยปรับให้หัวกดเคลื่อนที่ในอัตราสม่ำเสมอ จนทำให้น้ำหนักบรรทุกส่วนที่เหลือ บรรทุกได้ในเวลาไม่เร็วกว่า 1 นาที แต่ไม่เกิน 2 นาที

4.2.4 วิธีคำนวณและการรายงานผล

4.2.4.1 กำลังต้านทานแรงอัดของก้อนวัสดุก่อคอนกรีต คำนวณได้จากแรงสูงสุดกิโลกรัมหารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน วัดเป็นตารางเซนติเมตร พื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน หมายถึงพื้นที่รวมของภาคตัดในแนวตั้งฉากกับทิศทางของน้ำหนักบรรทุก โดยรวมพื้นที่ภายในช่องว่างทั้งหมดรวมทั้งส่วนที่เว้าออกนอกจากเนื้อที่ส่วนนี้ เมื่อก่อตัวแล้วส่วนของก้อนที่ก่อกันจะสอดเข้ามาจนเต็ม

4.2.4.2 การรายงานผล ให้รายงานผลการทดสอบละเอียดถึง 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับการทดสอบแต่ละก้อน และผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อน (มอก. 109 - 2517)

5. ฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation)

วัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานทุกอาคารใช้ฉนวนกันความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ฉนวนกันความร้อนมีสมบัติในการสกัดกั้นการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไป

ยังอีกด้านหนึ่ง ในการใช้งานอาจใช้รักษาความร้อนและความเย็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของฉนวนและลักษณะการใช้งานฉนวนนั้นๆ เช่นฉนวนกันความร้อนในอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งตลอดจนการขนส่งอาหารต้องใช้ฉนวนในการรักษาความเย็นของห้องบรรจุอาหาร สำหรับอุณหภูมิอากาศ สิ่งก่อสร้าง อาจทำหน้าที่หลายๆ อย่างเช่น ป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง ป้องกันไฟ สภาวะภูมิอากาศของประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อากาศนอกมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นเพื่อให้ภายในอาคารการใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับประเทศไทยจึงมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามายังภายในอาคารเป็นสำคัญ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2533 : 7-30) กระบวนการถ่ายเทความร้อนไหลผ่าน (Heat Transfer) ระหว่างวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกัน สำหรับวัสดุอาคารที่สัมผัสกับอุณหภูมิ อากาศภายนอกและรังสีอาทิตย์นั้น ผิวสัมผัสด้านนอกจะดูดซับความร้อนไว้ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าพื้นผิวที่อยู่ใกล้เคียงและอุณหภูมิของอากาศภายนอก จึงเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศภายนอกและพื้นผิวสัมผัสของวัสดุอาคารด้านนอก พลังงานความร้อนบางส่วนจึงเกิดการสูญเสียให้แก่อากาศภายนอก โดยเกิดการพา (Convection) และพื้นผิวรอบๆ ข้างด้วยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) และขณะเดียวกันพลังงานความร้อนบางส่วนจะถ่ายเทให้กับผิวสัมผัสที่อยู่ติดกันที่อุณหภูมิต่ำกว่าโดยการนำ (Conductivity) ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทไปในแต่ละทิศทางนั้น ขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนและมวลของวัสดุอาคาร อุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีความร้อน จากดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน จะส่งผลให้อุณหภูมิด้านนอกของวัสดุอาคารร้อน และเกิดความไม่คงที่ของการถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้าง จากกระบวนการนี้จึงทำให้เกิดฉนวนชนิดต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนและค่าความจุความร้อนของวัสดุอาคารนั้นคือ การสร้างความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนแบบ Periodic ที่ผ่านวัสดุอาคารนั้นคือ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการนำความร้อนของสิ่งแวดล้อมและโครงสร้างภายในวัสดุอาคาร (ตระการ ก้าวกลิกรรม. 2537 : 6-18) กลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนมวลสารเกิดขึ้นได้โดยช่องเล็กๆ ที่อยู่ภายในวัสดุ และลักษณะเป็นโพรงอากาศ ที่ทำหน้าที่ต้านทานการไหล (Flow) ของอากาศหรือก๊าซทำให้มีความร้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่จะสามารถถ่ายเทผ่านจากด้านหนึ่งของวัสดุไปยังอีกด้านหนึ่งโดยกระบวนการพาความร้อนได้ เมื่อพิจารณากระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารที่นำมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนเป็นสัดส่วนกับความพรุน (Porosity) (มนตรี ยิ่งเจริญ. 2537 : 94) ค่าหนึ่งของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนใดๆ นั้นสภาพการนำความร้อนปรากฏ (Apparent Thermal Conductivity) ที่เกิดขึ้นจะลดลง เนื่องจากการพาความร้อนโดยอากาศ ภายในฉนวนกับความร้อนนั้นลดลง เพราะการลดขนาดของช่องอากาศระหว่างเซลล์ของเส้นใย ที่ทำให้อากาศภายในฉนวนกับความร้อนหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จนมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดี ถึงแม้ว่าภายในเซลล์บางส่วนจะเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยแต่ละเส้นใยภายในฉนวนนั้นก็ตาม เมื่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มมากขึ้น (เส้นใยแต่ละเส้นชิดกัน) การแผ่รังสีตามทิศทางเคลื่อนที่ของความร้อนจะลดลงเนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เส้นใยติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อความหนาแน่นของวัสดุหรือฉนวนกันความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยสู่เส้นใยและผิวสัมผัสจะลดลงทำให้สภาพการนำความร้อนปรากฏลดลงไปด้วยจนกระทั่งเส้นใยหรือเซลล์เชื่อมต่อกันเป็นเนื้อเดียวกัน จะเกิดการนำความร้อนภายในวัสดุจนถึงจุดที่การแผ่รังสีความร้อนลดลงมีค่าน้อยกว่าการนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น (จากผลของการเพิ่มความหนาแน่นของวัสดุที่ทำให้เส้นใยชิดกันมากขึ้น) สภาพการนำความร้อนปรากฏจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้มวลสารนั้น จะมีค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ผลิตฉนวนกันความร้อนแต่ละประเภทเหมาะสมค่าหนึ่งเท่านั้น ฉนวนกันความร้อนที่ดีควรเป็นฉนวนที่มีค่าสภาพการนำความร้อนปรากฏรวมต่ำที่สุด

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติชัย บัลลังก์ทรัพย์, วีรพงษ์ ทองพูล, และ สุทธิ สร้อยคำ. (2541 : 50) ผลการวิจัยพบว่า คอนกรีตผสมกบมะพร้าวซึ่งจะใช้กบมะพร้าวเป็นวัสดุผสมแทนหิน เพื่อต้องการให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาขึ้นและสามารถรับน้ำหนัก หากทำการผสมกบมะพร้าวในปริมาณมากจะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงมากตามสัดส่วนปริมาณของกบมะพร้าว ดังนั้นเราสามารถกำหนดกำลังของคอนกรีตผสมกบมะพร้าวได้ โดยการกำหนดปริมาณกบมะพร้าวที่ใช้ในการผสมแทนที่หิน และสามารถกำหนดหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมกบมะพร้าวได้ตามที่ต้องการ

ยุคนธร พันธุ์จับสิงห์. (2539 : 79) ผลการวิจัยพบว่า คอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักจากวัตถุทับ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และซีเมนต์ไม้อลูมินา คือสูตร 4 เพราะเป็นสูตรที่ใช้อัตราส่วนผสมของซีเมนต์ไม้อลูมินามากกว่าสูตรที่ได้ตามมาตรฐานอื่น ซึ่งทำให้คอนกรีตบล็อกมีน้ำหนักเบา และใช้ปูนซีเมนต์น้อยกว่าส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า

ปริญญา จินดาประเสริฐ, สุรเชษฐ์ มั่งมีศรี และ ชีระพงษ์ แก้วคง. (2541 : 12 - 13) ได้วิจัยพบว่า ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีค่าเท่ากับ 3.12 และของเถ้าลอย FA I , FA II , FA III และ FA IV มีค่าเท่ากับ 2.10, 2.30, 2.45 และ 2.60 ซึ่งเถ้าลอยที่ละเอียดมีความถ่วงจำเพาะสูงเพราะอนุภาคของเถ้าลอยใหญ่บางอนุภาคเป็นรูปกลวง ความละเอียดของปูนซีเมนต์มีค่าเท่ากับ 3360 ซม.² / กรัม และของเถ้าลอยมีค่าเท่ากับ 2540, 3930, 4650 และ 17160 ซม.² / กรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเครื่องแยกขนาดโดยใช้แรงลมสามารถแยกขนาดของเถ้าลอยอย่างมีประสิทธิภาพ เถ้าลอยทำให้ความชื้นเหลือปกติของเพสต์ลดลง เนื่องจากเถ้าลอยมีรูปร่างทรงกลมจึงทำให้เพสต์ลื่นไหลได้ดี ระยะเวลาการก่อตัวระยะต้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เถ้าลอยอยู่ในช่วงร้อยละ 0 - 40 แต่เมื่อใช้เถ้าลอยมากกว่าร้อยละ 40 ขึ้นไประยะเวลาการก่อตัวระยะต้นจะเริ่มลดลง สำหรับการก่อตัวระยะปลายจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้าลอย แต่เมื่อใช้เถ้าลอยที่มีความละเอียดสูงและปริมาณการแทนที่ร้อยละ 60 เวลาการก่อตัวระยะปลายมีแนวโน้มชะลอการเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าเถ้าลอยมีผลต่อการก่อตัวปลายมากกว่าการก่อตัวระยะต้น เถ้าลอยทำให้ความต้องการน้ำของมอร์ตาร์ลดลง แต่เมื่อเถ้าลอยมีความละเอียดสูงจะเพิ่มความต้องการน้ำ การพัฒนากำลังรับแรงอัดระยะต้นของมอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยมีค่าลดลงตามปริมาณเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น เพราะปฏิกิริยาปอซโซลานไม่เกิดในระยะต้น ประกอบกับการแทนที่เถ้าลอยในปูนซีเมนต์จะทำให้ปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ลดลง แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปนานขึ้นการพัฒนากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยจะดีขึ้นเพราะปฏิกิริยาปอซโซลาน การผสมเถ้าลอยพอเหมาะในช่วงร้อยละ 0 - 40 ทำให้ปฏิกิริยาปอซโซลานที่เกิดขึ้นสามารถชดเชยปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ที่ถูกแทนที่ตลอดจนเมื่อใช้เถ้าลอยที่มีความละเอียดสูงจะทำให้การเกิดปฏิกิริยาเชื่อมประสานเพิ่มขึ้นและทำให้กำลังรับแรงอัดระยะปลายสูงขึ้นมาก การเพิ่มปริมาณและความละเอียดของเถ้าลอยจะทำให้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยสามารถต้านทานการกัดกร่อนของกรดซัลฟูริกได้เพิ่มขึ้น การคายน้ำของมอร์ตาร์ลดลงเมื่อปริมาณเถ้าลอยเพิ่มขึ้นและเมื่อใช้เถ้าลอยที่มีความละเอียดสูงจะทำให้การคายน้ำของมอร์ตาร์ลดลงอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเถ้าลอยที่ละเอียดสามารถอุ้มน้ำได้มาก การผสมเถ้าลอยแทนที่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จะทำให้การหดตัวเมื่อตากแห้งลดลงการหดตัวเมื่อตากแห้งที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 เกิดจากการสูญเสียน้ำในโพรงคาปิลารี และการสูญเสียน้ำหนักจะลดลงเมื่อใช้เถ้าลอยที่มีความละเอียดสูง ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าลอยที่มีความละเอียดสูงจะลดโพรงคาปิลารีทำให้โครงสร้างของเจลแน่นขึ้น

เบญจมาศ บุญดำ. (2542 : 68) ผลการวิจัยพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของการศึกษาอัตราส่วนอิฐดินซีเมนต์ โดยใช้ดินลูกรัง เถ้าแกลบ และปูนซีเมนต์ ด้านการรับแรงอัด การดูดซึมน้ำ และความคงทนต่อการสึกกร่อนของอิฐดินซีเมนต์ โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 77 - 2517 มีความสามารถในการเป็นไปตามมาตรฐาน และยังมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าท้องตลาด

ภัทรจิตรา รัตตชู, รณภพ ประพฤติเกษม และ วุฒิ นิยมทรัพย์. (2543 : 46 - 47) ผลการวิจัยพบว่า ค่าการดูดซึมน้ำจะแปรผันตามปริมาณซีเมนต์ แต่ค่าการรับกำลังของคอนกรีตบล็อกจะแปรผกผันกับปริมาณซีเมนต์ ยกเว้นที่ผสมซีเมนต์ลงไปร้อยละ 5 จะมีค่ากำลังของคอนกรีตบล็อกมากกว่าเล็กน้อย กล่าวคือถ้ายังใช้ปริมาณซีเมนต์มาก ความสามารถในการรับน้ำหนักได้ของคอนกรีตบล็อกยิ่งลดลง โดยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกก็จะลดลงตามไปด้วย แต่จะทำให้คอนกรีตบล็อกนั้นดูดซึมน้ำมากขึ้น เพราะฉะนั้นเมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อกธรรมดา คอนกรีตบล็อกผสมซีเมนต์จะมีการดูดซึมน้ำที่มากกว่า แต่จะรับกำลังได้น้อยกว่า (ยกเว้นที่ผสมซีเมนต์ลงไปร้อยละ 5) จากการทดลองนี้ได้ใช้ซีเมนต์ร้อยละ 5, 10, 15, และ 20 พบว่าปริมาณซีเมนต์แทนที่ทรายร้อยละ 5 ลดน้ำหนักคอนกรีตบล็อกลงได้ประมาณร้อยละ 4.5 ของคอนกรีตบล็อกธรรมดา ปริมาณซีเมนต์แทนที่ทรายร้อยละ 10 ลดน้ำหนักคอนกรีตบล็อกลงได้ประมาณร้อยละ 9.5 ของคอนกรีตบล็อกธรรมดา ปริมาณซีเมนต์แทนที่ทรายร้อยละ 15 ลดน้ำหนักคอนกรีตบล็อกลงได้ประมาณร้อยละ 11 ของคอนกรีตบล็อกธรรมดา ปริมาณซีเมนต์แทนที่ทรายร้อยละ 20 ลดน้ำหนักคอนกรีตบล็อกลงได้ประมาณร้อยละ 15 ของคอนกรีตบล็อกธรรมดา ความเหมาะสมทั้งในด้านกำลัง การลดน้ำหนัก และค่าการดูดซึมน้ำโดยการใช้ซีเมนต์แทนที่ทรายร้อยละ 10 ในการผสมคอนกรีต มีแนวโน้มที่จะสามารถพัฒนาเพื่อใช้ทำเป็นคอนกรีตบล็อกผสมซีเมนต์ เพื่อใช้ในงานก่อผนังมากที่สุด เนื่องจากสามารถลดน้ำหนักได้ถึงร้อยละ 9.5 ของน้ำหนักคอนกรีตบล็อกธรรมดา และมีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าคอนกรีตแบบธรรมดาเพียงร้อยละ 4 อีกทั้งในด้านารรับแรงอัดยังสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 57 - 2530 ซึ่งกำหนดว่าค่าการรับแรงอัดสำหรับคอนกรีตบล็อกแบบกลวง ให้รับน้ำหนักบรรทุกและรับน้ำหนักตัวเองได้ไม่น้อยกว่า 70 ksc. ดังนั้นจึงเลือกที่จะใช้ซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 10 แทนที่ทรายในการผลิตคอนกรีตบล็อกผสมซีเมนต์ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจคือ ได้คอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติในมาตรฐาน มอก. 57 - 2530 มีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตบล็อกแบบธรรมดาอยู่ 0.72 กิโลกรัม / ก้อน แต่ในการผลิตคอนกรีตบล็อกเพื่อใช้ในการก่อสร้างจริง อาจเสียเวลาในการเตรียมซีเมนต์ทำให้ได้วัสดุก่อสร้างล่าช้า ดังนั้นหากสิ่งก่อสร้างนั้นๆ มิได้เจาะจงว่าจะต้องลดน้ำหนักขององค์อาคารให้ได้ จึงไม่มีความจำเป็นจะต้องใช้คอนกรีตบล็อกผสมซีเมนต์ในงานก่อสร้างจริง

นิรุท สุขสมเขตร. (2540 : 74) ได้วิจัยคอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าวเป็นการนำเส้นใยมะพร้าวมาใช้เป็นวัสดุผสมในเนื้อคอนกรีต พบว่าอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งเส้นใยมะพร้าวเมื่อนำมาเป็นวัสดุผสมสามารถเพิ่มแรงดึงและแรงยึดเหนี่ยวภายในเนื้อคอนกรีตได้ หน่วยน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตทั่วไป แต่มีการยุบตัวเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

บุรฉัตร ฉัตรวีระ. (2544 : 98) ได้วิจัยคุณสมบัติเบื้องต้นของเถ้าฟางข้าว พบว่าความสามารถในการดูดซึมน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ดัชนีกำลังจะมีค่าลดลง จากการทดลองสอบคุณสมบัติทางกลของเถ้าฟางข้าว พบว่าค่าความชื้นเหลือปกติจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุผง โดยความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ $V_w / (V_{rsa} + V_{cement}) = 0.00022Sur_{eq} + 0.11$ ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าฟางข้าวจะลดลง ในขณะที่ระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายมีค่าเพิ่มขึ้น จากคุณสมบัติด้านความทนเบื้องต้น ปรากฏว่าค่าการขยายตัวในน้ำ และค่าการหดแบบแห้งจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการแทนที่เถ้าฟางข้าวในปูนซีเมนต์ คุณสมบัติทางกลพบว่าร้อยละการแทนที่เถ้าฟางข้าวในปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมคือ 40

ศิวกร สุขลังการ. (2546 : 80 - 81) การวิจัยพบว่าคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเถ้าแกลบ โดยจะทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) แต่ไม่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของอังกฤษ BS 2028 โดยเปรียบเทียบค่าทั่วไปของกำลังอัดสำหรับคอนกรีตบล็อกมวลรวมน้ำหนักเบาอัดแน่นบางส่วนเมื่ออายุ 28 วัน ในสูตรที่ 13 พบว่ามีค่าเฉลี่ย 1.60 เมกะพาสคัล หรือ 16.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานอังกฤษ BS 2028 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 14 – 15 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

Shokry, Hatzinikolas, and Zmave. (1992 : 57 - 64) จากผลการวิจัยเพื่อทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบา ราคาถูก พบว่า ฝุ่นละเอียด (fine sawdust) และชิ้นไม้เล็กๆ (notch particles) ของไม้สนชนิดหนึ่ง (white spruce) สามารถทดแทนมวลน้ำหนักเบา (lightweight aggregate) ในการทำคอนกรีตบล็อกได้ถึงร้อยละ 50 โดยราคาต่อก่อนถูกกว่าคอนกรีตบล็อกที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาด

กล่าวโดยสรุป ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย ต้องการที่จะศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยได้คำนึงถึงองค์ประกอบที่ได้จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าว สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วัสดุดังนี้ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่ง ทราย และเส้นใยมะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักขนาด $70 \times 190 \times 390$ มิลลิเมตร โดยเริ่มอัตราส่วนผสมตามวิธีการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักจากเถ้าแกลบของกรมวิทยาศาสตร์บริการ คือการใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย เท่ากับ 1 : 3 โดยน้ำหนัก ซึ่งจะกำหนดปริมาณมวลรวมแต่ละแตกต่างกันประมาณร้อยละ 3 และในการทดลองสูตรที่ 12 ได้ใช้หลักการทดลองผลิตวัสดุก่อสร้างและการทดสอบการใช้งานกรมวิทยาศาสตร์บริการ ว่าอัตราส่วนทรายในงานคอนกรีตที่ได้แรงกดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ประมาณร้อยละ 40 ของวัสดุแต่ละ (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2529 : 3)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การดำเนินการศึกษา ทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ในงานโครงสร้าง จากวัสดุที่นำมาผสมกันระหว่าง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เส้นใยมะพร้าว ทราย และน้ำ การทดลองครั้งนี้ได้กำหนดรายละเอียดตามขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง
2. วัสดุผสมที่ใช้ในการทดลอง
3. ลำดับขั้นในการทดลอง
4. วิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ประชากร

ได้แก่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ได้จากการผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เส้นใยมะพร้าว และทราย

กลุ่มตัวอย่าง

ได้แก่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ได้จากการผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยจะผลิตคอนกรีตบล็อกขนาด $70 \times 190 \times 390$ มิลลิเมตร จำนวน 300 ก้อน โดยมีอัตราส่วนที่จะใช้ในการทดสอบโดยเส้นใยมะพร้าวมาผสมใช้งานในงานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3 ของน้ำหนักทราย จำนวน 12 สูตร ดังตาราง 18

2. วัสดุผสมที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุผสมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย

1. ปูนซีเมนต์ ในการทดลองครั้งนี้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แบบธรรมดาประเภทที่ 1 ตราช้าง บรรจุถุงขนาด 50 กิโลกรัม

2. เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว

3. ทราย

4. น้ำใช้หน้าประปาที่มีใช้ตามบ้านทั่วไป

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง (Balance) วัดได้ละเอียดถึง 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของชวงน้ำหนักที่ต้องการชั่ง

2. เครื่องอัดบล็อกคอนกรีตแบบไฮดรอลิก

3. นาฬิกาจับเวลา

4. เวอร์เนียร์แคลิเปอร์

5. เครื่องอัดคอนกรีตบล็อก

6. กระบอกตวง

7. เครื่องผสมคอนกรีต

8. ถังน้ำ
9. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด เทอร์โมมิเตอร์
10. อ่างสำหรับแช่คอนกรีต
11. เครื่อง Hot Plate
12. ถังมือยาง
13. ถังพลาสติก
14. ปลั๊ก
15. จอบ
16. เครื่องมือทดสอบกำลังอัด (universal testing machine)

ตาราง 18 อัตราส่วนผสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

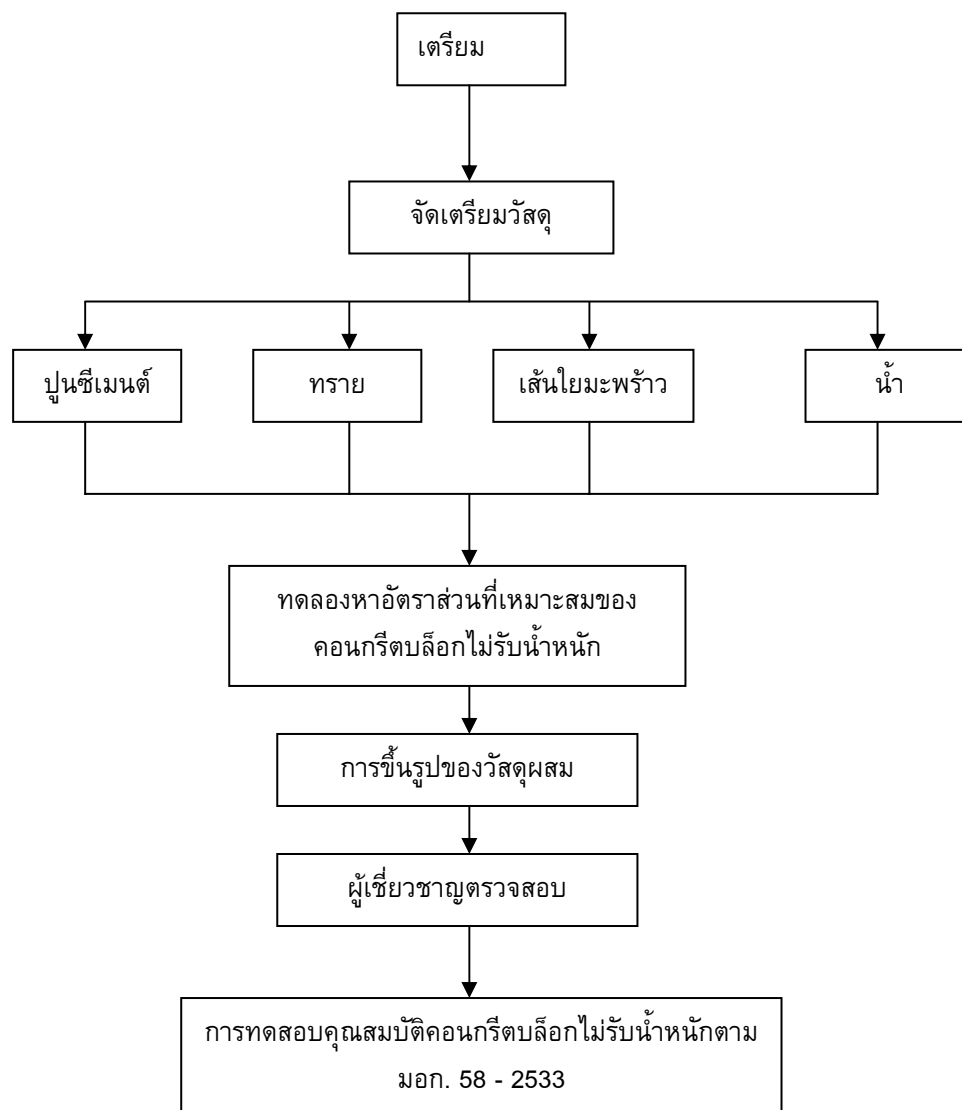
ส่วนผสมทั้งหมด (ร้อยละของน้ำหนักมวลรวม)				
สูตร	ปูนซีเมนต์	ทราย	เส้นใยมะพร้าว	มวลรวมทั้งหมด
1	25	72.75	2.25	100
2	25	70.50	4.50	100
3	25	68.28	6.75	100
4	25	66.00	9.00	100
5	25	63.75	11.25	100
6	25	57.00	18.00	100
7	25	54.75	20.25	100
8	25	52.50	22.50	100
9	25	50.25	24.75	100
10	25	48.00	27.00	100
11	25	45.75	29.25	100
12	25	43.50	31.50	100

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2529 : 3

3. ลำดับขั้นในการทดลอง

- ขั้นที่ 1. การเตรียมข้อมูล
- ขั้นที่ 2. จัดเตรียมวัสดุในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
- ขั้นที่ 3. ทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
- ขั้นที่ 4. การขึ้นรูปของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
- ขั้นที่ 5. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ
- ขั้นที่ 6. การทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตาม มอก. 58 - 2533

ขั้นตอนในการทดลอง



ภาพประกอบ 11 ลำดับขั้นตอนการทดลองคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

ขั้นที่ 1. การเตรียมข้อมูล

1.1 ศึกษาแหล่งข้อมูลจากตำรา วารสาร บทความ รายงานวิจัย วิทยานิพนธ์ และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาเป็นส่วนผสมในการทำวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อก

1.2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

1.2.2 ทราย

1.2.3 เส้นใยมะพร้าว เป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติมีคุณสมบัติแข็งแรงและเหนียว

ขั้นที่ 2. ทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว มีลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1 การจัดเตรียมวัสดุทำการทดลองผสมอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักจำนวน 12 สูตรดังตาราง 18 ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวจะส่วนผสมของผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยจะผลิตคอนกรีตบล็อกขนาด $70 \times 190 \times 390$ มิลลิเมตร จำนวน 300 ก้อน โดยมีอัตราส่วนที่จะใช้ในการทดสอบโดยเส้นใยมะพร้าวมาผสมใช้งานในงานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3 ของน้ำหนักทราย มีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่หนึ่ง ทรายล้าง

2.2.2 นำทราย มาล้างทำความสะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง เก็บใส่ภาชนะเตรียมการผสม

2.2.3 นำเปลือกมะพร้าวแห้งมาทำการสับ และทำให้มีขนาดเล็กลงอีกด้วยการการบดด้วยเครื่องบด และนำเส้นใยมะพร้าวขนาดที่ต้องการมาเก็บ เพื่อใช้เป็นวัสดุเติมในการทดลองต่อไป

ขั้นที่ 3. การขึ้นรูปของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

3.1 ชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายตามสูตรผสม แล้วผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึงด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

3.2 นำเส้นใยมะพร้าวที่เตรียมไว้ผสมใส่ลงในเครื่องผสมคอนกรีต โดยใช้เส้นใยมะพร้าว ไปตามอัตราส่วนที่ออกแบบไว้ใน ตาราง 18 คลุกเคล้าให้เข้ากัน โดยยังไม่ใส่น้ำประมาณ 1 – 2 นาที หรือดูว่าวัสดุภายในเครื่องผสมคอนกรีตคลุกเคล้ากันดีจนเป็นสีปูนซีเมนต์

3.3 ใส่น้ำสะอาดตามอัตราส่วนที่กำหนดลงในเครื่องผสมคอนกรีต และทำการผสมลงไปประมาณ 1 – 2 นาที แล้วจึงนำเทลงในภาชนะที่เตรียมไว้

3.4 ใช้สายพานลำเลียงส่วนผสมทั้งหมดที่ทำการผสมเสร็จแล้ว เพื่อลำเลียงสู่กะบะใส่คอนกรีต (คอนกรีตเมื่อผสมเสร็จต้องใช้งานภายใน 30 นาที) เพื่อทำการบ่อนส่วนผสมทั้งหมดลงแม่พิมพ์ โดยผ่านทางรางเลื่อน ชูตเขย่าจะทำหน้าที่เขย่าให้ส่วนผสมทั้งหมดอัดตัวลงในแม่พิมพ์

3.5 อัดคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก

3.6 ทำการถอดแบบหล่อออก โดยคอนกรีตบล็อกจะต้องทำเครื่องหมายไว้ทุกก้อนของแต่ละสูตรอัตราส่วนผสม ดังตาราง 18 โดยแต่ละสูตรจะผลิตคอนกรีตบล็อกจำนวน 25 ก้อน แล้วคอนกรีตบล็อกที่ได้ไปทำการบ่มตามระยะเวลาที่กำหนด (โดยคอนกรีตบล็อกที่จะบ่มจะต้องเขียนหมายเลขระบุไว้ด้วย)

ขั้นที่ 5. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ มีขั้นตอนการตรวจสอบดังต่อไปนี้ (มอก. 58 - 2533)

ลักษณะทั่วไป

1. คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการยอมรับ

2. คอนกรีตไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูน

3. คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสังเคราะห์หนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ

ขั้นที่ 6. การทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตาม มอก. 58 – 2533

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก เพื่อตรวจสอบความต้านทานแรงอัด และความเป็นฉนวนกันความร้อน ดังนี้

6.1 จะต้องทำการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ทั้งค่าเฉลี่ยของบล็อกคอนกรีต เมื่ออายุ 28 วัน จำนวนครั้งละ 5 ก้อนและค่าความต้านทานแรงอัดแต่ละก้อน

6.1.1 วิธีทดสอบ

6.1.1.1 ตำแหน่งทดสอบ จะต้องทำการทดสอบก่อนตัวอย่างโดยให้ศูนย์เนื้อที่ของผิวซารทั้งสองหน้าอยู่ในแนวตั้งกับศูนย์แรงกดจากแท่นธรานในป่าทรงกลมของเครื่องกด นอกจากการทดสอบก่อนซึ่งมีลักษณะพิเศษที่ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูอยู่ตามแนวระดับแล้ว การทดสอบคอนกรีตบล็อกจะต้องทดสอบโดยให้ตั้งอยู่ในแนวตั้งสำหรับก้อนวัสดุก่อซึ่งตันร้อยละ 100 และก้อนกลวงซึ่งมีลักษณะพิเศษ ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูอยู่ตามแนวระดับ อาจทำการทดสอบตามลักษณะการใช้งาน

6.1.1.2 ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ บรรทุกน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักสูงสุดที่คาดว่าจะทดสอบด้วยอัตราเร็วตามสะดวก หลังจากนั้นจะต้องคุมเครื่องทดสอบโดยปรับให้หัวกดเคลื่อนที่ในอัตราสม่ำเสมอ จนทำให้น้ำหนักบรรทุกส่วนที่เหลือ บรรทุกได้ในเวลาไม่เร็วกว่า 1 นาที แต่ไม่เกิน 2 นาที

6.1.2 วิธีคำนวณและการรายงานผล

6.1.2.1 กำลังต้านทานแรงอัดของก้อนวัสดุก่อคอนกรีต คำนวณได้จากแรงสูงสุดกิโลกรัมหารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน วัดเป็นตารางเซนติเมตร พื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน หมายถึงพื้นที่รวมของภาคตัดในแนวตั้งฉากกับทิศทางของน้ำหนักบรรทุก โดยรวมพื้นที่ภายในช่องว่างทั้งหมดรวมทั้งส่วนที่เว้าออกนอกจากเนื้อที่ส่วนนี้ เมื่อก่อตัวแล้วส่วนของก้อนที่ก่อชิดกันจะสอดเข้ามาจนเต็ม

6.1.2.2 การรายงานผล ให้รายงานผลการทดสอบละเอียดถึง 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

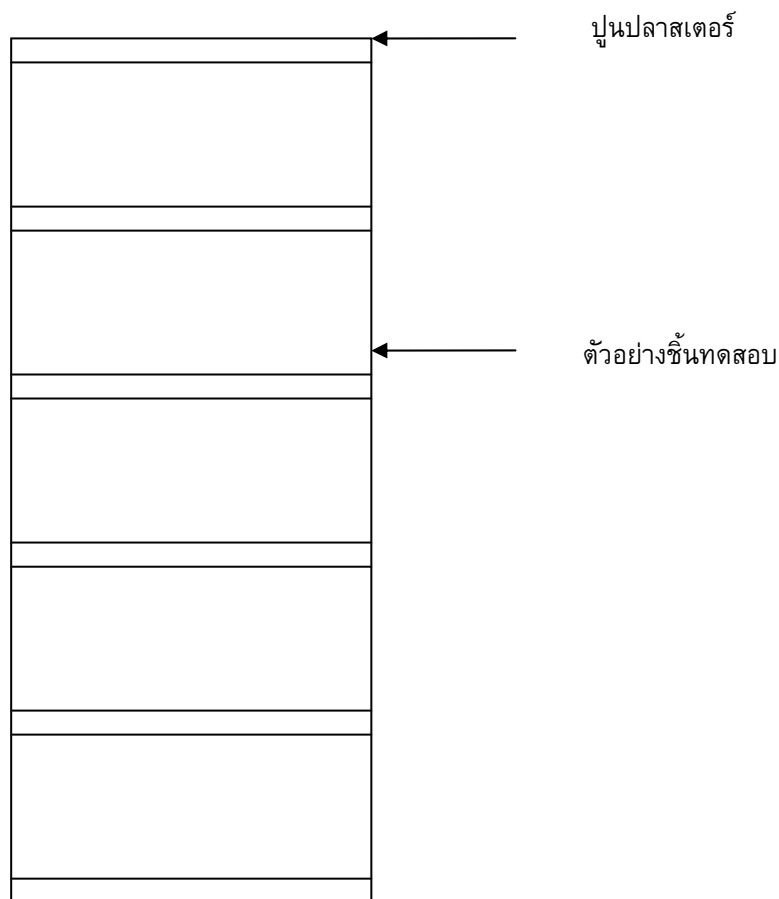
6.1.3 วิธีการทดสอบกำลังรับแรงอัด

6.1.3.1 นำตัวอย่างคอนกรีตบล็อกจำนวน 15 ก้อน โดยแบ่งการทดสอบเป็น 3 ครั้งๆ ละ 5 ก้อนแล้วจึงหาค่าเฉลี่ยของทั้งหมดเป็นเกณฑ์ ซึ่งค่ากำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ยนี้ต้องมีไม่น้อยกว่าร้อยละ 30

6.1.3.2 นำก้อนคอนกรีตบล็อกที่จะทำการทดสอบแช่น้ำให้เปียกชุ่ม

6.1.3.3 นำคอนกรีตบล็อกมาผสมปูนปลาสเตอร์เพื่อเป็นมอร์ต้า ใช้ก่อตัวอย่างคอนกรีตบล็อกเป็นแผง ตกแต่งผิวให้เรียบร้อย ดังภาพประกอบ 10 วัดขนาดพื้นที่รับแรงอัดอย่างละเอียด

6.1.3.4 ทำแผงคอนกรีตบล็อกวางบนที่รองรับ กำหนดระยะห่าง 7 เซนติเมตร เริ่มให้น้ำหนักกดในอัตราสม่ำเสมอ โดยกำหนดให้ไม่เกิน 1,000 กิโลกรัมต่อนาที หรืออัตราหวักดไม่เกิน 0.05 นิ้วต่อนาที จนกระทั่งขึ้นทดสอบวิบัติ อ่านค่ากำลังที่ทำให้ขึ้นทดสอบวิบัติ บันทึกค่าเพื่อนำไปทำการคำนวณ



ภาพประกอบ 12 การก่อตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบ

ที่มา : อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. 2545 : 155

6.1.4 วิธีการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ (Absorption Test)

6.1.4.1 คัดเลือกคอนกรีตบล็อกจากแหล่งเดียวกับการทำการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด โดยคัดเลือกคอนกรีตบล็อกจำนวน 5 ก้อน โดยพยายามไม่ให้ชิ้นทดสอบได้รับความชื้นนอกจากความชื้นในอากาศ

6.1.4.2 ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบแต่ละก้อน ซึ่งถือว่าเป็นน้ำหนักอิฐแห้ง (Dry Weight) บันทึกค่า

6.1.4.3 แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาด ให้ผิวน้ำท่วมชิ้นทดสอบจนมิดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้อิฐอิ่มตัว

6.1.4.4 หลังจากแช่งน้ำขึ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นทดสอบขึ้นจากน้ำแล้วเช็ดให้ผิวของขึ้นทดสอบปราศจากน้ำ

6.1.4.5 ชั่งน้ำหนักขึ้นทดสอบจากข้อ 4 ซึ่งถือว่าเป็นน้ำหนักอิฐเปียก (Wet Weight) บันทึกค่าโดยการชั่งนี้ต้องกระทำในเวลา 5 นาที หลังจากนำขึ้นจากน้ำ ทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดการสูญเสียความชื้นแก่อากาศ นำค่าที่ได้ไปคำนวณ

6.2 การทดลองการเป็นฉนวนกันความร้อน

การทดสอบการเป็นฉนวนกันความร้อน โดยวิธีการ Steady State (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ศูนย์ทดสอบมาตรฐานวิศวกรรม) ซึ่งเป็นการทดสอบโดยการหาระยะเวลาอ้อมตัวของอุณหภูมิสะสมของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบทั้งหมด โดยพิจารณาอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 5 นาที และเริ่มจับเวลาที่อุณหภูมิห้อง

6.2.1 เตรียมเครื่องมือที่จะใช้ทดสอบ ได้แก่ เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด เทอร์โบมิเตอร์ แทนยัด อุปกรณ์ เครื่อง Hot Plate นาฬิกาจับเวลา

6.2.2 เปิดเครื่อง Hot Plate ตั้งอุณหภูมิเครื่องไว้ที่ 200 องศาเซลเซียส นำเครื่องวัดอุณหภูมิไปยึดติดกับแทนอุปกรณ์ให้สูงจากเครื่องมือประมาณ 50 เซนติเมตร ให้อุณหภูมิโดยตลอดโดยตั้งค่าการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิให้สามารถยิงลำแสงมายังจุดที่กระทำการทดสอบได้ และปรับหน่วยของการวัดอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส โดยทำการทดลองในห้องที่สามารถควบคุมได้เต็มที่ตลอดเวลากการทดลอง

6.2.3 เมื่ออุณหภูมิของแผ่น Hot Plate สูงถึง 200 องศาเซลเซียส ให้นำก้อนทดสอบมาวางบนแผ่น Hot Plate โดยให้ลำแสงตกลงบนจุดที่ต้องการทดสอบ แล้วอ่านค่าอุณหภูมิที่วัดได้

6.2.4 เริ่มบันทึกค่าโดยการจับเวลาเริ่มต้นที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งวัดไว้ที่ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งจะอ่านค่าทุกๆ 5 นาที แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิจากการเพิ่มของเวลา

6.2.5 ทำการทดสอบก่อนต่อไปจนครบทุกก้อนที่ต้องการทดสอบ

5. วิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะที่ต้องการด้านลักษณะทั่วไป และความต้านทานแรงอัดใช้สถิติในการหาความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย โดยใช้สูตร

$$b_c = \frac{P}{A}$$

เมื่อ	b_c	แทน ความต้านทานแรงอัด, กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
	P	แทน แรงกดที่ทำให้ขึ้นทดสอบวิบัติ, กิโลกรัม
	A	แทน พื้นที่รับแรงอัด, ตารางเซนติเมตร

5.2 วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ โดยใช้สมการ

$$\% \text{ Absorption} = \left[\frac{W_w + W_d}{W_d} \right]$$

เมื่อ % Absorption แทน ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ

W_w แทน น้ำหนักอิฐเปียก, กรัม

W_d แทน น้ำหนักอิฐแห้ง, กรัม

ตาราง 19 ตารางบันทึกผลการทดสอบแรงอัด

ตารางบันทึกผลการทดสอบ
ชื่อสถานศึกษา.....
การทดสอบกำลังแรงอัดของอิฐ
สถานที่.....ทดสอบโดย.....

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3
แรงอัดที่ทำให้ชิ้นทดสอบวิบัติ, กก. พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, ซม. กำลังต้านทานแรงอัด, กก/ซม ²			
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย bAกก/ซม ²			

ตาราง 20 ตารางบันทึกผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตารางบันทึกผลการทดสอบ
ชื่อสถานศึกษา.....
การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ
สถานที่.....ทดสอบโดย.....

ชั้นทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ การดูดซึมน้ำ
1			
2			
3			
4			
5			

ที่มา : อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. 2545 : 156 - 157

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักตามกระบวนการที่กำหนดไว้ โดยใช้เครื่องมืออัดคอนกรีตบล็อกแบบไฮโดรลิคขนาดของคอนกรีตบล็อก คือ 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร จากวัสดุที่นำมาผสมกันระหว่าง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายเส้นใยมะพร้าว และน้ำ ตามสูตรการทดลองจำนวน 12 สูตร โดยการทดสอบและตรวจสอบวิธีการเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (มอก. 58 - 2533) และคุณสมบัติจนวนความร้อน

การวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราย เส้นใยมะพร้าว และน้ำ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 - 2533 และคุณสมบัติจนวนความร้อน

จากผลการทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสมและทำการทดสอบ เมื่อคอนกรีตบล็อกมีอายุ 28 วัน ตามวิธีการของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และคุณสมบัติจนวนความร้อน ปรากฏผลการวิเคราะห์ ตามตาราง 21

ตาราง 21 วิเคราะห์ผลคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีผลระหว่างปูนซีเมนต์แลนด์ ทราายและเส้นใยมะพร้าว

สูตร	ค่าเฉลี่ย			ความต้านทานแรงอัด					ค่าเฉลี่ย (5 ก้อน)	ค่าการดูดซึม	ค่าการต้านทานความชื้น	
	ความหนาของแกน ≥ 12	ความหนา 70 ± 2 มม.	ความสูง 190 ± 2 มม.	ความยาว 390 ± 2 มม.	1	2	3	4	5	เมกะพาสคัล	ร้อยละ (30 นาที)	
1	14.2	69.1	189.6	389.6	2.78	2.76	2.71	2.57	2.65	2.35	8.54	56
2	14.1	69.4	189.8	389.4	2.75	2.72	2.64	2.64	2.74	2.30	9.77	54
3	14.4	69.2	189.8	389.6	2.72	2.69	2.68	2.73	2.74	2.27	10.15	59
4	14.4	69.4	189.4	389.4	2.79	2.74	2.75	2.77	2.74	2.44	11.22	54
5	14.1	69.6	189.9	389.9	2.78	2.71	2.76	2.77	2.76	2.39	12.25	52
6	14.6	69.8	188.6	388.6	2.77	2.87	2.86	2.72	2.80	2.61	12.79	49
7	14.1	69.6	189.4	389.2	2.79	2.78	2.77	2.74	2.71	2.59	14.10	47
8	14.6	69.8	189.8	389.6	2.86	2.91	2.88	2.89	2.90	2.65	14.99	46
9	14.2	69.4	189.6	389.8	2.80	2.75	2.77	2.78	2.77	2.48	16.03	48
10	14.6	69.6	189.4	389.2	2.77	2.81	2.72	2.79	2.75	2.38	17.84	49
11	14.2	69.4	189.6	389.4	2.79	2.78	2.81	2.75	2.79	2.39	23.01	53
12	14.1	69.1	189.8	389.2	2.72	2.69	2.73	2.72	2.71	2.27	27.21	61

จากตาราง 21 สามารถวิเคราะห์ขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป ความต้านทาน แรงอัด ค่าการดูดซึมน้ำ และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน ของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราาย และเส้นใยมะพร้าว เมื่อคอนกรีตบล็อกมีอายุครบ 28 วัน ซึ่งความต้านทานแรงอัดมีเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุดแต่ละก้อน 2.0 เมกะพาสคัล และเฉลี่ยการก้องคอนกรีตบล็อกจำนวน 5 ก้อน 2.5 เมกะพาสคัล และค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตต้องไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ (มอก. 58 - 2533) โดยมีสูตรอัตราส่วนผสมที่ทำการทดสอบก้อนคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดแบบไฮโดรลิคจำนวน 12 สูตรอัตราส่วนผสมได้ดังนี้

สูตรที่ 1 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 75.25 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 2.25

สูตรที่ 2 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 70.50 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 4.50

สูตรที่ 3 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 68.28 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 6.75

สูตรที่ 4 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 66.00 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 9.00

สูตรที่ 5 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 63.75 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 11.25

สูตรที่ 6 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 57.00 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 18.00

สูตรที่ 7 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 54.75 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 20.25

สูตรที่ 8 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 52.50 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 22.50

สูตรที่ 9 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 50.25 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 24.75

สูตรที่ 10 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 48.00 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 27.00

สูตรที่ 11 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 45.75 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 29.25

สูตรที่ 12 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทราयर้อยละ 43.50 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 31.50

จากผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราาย และเส้นใยมะพร้าว จากตาราง 21 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราาย และเส้นใยมะพร้าว

ขนาดของคอนกรีตด้านความหนา มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 70 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สูตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ขนาดของคอนกรีตด้านความกว้าง มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 190 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สุตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ขนาดของคอนกรีตด้านความยาว มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 390 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สุตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ความหนาของแกน มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 12 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สุตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ความแข็งแรง มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักก่อนต้องแข็งแรงปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อก ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจทั้ง 12 สุตรผ่านเกณฑ์การตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

ความเหมาะสมในการจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่ง เกณฑ์มาตรฐานกำหนดคือ คอนกรีตบล็อกต้องมีผิวหน้าหยาบพอ ควรแก่การจับยึดของปูนฉาบและปูนแต่งจับยึดได้ดี ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจโดยทั้ง 12 สุตรผ่านเกณฑ์การตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

2. ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว

ความต้านทานแรงอัด ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเมื่อก่อนคอนกรีตบล็อกมีอายุ 28 วัน ซึ่งความต้านทานแรงอัดมีเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุดแต่ละก้อน 2.0 เมกะพาสคัล และเฉลี่ยจากก้อนคอนกรีตบล็อกจำนวน 5 ก้อน 2.5 เมกะพาสคัล ได้ดังนี้

สูตรที่ 1 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.78, 2.76, 2.71, 2.57, 2.65 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.35 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 2 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.75, 2.72, 2.64, 2.64, 2.74 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.30 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 3 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.72, 2.69, 2.68, 2.73, 2.74 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.27 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 4 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.79, 2.74, 2.75, 2.77, 2.75 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.44 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 5 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.78, 2.71, 2.76, 2.77, 2.76 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.39 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 6 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.77, 2.87, 2.86, 2.72, 2.80 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.61 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 7 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.79, 2.78, 2.77, 2.74, 2.71 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.59 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 8 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.86, 2.91, 2.88, 2.89, 2.90 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.65 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 9 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.80, 2.75, 2.77, 2.78, 2.77 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.48 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 10 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.77, 2.81, 2.72, 2.79, 2.75 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.38 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 11 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.79, 2.78, 2.81, 2.75, 2.79 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.39 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 12 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.72, 2.69, 2.73, 2.72, 2.71 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.27 เมกะพาสคัล

3. ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยมีเกณฑ์มาตรฐานของคอนกรีตบล็อกตาม มอก. 58 – 2533 ในกรณีนี้ถือว่ารุนแรงที่สุด ต่อการหดตัวของคอนกรีตบล็อก ต้องมีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทราย และเส้นใยมะพร้าว จำนวน 12 สูตร ผลปรากฏว่า สูตรที่ 1 – 11 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ส่วนสูตรที่ 12 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้

สูตรที่ 1	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	8.54
สูตรที่ 2	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	9.77
สูตรที่ 3	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	10.15
สูตรที่ 4	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	11.22
สูตรที่ 5	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	12.25
สูตรที่ 6	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	12.79
สูตรที่ 7	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	14.10
สูตรที่ 8	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	14.99
สูตรที่ 9	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	16.03
สูตรที่ 10	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	17.84
สูตรที่ 11	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	23.01
สูตรที่ 12	มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ	27.21

4. การเป็นฉนวนความร้อนของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว

จากการทดสอบคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยทำการเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาดภายในระยะเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลา 30 นาที ผลการทดสอบปรากฏว่าคอนกรีตทั่วไปที่มีค่าการไหลผ่านของความร้อนน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวทั้ง 12 สูตร โดยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวที่มีค่าการไหลผ่านความร้อนน้อย คือ 8, 7, 9, 10 และ 6 ตามลำดับ คือ 46, 47, 48, 49, และ 49 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ผลการตรวจสอบ ขนาดของเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป ค่าความต้านทานแรงอัด และค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว เมื่อมีอายุ 28 วัน พบว่า มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป ค่าความต้านทานแรงอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดสูตร 1 – 12 และ ค่าการดูดซึมน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือสูตรที่ 1 – 11 ส่วนสูตรที่ 12 มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 โดยคุณสมบัติความเป็นฉนวนความร้อนยังมีค่าการนำความร้อนสูงเมื่อเทียบเคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว ได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสูตรอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำวัสดุผสม สำหรับทำคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ด้านคุณลักษณะทั่วไปและความต้านทานแรงอัด ค่าการดูดซึมน้ำ โดยการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และศึกษาด้านการเป็นฉนวนกันความร้อน

ประชากร

ในการศึกษาครั้งนี้ตัวแปรต้นคือ สูตรส่วนผสมของวัสดุซึ่งประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว จำนวน 12 สูตร อัตราส่วนผสมดังตาราง 18 แต่ละอัตราส่วนผสมจะผลิตก้อนคอนกรีตบล็อกขนาด 70 x190 x 390 มิลลิเมตร จำนวน 25 ก้อน รวมทั้งหมด 300 ก้อน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ดังนั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องชั่ง (Balance) วัดได้ละเอียดถึง 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของชั่งน้ำหนักที่ต้องการชั่ง นาฬิกาจับเวลา ถังน้ำ เเวอร์เนีย เคลิปเปอร์ (Vernier calipers) เครื่องอัดคอนกรีตแบบบล็อกไฮดรอลิก กระบอกตวง เครื่องผสมคอนกรีต เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอิมฟาเรด เครื่องมือทดสอบกำลังอัด เทอร์โมมิเตอร์ อ่างสำหรับแช่คอนกรีต เครื่อง Hot Plate เครื่องมือทดสอบกำลังอัด แบบบันทึกผล และแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ

การดำเนินการวิจัย

- การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อก มีขั้นตอนดังนี้
1. เตรียมวัสดุที่ใช้สำหรับการทดลอง คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายหยาบ และเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการบดละเอียด
 2. ชั่งน้ำหนักเส้นใยมะพร้าวตามสูตร
 3. ชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทรายตามสูตรการทดลอง
 4. นำส่วนผสมทั้งหมดตามสูตร อัตราส่วนที่กำหนดไว้โดยแต่ละสูตร โดยแต่ละสูตรจะทำการผลิตก้อนคอนกรีตบล็อกขนาด 70 X 190 X 390 มิลลิเมตร จำนวน 25 ก้อน

5. ลำเลียงส่วนผสมทั้งหมดผสมเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมคอนกรีตเป็นถังหมุนผสมคอนกรีตและเติมน้ำตามสูตรทดลองให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากัน
6. ลำเลียงส่วนผสมที่ผ่านการผสมจนเข้ากันนำไปอัดด้วยเครื่องคอนกรีตไฮดรอลิก
7. ถอดพิมพ์นำคอนกรีตบล็อกที่รับการอัดขึ้นรูปเสร็จมาพักเพื่อรอการเซตตัว ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบลักษณะของคอนกรีตบล็อกที่ได้แล้ว ทำการติดหมายเลขตามลำดับสูตรที่ทำการทดสอบแล้วนำไปบ่มประมาณ 28 วัน
8. นำก้อนคอนกรีตบล็อกเข้าห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
9. สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติด้านคุณลักษณะ การรับแรงอัด ค่าการดูดซึมน้ำ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และศึกษาด้านการเป็นฉนวนกันความร้อน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราาย และเส้นใยมะพร้าว ที่ทดสอบตามมาตรฐานของสำนักงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 58-2533) และศึกษาด้านการเป็นฉนวนกันความร้อน ด้วยเครื่องมือทดสอบของโปรแกรมภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ มาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแต่ละอัตราส่วน ในด้านขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป กำลังต้านทานแรงอัด ค่าการดูดซึมน้ำ และการเป็นฉนวนกันความร้อน

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราาย และเส้นใยมะพร้าวด้านขนาดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป ความต้านทานแรงอัด ค่าการดูดซึมน้ำ โดยเทียบเคียงเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 - 2533 และการเป็นฉนวนกันความร้อน

ขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความหนา มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 70 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สูตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความสูง มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 190 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สูตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความยาว มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 390 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สูตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความหนาของแกน มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 12 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สูตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ความแข็งแรง มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักต้องแข็งแรงปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียนอื่นใด อันใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อก ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจ โดยทั้ง 12 สูตรผ่านเกณฑ์การตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

ความเหมาะสมในการฉาบปูนหรือแต่งปูน เกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ คอนกรีตบล็อกต้องมีผิวหน้าหยาบพอ ควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือแต่งปูนจับยึดได้ดี ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจ โดยทั้ง 12 สูตรผ่านเกณฑ์การตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

ความต้านทานแรงอัด แต่ละก้อนและเฉลี่ยจาก 5 ก้อน ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม 58 – 2533 มีจำนวน 3 สูตรคือ สูตรที่ 6, 7, 8 โดยมีสูตร 8 มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด คือ ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1 – 5 มีค่า 2.86, 2.91, 2.88, 2.89, 2.90 เมกะพาสคัล ตามลำดับและค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.65 เมกะพาสคัล

ค่าการดูดซึมน้ำ เกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกต้องไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ (มอก. 58 - 2533) โดยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยมีสูตรการทดลองที่ผ่านเกณฑ์ คือ สูตรที่ 1 – 11 สูตรที่ 12 มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

การเป็นฉนวนกันความร้อน จากการทดสอบคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาด โดยทดสอบในระยะเวลา 30 นาที เมื่อครบระยะเวลา 30 นาที ผลการทดสอบปรากฏว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปมีค่าการไหลผ่านความร้อนน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยสูตรที่มีการไหลผ่านความร้อนน้อยที่สุดใน 12 สูตร คือ สูตร 8 อยู่ที่ 48 องศาเซลเซียส

อภิปรายผล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยจะทำการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) โดยการทำการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 - 2533 และศึกษาด้านการเป็นฉนวนความร้อน ที่โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ เป็นเกณฑ์ในการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก โดยใช้เครื่องอัดบล็อกคอนกรีตแบบไฮดรอลิคของบริษัทเอกชนในการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก และทำการทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และศึกษาด้านการเป็นฉนวนความร้อน

ความหนาแน่นของแกนคอนกรีต โดยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวทั้งหมด 12 สูตร เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 มีลักษณะของเส้นใยมะพร้าวคละกัน และสามารถทำการแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของทราย และปูนซีเมนต์มีปริมาณเพียงพอในการยึดประสานกันกับมวลรวม

ขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความหนา ความสูง และความยาว ทั้งหมด 12 สูตร เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 เพราะเส้นใยมะพร้าวที่บดเป็นลักษณะเล็กและละเอียด เป็นเช่นเดียวกับหินฝุ่นไม่มีการแบ่งเป็นส่วนละเอียดและส่วนหยาบอย่างชัดเจน ทำให้ก้อนคอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติด้านแรงเกาะยึดภายใน การเกาะยึดของปูนซีเมนต์ ความแข็งแรงและความคงขนาดที่ดีเทียบเท่ากับหินฝุ่น ซึ่งเป็นวัสดุผสมของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทั่วไป (ยุคนธร พันธุ์จับสิงห์. 2539 : 81)

ความแข็งแรงและความเหมาะสมในการฉาบปูนหรือแต่งปูน โดยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวทั้งหมด 12 สูตร เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533

ความต้านทานแรงอัด โดยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวทั้งหมด 12 สูตร เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 มีจำนวน 3 สูตร คือ สูตรที่ 6, 7, 8 ทั้งนี้เนื่องจากปูนซีเมนต์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวอัตราส่วนที่พอเหมาะทำให้คอนกรีตบล็อกมีปริมาณโพรงอากาศในคอนกรีตบล็อกน้อย ทำให้คอนกรีตบล็อกแน่น แรงแข็ง เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของอัตราส่วนผสม พบว่าความต้านทานแรงอัดในสูตร 8 มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด คือ ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1 – 5 มีค่า 2.86, 2.91, 2.88, 2.89, 2.90 เมกะพาสคัล ตามลำดับและค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.65 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นสูตรที่มีความเหมาะสมที่สุดในการที่จะนำมาใช้ ซึ่งมีอัตราส่วนของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 52.50 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 22.50 สูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5 พบว่ามีปริมาณทรายในอัตราส่วนผสมมากเกินไป และสูตร 9, 10, 11, 12 มีเส้นใยมะพร้าวมากในอัตราส่วนผสม พบว่า ส่วนผสมแห้งและมีปริมาณปูนซีเมนต์ไม่เพียงพอที่จะเคลือบทรายและเส้นใยมะพร้าวได้ทั้งหมด ทำให้เกิดโพรงอากาศในคอนกรีตบล็อกมากส่งผลทำให้ความต้านทานแรงอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับส่วนผสมของทรายหยาบ มีความสัมพันธ์แบบตามกัน คือ เมื่อความต้านทานแรงอัดมีค่าสูง อัตราส่วนของทรายจะสูงด้วย เพราะเส้นใยมะพร้าวมีขนาดคละกัน ดังนั้นถ้าอัตราส่วนผสมมีทรายมากจะช่วยให้เส้นใยมะพร้าวมีการจัดเรียงกันได้แน่น มีช่องว่างน้อยมีผลให้ความต้านทานแรงอัดมีค่าสูง แต่ให้หากปริมาณมากเกินไป พอว่าปริมาณของคอนกรีตไม่สามารถห่อหุ้มทรายได้หมด อาจมีผลให้ค่าความต้านทานแรงอัดที่ได้ต่ำลง กล่าวคือ ปริมาณน้อยเกินไปจะเกิดช่องว่างระหว่างมวลรวม และถ้าปริมาณทรายมากเกินไปทรายที่เหลือจากการอุดช่องว่างจะกลายเป็นช่องว่างไป (ยุคนธร พันธุ์จบสิงห์. 2539 : 82)

ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว และเส้นใยมะพร้าวมีความสัมพันธ์ตามกัน คือ ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น และค่าการดูดซึมน้ำลดลงเมื่ออัตราส่วนของเส้นใยมะพร้าวลดลง

การเป็นฉนวนกันความร้อน จากการทดสอบคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาด โดยทดสอบในระยะเวลา 30 นาที เมื่อครบระยะเวลา 30 นาที เนื่องจากจากคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมเส้นใยมะพร้าวทำให้เกิดช่องว่างมากกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ทำให้ปริมาณความร้อนทั้งหมดถูกส่งผ่านคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมเส้นใยมะพร้าวทำได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ผลการทดสอบปรากฏว่าคอนกรีตบล็อกไปมีค่าการไหลผ่านความร้อนน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยสูตรที่มีการไหลผ่านความร้อนน้อยที่สุดใน 12 สูตร คือ สูตร 8 อยู่ที่ 48 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาคุณภาพของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ ที่เป็นการเพิ่มเติมจากกระบวนการวิจัยทำได้โดย

1.1 ควรศึกษาผลของคอนกรีตบล็อกเมื่อมีการนำสารเคมีมาผสมเพิ่ม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อก

1.2 ควรเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบคอนกรีตบล็อกต่อไปอีก เพื่อให้ได้ผลการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสมในการจะนำมาใช้งาน

1.3 ควรศึกษาคูสมบัติของคอนกรีตบล็อก เช่น ด้านการต้านทานไฟ ด้านการต้านทานสารเคมี และการสึกกร่อนของคอนกรีตบล็อก เพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้งานก่อสร้าง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

2.1 ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือทิ้งในด้านอุตสาหกรรม หรือจะเป็นด้านเกษตรกรรม และประสิทธิภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

2.2 วัสดุที่เลือกใช้ในการทดสอบเป็นวัสดุผสมควรมีกระบวนการแปรรูปหรือขั้นตอนการเตรียมที่ไม่ใช้ต้นทุนสูงหรือสลับซับซ้อน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2529). **โครงการทดลองผลิตวัสดุก่อสร้างจากเถ้าแกลบ และทดสอบการใช้งาน**. กรุงเทพฯ : กองวิจัยกรมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กองวิจัยและทดลองกรมชลประทานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2517). **คู่มือการทดสอบคอนกรีต**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สหมิตรอุตสาหกรรมการพิมพ์.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2533). **การใช้ฉนวน**. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน
- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2517). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบ วัสดุงานก่อสร้างที่ทำด้วยคอนกรีต**. (มอก. 109 - 2517). กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- (2533). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก**. (มอก. 58 – 2533). กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- กิตติชัย บัลลังก์ทรัพย์, วีรพงษ์ ทองพูล, และ สุทธิ สร้อยคำ. (2541). **คอนกรีตผสมกบมะพร้าว**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- “คอนกรีตเบา.” (2537 มีนาคม). **วารสารเส้นทางก่อสร้าง**. 47(20) : 38 – 41.
- ฉัตรชาย จิตรสายธาร, วลาวัต บินอุมาร์, และ สุรชน ลุนพูน. (2539). **คอนกรีตน้ำหนักเบาโดยวิธีลดสัดส่วนมวลรวมละเอียด**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ชัชวาล เศรษฐบุตร. (2540). **คอนกรีตเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด.
- ณัฐพล เกตุเหล็ก, ธราวพงษ์ พากเพียร และ วีระศักดิ์ มะขามป้อม. (2545). **การศึกษาบล็อกปูพื้น คอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าว**. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- เด่นศักดิ์ แสงพุทธเงินธนะ. (2547). **ไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพีวีซีและเส้นใยธรรมชาติ (ยูคาลิปตัส และหญ้าแฝก)**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ตระการ ก้าวสิกรม. (2537). **คู่มือฉนวนความร้อน**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็นแอนดี
- นิรุช สุขสมเขตร. (2540). **คอนกรีตผสมใยมะพร้าว**. โครงการงานวิศวกรรมชลประทาน. วศ.ม. (วิศวกรรมชลประทาน) กำแพงแสน. นครปฐม : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ คนอื่น ๆ. (2538, เมษายน - กรกฎาคม). **“คอนกรีตผสมซีเมนต์เถ้าแกลบ”**. วารสาร TDO QUARTERLY. 2(3) : 37 – 38.
- (2544, 1 มกราคม - เมษายน). **“คุณสมบัติทางกลของซีเมนต์ผสมเถ้าฟางข้าว”**. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 24(1) : 98.

- บุรินทร์ โมลิวงษ์, พงศ์ศักดิ์ บุญแสงชัย, และ อนุชา สุเพ็ญพร. (2541). **คอนกรีตผสมใยแก้ว**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- เบญจมาศ บุญดำ. (2542). **การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมอิฐดินซีเมนต์ โดยใช้ดินลูกรัง ถ้ำกลบ และปูนซีเมนต์**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัดมหาชน. (2537). **เอกสารเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีสมัยใหญ่**. กรุงเทพฯ.
- ประณต กุณประสูตร. (2541). **เทคนิคงานปูน – คอนกรีต**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พรินติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
- ปริญญา จินดาประเสริฐ, สุราเชษฐ์ มั่งมีศรี และ ชีระพงษ์ แก้วคง. (2541, กรกฎาคม). **“คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมถ่านลอยคัดขนาด,”** วารสารวิจัย มช. 3(2) : 12 – 13.
- ปิยะพงศ์ กีสวัสดิ์คอน และ สิทธิโชค หอมกระจ่าย. (2539). **คอนกรีตเบา**. ภาคนิพนธ์ คศ.ม. (ครุศาสตร์โยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- พงศ์พันธ์ วรสุนทรโรสม. (2535). **วัสดุก่อสร้าง**. กรุงเทพฯ : เอช – เอน การพิมพ์.
- พิชัย นามประกาย, จันจิรา อินทร์จันทร์, และพนันท์ นานคงแนบ. (2545). **การประเมินสมรรถนะของการใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ**. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
- พิภพ สุนทรสมัย. (2543). **ปฏิบัติการและควบคุมงานคอนกรีต**. พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ : บริษัทที่พี. พรินท์ จำกัด.
- ภัทรจิตรา รัตตชู, รณภพ ประพฤติเกษม และ วุฒิ นิยมทรัพย์. (2543). **คอนกรีตบล็อกผสมซีลี้อย**. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- มนตรี ยิงเจริญ. (2537). **การนำความร้อน**. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฟิลิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์.
- ยุคนธร พันธุ์จบสิงห์. (2539). **การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และหินไม่ยู่คาลิปตัส**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- วันชัย สินสวัสดิ์. (2535). **เทคโนโลยีคอนกรีต**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ศิวกร สุขลังการ. (2546). **การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และถ้ำกลบ**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

- สุพรรณณี มีกศุล. (2540). การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของคอนกรีตกำลังสูงที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซีเมนต์แกลบ เถ้าลอยคัตติกไนต์ และสารลดน้ำพิเศษ. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (อดสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. (2545). การทดสอบวัสดุ. กรุงเทพฯ : สยามสปอร์ตซินดิเคท จำกัด.
- อรุณ ชัยเสรี. (2535). คู่มือการตรวจสอบคอนกรีตของสมาคมคอนกรีตอเมริกา. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.
- อรรถน์ ประภาพิตยากร และคนอื่นๆ (2531). ที่สุดของวัสดุช่าง. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พรีนซ์พาย.
- A.K.Sledzki and J. Gassan. (1999). "Composites reinforced with cellulose based fibers". **Pro.Plym.Sci.** 24 : 221 - 274
- Sera, E.E, Robies-Astriaco, L. and Pama, R.P. (1990). "Natural Fibers as Reinforcement". **Journal of Ferrocement** Vol. 20, no.2 : 109 - 124
- Shokry Rashwan, M.M. Hatzinikolas and R. Zmavc. (1992). "Development of a Lightweight, Low – cost Concrete Block Using Wood Residue". **Forest Products Research Society.** 42(5) : 47 – 64.
- www.forest.go.th/VetiverGrass/Project3.htm. (2546).
- www.hayleysexport.com/whatis.htm. (2545).
- web.ku.ac.th/agri/coconut1/coco1.htm. (2546).

ภาคผนวก



แบบรายงานผลการทดสอบคอนกรีต

การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่
ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์

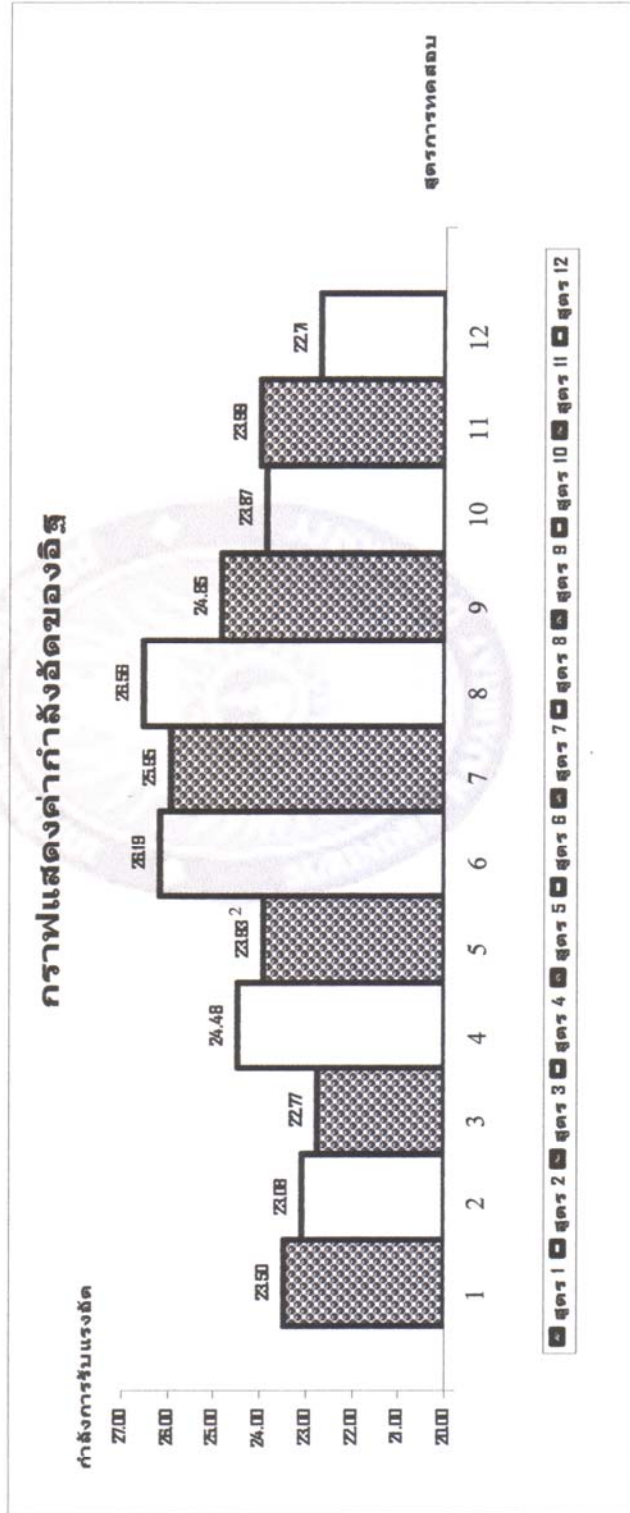
เจ้าของงาน
นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

ทดสอบโดย
นายวัฒน์ จินดาศรี
อาจารย์ผู้ควบคุม
นายวัลลภ โคตรพันธ์

กราฟแสดงค่าสรุปผลการทดสอบค่ากำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ทดสอบโดย ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายวสันต์ จินดาศรี (ปวศ.ก่อสร้าง) นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง นายวัลลภ โคตรพันธ์



ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายชาญชัย ไชยสนาม (วท.บ.เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) 89.86 อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์ K-nalop

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ, Kg.	7600	7550	7420	7020	7250
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด, ksc.	27.84	27.66	27.18	25.71	26.56
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ba = 26.99					

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 1 (25/72.75/2.25) ปูนซีเมนต์/ทราย/เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่	ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์	เจ้าของงาน	นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง		
ทดสอบโดย	นายชาญชัย ไชยสนาม (วท.บ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) <i>kg</i>	อาจารย์ผู้ควบคุม	นายวัลลภ โคตรพันธ์ <i>k. wallop</i>		
ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ, Kg.	7510	7450	7210	7220	7480
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด Ksc.	27.51	27.29	26.41	26.45	27.40
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ba = 27.01					

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 2 (25 / 70.50 / 4.50) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ เจ้าของงาน นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายวสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายवलภ โครพันธ์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ,	Kg.	6,550	6,150
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด,	cm ² .	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด	ksc.	23.99	22.53
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $ba = 23.08$ ksc.			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 2 (25 / 70.50 / 4.50) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว การตั้งค่าเครื่องยูนิเวอร์แซลเทคดิจิตอลเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 50 กิโลกรัม

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsu.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ, Kg.	7430	7350	7320	7460	7480
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด ksc.	27.22	26.92	26.81	27.33	27.40
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $ba = 27.14$					

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายชายชัย ไชยสนาม (วท.บ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์ k.wallop

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 3 (25 / 68.28 / 6.75) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ เข้าของงาน นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายवलภ โครตรพันธ์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ,	Kg.	6,250	6,100
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด,	cm ²	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด	ksc.	22.89	22.34
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $b_a = 22.77$ ksc.			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 3 (25 / 68.28 / 6.75) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว การตั้งค่าเครื่องยูนิเวอร์แซลดีดอลเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 50 กิโลกรัม

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดสอบวิบัติ, Kg.	7620	7480	7520	7580	7480
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด Ksc.	27.91	27.40	27.55	27.77	27.40
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $b_a = 27.60$					

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 4 (25 / 66.00 / 9.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@humsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายวสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายवलภ โครพรรณ์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ,	Kg.	6,600	6,700
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด,	cm ²	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด	ksc.	24.18	24.54
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $ba = 24.48$ ksc.			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 4 (25 / 66.00 / 9.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว การตั้งค่าเครื่องยูนิเวอร์แซลจิกดอลเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 50 กิโลกรัม

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
สถานที่ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์			เข้าของงาน	นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง	
ทดสอบโดย นายชาญชัย ไชยสนาม (วท.บ.เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) <i>ชาญชัย</i>			อาจารย์ผู้ควบคุม	นายวัลลภ โคตรพันธ์ <i>K. Wallop</i>	
แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดสอบวิบัติ, Kg.	7610	7420	7560	7580	7540
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด Ksc.	27.88	27.18	27.69	27.77	27.62
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $b_a = 27.63$					

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 5 (25 / 63.75 / 11.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@humsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายชาญชัย ไชยสนาม (วท.บ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) *๕๐.๖๕* อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์ *K.wallop*

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดสอบวิบัติ, Kg.	7580	7860	7810	7450	7650
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด Ksc.	27.77	28.79	28.61	27.29	28.02
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $ba = 28.10$					

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 6 (25 / 57.00 / 18.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายชาญชัย ไชยสนาม (วท.บ.เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์ K. Nullop

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ, Kg.	7620	7610	7580	7480	7410
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด ksc.	27.91	27.88	27.77	27.40	27.14
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ba =					27.62

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 7 (25 / 54.75 / 20.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์				นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง	
แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดสอบวิบัติ, Kg.	7820	7950	7880	7910	7920
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด	28.64	29.12	28.86	28.97	29.01
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $\bar{b}_a = 28.92$					

หมายเหตุ ชุดการทดสอบชุดที่ 8 (25 / 52.50 / 22.50) ปูนซีเมนต์ / ทราบ / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@humsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายวสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ, Kg.	7,200	7,150	7,400
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm ² .	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด, ksc.	26.37	26.19	27.11
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $ba = 26.56$ ksc.			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 8 (25 / 52.50 / 22.50) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว การตั้งค่าเครื่องชั่งเบเรตตีชดออกเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 50 กิโลกรัม

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายชาญชัย ไชยสนาม (วท.บ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) *ฐฐฐ* อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์ *k.wallop*

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดสอบวิบัติ, Kg.	7650	7520	7580	7610	7580
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด ksc.	28.02	27.55	27.78	27.88	27.77
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $ba =$					27.79

หมายเหตุ ชุดการทดสอบชุดที่ 9 (25 / 50.25 / 24.75) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@humsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ เจ้าของงาน นายศรัทธิต์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวัฒน์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายवलก โศตรพันธ์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ,	7,150	6,950	6,250
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด,	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด	26.19	25.46	22.89
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $ba = 24.85$ ksc.			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 9 (25 / 50.25 / 24.75) ปูนซีเมนต์ / ทราช / เส้นใยมะพร้าว การตั้งค่าเครื่องยูนิเวอร์แซลดีดอัดเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 50 กิโลกรัม

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายชาญชัย ไชยสนาม (วท.บ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) *SC/10* อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์ *K. Wallop*

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดสอบวิบัติ, Kg.	7580	7680	7450	7640	7510
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด Ksc.	27.77	28.13	27.29	27.99	27.51
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $ba = 27.74$					

หมายเหตุ ชุดการทดสอบชุดที่ 10 (25 / 48.00 / 27.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

นางงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ
โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ เจ้าของงาน นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวสันต์ จินดาศรี (ปรวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ,	Kg.	6,550	6,250
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด,	cm ²	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด	ksc.	24.73	22.89
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ba = 23.87 ksc.			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 10 (25 / 48.00 / 27.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว การตั้งค่าเครื่องมีเวอร์เซตติจุดดเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 50 กิโลกรัม

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม
 โทร 0-7244-4007
 Email archi_surin@humsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ
โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ทดสอบโดย	ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์	เจ้าของงาน	นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง		
ทดสอบโดย	นายชาญชัย ไชยสนาม (วท.บ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) <i>ชัชชัย</i>	อาจารย์ผู้ควบคุม	นายวัลลภ โคตรพันธ์ <i>k.wallop</i>		
ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ, Kg.	7630	7590	7680	7510	7640
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด Ksc.	27.95	27.80	28.13	27.51	27.99
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ba = 27.88					

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 11 (25 / 45.75 / 29.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ เจ้าของงาน นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวสันต์ จินดาศรี (ปร.ส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ,	6,800	6,450	6,400
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด,	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด	24.91	23.63	23.44
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $ba = 23.99$ ksc.			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบชุดที่ 11 (25 / 45.75 / 29.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว การตั้งค่าเครื่องเบรชเชอร์ชนิดชนิดอัดเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 50 กิโลกรัม

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@humsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายชาญชัย ไชยสนาม (วท.บ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) ชว.ช. อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์ k.wallop

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3	ชุดทดสอบ 4	ชุดทดสอบ 5
แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดสอบวิบัติ, Kg.	7450	7350	7460	7450	7410
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm. ²	273	273	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด ksc.	27.29	26.92	27.33	27.29	27.14
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $\bar{b}_a = 27.19$					

หมายเหตุ ชุดการทดสอบชุดที่ 12 (25 / 43.50 / 31.50) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsu.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์
ทดสอบโดย นายวสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง)

เจ้าของงาน นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
อาจารย์ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

ข้อมูล	ชุดทดสอบ 1	ชุดทดสอบ 2	ชุดทดสอบ 3
แรงกดที่ทำให้หินทดสอบวิบัติ, Kg.	6,200	6,150	6,250
พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm ²	273	273	273
กำลังต้านทานแรงอัด ksc.	22.71	22.53	22.89
กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย $ba = 22.71$ ksc.			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 12 (25 / 43.50 / 31.50) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว การตั้งค่าเครื่องมีเวอร์แซดติจิดอกเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 50 กิโลกรัม

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com



แบบรายงานผลการทดสอบคอนกรีต
การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

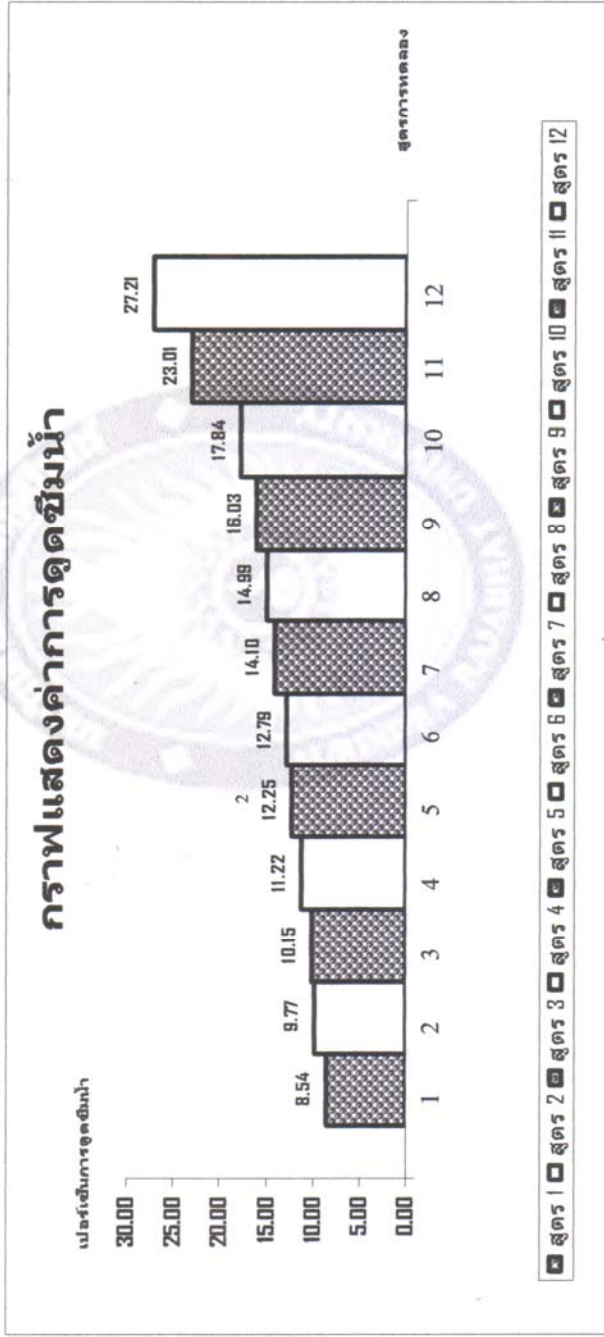
สถานที่
ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์
เจ้าของงาน
นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย
นายสันต์ จินดาศรี
อาจารย์ผู้ควบคุม
นายวัลลภ โคตรพันธ์

กราฟแสดงค่าสรุปผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

นายวสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์



ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โครตพันธ์

ชนิดทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
1	6.20	6.48	7.64
2	5.90	6.45	9.32
3	5.85	6.34	8.38
4	5.98	6.46	8.03
5	5.89	6.44	9.34
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 8.54 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบชุดที่ 1 (25 / 72.75 / 2.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยปะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

ทดสอบโดย นายวสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

ชนิดทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
1	5.82	6.36	9.28
2	5.74	6.32	10.10
3	5.78	6.38	10.38
4	5.70	6.26	9.82
5	5.84	6.38	9.25
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 9.77 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบชุดที่ 2 (25 / 70.50 / 4.50) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวัฒน์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

พินททดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
1	5.68	6.30	10.92
2	5.50	6.00	9.09
3	5.48	6.02	9.85
4	5.46	6.00	9.89
5	5.64	6.26	10.99
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 10.15 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 3 (25 / 68.28 / 6.75) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

จំหนทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ การดูดซึมน้ำ
1	5.37	5.94	10.61
2	5.40	5.96	10.37
3	5.35	6.02	12.52
4	5.32	5.90	10.90
5	5.30	5.92	11.70
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 11.22 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 4 (25 / 66.00 / 9.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวัฒน์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

ชนิดทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ การดูดซึมน้ำ
1	5.19	5.80	11.75
2	5.24	5.90	12.60
3	5.26	5.86	11.41
4	5.20	5.84	12.31
5	5.23	5.92	13.19
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 12.25 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบชุดที่ 5 (25 / 63.75 / 11.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

ตำแหน่งงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวสันต์ จินดาศรี (ปวศ.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

ชนิดทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ การดูดซึมน้ำ
1	5.17	5.88	13.73
2	5.16	5.86	13.57
3	5.15	5.78	12.23
4	5.18	5.72	10.42
5	5.14	5.86	14.01

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 12.79 %

หมายเหตุ ชุดการทดสอบชุดที่ 6 (25 / 57.00 / 18.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสุรินทร์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

ทดสอบโดย นายวสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

ชนิดทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
1	5.12	5.92	15.63
2	5.08	5.82	14.57
3	5.10	5.80	13.73
4	5.06	5.72	13.04
5	5.09	5.78	13.56
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 14.10 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 7 (25 / 54.75 / 20.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ
โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายสันต์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

วันที่ทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
1	5.02	5.80	15.54
2	5.04	5.78	14.68
3	4.98	5.74	15.26
4	5.02	5.78	15.14
5	4.95	5.66	14.34
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 14.99 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบชุดที่ 8 (25 / 52.50 / 22.50) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายสันต์ จินดาศรี (ปวศ.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

ชั้นทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
1	4.92	5.68	15.45
2	4.95	5.66	14.34
3	4.94	5.58	12.96
4	4.90	5.86	19.59
5	4.89	5.76	17.79
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 16.03 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 9 (25 / 50.25 / 24.75) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวสันต์ จินดาศรี (ปวศ.ก่อสร้าง) นายวัลลภ โคตรพันธ์

ชนิดทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
1	4.85	5.68	17.11
2	4.84	5.66	16.94
3	4.79	5.58	16.49
4	4.82	5.86	21.58
5	4.92	5.76	17.07
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 17.84 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 10 (25 / 48.00 / 27.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยปะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวัฒน์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) นายชองงาน อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

จันทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
1	4.75	5.72	20.42
2	4.77	5.82	22.01
3	4.76	5.88	23.53
4	4.78	5.98	25.10
5	4.80	5.95	23.96
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 23.01 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 11 (25 / 45.75 / 29.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวัฒน์ จินดาศรี (ปวศ.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์

ขั้นตอนทดสอบ	น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	น้ำหนักอิฐเปียก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
1	4.65	5.94	27.74
2	4.70	5.92	25.96
3	4.68	5.88	25.64
4	4.72	6.02	27.54
5	4.63	5.98	29.16
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเฉลี่ย = 27.21 %			

หมายเหตุ ชุดการทดสอบสูตรที่ 12 (25 / 43.50 / 31.50) ปูนซีเมนต์ /ทราย /เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบการเป็นฉนวนกันความร้อนของอิฐ

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวีระเดช ไตรบุญดีกุล (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์ K.wolap

ชุดการทดสอบสูตรที่	ช่วงเวลา (นาที) ต่อ อุณหภูมิที่ได้(องศาเซลเซียส)						หมายเหตุ
	5(นาที)	10(นาที)	15(นาที)	20(นาที)	25(นาที)	30(นาที)	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 1	38	40	43	45	49	56	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 2	40	42	45	47	51	54	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 3	42	44	47	49	53	59	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 4	39	41	44	46	50	54	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 5	38	40	42	45	48	52	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 6	38	41	43	44	47	49	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 7	36	38	41	43	45	47	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 8	37	39	40	42	44	46	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 9	38	40	43	45	46	48	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 10	39	41	44	46	47	49	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 11	40	42	45	47	50	53	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 12	42	44	47	49	56	61	

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบการเป็นฉนวนกันความร้อนของอิฐ
โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
ทดสอบโดย นายวีระเดช ไตรบัญญัติกุล (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์ *K. waldap*

ชุดการทดสอบสูตรที่	ช่วงเวลา (นาที) ต่อ อุณหภูมิที่ได้(องศาเซลเซียส)					หมายเหตุ
	5(นาที)	10(นาที)	15(นาที)	20(นาที)	25(นาที)	
ชุดการทดสอบคอนกรีตตามท้องตลาด	25	29	32	35	39	42

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com

ตารางบันทึกการทดสอบ

การทดสอบน้ำหนักของอิฐ ก่อนการทดสอบกำลังอัด

โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์

นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

เจ้าของงาน

ทดสอบโดย นายวัฒน์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง)

อาจารย์ผู้ควบคุม

นายवलลก โคตรพันธ์ *K. weklop*

ชุดการทดสอบสูตรที่	น้ำหนักที่ได้ (Kg.)					หมายเหตุ
	ก้อน 1	ก้อน 2	ก้อน 3	ก้อน 4	ก้อน 5	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 1	3.90	3.80	3.78	3.79	3.85	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 2	3.51	3.93	3.51	3.54	3.52	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 3	3.82	3.79	3.84	3.80	3.82	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 4	3.48	3.52	3.55	3.47	3.75	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 5	3.84	3.69	3.77	3.81	3.83	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 6	3.78	3.77	3.45	3.69	3.75	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 7	3.64	3.89	3.70	3.80	3.55	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 8	4.86	4.62	4.85	4.89	4.79	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 9	4.22	4.35	4.22	4.76	4.68	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 10	4.41	4.61	4.18	4.10	4.57	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 11	4.35	4.33	4.21	4.21	3.65	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 12	3.67	4.02	4.21	3.96	3.95	น้ำหนักที่ได้จากการนำขึ้นจากการบ่ม 30 นาที

ตารางบันทึกการทดสอบ
การทดสอบขนาดของอิฐ ก่อนการทดสอบกำลังอัด
โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สถานที่ ห้องทดสอบโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ เจ้าของงาน นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
 ทดสอบโดย นายวัฒน์ จินดาศรี (ปวส.ก่อสร้าง) อาจารย์ผู้ควบคุม นายวัลลภ โคตรพันธ์ *C. Welker*

ชุดการทดสอบสูตรที่	ขนาดที่ได้ (ความหนา X ความสูง X ความยาว mm.)			หมายเหตุ
	ความหนา	ความสูง	ความยาว	
ชุดการทดสอบสูตรที่ 1	69.10	189.60	389.60	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 2	69.40	189.80	389.40	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 3	69.20	189.80	389.60	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 4	69.40	189.40	389.40	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 5	69.60	188.90	388.90	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 6	69.80	189.60	389.60	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 7	69.60	189.40	389.20	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 8	69.80	189.80	389.60	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 9	69.40	189.60	389.80	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 10	69.60	189.40	389.20	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 11	69.40	189.60	389.40	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที
ชุดการทดสอบสูตรที่ 12	69.10	189.40	389.20	ขนาดที่ได้จากการนำชิ้นจากการบ่ม 30 นาที

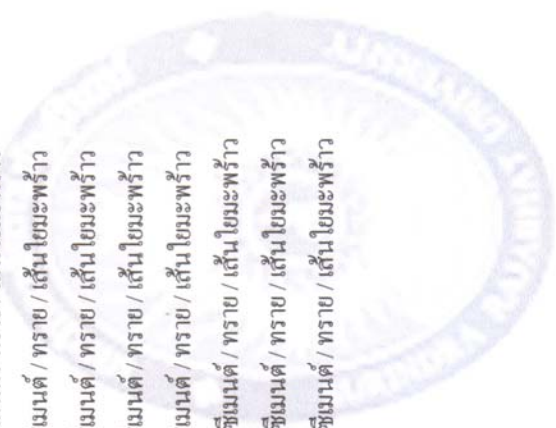
หมายเหตุ

- ชุดการทดสอบสูตรที่ 1 (25 / 72.75 / 2.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 2 (25 / 70.50 / 4.50) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 3 (25 / 68.28 / 6.75) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 4 (25 / 66.00 / 9.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 5 (25 / 63.75 / 11.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 6 (25 / 57.00 / 18.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 7 (25 / 54.75 / 20.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 8 (25 / 52.50 / 22.50) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 9 (25 / 50.25 / 24.75) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 10 (25 / 48.00 / 27.00) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 11 (25 / 45.75 / 29.25) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว
- ชุดการทดสอบสูตรที่ 12 (25 / 43.50 / 31.50) ปูนซีเมนต์ / ทราย / เส้นใยมะพร้าว

สำนักงานโปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม

โทร 0-7244-4007

Email archi_surin@hunsa.com



ผลการตรวจสอบก่อนคอนกรีตบดอัดมวลจากผู้เชี่ยวชาญ

จากหนังสือ ที่ ศบ 0519.12/0975 ที่ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบก่อนคอนกรีตบดอัดมวลของ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

นิติระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ข้อหัวข้อปริญญาบัตร “การศึกษายาตราส่วนในการทำคอนกรีตบดอัดชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว”
มีลักษณะผลการตรวจสอบดังนี้

ลักษณะการตรวจสอบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
1. คอนกรีตไม่รับน้ำหนักมีความแข็งแรงปราศจากรอยแตกร้าว หรือ ส่วนเสียนใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบดอัด	✓		
2. คอนกรีตไม่รับน้ำหนัก มีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบ	✓		
3. คอนกรีตบดอัดไม่รับน้ำหนัก ลักษณะด้านผิวจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่นๆ (มีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 ไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ)	✓		
โดยสรุปผลการตรวจสอบ			



(นายคมกริช ศรีมงคล)

ผู้ตรวจสอบ

ผลการตรวจสอบก่อนคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากผู้เชี่ยวชาญ

จากหนังสือ ที่ ศท 0519.12/0975 ที่ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบก่อนคอนกรีตบล็อกมวลเบาของ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

นิติระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ข้อหัวข้อปริญญาบัตร “การศึกษาอัตราส่วนในการทำคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว”
มีลักษณะผลการตรวจสอบดังนี้

ลักษณะการตรวจสอบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
1. คอนกรีตไม่รับน้ำหนักมีความแข็งแรงปราศจากรอยแตกร้าว หรือ ส่วนเสียนิดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อก	✓		
2. คอนกรีตไม่รับน้ำหนัก มีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบ	✓		
3. คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ลักษณะด้านผิวจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่น ๆ (มีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 ไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ)	✓		

โดยสรุปผลการตรวจสอบ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
 ภาควิชาวิศวกรรม
 (ณัฐวิบูลย์, อัครพันธุ์)
 ผู้ตรวจสอบ

สำนักงานคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
 มหาวิทยาลัยสุรนารี
 โทร. 0-4451-4267

- 7 ส.ค. 2548

ผลการตรวจสอบก่อนคอนกรีตบดอัดมวลเบาจากผู้เชี่ยวชาญ


จากหนังสือ ที่ ศร 0519.12/0975 ที่ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบก่อนคอนกรีตบดอัดมวลเบาของ นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง

นิติระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ชื่อหัวข้อปริญญาโท "การศึกษาอัตราส่วนในการทำคอนกรีตบดอัดชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว"
มีลักษณะผลการตรวจสอบดังนี้

ลักษณะการตรวจสอบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
1. คอนกรีตไม่รับน้ำหนักมีความแข็งแรงปราศจากรอยแตกร้าว หรือ ส่วนเสียนใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบดอัด	✓		
2. คอนกรีตไม่รับน้ำหนัก มีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบ	✓		
3. คอนกรีตบดอัดไม่รับน้ำหนัก ลักษณะด้านผิวจะต้องไม่มีรอยร้าว รอยขรุขระ หรือตำหนิอื่น ๆ (มีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 ไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ)	✓		

โดยสรุปผลการตรวจสอบ


 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
 (ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา ชีวินิจิต)
 อ.เบ็ญจ ฐิติธรรม 32000
 ผู้ตรวจสอบ

- 7 B.A. 2548

สำนักงานคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
โทร. 0-4451-4267



เส้นใยมะพร้าวสับหยาบ



เส้นใยมะพร้าวบดละเอียด



เครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีตบล็อก



ถังผสมคอนกรีตบล็อก



การก่อตัวเพื่อทำการทดสอบแบบ 5 ก้อน



ลักษณะการวิบัติของคอนกรีตบล็อก



เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบระบบไฮดรอลิก



ก้อนคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 1



ก้อนคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 2



ก้อนคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 3



ก้อนคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 4



ก้อนคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 5



ก้อนคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 6



ก้อนคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 7



ก้อนคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 8



ก้อนคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 9



ก้อนคอนกรีตบล็อกสูตรที่ 10



ก้อนคอนกรีตปลอกสูตรที่ 11



ก้อนคอนกรีตปลอกสูตรที่ 12

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นายศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง
เกิดวันที่	20 มีนาคม 2520
ภูมิลำเนา	อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	141/4 ถ.สกลมารีต ต.วารินชำราบ อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
สถานที่ทำงาน	-
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2538	มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 โรงเรียนอัสสัมชัญอุบลราชธานี อ.เมือง จ.อุบลราชธานี
พ.ศ. 2540	อ.วท ก่อสร้าง จากสถาบันราชภัฏอุบลราชธานี
พ.ศ. 2542	ว.ทบ ก่อสร้าง จากสถาบันราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2549	ปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ