666.894
ว333ก
ว.3

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบา ชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จากวัตถุดิบ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และขี้เลื่อยไม้ยูคาลิปตัส

ปริญญานิพนธ์

ของ

ยุคนธร พันธ์จบสิงห์

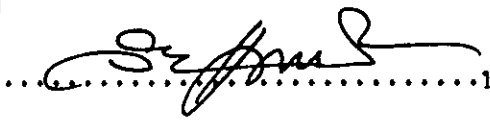
17 S.A. 2539

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2539

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
D 52464

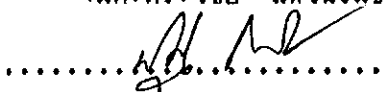
คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม



.....ประธาน

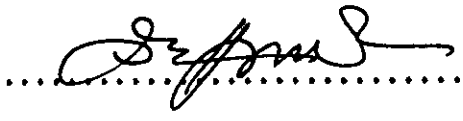
(ผศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร)



.....กรรมการ

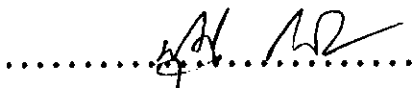
(อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร)

คณะกรรมการสอบ



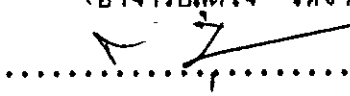
.....ประธาน

(ผศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร)



.....กรรมการ

(อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร)



.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รศ.ดร.พิภพ สุนทรสมัย)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร.ดิริยุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ 3 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2539

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และขี้เลื่อยไม้ยูคาลิปตัส

บทคัดย่อ

ของ

ธุดนรร พันธ์จบสิงห์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2539

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวยุคนธร พันธ์จบสิงห์

เกิด วันจันทร์ที่ 3 เดือน มกราคม พุทธศักราช 2509

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

สถานที่อยู่ปัจจุบัน 158/1 ถนนธนูประสิทธิ์ อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน อาจารย์ 1 ระดับ 4 สังกัดกองการมัธยมศึกษา กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนโนนเจริญพิทยาคม ตำบลโนนเจริญ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2521 ประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนชุมชนวัดไผ่ขวาง จังหวัดสุพรรณบุรี

พ.ศ. 2527 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสงวนหญิง จังหวัดสุพรรณบุรี

พ.ศ. 2531 ครุศาสตร์บัณฑิตอุตสาหกรรมศิลป์ (เกีย.ตินิยม) วิทยาลัยครูกาญจนบุรี

พ.ศ. 2539 การศึกษามหาบัณฑิตอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร

AN EXPERIMENTAL STUDY OF MIXED PROPORTIONING LIGHTWEIGHT HOLLOW NON - LOAD - BEARING CONCRETE MASONRY UNITS ACCORDING TO THE INDUSTRIAL STANDARD SPECIFICATION FOR PORTLAND CEMENT, SAND AND NOTCH PARTICLES OF EUCALYPTUS CAMALDULENSIS

AN ABSTRACT

BY

YUKONTHORN PHANJOBSINGH

Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University

May 1996

An experimental study of mixed proportioning lightweight hollow non - load - bearing concrete masonry units according to the industrial standard specification for portland cement, sand and notch particles of eucalyptus camaldulensis. By comparing ratio about qualifications in general aspect and compressive strength with industrial standard specification of lightweight hollow non - load - bearing concrete masonry type 2, no control over humidity and there is lighter than concrete masonry in the market. The result of this experimental study found that the best proportion was weight of portland cement 22.57 percent with aggregate of concrete, sand weight 58.72 percent with aggregate of concrete, weight of saturated notch particles of eucalyptus camaldulensis 18.71 percent with aggregate of concrete and water weight 0.40 percent of portland cement or mixed proportion between cement to sand to notch particles of wood were 1 : 2.60 : 0.83 by weight. Because of there were thick peel, size, strength, fitness of whitewash and compressive strength with standard aspect.

A study of relation between compressive strength and mixed proportion of notch particles of eucalyptus camaldulensis and rough sand found that compressive strength with mixed proportion of notch particle of eucalyptus camaldulensis had maximum negative relation and compressive strength with mixed proportion of rough sand had maximum positive relation.

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยความกรุณาให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และ รศ.ดร.พิภพ สุนทรสมัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และขอขอบคุณ

ผอ.กิตติ อุยพาณิชยนต์ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการก่อสร้าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้ข้อมูลและเสนอแนะแนวทางการวิจัย

คุณวินิตย์ ชลายนานนท์ ฝ่ายคอนกรีตและวัสดุก่อสร้าง กองวิจัย กรมชลประทาน ที่กรุณาช่วยเหลือในการหาข้อมูลเบื้องต้นและอนุเคราะห์เครื่องมือวิจัย

คุณสมชัย เบญจชย นักวิชาการป่าไม้ 5 กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่กรุณาให้ข้อมูลอนุเคราะห์เครื่องมือและแนะนำแนวทางการวิจัย

คุณอนุชิต กิจสวัสดิ์ นักวิทยาศาสตร์ 7 กองการวิจัย คุณสรรเสริญ วิชาพรและข้าราชการกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน ที่กรุณาช่วยเหลือและอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย

คุณมนตรี ศรีดิริ ฝ่ายวิเคราะห์ทดสอบทางวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่กรุณาช่วยเหลือในการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูล

อาจารย์พงศ์ศักดิ์ สราสสัมพันธ์ พี่และเพื่อนชาวปริญญาโทอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่านที่ให้กำลังใจ และความช่วยเหลืออย่างเต็มที่ตลอดมา

และสุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอน้อมระลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ครู-อาจารย์คณะอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และกรมสามัญศึกษาที่ให้ความรู้ ให้กำลังใจ และกำลังทรัพย์สนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา พระคุณนี้หาที่เปรียบมิได้

ยุคนธร พันธ์จบสิงห์

พฤษภาคม 2539

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
	ความสำคัญของการวิจัย	4
	ขอบเขตของการวิจัย	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ	8
	สมมุติฐาน	10
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
	ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีต	12
	ลักษณะของคอนกรีต	12
	ซีเมนต์เพสต์	12
	มวลรวมของคอนกรีต	13
	อัตราส่วนผสมของคอนกรีต	14
	การบ่มคอนกรีต	29
	คอนกรีตบล๊อก	30
	ลักษณะของคอนกรีตบล๊อก	31
	กระบวนการผลิตคอนกรีตบล๊อก	37
	การดูดน้ำด้านน้ำหนักของคอนกรีตบล๊อก	44
	การเสริมเหล็กในงานคอนกรีตบล๊อก	45
	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	48

บทที่ หน้า

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส 49
ลักษณะชื้นไม้ 51
ความรู้เรื่องไม้ยูคาลิปตัสกับปูนซีเมนต์ 52
อัตราส่วนผสม 53
การหาอัตราส่วนของน้ำในส่วนผสม 54

3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า 55
ศึกษาแหล่งข้อมูลและวางแผนการทดลอง 55
จัดหาวัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง 56
ทำการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบา
ชนิดไม่รับน้ำหนักตามอัตราส่วนที่กำหนด 57
ทำการทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก 58
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 62
การทดสอบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบา
ชนิดไม่รับน้ำหนัก 67

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 68
การวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก 68
การวิเคราะห์ความต้านทานแรงอัด เมื่อคอนกรีตบล็อกมีอายุ 28 วัน 73
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสม
ของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสกับทรายหยาบ 74

บทที่ หน้า

5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 76

ความมุ่งหมายของการวิจัย 76

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 77

การดำเนินการวิจัย 77

การวิเคราะห์ข้อมูล 78

สรุปผลการวิจัย 78

อภิปรายผล 80

ข้อเสนอแนะ 82

บรรณานุกรม 84

ภาคผนวก

ตอน ก. 90

ตอน ข. 99

ประวัติผู้วิจัย 108

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย ขี้เลื่อยไม้ยูคาลิปตัส และน้ำประปาที่ใช้ผสมเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก	7
2	อัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่นิยมใช้งานประเภทต่าง ๆ	15
3	ขนาดใหญ่สุดของวัสดุผสมหยาบ (หิน) สำหรับงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ	17
4	แสดงกำลังอัดของคอนกรีตกับปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง	19
5	เปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ส่วนผสมจากปูนซีเมนต์ประเภทต่าง ๆ	20
6	ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่เหมาะสมกับงานคอนกรีตประเภทต่าง ๆ	21
7	แสดงปริมาณน้ำเพื่อใช้ผสมคอนกรีตจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้หินขนาดใหญ่ที่สุดขนาดต่าง ๆ กันตามเกณฑ์การยุบตัว	22
8	แสดงปริมาณของหินในส่วนผสมคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตรที่สัมพันธ์กับค่าแห่งความละเอียดของทรายและขนาดใหญ่ที่สุดของหิน	24
9	แสดงคุณสมบัติของทรายและหินที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างอาคาร	26
10	ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก. 58 - 2533	59
11	รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก : มอก. 58 - 2533	63

ตาราง หน้า

12 เปรียบเทียบผลการตรวจสอบของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จากส่วนผสม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส เทียบกับมาตรฐาน มอก. 58 - 2533 65

13 การวิเคราะห์ขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน และลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อก ชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส เทียบกับมาตรฐาน มอก. 58 - 2533 69

14 การวิเคราะห์ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส เทียบกับมาตรฐาน มอก. 58 - 2533 72

15 ผลการวิเคราะห์ขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป และความต้านทาน แรงอัดของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส สูตรที่ 4 (ทดสอบซ้ำ) เทียบกับมาตรฐาน มอก. 58 - 2533 80

16 รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก : มอก. 58 - 2533 หมายเลขตัวอย่าง สมอ./58- 1 ประเภท ไม่ควบคุมความชื้น ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร 91

17 รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก : มอก. 58 - 2533 หมายเลขตัวอย่าง สมอ./58- 2 ประเภท ไม่ควบคุมความชื้น ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร 93

18 รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก : มอก. 58 - 2533 หมายเลขตัวอย่าง สมอ./58- 3 ประเภท ไม่ควบคุมความชื้น ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร 95

ตาราง หน้า

19 รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนัก :
มอก. 58 - 2533 หมายเลขตัวอย่าง สมอ./58- 4 ประเภท
ไม่ควบคุมความชื้น ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร 97

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 แสดงกระบวนการผลิตคอนกรีต 29

2 คอนกรีตบล๊อกแบบกลวงชนิดรับน้ำหนัก 31

3 คอนกรีตบล๊อกแบบกลวงชนิดไม่รับน้ำหนัก 32

4 คอนกรีตบล๊อกชนิดและขนาดต่าง ๆ ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย 33

5 เครื่องผสมคอนกรีตเพื่ออัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงคน 37

6 เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงคน 38

7 ขั้นตอนในการผลิตก้อนคอนกรีตบล๊อกโดยใช้เครื่องผลิตคอนกรีตบล๊อก
แบบใช้แรงคน 39

8 เครื่องผสมคอนกรีตเพื่ออัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้ไฮดรอลิค 40

9 เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบไฮดรอลิค 41

10 ขั้นตอนในการผลิตก้อนคอนกรีตบล๊อกแบบใช้ไฮดรอลิค 43

11 แสดงตำแหน่งการเสริมเหล็กโผล่ (dowel) 46

12 การก่อผนังและการเสริมเหล็กโผล่ 47

13 กรรมวิธีก่อผนังคอนกรีตบล๊อกเสริมเหล็ก 48

14 แผนสถิติแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัด
กับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสและทรายหยาบ 66

15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของ
ชิ้นไม้ยูคาลิปตัส 74

16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของ
ทรายหยาบ 75

ภาพประกอบ หน้า

17 แสดงชิ้นไม้ยูคาลิปตัสที่แปรรูปด้วยเครื่องทำชิ้นไม้สับ 100

18 แสดงการแปรรูปชิ้นไม้สับเป็นชิ้นไม้ด้วยเครื่องบดหยาบ 100

19 แสดงขั้นตอนการหาความชื้นของชิ้นไม้ยูคาลิปตัส 101

20 แสดงชิ้นไม้ที่พร้อมจะทดลอง 102

21 แสดงการชั่งน้ำหนักอัตราส่วนผสม 102

22 แสดงการคลุกเคล้าชิ้นไม้กับน้ำให้ชิ้นไม้อิ่มตัว 102

23 แสดงการผสมอัตราส่วนด้วยเครื่องผสมคอนกรีตขนาดเล็ก 103

24 แสดงอัตราส่วนผสมที่พร้อมจะนำไปอัดก้อนคอนกรีตบล๊อก 103

25 แสดงการเทอัตราส่วนผสมลงในแบบคอนกรีตบล๊อก 103

26 แสดงการอัดก้อนคอนกรีตบล๊อกโดยใช้แรงคน 104

27 แสดงการดันก้อนบล๊อกออกจากแบบ 104

28 แสดงการลำเลียงคอนกรีตบล๊อกไปวางเรียงผึ่งไว้ 104

29 แสดงลักษณะของคอนกรีตบล๊อกที่ได้จากการทดลอง 105

30 แสดงรอยแตกของคอนกรีตบล๊อกในสูตรที่ 5 ซึ่งไม่สามารถนำไป
ทดสอบได้ 105

31 แสดงเครื่องมือทดสอบกำลังอัด 105

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ที่อยู่อาศัยเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ที่ยังคงมีความต้องการอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับลักษณะการขยายตัวของครัวเรือนที่มีลักษณะเป็นครอบครัวเดี่ยว โดยแยกไปตั้งครอบครัวใหม่มากขึ้น ดังนั้นความต้องการที่อยู่อาศัยจึงเพิ่มขึ้นโดยตลอด เมื่อพิจารณาถึงวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างพบว่า ไม้ซึ่งเป็นวัสดุที่สำคัญอย่างหนึ่งในการก่อสร้างอาคารบ้านเรือน ยังคงมีความจำเป็นสำหรับการก่อสร้างในขณะที่ทรัพยากรป่าไม้ของประเทศมีแนวโน้มลดลงอันเนื่องมาจากพระราชกำหนดปิดป่าปีพุทธศักราช 2532 จนถึงแถลงการณ์ของประเทศพม่าที่ยกเลิกสัมปทานทำไม้กับประเทศไทย เมื่อวันที่ 1 มกราคม พุทธศักราช 2537 ทำให้ปริมาณไม้ที่นำมาป้อนตลาดลดลงและเป็นผลให้ราคาไม้สูงขึ้นตามภาวะการขาดแคลนไม้ ส่งผลให้ต้นทุนของภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้างสูงตามไปด้วย โดยเฉพาะในพื้นที่ต่างจังหวัดจะมีสัดส่วนการใช้ไม้สูงกว่าในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (กรมป่าไม้. 2534 : บทสรุปย่อ) จึงทำให้ภาครัฐและหน่วยงานเอกชนมีการตื่นตัวและสนับสนุนให้มีการศึกษาและวิจัยเพื่อหาวัสดุอื่น เช่น แผ่นใยไม้อัด แผ่นฟางอัด แผ่นเซลโลกรีต คอนกรีตบล๊อก อิฐ ดินซีเมนต์ เป็นต้น มาทดแทนไม้หรือลดปริมาณการใช้ไม้ลง หรือหันไปใช้ประโยชน์จากไม้โตเร็ว เช่น ไม้ยูคาลิปตัส ไม้สน ไม้ยางพารา ไม้สะเดาช้าง ไม้กระถินยักษ์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามในชนบทซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบดังกล่าว ประชากรยังมีรายได้อยู่ในระดับต่ำ ประกอบกับขาดความรู้ทางด้านเทคนิควิธีการและเครื่องมือเครื่องจักรที่ทันสมัย ดังนั้นแนวทางการพัฒนาวัสดุก่อสร้างในชนบทจึงเน้นเทคโนโลยีที่เหมาะสม ผนวกกับการใช้วัสดุในท้องถิ่นเพื่อลดปริมาณความต้องการ ลดการใช้ไม้หรือใช้ไม้

ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดต้นทุนการผลิตให้มากที่สุด

คอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนักเป็นวัสดุก่อผนังเพื่อทดแทนไม้ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างที่กำลังเป็นที่นิยมใช้กันมากในวงการก่อสร้าง เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ ขนาดและคุณภาพที่เป็นมาตรฐาน มีความแข็งแรงและทนทานดี มีคุณสมบัติทนไฟและระบายความร้อนให้กับตัวอาคารได้ ทั้งยังง่ายและสะดวกต่อการวางแผน ก่อง่าย ใช้เวลาในการก่อน้อยกว่าการก่ออิฐมาก นอกจากนี้ยังให้ความสวยงามได้อย่างเพียงพอโดยไม่ต้องฉาบปูนหรือทาสี (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 192) การใช้คอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร มีน้ำหนักก้อนละประมาณ 6.5 - 7 กิโลกรัม ยังคงประสบปัญหาด้านน้ำหนักของตัวเองเมื่อนำมาก่อสร้าง เพราะจำเป็นต้องเพิ่มขนาดของฐานราก เสา คานและเหล็กเส้นเสริมแรงเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักของกำแพงคอนกรีตบล๊อกด้วย ยกตัวอย่างเช่น คอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร เมื่อคิดรวมปูนก่อหนา 10 มิลลิเมตร จะใช้ 12.5 ก้อนต่อ 1 ตารางเมตร ฐานราก เสา คานและเหล็กเสริมจะต้องคำนวณให้รับน้ำหนักบรรทุกคงที่ (dead load) ได้ไม่น้อยกว่า 100 กิโลกรัมต่อ 1 ตารางเมตร (ดีแทค บล๊อก. ม.ป.ป. : ซี - 11 ; สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร. 2530 : 29) ดังนั้นราคาค่าก่อสร้างโดยรวมจึงยังคงสูงอยู่ ซึ่งในต่างประเทศใช้คอน รีตเบา (lightweight concrete) ในงานโครงสร้างที่สำคัญเพื่อลดน้ำหนักอาคาร และส่งผลให้เป็นการประหยัดต้นทุนโดยรวมอย่างได้ผลมาแล้ว ในประเทศไทยมีการวิจัยและพัฒนาคอนกรีตประเภทนี้บ้างแล้วแต่ยังไม่มีการใช้แพร่หลาย เพราะกรรมวิธีในการผลิตยุ่งยากและราคาแพงกว่าคอนกรีตธรรมดา (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. ม.ป.ป. : ไม่มีเลขหน้า)

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลสซีส (eucalyptus camaldulensis) เป็นไม้โตเร็วที่กำลังได้รับการสนับสนุนและเป็นที่นิยมปลูกทั้งในภาคเอกชนและเกษตรกรทั่วไป ปัจจุบันนำมาใช้ทำฟืน เผาถ่าน ทำไม้เสาเข็ม ทำเยื่อกระดาษ ราคาเฉลี่ยประมาณต้นละ 549 บาท (กรมป่าไม้. : 2536) จากผลการศึกษาและทดลองของ สมชัย เบญจชย (2534 - 2535) พบว่าไม้ยูคาลิปตัสสามารถเกาะยึดกับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ได้ดี เมื่ออยู่ในรูปของชิ้นไม้หลายขนาดคละกันไป

โดยอาศัยหลักการเดียวกับขนาดของหินที่ใช้ผสมคอนกรีต ซึ่งในทางคอนกรีตเทคโนโลยีถือว่าไม้ที่ใช้ผสมกับซีเมนต์เป็นมวล (aggregate) ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาและผลิตเป็นแผ่นไม้อัดซีเมนต์เพื่อทดแทนไม้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรมแล้ว ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีน้ำหนักเบา ดูดซึมน้ำได้น้อยกว่าไม้จริง เป็นฉนวนป้องกันเสียงและความร้อน ทนทานต่อการทำลายของแมลง เห็ดราและการเผาไหม้ได้ดี (สมชัย เบญจชย. 2535 : 3 ; อ้างอิงมาจาก Maloney. 1977 ; Ahn. and Moslemi. 1980 : 77 - 82 ; Abdul Rashid. 1985 : 168 - 174) จากผลการวิจัยเพื่อทำคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบา ราคาถูก พบว่า ขี้เลื่อย (fine sawdust) และชิ้นไม้เล็ก ๆ (notch particles) ของไม้สนชนิดหนึ่ง (white spruce) สามารถทดแทนมวลน้ำหนักเบา (lightweight aggregate) ในการทำคอนกรีตบล๊อกได้ถึงร้อยละ 50 โดยราคาต่อก้อนถูกกว่าคอนกรีตบล๊อกที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาด (Shokry, Hatzinikolas and Zmave. 1992 : 57 - 64)

อัตราส่วนผสมของคอนกรีตโดยทั่วไปจะมีปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 7 - 14 น้ำร้อยละ 15 - 20 และวัสดุผสมคละ ได้แก่ ทราย หินหรือกรวด ร้อยละ 66 - 78 (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 80) จากการทดลองผลิตวัสดุก่อสร้างจากเถ้าแกลบและทดสอบการใช้งาน พบว่าอัตราส่วนทรายในงานคอนกรีตที่ได้แรงกดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 33.33 โดยน้ำหนัก หรือคิดเป็นร้อยละ 40 ของวัสดุผสมคละ (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2529 : 3)

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยอาศัยเหตุผลที่ว่า ไม้ยูคาลิปตัสมีคุณสมบัติเหมาะสมในการผสมกับปูนซีเมนต์ ประกอบกับเป็นไม้โตเร็วที่กำลังได้รับความนิยมปลูกในปัจจุบันและมีราคาถูก จึงต้องการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักจากส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทรายและชิ้นไม้ยูคาลิปตัส โดยอัตราส่วนดังกล่าวมีลักษณะทั่วไปและความต้านทานแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักประเภท 2 ไม่ควบคุมความชื้น หรือ มอก. 58 - 2533 โดยคอนกรีตที่ได้มีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตที่จำหน่ายในท้องตลาด การศึกษานี้นอกจากเป็นการพัฒนาวัสดุก่อสร้างให้มีน้ำหนักเบาลง อันเป็นการลดต้นทุนการก่อสร้างโดยรวมแล้ว ยังเป็นตัวเลือกใหม่ในการผลิตวัสดุก่อสร้างที่ได้มาตรฐานเพื่อสนอง

ความต้องการของประชาชนในชนบท โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่แล้วมากมายในท้องถิ่นทำให้ต้นทุนในการผลิตถูกลง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการทดลองใช้ชิ้นไม้ยูคาลิปตัสบดย่อยละเอียด ผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว หรือประมาณ 10 มิลลิเมตร ผสมกับปูนซีเมนต์และทรายหยาบ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส โดยมีคุณลักษณะด้านลักษณะทั่วไปและความต้านทานแรงอัด ตามมาตรฐานสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสและทรายหยาบ

ความสำคัญของการวิจัย

1. สามารถนำผลการทดลองไปผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีน้ำหนักเบากว่าที่มีในท้องตลาดซึ่งจะช่วยลดน้ำหนักโครงสร้างและผนังของสิ่งก่อสร้าง และส่งผลให้เป็นการประหยัดต้นทุนการก่อสร้างโดยรวม

2. เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า และสามารถสร้างขึ้นทดแทนส่วนที่ถูกใช้ได้ในระยะสั้น เพราะใช้ไม้ที่โตเร็วและปลูกทดแทนได้ง่ายเมื่อเทียบกับหิน ซึ่งมิอาจสร้างขึ้นทดแทนได้ และช่วยส่งเสริมการปลูกป่า

3. เป็นการสนับสนุนการใช้แรงงานภายในครอบครัว เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาการว่างงานของแรงงานในชนบท เพราะสามารถนำผลการทดลองไปพัฒนาเป็นอาชีพเสริมเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่ง

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้กระทำภายใต้ขอบเขตดังต่อไปนี้

1. คุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (มอก. 58 - 2533 : 11 - 13)

1.1 ลักษณะทั่วไป

1.1.1 ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่ออย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร ยกเว้นรอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อย เนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา

1.1.2 ต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดี

1.2 ความต้านทานแรงอัด

1.2.1 ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล๊อก 5 ก้อน ไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล

1.2.2 ค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล๊อกแต่ละก้อน ไม่น้อยกว่า 2.0 เมกะพาสคัล

2. อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส จะกำหนดให้ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และน้ำมีสัดส่วนคงที่ ส่วนทรายมีปริมาณผกผันกับชิ้นไม้ยูคาลิปตัส โดยเริ่มอัตราส่วนผสมตามวิธีการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักจากเถ้าแกลบของกรมวิทยาศาสตร์บริการ (2529 : 3) คือเริ่มสูตรทดลองที่ 1 จากอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย เท่ากับ 1 : 3 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อไม้เท่ากับ 70 : 30 โดยน้ำหนัก (สมชัย เบญจชย. 2535 : 7 ; อ้างอิงมาจาก Simatupang, Schwarz and Broker. 1978 : 21) ได้อัตราส่วนผสมเท่ากับ 1 : 3 : 0.43 โดยน้ำหนัก ส่วนปริมาณผกผันของทรายกับชิ้นไม้ยูคาลิปตัส สูตรทดลองละ ร้อยละ 3 ได้มาจากการทดลองคอนกรีตทั่ว ๆ ไป ซึ่งกำหนดปริมาณมวลรวมแตกต่างกันประมาณร้อยละ 5 แต่ผู้วิจัยเห็นว่า

มวลผสมคละซึ่งได้แก่ชิ้นไม้ยูคาลิปตัสไม่ได้ผ่านการร่อนคัดขนาด ประกอบกับต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสและทรายหยาบด้วย จึงกำหนดปริมาณผกผันของทรายกับชิ้นไม้ยูคาลิปตัสเป็นสูตรทดลองละ ร้อยละ 3 และในสูตรทดลองที่ 10 ได้ใช้หลักการจากการทดลองผลิตวัสดุก่อสร้างและทดสอบการใช้งาน (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2529 : 3) ว่าอัตราส่วนทรายในงานคอนกรีตที่ได้แรงกดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนัก ประมาณร้อยละ 40 ของวัสดุผสมคละ จึงได้กำหนดสูตรทดลองถึงสูตรที่ 10 ซึ่งมีอัตราส่วนทรายร้อยละ 40.72 ดังแสดงในตาราง 1

3. คอนกรีตบล๊อกที่ได้จากการทดลองเมื่อนำไปก่อเพื่อใช้งานจะต้องฉาบปูนหรือทาสีทับ

ตาราง 1 อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย ชิ้นไม้ยูคาลิปตัส และน้ำประปาที่ใช้ผสมเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก

สูตรที่	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำหนัก ร้อยละ ของ มวลรวม	ทราย น้ำหนัก ร้อยละ ของ มวลรวม	ชิ้นไม้ยูคาลิปตัส อิ่มตัว น้ำหนัก ร้อยละ ของ มวลรวม	มวลรวม ทั้งหมด น้ำหนัก/ กิโลกรัม	อัตราส่วนผสม ระหว่าง ปูนซีเมนต์ ต่อทราย ต่อชิ้นไม้ โดยน้ำหนัก /กิโลกรัม
1	22.57	67.72	9.71	100	1 : 3 : 0.43
2	22.57	64.72	12.71	100	1 : 2.87 : 0.56
3	22.57	61.72	15.71	100	1 : 2.73 : 0.83
4	22.57	58.72	18.71	100	1 : 2.60 : 0.83
5	22.57	55.72	21.71	100	1 : 2.47 : 0.96
6	22.57	52.72	24.71	100	1 : 2.34 : 1.09
7	22.57	49.72	27.71	100	1 : 2.20 : 1.23
8	22.57	46.72	30.71	100	1 : 2.07 : 1.36
9	22.57	43.72	33.71	100	1 : 1.94 : 1.49
10	22.57	40.72	36.71	100	1 : 1.80 : 1.63

น้ำประปาที่ใช้ผสม กำหนดร้อยละ 0.40 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หรือเท่ากับ 1.77 กิโลกรัมทุกสูตรที่ทดลอง

ประชากร

ประชากรคือคอนกรีตบล๊อกที่เกิดจากอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย ชิ้นไม้ยูคาลิปตัส และน้ำ

ตัวแปรต้น

อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย ชิ้นไม้ยูคาลิปตัส และน้ำ โดยกำหนดให้ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และน้ำมีสัดส่วนคงที่ ส่วนทรายมีปริมาณผกผันกับชิ้นไม้ยูคาลิปตัส ดังแสดงในตาราง 1

ตัวแปรตาม

คุณลักษณะของคอนกรีตบล๊อกที่ได้จากการทดลองเทียบกับคุณลักษณะของคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

นิยามศัพท์เฉพาะ

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หมายถึง ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และมีจำหน่ายในท้องตลาด สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด

ทราย หมายถึง ทรายหยาบเม็ดใหญ่ในสภาวะแห้งจากจังหวัดราชบุรี ขนาด 2 - 4 มิลลิเมตร

ชิ้นไม้ยูคาลิปตัส หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีสที่ย่อยด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว หรือประมาณ 10 มิลลิเมตร มีลักษณะส่วนใหญ่เป็นแท่งขนาดคละกันตั้งแต่ 3/8 นิ้ว หรือประมาณ 10 มิลลิเมตร ถึงเป็นผงละเอียด

ชิ้นไม้ยูคาลิปตัสอิ่มตัว หมายถึง ชิ้นไม้ยูคาลิปตัสในสภาวะแห้ง นำมาคลุกเคล้ากับน้ำให้สม่ำเสมอแล้วทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้ไม้ดูดซึมน้ำจนถึงจุดอิ่มตัว ซึ่งมีปริมาณน้ำร้อยละ 30 ของน้ำหนักไม้แห้ง เช่น ไม้แห้งมีความชื้นร้อยละ 10.62 ดังนั้น ถ้าน้ำหนักไม้แห้งเท่ากับ

100 กรัม น้ำหนักของน้ำที่เพิ่มเข้าไปเท่ากับ 30 - 10.62 = 19.39 กรัม ดังนั้น น้ำหนักของไม้ที่มีความชื้นถึงจุดอิ่มตัวจะเท่ากับ 119.39 กรัม

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก หมายถึง คอนกรีตบล็อกประเภท 2 ที่ไม่ควบคุมความชื้นใช้สำหรับก่อผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวบล็อกเอง (กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 58 - 2533 : 2)

มวลผสมคละ (all - in - aggregate) หมายถึง มวลผสมที่ประกอบด้วยมวลผสมหยาบที่มวลผสมส่วนใหญ่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนขนาด 4.75 มิลลิเมตร และมวลผสมละเอียดที่มวลผสมส่วนใหญ่ลอดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 4.75 มิลลิเมตรได้ (กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 566 - 2528 : 1 - 2)

กำลังต้านทานแรงอัด (compressive strength) หมายถึง ค่าของแรงเค้นอัดขณะที่ทำให้ชิ้นทดสอบเริ่มเสียหาย มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล (กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 109 - 2517 : 1 ; กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 58 - 2530 : 12)

แรงธาร (bearing load) หมายถึง แรงอัดบนผิวหน้าที่สัมผัสกัน (กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 109 - 2517 : 2)

ผิวธารของคอนกรีต หมายถึง ผิวหน้าของก้อนคอนกรีตด้านที่สัมผัสกับศูนย์แรงกดจากแท่นธารในบ่าทรงกลมของเครื่องกด

อัตราส่วน หมายถึง ปริมาณของวัสดุที่นำมาประกอบกันเป็นผลิตภัณฑ์ โดยใช้หน่วยวัดปริมาณเป็นหน่วยน้ำหนักหรือปริมาตรอย่างใดอย่างหนึ่ง และมีหน่วยวัดรวมเท่ากับ 100 เช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีน้ำหนัก 22.57 กรัม ผสมกับทรายมีน้ำหนัก 67.72 กรัม และชิ้นไม้ยูคาลิปตัสอิ่มตัวน้ำหนัก 9.71 กรัม รวมเท่ากับ 100 กรัม

น้ำหนักมวลรวม หมายถึง ปริมาณของมวลของวัสดุที่นำมาผสมกันเป็นอัตราส่วนในการทำคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักโดยวัดปริมาณเป็นหน่วยน้ำหนักทุกมวลรวมกัน

คอนกรีตเบา (lightweight concrete) หมายถึง คอนกรีตที่มีน้ำหนักต่อหน่วยเบากว่าคอนกรีตที่ทำขึ้นจากพวกกรวด หรือหินย่อยอย่างเห็นได้ชัด (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 261)

เมกะพาสคัล หมายถึง หน่วยของค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ได้จากการคำนวณหาค่าแรงอัดที่ลดลงต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นนิวตัน หารด้วยปริมาณของพื้นที่ทดสอบ ค่าความต้านทานแรงอัดมีหน่วยเป็น เมกะพาสคัล

สมมุติฐาน

1. อัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนัก มีคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด

2. อัตราส่วนระหว่างชิ้นไม้ยูคาลิปตัส และทรายมีความสัมพันธ์ต่อค่าความต้านทานแรงอัด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้าและหาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำราและงานวิจัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์และทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยแยกเป็นหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. **ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีต**

   ลักษณะของคอนกรีต

   ซีเมนต์เพสต์

   มวลรวมของคอนกรีต

   อัตราส่วนผสมของคอนกรีต

   การบ่มคอนกรีต

2. **คอนกรีตบล็อก**

   ลักษณะของคอนกรีตบล็อก

   กระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อก

   การพัฒนาด้านน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก

   การเสริมเหล็กในงานคอนกรีตบล็อก

3. **ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์**

4. **ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส**

   ลักษณะชั้นไม้

5. **ความรู้เรื่องไม้ยูคาลิปตัสกับปูนซีเมนต์**

6. **อัตราส่วนผสม**

   การหาอัตราส่วนของน้ำในส่วนผสม

1. ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีต

ลักษณะของคอนกรีต คอนกรีตเป็นศิลาประดิษฐ์เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีคุณลักษณะเด่น คือ สามารถหล่อให้เป็นรูปร่างตามแบบที่ต้องการได้ และสามารถผลิตวัสดุแท่งรูปเหมือน ๆ กัน ออกมาได้จำนวนมากโดยทำแบบหล่อเพียงครั้งเดียว เป็นการประหยัดเวลาในการก่อสร้างและมีความคงทนดี คอนกรีตเป็นของผสมที่เกิดจากการผสมกันระหว่างปูนซีเมนต์กับวัสดุผสมคละกัน เช่น ทราย หินหรือกรวด และน้ำเข้าด้วยกันตามสัดส่วนที่พอเหมาะ เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่สะดวกต่อการเทและการใช้งาน (good workability)

คอนกรีตที่ดี จะเป็นผลจากการที่อนุภาคของวัสดุผสมคละทุก ๆ อนุภาคในส่วนผสม ถูกเคลือบหรือหุ้มด้วยซีเมนต์เพสต์ (cement paste) ซึ่งเป็นส่วนผสมที่เกิดจากปูนซีเมนต์กับน้ำเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เรียกว่า ไฮเดรชั่น (hydration) ระหว่างกันและรวมกับอากาศจะทำให้มีคุณสมบัติจับเกาะแน่นกับวัสดุผสม และช่องว่าง (void) ระหว่างอนุภาคต่าง ๆ ได้ถูกแทนที่ด้วยซีเมนต์เพสต์ด้วยเช่นกัน ดังนั้น คุณภาพของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับกำลังของซีเมนต์เพสต์เป็นสำคัญนอกเหนือไปจากความแข็งแกร่งของวัสดุผสมคละที่ใช้ (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 80)

คอนกรีตแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ เพสต์และมวลรวมที่เป็นแร่ธาตุ อนุภาคแต่ละชิ้นของมวลรวมจะฝังตัวและถูกหุ้มด้วยเพสต์ ปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดเท่ากับปริมาตรของเพสต์บวกกับปริมาตรของมวลรวมและปริมาตรของอากาศที่อยู่ในช่องว่าง เกี่ยวกับปริมาตรของมวลรวมได้มีการศึกษามวลรวมของคอนกรีตที่ให้กำลังสูง (นฤมล ชื่นอุทัย. 2534 : 3 ; อ้างอิงมาจาก Lydon. 1982) พบว่า มวลรวมต่อซีเมนต์มีค่า 2.5 ถึง 5.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งเท่ากับร้อยละ 71.43 ถึงร้อยละ 84.62 และทรายจะแปรเปลี่ยนจากร้อยละ 25 ถึง 35 เมื่อค่าแห่งความละเอียด (fineness modulus) มีค่าปานกลาง ดังนั้น ปูนซีเมนต์จึงมีค่าอย่างน้อย ประมาณร้อยละ 15

ซีเมนต์เพสต์ เนื่องจากเพสต์เป็นตัวหุ้มและกันอนุภาคของมวลรวมแต่ละเม็ดให้ออกห่างจากกัน กำลังของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับกำลังของเพสต์นั่นเอง เพสต์จะป้องกันไม่ให้มวลรวมขัดกันไม่ได้ช่วยให้คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีกำลังสูงขึ้นแต่อย่างใด หน่วยแรงต่าง ๆ ก็ดี น้ำที่ไหลซึมก็ดี

หรือสิ่งประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับลมฟ้าอากาศก็ดี จะต้องกระทำผ่านเพสต์นี้

กำลังและความหนาแน่นของเพสต์ส่วนใหญ่ ขึ้นอยู่กับปริมาณแรกเริ่มของน้ำซึ่งบรรจุอยู่ในช่องว่างรอบเม็ดซีเมนต์ และขึ้นอยู่กับขนาดของปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำ ปริมาณน้ำซึ่งบรรจุในช่องว่างนี้ ปกติระบุในรูปของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (water cement ratro) และต้องกำหนดให้มีการบ่มเพื่อเป็นหลักประกันว่า อย่างน้อยที่สุดจะต้องได้ปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำตามที่ต้องการ อัตราส่วนซีเมนต์ต่อน้ำนี้ เดิมมักระบุเป็นปริมาตรของน้ำเป็นลิตรต่อซีเมนต์หนึ่งถุง แต่ปัจจุบันใช้วิธีที่ดีกว่า คือ ระบุเป็นน้ำหนัก คือ กิโลกรัมของน้ำต่อซีเมนต์หนึ่งกิโลกรัม

มวลรวมของคอนกรีต (aggregate of concrete) มวลรวมของคอนกรีตหรือวัสดุผสม ได้แก่ วัสดุที่มีคุณสมบัติเฉื่อย (inert material) บางชนิดที่เป็นชิ้นมาแทรกตัวกัน แล้วเคลือบหุ้มด้วยซีเมนต์เพสต์ ผสมด้วยอัตราส่วนเฉพาะ วัสดุเฉื่อยก็คือ ทราย กรวด หินโม่ ชิ้เถ้า กากเตาบด ดินสุก และวัสดุน้ำหนักเบา เช่น เอ็กแพนดิด (expanded) เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) เพอไลท์ (perlite) วัสดุทั้งหมดจะมีกำลังและให้น้ำหนักแก่คอนกรีตแตกต่างกันไป รวมถึงความคงทนด้วย จึงจำเป็นต้องใช้ให้เหมาะกับงานที่จะสร้าง (พิภพ สุนทรสมัย. 2536 : 8) และเนื่องจากราคาของวัสดุผสมถูกกว่าปูนซีเมนต์ ดังนั้น วัสดุผสมจึงมีส่วนให้ราคาของคอนกรีตต่ำลง วัสดุผสมต้องมีขนาดคละอยู่ภายในพิกัดกำหนด จึงจะทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ คุณภาพดี และประหยัด โดยทั่วไปจะแบ่งวัสดุผสมออกเป็น 2 ชนิด คือ วัสดุผสมละเอียด (fine aggregate) และวัสดุผสมหยาบ (coarse aggregate)

วัสดุผสมละเอียด หมายถึง ทรายซึ่งเป็นวัสดุผสมที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มิลลิเมตร หรือที่สามารถลอดผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ทั้งนี้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 มิลลิเมตร วัสดุผสมที่เล็กกว่านี้เรียกว่า ฝุ่น (silt or clay) ทรายจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งมีทั้งทรายบก ทรายแม่น้ำ และทรายน้ำเค็ม โดยการกระเทาะของหินและกรวด มีลักษณะละเอียดเป็นผง มีขนาดต่าง ๆ กัน ในงานคอนกรีตทั่ว ๆ ไปจะใช้ทรายบกและทรายแม่น้ำ โดยมีหลักการใช้ตามลักษณะของงาน เช่น ในงานปูนสอ ปูนฉาบ ปูนถือ ใช้ทรายละเอียดเม็ดเล็กจากอยุธยา ขนาด 0.5 - 1.5 มิลลิเมตร งานเทคอนกรีต ปูนก่อที่ต้องรับแรงอัดและแรงคอนกรีตทั่ว ๆ ไป ใช้ทรายเม็ดกลางจากอ่างทอง ขนาด 1 - 2 และ 3 มิลลิเมตร งานเทพื้นฐานราก

ที่ต้องการรับแรงอัดมาก ๆ ใช้ทรายหยาบเม็ดใหญ่จากราชบุรี ขนาด 2 - 4 มิลลิเมตร เป็นต้น

วัสดุผสมหยาบ หมายถึง วัสดุที่ส่วนผสมส่วนใหญ่จะค้างอยู่บนตะแกรงร่อนมาตรฐานขนาด 4.76 มิลลิเมตร และมีส่วนที่ละเอียดกว่าประกอบอยู่บ้างเพียงเท่าที่กำหนดให้ (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 259)

คอนกรีตถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในการก่อสร้าง จนอาจเรียกได้ว่า คอนกรีตสามารถก่อสร้างเป็นอาคารได้ทั้งหลังทีเดียว แม้แต่ในงานคอนกรีตบล๊อกยังแบ่งตามลักษณะการใช้งานอีก เช่น คอนกรีตบล๊อกผนัง คอนกรีตบล๊อกพื้น และคอนกรีตบล๊อกปูถนน เป็นต้น

อัตราส่วนผสมของคอนกรีต การกำหนดอัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่ถูกต้องจะทำให้เกิดความสะดวกต่อการทำคอนกรีต ทำให้คอนกรีตที่ได้มีคุณสมบัติและมีความแข็งแรงตามต้องการ โดยทั่วไปวิศวกรจะเป็นผู้กำหนดอัตราส่วนผสมของคอนกรีตให้เหมาะกับงานต่าง ๆ ตามแบบแปลนที่เขียนขึ้น ทั้งด้วยการคำนวณทางทฤษฎีและนำผลจากการคำนวณไปทดสอบ เพื่อปรับแก้ไขสัดส่วนต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับความต้องการ โดยทั่วไปแล้วจะกำหนดอัตราส่วนผสมไว้ 2 วิธี คือ อัตราส่วนผสมโดยปริมาตรและอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก (สมปอง สง่าแสง. 2535 : 92 - 100)

การกำหนดอัตราส่วนผสมโดยปริมาตร มักใช้สำหรับงานเล็ก ๆ ที่ไม่ค่อยสำคัญนัก โดยกำหนดอัตราส่วนผสมเป็นปูนซีเมนต์ ต่อทราย ต่อหิน เช่น 1 : 2 : 4 ซึ่งหมายถึง ใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน และหิน 4 ส่วน ด้วยวิธีตวง คือ ปริมาตรเป็นเกณฑ์ ซึ่งอาศัยข้อมูลและสถิติจากการทดลองของสถาบันที่มีการวิจัยเรื่องนี้เป็นข้อกำหนด บางครั้งก็ได้กำลังมากเกินกว่าที่วิศวกรโครงสร้างได้คำนวณไว้ ซึ่งเป็นการไม่ประหยัด แต่บางครั้งกำลังที่ได้ก็น้อยเกินไป ทำให้ค่าความปลอดภัย(factor of safety) และความทนทาน (durability) ของโครงสร้างน้อยลง ข้อดีของการกำหนดอัตราส่วนผสมโดยปริมาตรนี้ก็คือ ความสะดวกสบายในการผสม ได้มีการกำหนดอัตราส่วนผสมโดยปริมาตรที่นิยมใช้กับงานคอนกรีตตามประเภทของงาน ตามตาราง 2

ตาราง 2 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่นิยมใช้กับงานประเภทต่าง ๆ

อัตราส่วนผสมของคอนกรีตโดยปริมาตร	ประเภทของงาน
1 : 1.5 : 3	เสาและส่วนของโครงสร้างอาคารที่ต้องการทึบน้ำ
1 : 2 : 4	งานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป
1 : 2.5 : 4	งานถนน ทางเท้า ฐานรากอาคารเขื่อนกั้นดิน
1 : 3 : 5	งานคอนกรีตขนาดใหญ่ เช่น ฐานรากขนาดใหญ่หรือผนังที่หนา

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2536 : 88

การกำหนดอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก การผสมโดยน้ำหนัก กำลังของคอนกรีตที่ได้จะใกล้เคียงมากกว่าการผสมโดยปริมาตร เพราะการชั่งน้ำหนักสามารถควบคุมปริมาณการผสมได้มากกว่าการตวง ถ้าเป็นงานเล็ก ๆ เราอาจจะใช้อัตราส่วนผสมจากข้อมูลหรือสถิติที่ได้จากการทดลองเป็นเกณฑ์กำหนดในการผสมก็ได้ แต่ถ้าเป็นงานใหญ่แล้ว มีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตเพื่อให้ได้กำลังตามที่วิศวกรโครงสร้างต้องการ หรือตามที่ได้คำนวณไว้ โดยให้คอนกรีตที่ได้มีความข้นเหลว (consistency) ตามชนิดของงานที่ทำ แต่สิ่งที่สำคัญที่จะต้องคำนึงถึงก็คือ ความประหยัด เพราะในงานใหญ่ ๆ เช่น งานถนน เขื่อน หรือโครงสร้างใหญ่ ๆ ที่ต้องใช้ปริมาณของคอนกรีตเป็นจำนวนมาก ปริมาณของปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในส่วนผสมจึงเป็นความสำคัญในด้านการประหยัดที่ต้องคำนึงถึง

การออกแบบส่วนผสมที่ได้จากห้องทดลองนั้น เมื่อนำไปปฏิบัติจริงในงานสนาม อาจจะให้ผลน้อยกว่าที่ได้จากห้องทดลอง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับการควบคุมมาตรฐานของคอนกรีตว่าจะทำได้ดี

เพียงใดในงานสนาม ซึ่งเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น คุณภาพและจำนวนของวัสดุที่ใช้ เครื่องผสม การลำเลียง ระยะเวลาในการผสม การเท การอัดแน่น การบ่ม และอุณภูมิ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่มีอิทธิพลต่อกำลังของคอนกรีตทั้งสิ้น ดังนั้น การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต จะต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ด้วยว่าจะสามารถควบคุมได้อย่างไร

ก่อนที่จะหาอัตราส่วนผสมของคอนกรีต จะต้องทราบวัตถุประสงค์ที่จะนำคอนกรีตไปใช้เสียก่อนว่าจะให้คอนกรีตเป็นอย่างไร ซึ่งได้แก่ กำลังของคอนกรีตที่ต้อง าร โดยทั่วไปกำหนดเป็นกำลังอัดของคอนกรีต (f'c) เมื่อมีอายุ 28 วัน ขึ้นอยู่กับว่าเป็นโครงสร้างประเภทใด คือจะนำคอนกรีตนั้นไปใช้ทำอะไร เพื่อที่จะได้กำหนดความข้นเหลวของส่วนผสม เพื่อให้ทำงานได้สะดวก โดยปกติใช้ค่าเกณฑ์ยุบตัวของคอนกรีต (slump) เป็นตัวกำหนด ต้องการคุณสมบัติพิเศษของคอนกรีตอย่างไรบ้าง เช่น ให้สามารถทนซัลเฟตได้สูง เป็นต้น เพื่อที่จะได้เลือกใช้ปูนซีเมนต์ให้ถูกประเภท และคอนกรีตนั้นต้องการสารที่ทำให้เกิดฟองอากาศผสมร่วมหรือไม่ รวมทั้งขนาดของโครงสร้างคอนกรีตที่จะทำขึ้น ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้ ตามตาราง 3

ตาราง 3 ขนาดใหญ่สุดของวัสดุผสมหยาบ (หิน) สำหรับงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ

ขนาดแคบหรือเล็กที่สุดของโครงสร้างคอนกรีต (มม.)	ขนาดใหญ่สุดของวัสดุผสมหยาบ (หิน) (มม.)			
	คาน เสา และผนัง ค.ส.ล.	ผนังคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก	พื้นและถนน ค.ส.ล.รับน้ำหนักมาก	พื้นคอนกรีตรับน้ำหนักน้อย
50 - 150	12 - 19	19	19 - 25	19 - 38
150 - 300	12 - 38	38	38	38 - 75
300 - 750	38 - 75	75	38 - 75	75
750	38 - 75	150	38 - 75	75 - 1[illegible]

ที่มา : สมปอง ส่องแสง. 2535 : 93

และนอกเหนือจากวัตถุประสงค์ดังกล่าว ยังจะต้องทราบถึงคุณสมบัติบางประการของวัตถุที่จะใช้ผสมคอนกรีต คือ

1. ความลดหลั่นของขนาด (gradation) หรือขนาดคละของหินและทราย ซึ่งได้มาจากการร่อนหินและทรายผ่านตะแกรงมาตรฐานหลาย ๆ ขนาด แล้วหาร้อยละของหินหรือทรายในแต่ละขนาด

2. ค่าแห่งความละเอียดของหินและทราย เป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย ได้จากการรวมร้อยละของหินหรือทรายขนาดต่าง ๆ ที่ค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานแต่ละขนาด แล้วหารผลรวมด้วย 100 โดยทั่วไปค่าแห่งความละเอียดของทรายมีค่าระหว่าง 2.20 ถึง 3.20 และของหินจะมีค่าประมาณ 6.50, 7.00 และ 7.50 สำหรับหินที่มีขนาดใหญ่ที่สุด 19 - 25 มิลลิเมตร

และ 38 มิลลิเมตร ตามลำดับ ตัวเลขนี้ยิ่งมีค่าสูง แสดงว่าหินหรือทรายมีความหยาบมาก

3. ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของวัสดุที่ใช้ สำหรับปูนซีเมนต์ถ้าไม่สามารถหาได้ให้ใช้เท่ากับ 3.15 ส่วนหินและทราย ความชื้นอาจจะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนแปลงไปได้ ในที่นี้ใช้ค่าความถ่วงจำเพาะเมื่อหินและทรายอยู่ในสภาวะแห้งและอิ่มตัว (saturated surface dry) ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 2.40 ถึง 2.90 อาจจะใช้ค่าเฉลี่ย คือ 2.65 ก็ได้

4. น้ำหนักต่อ 1 ลูกบาศก์เมตรของหินและทราย หมายถึง น้ำหนักของหินหรือทราย 1 ลูกบาศก์เมตร รวมทั้งช่องว่างระหว่างหินหรือทรายด้วย น้ำหนักดังกล่าวของหินและทรายในสภาพแห้งและอิ่มตัว จะมีค่าระหว่าง 1,440 ถึง 1,940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยทั่วไปหน่วยน้ำหนักของหินที่ใช้ 1,600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และของทรายใช้ 1,650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

5. ความชื้นของหินและทราย หมายถึง ปริมาณน้ำที่ห่อหุ้มหรือติดมากับเม็ดหินหรือเม็ดทรายตามสภาพจริง ปริมาณน้ำจากความชื้นนี้เป็นปริมาณที่นอกเหนือไปจากที่เม็ดหินหรือเม็ดทรายจะสามารถดูดเข้าไปไว้ในเม็ดได้อีกแล้ว ซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องนำไปหักออกจากส่วนผสมในการคำนวณ โดยปกติจะกำหนดเป็นร้อยละของน้ำหนักของหินหรือทราย

หลักการใหญ่ ๆ ในการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การออกแบบส่วนผสมโดยวิธีทดลองผสม (trial mix method) โดยการทดลองจากอัตราส่วนผสม ความข้นเหลวและอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ต่าง ๆ กัน แล้วนำไปทดลองหากำลัง เพื่อหาอัตราส่วนที่ให้ได้กำลังตามที่ต้องการและประหยัดที่สุด

2. การออกแบบส่วนผสมโดยวิธีกำหนดกำลังของคอนกรีตและลักษณะของคอนกรีตสำหรับงานที่ทำ แล้วนำไปคำนวณหาอัตราส่วนผสม วิธีการนี้อาศัยหลักจากสถิติ เช่น วิธีของสถาบันซีเมนต์และคอนกรีต ณ กรุงสต็อกโฮม (The Cement and Concrete Institute, Stockholm) ประเทศสวีเดน คำนวณโดยยึดมาตรฐานของอังกฤษ (BS) และวิธีของสถาบันอเมริกันคอนกรีต หรือ เอซีไอ (American Concrete Institute or ACI) ซึ่งเป็นมาตรฐานของอเมริกา

บริษัทชลประทานซีเมนต์ จำกัด ได้นำวิธีการคำนวณออกแบบส่วนผสมคอนกรีตของ เอซีไอ มาปรับปรุงและดัดแปลงเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณและการปฏิบัติงาน มีลำดับขั้นตอนการคำนวณอยู่ 8 ขั้น ดังนี้

1. อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ที่สัมพันธ์กับกำลังของคอนกรีตตามต้องการ ใช้ตาราง 4 ข้างล่างนี้เป็นแนวในการหา

ตาราง 4 แสดงกำลังอัดของคอนกรีตกับปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง

ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง (50 กก.)	กำลังอัดของคอนกรีตเมื่อมีอายุ 28 วัน (กก./ซม.^{2})	
	ส่วนผสมซึ่งไม่ใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ	ส่วนผสมซึ่งใส่สารที่ทำให้เกิดฟองอากาศ
20.0	385	310
22.5	340	275
25.0	300	245
27.5	265	215
30.0	230	190
32.5	200	165
35.0	175	140

ที่มา : สมปอง ส่องแสง. 2535 : 94

ค่าที่กำหนดไว้ในตาราง 4 นี้ ใช้สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ถ้าใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทอื่น จะต้องเปรียบเทียบกำลังอัดตามเกณฑ์ที่ระบุไว้ในตาราง 5 และพึงเข้าใจด้วยว่า กำลังของคอนกรีตขึ้นอยู่กับกำลังของซีเมนต์เพสต์ ซึ่งจะมากหรือน้อยก็แล้วแต่ปริมาณน้ำในส่วนผสม ถ้ารักษาอัตราส่วนนี้ไว้ให้คงที่แล้ว แม้ส่วนผสมอื่นจะเปลี่ยนแปลงไปบ้างกำลังของคอนกรีตก็จะไม่เปลี่ยนแปลงไปมาก

ตาราง 5 เปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ส่วนผสมจากปูนซีเมนต์ประเภทต่าง ๆ

ประเภทของปูนซีเมนต์		กำลังอัดคิดเป็นร้อยละของกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ส่วนผสมจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1		
		อายุ 3 วัน	อายุ 28 วัน	อายุ 3 เดือน
ประเภทหนึ่ง	ปอร์ตแลนด์ธรรมดา	100	100	100
ประเภทสอง	ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง	80	85	100
ประเภทสาม	ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว	190	130	115
ประเภทสี่	ปอร์ตแลนด์ให้ความร้อนต่ำ	50	65	90
ประเภทห้า	ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตสูง	65	65	85

ที่มา : สมปอง ส่องแสง. 2535 : 95

ตาราง 6 ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่เหมาะสมกับงานคอนกรีตประเภทต่าง ๆ

ประเภทของงานคอนกรีต	ค่าความยุบตัว (ซม.)	
	คอนกรีตหล่อธรรมดา	คอนกรีตหล่อโดยใช้เครื่องสั่น (เขย่า)
โครงสร้างที่เป็นแผ่นบาง		
เสริมเหล็ก	15	7.5
ไม่เสริมเหล็ก	10	6.5
โครงสร้างขนาดใหญ่		
เสริมเหล็ก	12.5	5
ไม่เสริมเหล็ก	10	3.5
คอนกรีตล้วนขนาดใหญ่	7.5	5
ถนนและลานบิน	-	2.5

ที่มา : สมปอง ส่องแสง. 2535 : 95

2. หาปริมาณน้ำในส่วนผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร หมายถึง ความข้นเหลวหรือหรือลักษณะของคอนกรีตสำหรับการใช้งาน ซึ่งปริมาณน้ำที่ถูกต้องที่สุดในส่วนผสม คือ ปริมาณที่น้อยที่สุดเท่าที่คอนกรีตนั้นจะทำงานได้ง่าย กำหนดโดยอาศัยเกณฑ์การยุบตัวของคอนกรีตเป็นหลัก ซึ่งระบุไว้ในตาราง 7

อย่างไรก็ตาม รูปร่างและขนาดของหินที่ใช้ เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่จะทำให้ต้องใช้น้ำในส่วนผสมน้อยหรือมาก ตามเกณฑ์การยุบตัวของคอนกรีตในตาราง 6 ขนาดใหญ่ที่สุดของหินจะถูกจำกัดโดยขนาดของโครงสร้างอยู่แล้ว ตามตาราง 1 ดังนั้น ในขั้นนี้จะต้องใช้ ตาราง 3 ตาราง 6 และตาราง 7 ประกอบกัน

ตาราง 7 แสดงปริมาณน้ำเพื่อใช้ผสมคอนกรีตจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้หินขนาดใหญ่ที่สุดขนาดต่าง ๆ กันตามเกณฑ์การยุบตัว

เกณฑ์การยุบตัวของคอนกรีต (ซม.)		ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้ (มม.)							
		9	12	19	25	38	50	75	150
คอนกรีตซึ่งไม่ใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ	2.5 - 5.0	208	197	183	178	163	153	143	124
	7.5 - 10.0	227	218	203	193	178	168	158	138
	12.5 - 15.0	242	227	213	203	188	178	168	148
	ปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้นโดยปริมาตร %	3	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
คอนกรีตซึ่งใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ	2.5 - 5.0	183	178	163	153	143	134	124	109
	7.5 - 10.0	203	193	178	168	158	148	138	119
	12.5 - 15.0	213	203	188	178	168	158	144	129
	ปริมาณฟองอากาศที่ควรให้มีโดยปริมาตร %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

ที่มา : สมปอง ล่องแสง. 2535 : 96

ในตาราง 7 ปริมาณน้ำที่แสดงนี้ เป็นปริมาณสูงสุดสำหรับหินทีมรูปร่างดี ช่วยให้ทำงานได้ง่ายและการลดหลั่นของขนาดตามข้อกำหนด และถ้าจำเป็นต้องเพิ่มน้ำในส่วนผสม จะต้องเพิ่มปูนซีเมนต์ เพื่อให้อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์คงที่ นอกจากผลการทดสอบแสดงว่า คอนกรีตมีกำลังสูงเกินต้องการ หรือถ้าส่วนผสมต้องการน้ำน้อยกว่ากำหนด ยังไม่ควรลดปริมาณปูนซีเมนต์ นอกจากผลการทดสอบแสดงว่าคอนกรีตให้กำลังสูงกว่าต้องการ

3. หาปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสม สำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร โดยเทียบส่วนจากขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 คือ

ขั้นที่ 1 แสดงจำนวนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง

ขั้นที่ 2 แสดงจำนวนน้ำต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

ซึ่งสามารถจะหาปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมสำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตรได้ โดยการคำนวณตามวิธีบัญญัติไตรยางค์

4. หาปริมาณหินในส่วนผสม สำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร กำหนดในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงปริมาณของหินในส่วนผสมคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตรที่สัมพันธ์กับค่าแห่งความละเอียดของทรายและขนาดใหญ่ที่สุดของหิน

ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้ (มม.)	ปริมาตรของหินต่อคอนกรีต 1 หน่วยปริมาตร ค่าแห่งความละเอียดของทราย			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9	0.46	0.44	0.42	0.40
12	0.55	0.53	0.51	0.49
19	0.65	0.63	0.61	0.59
25	0.70	0.68	0.66	0.64
38	0.76	0.74	0.72	0.70
50	0.79	0.77	0.75	0.73
75	0.84	0.82	0.80	0778
150	0.90	0.88	0.86	0.84

ที่มา : สมปอง ส่องแสง. 2535 : 97

ค่ากำหนดให้ในตารางนี้ เป็นค่าสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่ว ๆ ไป สำหรับงานคอนกรีตที่ทำง่ายกว่า เช่น ถนน และพื้น อาจเพิ่มค่าเหล่านี้ได้อีกร้อยละ 10

5. หาปริมาณฟองอากาศในส่วนผสมสำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ใช้ตาราง 7

6. หาปริมาณทรายในส่วนผสมสำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นส่วนผสมสุดท้ายที่ต้องการหา ซึ่งจากขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 ได้ทราบปริมาณของน้ำ ปูนซีเมนต์ หิน และฟองอากาศในปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรแล้ว ดังนั้น ปริมาณของทรายจึงเท่ากับปริมาณของส่วนที่เหลือ โดย

การเปลี่ยนส่วนผสมต่าง ๆ ที่หาได้เป็นปริมาตรอย่างแน่น (absolute volume) คือ ไม่มีช่องว่างในส่วนผสมเลย ด้วยการใช้สูตร

$$V = \frac{W}{Sd}$$

หรือปริมาตรอย่างแน่น (ม.^{3}) = $\frac{\text{น้ำหนักของวัสดุ (กก.)}}{\text{ถ.พ.ของวัสดุ} \times \text{ความหนาแน่นของน้ำ (กก./ม.}^3\text{)}}$

7. แก้ส่วนผสมเนื่องจากความชื้น โดยปกติหินและทรายที่ใช้งานจริง จะมีความชื้นสูงกว่าในสภาพแห้งและอิ่มตัว ฉะนั้น จึงต้องแก้ส่วนผสมให้เข้ากับสภาพความเป็นจริง โดยการเพิ่มน้ำหนักของหินและทรายขึ้นเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ติดมา และลดน้ำในส่วนผสมออกในจำนวนที่เท่ากัน และในกรณีที่หินและทรายแห้งกว่าสภาพแห้งและอิ่มตัว ก็จะต้องแก้ส่วนผสมเช่นเดียวกัน แต่ในทางที่ตรงกันข้าม

8. กำหนดส่วนผสมสุดท้าย โดยนำปริมาณน้ำจากความชื้นมาปรับแก้ในส่วนผสม

เพื่อความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น จะแสดงตัวอย่างการคำนวณหาอัตราส่วนผสมของคอนกรีตตามลำดับดังกล่าวแล้วให้ทราบ ดังนี้

ต้องการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างอาคาร โดยวิศวกรโครงสร้างได้กำหนดกำลังของคอนกรีตซึ่งทดสอบด้วยแท่นคอนกรีตรูปทรงกระบอก (cylinder) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร เมื่อมีอายุ 28 วัน เท่ากับ 230 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับทำคานและเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดแคบที่สุด 150 มิลลิเมตร การควบคุมคุณภาพของคอนกรีตอยู่ในชั้นดี หิน และทรายที่ใช้มีคุณสมบัติดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงคุณสมบัติของทรายและหินที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างอาคาร

คุณสมบัติ	ทราย	หิน
ความถ่วงจำเพาะ	2.65	2.65
ค่าแห่งความละเอียด	2.70	-
น้ำหนัก (กก./ม^3)	-	1,600
ความชื้นร้อยละ	3.50	0.30

ที่มา : สงปอง ล่องแสง. 2535 : 98

วิธีคำนวณหาส่วนผสมของคอนกรีต ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 หาอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์

จากตาราง 4 กำลังอัดของคอนกรีตที่ต้องการ 230 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อมีอายุ 28 วัน และไม่ใส่สารที่ทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต จะได้

ปริมาณน้ำต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง (50 กก.) = 30 ลิตร (30 กก.)

ได้อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ = $\frac{30}{50}$ = 0.60

ขั้นที่ 2 หาปริมาณน้ำในส่วนผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

จากตาราง 6 ค่าการยุบตัวของคอนกรีตสำหรับงานตามตัวอย่าง คือ 7.5 เซนติเมตร (ใช้เครื่องเขย่าคอนกรีต)

จากตาราง 3 ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้ สำหรับโครงสร้างเสาและคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความหนาไม่เกิน 15 เซนติเมตร คือ 38 มิลลิเมตร

จากตาราง 7 ขนาดใหญ่ที่สุดของหินที่ใช้ 38 มิลลิเมตร เกณฑ์การยุบตัว 7.5 เซนติเมตร และไม่ใส่สารทำให้เกิดฟองอากาศ จะได้

ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร = 178 ลิตร

ขั้นที่ 3 หาปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมสำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

จากขั้นที่ 1 น้ำ 30 ลิตร ใช้ปูนซีเมนต์ = 1 ถุง

จากขั้นที่ 2 น้ำ 178 ลิตร ใช้ปูนซีเมนต์ = $\frac{178}{30}$ = 5.9 ถุง = 295 กิโลกรัม

นั่นคือ ในส่วนผสมคอนกรีตจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตร ใช้ปูนซีเมนต์ = 295 กิโลกรัม

ขั้นที่ 4 หาปริมาณหินในส่วนผสมสำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

จากตาราง 8 กำหนดค่าความละเอียดของทรายเท่ากับ 2.70 และขนาดใหญ่ที่สุดของหินเท่ากับ 38 มิลลิเมตร ดังนั้น

ในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้หิน = $\frac{0.74 + 0.72}{2}$ = 0.73 ลูกบาศก์เมตร

หรือคิดเป็นน้ำหนักของหิน = 0.73 x 1,600 = 1,168 กิโลกรัม

ขั้นที่ 5 หาปริมาณฟองอากาศในส่วนผสมสำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

จากตาราง 7 ขนาดใหญ่ที่สุดของหิน 38 มิลลิเมตร และคอนกรีตนี้ไม่ใช้สารทำให้เกิดฟองอากาศในส่วนผสม จะได้ ปริมาณฟองอากาศในส่วนผสมร้อยละ 1.0

คิดเป็นปริมาตรได้ = $\frac{1 \times 1}{100}$ = 0.01 ม.^{3} ในคอนกรีต 1 ม.^{3}

ซึ่งค่านี้มีค่าน้อยมาก อาจตัดทิ้งได้

ขั้นที่ 6 หาปริมาณทรายในส่วนผสมสำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

จากสูตรปริมาตรอย่างแน่น(ม.^{3}) = $\frac{\text{น้ำหนักของวัสดุ (กก.)}}{\text{ถ.พ.ของวัสดุ} \times \text{ความหนาแน่นของน้ำ (กก./ม.}^3\text{)}}$

ซึ่งจะได้ปริมาตรอย่างแน่นของส่วนผสมต่าง ๆ ดังนี้

ปูนซีเมนต์ 295 กิโลกรัม = $\frac{295}{3.15 \times 1,000}$ = 0.00937 ลูกบาศก์เมตร

น้ำ 178 ลิตร(178 กก.)= $\frac{178}{1 \times 1,000}$ = 0.1780 ลูกบาศก์เมตร

อากาศ = 0.0100 ลูกบาศก์เมตร

หิน 1,168 กิโลกรัม = $\frac{1,168}{2.63 \times 1,000}$ = 0.4441 ลูกบาศก์เมตร

เพราะฉะนั้น ปริมาตรอย่างแน่นของทราย = 1-0.7258 = 0.2742 ลูกบาศก์เมตร

หรือคิดเป็นน้ำหนักในส่วนผสม 1 ลูกบาศก์เมตร =0.2742 x 2.62 x 1,000 กิโลกรัม

= 727 กิโลกรัม

ขั้นที่ 7 แก้ส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

กำหนดทรายมีความชื้นร้อยละ 3.50 และหินมีความชื้นร้อยละ 0.30

ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ห่อหุ้มทราย = 727 x $\frac{350}{100}$ = 25 กิโลกรัม

ปริมาณน้ำที่ห่อหุ้มหิน = 1,168 x $\frac{030}{100}$ = 4 กิโลกรัม

รวมปริมาณน้ำที่เกินมา = 25 + 4 = 29 กิโลกรัม

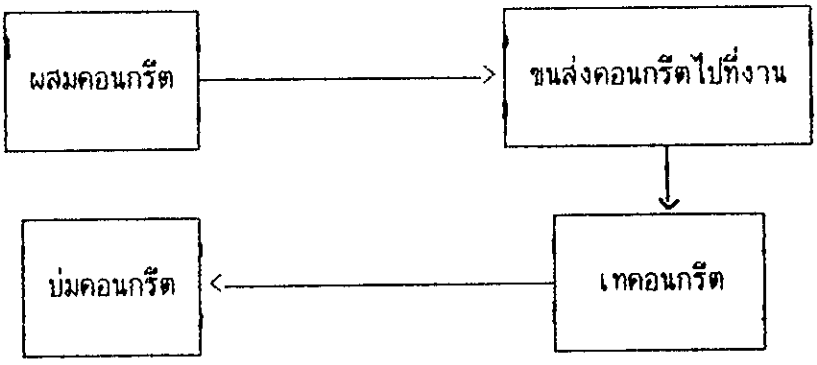
ขั้นที่ 8 กำหนดส่วนผสมขั้นสุดท้าย ส่วนผสมคอนกรีตที่ถูกต้องควรเป็นดังนี้

ปูนซีเมนต์		= 295 กิโลกรัม
น้ำ	= 178 - 29	= 149 กิโลกรัม
ทราย	= 727 + 25	= 752 กิโลกรัม
หิน	= 1,168 + 4	= 1,172 กิโลกรัม

ส่วนผสมของคอนกรีตที่ได้จากการคำนวณนี้ จะต้องนำไปทดลองผสมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งอาจจำเป็นต้องปรับส่วนผสมใหม่ ถ้าคอนกรีตไม่มีความสามารถเทได้และเกณฑ์การยุบตัวของคอนกรีต

ยังไม่เหมาะสม หากได้ส่วนผสมที่พอเหมาะแล้ว ขั้นต่อไปก็ทำการหล่อแท่งทดสอบ เพื่อตรวจสอบกับค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ได้ออกแบบไว้

การบ่มคอนกรีต (concrete cured) ในกระบวนการผลิตคอนกรีตเพื่อให้มีคุณภาพตามต้องการนั้น มิใช่ขึ้นอยู่กับขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งโดยเฉพาะ แต่ต้องประสานสัมพันธ์กันในทุกขั้นตอนอย่างถูกวิธี พิถีพิถันและทันท่วงที ตามภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงกระบวนการผลิตคอนกรีต

การบ่มคอนกรีตเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในงานคอนกรีต เพราะเป็นการป้องกันความชื้นและช่วยเพิ่มความชื้นให้แก่ผิวคอนกรีตโดยตรง เพื่อให้ความชื้นหรือน้ำภายในคอนกรีตทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ต่อไปจนหมด อันจะเป็นผลให้คอนกรีตมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น และยังทำให้คอนกรีตไม่แข็งตัวเร็วจนเกินไปจนถึงกับเกิดการแตก - ร้าวได้ การบ่มคอนกรีตจะต้องกระทำในทันทีหลังจากคอนกรีตแข็งตัวหรือหลังจากการตกแต่งผิวหน้าขั้นสุดท้ายสิ้นสุดลง ประณต กุลประสูตร (2536 : 137 - 141) ได้เสนอวิธีการบ่มคอนกรีตไว้ 3 วิธี ดังนี้

1. วิธีเพิ่มความชื้น เหมาะกับงานคอนกรีตที่เทในอากาศร้อนโดยวิธีการปล่อยน้ำขัง การฉีดพ่นน้ำ และการใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม เป็นต้น

2. วิธีป้องกันการเสียความชื้น โดยวิธีการใช้กระดาษกันน้ำ ผ้าพลาสติกหรือสารเคมี การใช้ไม้แบบ เป็นต้น

3. วิธีเร่งกำลัง โดยวิธีการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ

ในงานทดลองแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส (ปรีชา เกียรติกระจาย. 2525 : 162 - 170 ; สมชัย เบญจชย. 2535 : 35) ใช้วิธีการบ่มโดยการนำแผ่นทดลองที่ถูกจับยึดอยู่ในแบบนาน 24 ชั่วโมง ไปบ่มด้วยความชื้นในห้องที่มีความชื้นอิ่มตัว คือ ใช้ลังถึงขนาดใหญ่ มีน้ำหล่ออยู่ก้นถัง วางแผ่นทดลองเหนือระดับน้ำ ปิดฝาลังถึงด้วยพลาสติกเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำแผ่นมาผึ่งในบรรยากาศอีกอย่างน้อย 21 วัน จึงนำแผ่นทดลองมาทดสอบ แต่ในกระบวนการผลิตคอนกรีตบล๊อกจริง ใช้วิธีการผึ่งคอนกรีตบล๊อกให้แห้งในบรรยากาศประมาณ 3 - 5 วัน ก็สามารถจำหน่ายได้ เพราะเหตุผลทางการค้าและเชื่อว่างานคอนกรีตบล๊อกมีปูนซีเมนต์ผสมอยู่ในปริมาณสูง และเป็นรูปหล่อเล็กบางที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ความร้อนจะสามารถถ่ายเทออกไปได้

หลักการของคอนกรีต คือ น้ำจะเข้าทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ได้อย่างสมบูรณ์ อย่างน้อย 7 วัน ดังนั้น จึงถือว่าเป็นช่วงอันตรายที่ควรควบคุม ซึ่งคอนกรีตจะมีกำลังประมาณขึ้นถึงร้อยละ 70 และอายุคอนกรีตที่บ่ม 14 วัน จะมีกำลังประมาณร้อยละ 85 ของกำลังคอนกรีตที่มีอยู่ 28 วัน (พิภพ สุนทรสมัย. 2534 : 131) ในงานคอนกรีตทั่ว ๆ ไป จึงทดสอบกำลังอัดที่อายุ 28 วัน

2. คอนกรีตบล๊อก (hollow concrete block or hollow concrete masonry unit)

คอนกรีตบล๊อก หมายถึง ก้อนคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำและวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพงมีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน (มอก. 58 - 2533 : 1 - 2) คอนกรีตบล๊อกที่ดีจะต้องมีความสามารถในการรับน้ำหนัก คุณสมบัติในการดูดซับเสียง และความแห้งตามข้อกำหนดของสมาคมทดสอบวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (The American Society for Testing Material or ASTM) หรือตามมาตรฐาน มอก.ของประเทศไทย โดยทั่วไปขนาดจริงจะน้อยกว่าที่ระบุไว้ 10 มิลลิเมตร เพื่อเผื่อไว้สำหรับปูนก่อที่รอยต่อ เช่น คอนกรีตบล๊อกขนาด 150 x 200 x 200

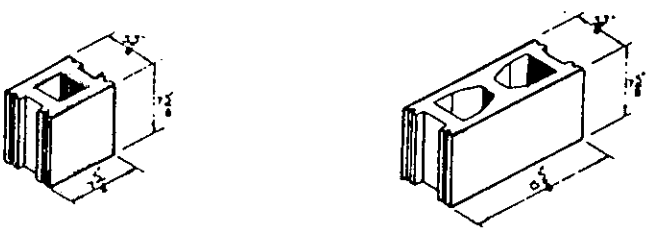
มิลลิเมตร ขนาดจริงจะเท่ากับ 140 x 190 x 190 มิลลิเมตร คอนกรีตบล๊อกส่วนใหญ่จะสูง 200 มิลลิเมตร แต่อย่างไรก็ตามก็จะมีขนาดอื่น ๆ อีกด้วย ความกว้างโดยทั่วไปได้แก่ ขนาด 100 มิลลิเมตร 150 มิลลิเมตร 200 มิลลิเมตร และ 300 มิลลิเมตร

ลักษณะของคอนกรีตบล๊อก คอนกรีตบล๊อกจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ (ประณต กุลประสูตร. 2536 : 193 - 195)

1. คอนกรีตบล๊อกแบบกลวง (hollow concrete block)

คอนกรีตบล๊อกแบบนี้ ยังจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดรับน้ำหนัก (load bearing block) และชนิดไม่รับน้ำหนัก (non - load bearing)

คอนกรีตบล๊อกแบบกลวงชนิดรับน้ำหนัก คอนกรีตบล๊อกชนิดนี้ หมายถึง คอนกรีตบล๊อกที่ใช้สำหรับผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง มีลักษณะดังภาพประกอบ 2



(ก.) (ข.)

ภาพประกอบ 2 คอนกรีตบล๊อกแบบกลวงชนิดรับน้ำหนัก

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2536 : 193

คอนกรีตบล๊อกแบบกลวงชนิดไม่รับน้ำหนัก คอนกรีตบล๊อกชนิดนี้ หมายถึง คอนกรีตบล๊อกที่ใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง มีลักษณะดังภาพประกอบ 3

(ก.) (ข.)

ภาพประกอบ 3 คอนกรีตบล๊อกแบบกลวงชนิดไม่รับน้ำหนัก

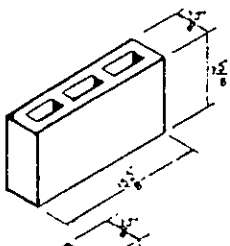
ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2536 : 193

2. คอนกรีตบล๊อกแบบตัน (solid concrete block)

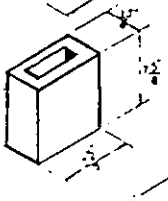
คอนกรีตบล๊อกแบบนี้ จะมีเฉพาะชนิดรับน้ำหนักเท่านั้น ซึ่งหมายถึง คอนกรีตบล๊อกเชิงตันที่ใช้สำหรับก่อผนังหรือก่อกำแพง ที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักของตัวเอง

คอนกรีตบล๊อกขนาดและชนิดต่าง ๆ ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย ได้ถูกแสดงไว้ในภาพประกอบ 4

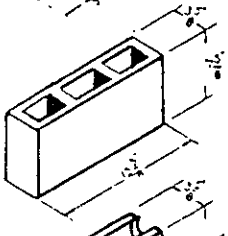
คอนกรีตบล็อกขนาด 100 มิลลิเมตร



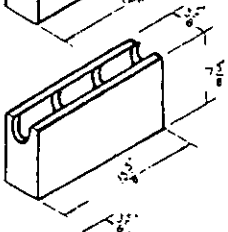
ซี 4 - 1
ผนังกว้าง 100 มม.
เปลือกหนา 25 มม.
น้ำหนัก 11.5 กก.



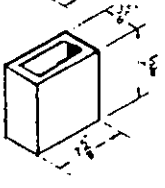
ซี 4 - 2
ผนังกว้าง 100 มม. ครึ่งก้อน
เปลือกหนา 25 มม.
น้ำหนัก 5.5 กก.



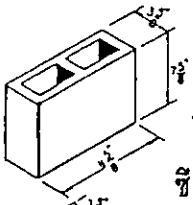
ซี 4 - 3
ผนังกว้าง 100 มม.
เปลือกหนา 19 มม.
น้ำหนัก 9.0 กก.



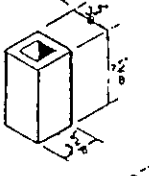
ซี 4 - 4
ผนังกว้าง 100 มม.
เปลือกหนา 19 มม.
น้ำหนัก 10.0 กก.



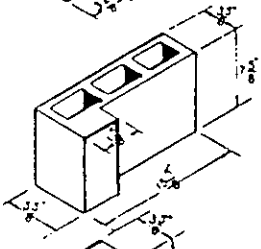
ซี 4 - 5
ผนังกว้าง 100 มม. ครึ่งก้อน
เปลือกหนา 19 มม.
น้ำหนัก 4.5 กก.



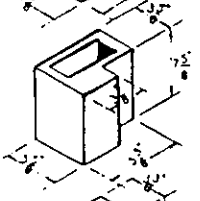
ซี 4 - 6
ผนังกว้าง 100 มม. 3/4 ก้อน
เปลือกหนา 19 มม.
น้ำหนัก 7.0 กก.



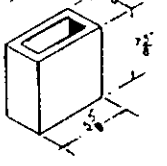
ซี 4 - 7
ผนังกว้าง 100 มม. 1/4 ก้อน
เปลือกหนา 19 มม.
น้ำหนัก 3.0 กก.



ซี 4 - 8
ผนังกว้าง 100 มม. ก่อมุม
เปลือกหนา 19 มม.
น้ำหนัก 12.0 กก.



ซี 4 - 9
ผนังกว้าง 100 มม.
1/3 ของก้อนก่อมุม
เปลือกหนา 19 มม.
น้ำหนัก 6 กก.

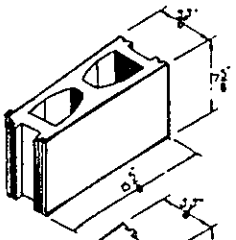


ซี 4 - 10
ผนังกว้าง 100 มม. 1/3 ก้อน
เปลือกหนา 19 มม.
น้ำหนัก 4 กก.

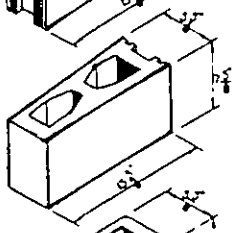
ภาพประกอบ 4 คอนกรีตบล็อกชนิดและขนาดต่าง ๆ ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย

ที่มา : ประณต กุลประสูตร. 2536 : 196 - 199

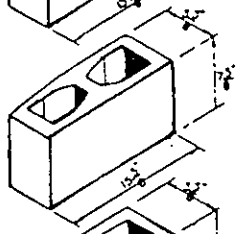
คอนกรีตบล็อกขนาด 150 มิลลิเมตร



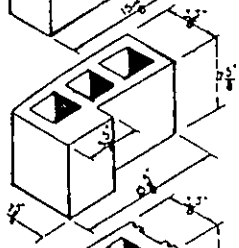
ซี 6 - 1
ขนาด 150 มม.
ใช้เรียงตามยาว
น้ำหนัก 13.5 กก.



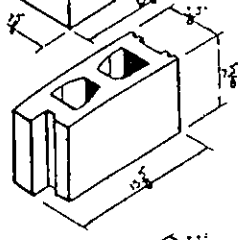
ซี 6 - 2
ขนาด 150 มม. ก่อมุม
น้ำหนัก 14.0 กก.



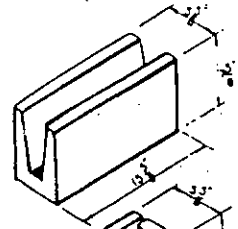
ซี 6 - 3
ขนาด 150 มม. ก่อมุมคู่
น้ำหนัก 14.5 กก.



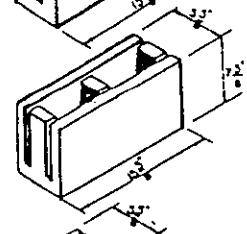
ซี 6 - 4
ขนาด 150 มม. เข้ามุม
น้ำหนัก 17.5 กก.



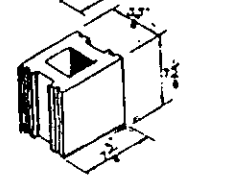
ซี 6 - 5
ขนาด 150 มม.
ก่อรอบเสา
น้ำหนัก 13.5 กก.



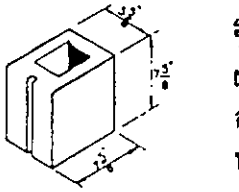
ซี 6 - 6
ขนาด 150 มม. ก่อขอบ
น้ำหนัก 14.5 กก.



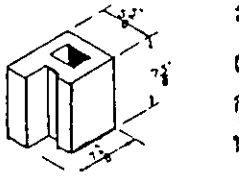
ซี 6 - 7
ขนาด 150 มม.
เชื่อมรอยต่อ
น้ำหนัก 15.0 กก.



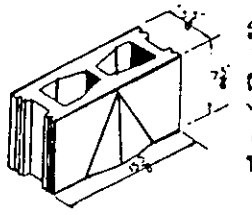
ซี 6 - 8
ขนาด 150 มม.
เรียงตามยาวครึ่งก้อน
น้ำหนัก 7.0 กก.



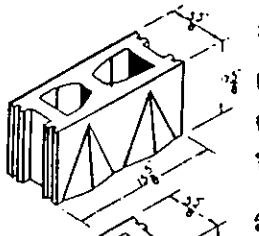
ซี 6 - 9
ผนังกว้าง 150 มม.
ก่อมุมครึ่งก้อน
น้ำหนัก 7.5 กก.



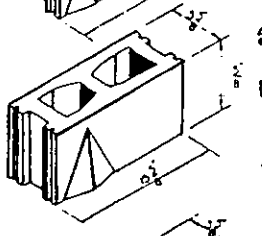
ซี 6 - 10
ผนังกว้าง 150 มม.
ก่อรอบเสาครึ่งก้อน
น้ำหนัก 7.0 กก.



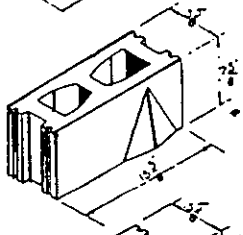
ซี 6 - 11
ผนังกว้าง 150 มม.
ไฮ - ลิท
น้ำหนัก 14.0 กก.



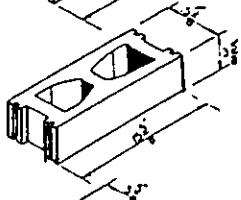
ซี 6 - 12
ผนังกว้าง 150 มม.
ดับเบิล ไฮ - ลิท
น้ำหนัก 14.0 กก.



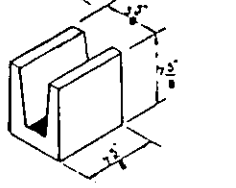
ซี 6 - 13
ผนังกว้าง 150 มม.
เอล.เอส. ไฮ - ลิท
น้ำหนัก 13.5 กก.



ซี 6 - 14
ผนังกว้าง 150 มม.
อาร์.เอช. ไฮ - ลิท
น้ำหนัก 13.5 กก.



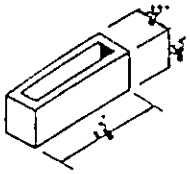
ซี 6 - 15
ผนังกว้าง 150 มม. ก่อสูง
น้ำหนัก 6.0 กก.



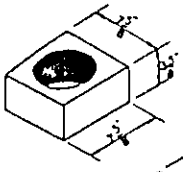
ซี 6 - 16
ผนังกว้าง 150 มม.
ก่อขอบครึ่งก้อน
น้ำหนัก 7.5 กก.

ภาพประกอบ 4 (ต่อ)

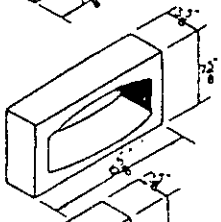
บล็อกก่อกำแพง



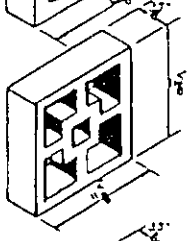
เอสซี - 1
ก่อกำแพงหมายเลข 1
น้ำหนัก 4.5 กก.



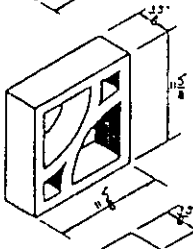
เอสซี - 2
ก่อกำแพงหมายเลข 2
น้ำหนัก 6.0 กก.



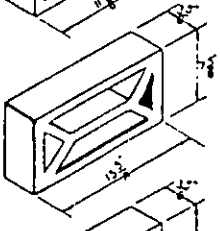
เอสซี - 3
ก่อกำแพงหมายเลข 3
น้ำหนัก 6.0 กก.



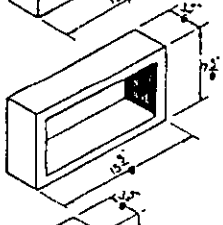
เอสซี - 4
ก่อกำแพงหมายเลข 4
น้ำหนัก 8.5 กก.



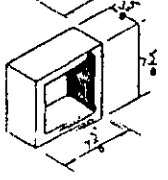
เอสซี - 5
ก่อกำแพงหมายเลข 5
น้ำหนัก 7.5 กก.



เอสซี - 6
ก่อกำแพงหมายเลข 6
น้ำหนัก 8.0 กก.



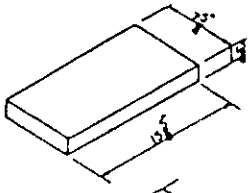
เอสซี - 7
ก่อกำแพงหมายเลข 7
น้ำหนัก 6.0 กก.



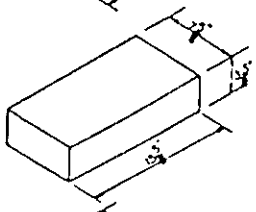
เอสซี - 8
ก่อกำแพงหมายเลข 8
น้ำหนัก 4.5 กก.

ภาพประกอบ 4 (ต่อ)

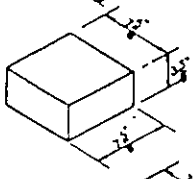
บล็อกแบกผัน



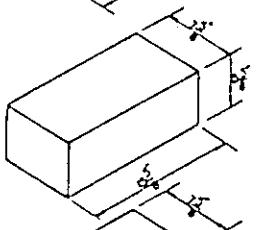
เอสแอล - 1
ขนาด 35 มม.
น้ำหนัก 7.0 กก.



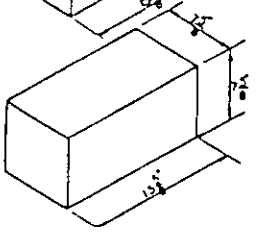
เอสแอล - 2
ขนาด 90 มม.
น้ำหนัก 15.5 กก.



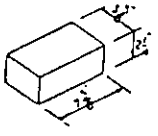
เอลเอส - 3
ขนาด 90 มม. ครึ่งก้อน
น้ำหนัก 7.5 กก.



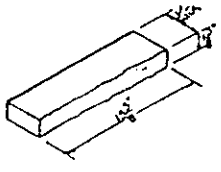
เอสแอล - 4
ขนาด 140 มม.
น้ำหนัก 23.5 กก



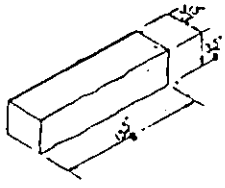
เอสแอล - 5
ขนาด 190 มม.
น้ำหนัก 32.0 กก.



คอนกรีตก้อน
บี - 1
ขนาด 35 มม.
น้ำหนัก 3.5 กก.

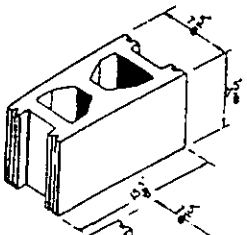


บล็อกผ่า
เอสพี - 1
ขนาด 35 มม.
น้ำหนัก 3.5 กก.

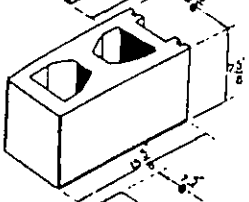


เอสพี - 2
ขนาด 90 มม.
น้ำหนัก 8.0 กก.

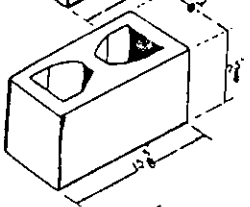
คอนกรีตบล็อกขนาด 200 มิลลิเมตร



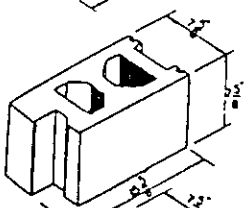
ซี 8 - 1
ขนาด 200 มม.
เรียงตามยาว
น้ำหนัก 17.5 กก.



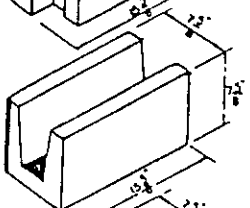
ซี 8 - 2
ขนาด 200 มม. ก่อมุม
น้ำหนัก 18.5 กก.



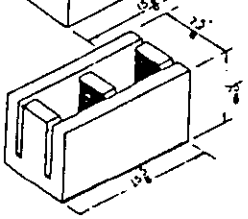
ซี 8 - 3
ขนาด 200 มม.
ก่อมุมคู่
น้ำหนัก 19.5 กก.



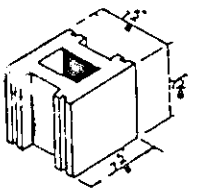
ซี 8 - 4
ขนาด 200 มม.
ก่อรอบเสา
น้ำหนัก 18.0 กก.



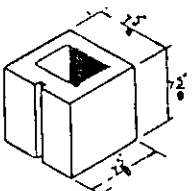
ซี 8 - 5
ขนาด 200 มม.
ก่อขอบ
น้ำหนัก 20.0 กก.



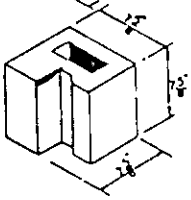
ซี 8 - 6
ขนาด 200 ม.
เชื่อมรอยต่อ
น้ำหนัก 19.0 กก.



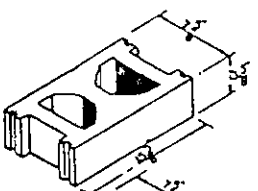
ซี 8 - 7
ขนาด 200 มม.
เรียงตามยาวครึ่งก้อน
น้ำหนัก 9.0 กก.



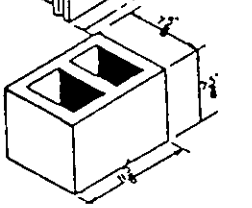
ซี 8 - 8
ขนาด 200 มม.
ก่อมุมครึ่งก้อน
น้ำหนัก 10.5 กก.



ซี 8 - 9
ขนาด 200 มม.
ก่อรอบเสาครึ่งก้อน
น้ำหนัก 10.5 กก.



ซี 8 - 10
ขนาด 200 มม.
ก่อสูงตามแนวยาวครึ่งก้อน
น้ำหนัก 7.5 กก.



ซี 8 - 11
ขนาด 200 มม.
ก่อมุมคู่
น้ำหนัก 14.0 กก.

ภาพประกอบ 4 (ต่อ)

กระบวนการผลิตคอนกรีตบล๊อก การก่อสร้างคอกสัตว์ โรงเรือนในฟาร์ม ยุ้งฉาง ตลอดจนอาคารพักอาศัยในชนบท นิยมใช้คอนกรีตบล๊อกเป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง โดยใช้ก้นเป็นฝาผนัง เนื่องจากมีราคาถูก ก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว

กระบวนการผลิตคอนกรีตบล๊อกมี 3 ขั้นตอน คือ

1. การผลิตคอนกรีต

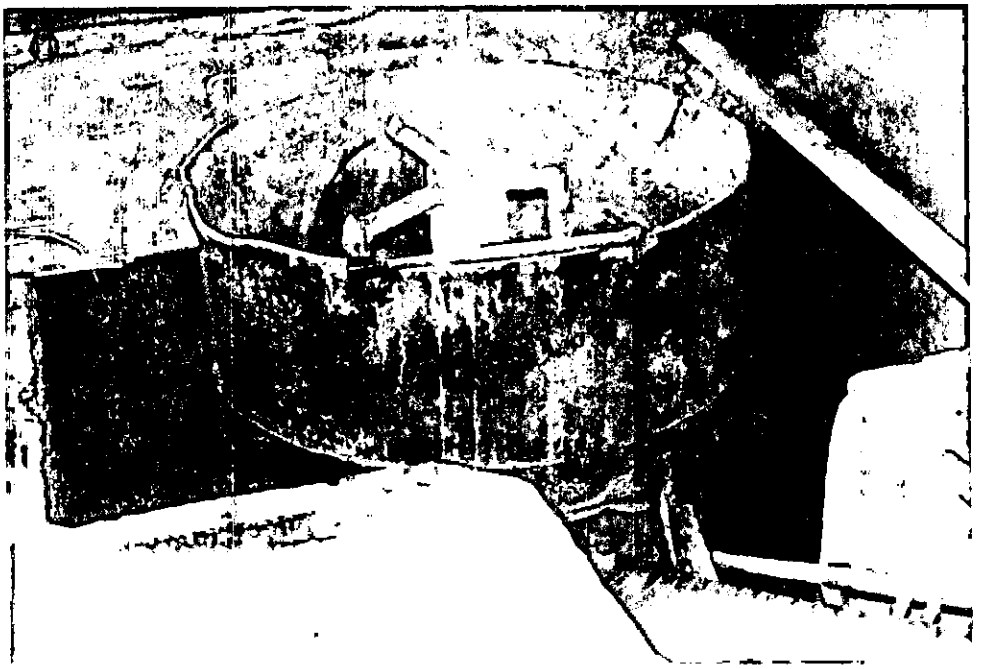
2. การอัดคอนกรีตลงแม่พิมพ์

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

เครื่องผลิตคอนกรีตบล๊อกมี 2 แบบ คือ แบบใช้แรงคน และแบบใช้ไฮดรอลิค

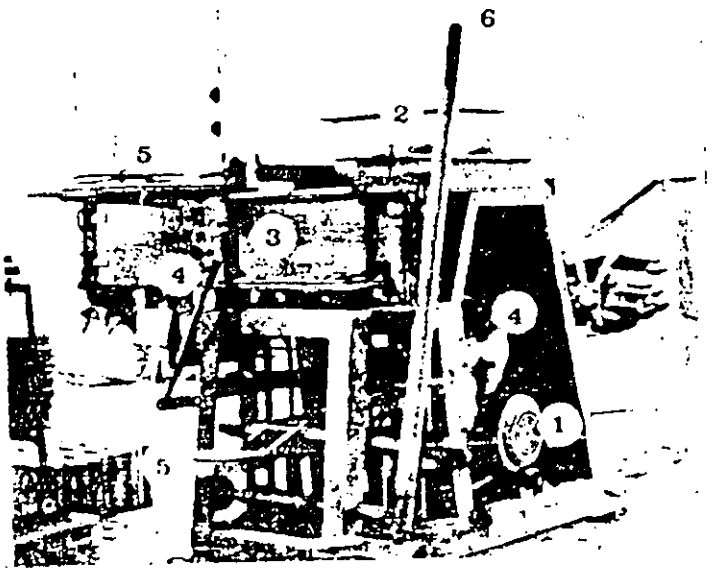
เครื่องผลิตคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงคน ประกอบด้วย เครื่องผสมคอนกรีตและเครื่องอัดคอนกรีตบล๊อก

1. เครื่องผสมคอนกรีต ลักษณะเป็นถังหมุนผสมคอนกรีต ขนาดความจุ 0.31 ลูกบาศก์เมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 เครื่องผสมคอนกรีตเพื่ออัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงคน

2. เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อก ขนาดตัวเครื่องประมาณ 50 x 80 x 100 เซนติเมตร ประกอบด้วยกะบะใส่คอนกรีต แม่พิมพ์คอนกรีตบล๊อกซึ่งผลิตได้ครั้งละ 2 ก้อน และชุดอัดคอนกรีตบล๊อก ดังภาพประกอบ 6



1. มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า
2. กะบะใส่คอนกรีต
3. แม่พิมพ์อัดคอนกรีตบล๊อก
4. ชุดเขย่าและคันโยก
5. แป้นเหยียบฝาอัดและเหล็กรองนำคอนกรีตบล๊อกออก
6. คันโยกดันคอนกรีตบล๊อกออก

ภาพประกอบ 6 เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงคน

การทำงาน ขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล๊อกมีดังนี้

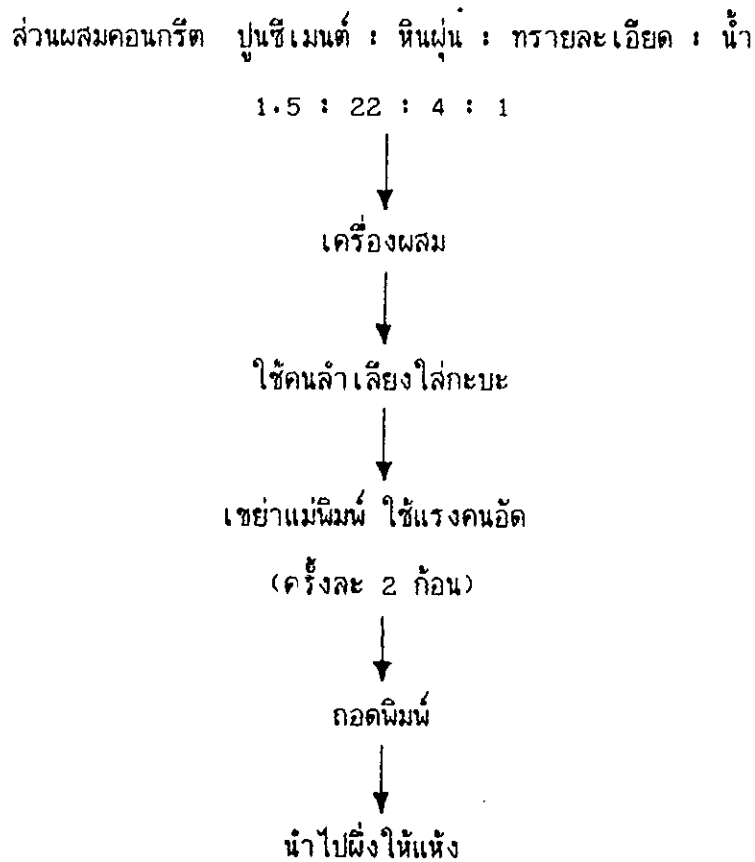
1. ผสมคอนกรีตอัตราส่วนปูนซีเมนต์ : หินฝุ่น : ทรายละเอียด : น้ำ = 1 : 5 : 2½ : 4 : 1 โดยใช้เครื่องผสม

2. ลำเลียงคอนกรีตเข้าสู่กะบะใส่คอนกรีต นำแผ่นเหล็กรองใส่ด้านล่างแม่พิมพ์ แล้วเลื่อนกะบะคอนกรีตเข้าไปเพื่อบรรจุคอนกรีตลงบนแม่พิมพ์ ชุดเขย่าจะทำการเขย่า

เพื่อให้คอนกรีตอัดตัวในแม่พิมพ์ หมุนแป้นปิดด้านบนแม่พิมพ์พร้อมเหยียบแป้นเหยียบอัดแม่พิมพ์ แล้วเบรคกลไกเขย่าทันที

3. หมุนแผ่นปิดออกพร้อมกับดันคอนกรีตบล๊อกขึ้น หมุนแผ่นรองไปรับคอนกรีตบล๊อก แล้วพลิกคอนกรีตบล๊อกเพื่อนำแผ่นรองออก นำคอนกรีตบล๊อกไปผึ่งให้แห้ง

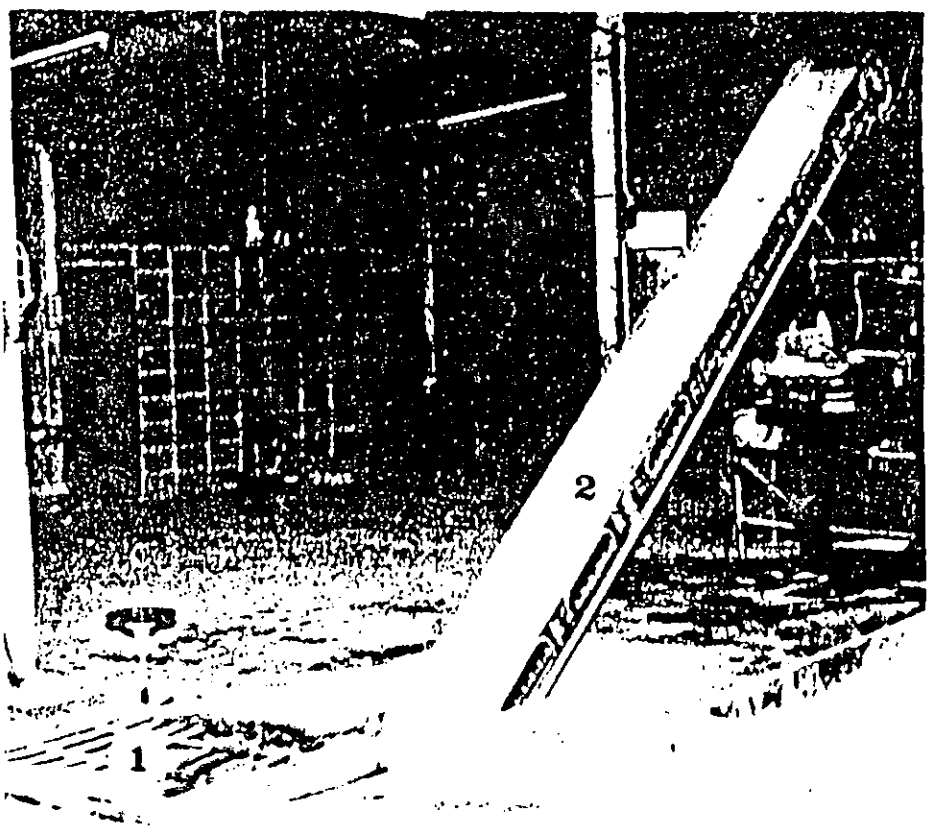
คอนกรีตจากถังผสม สามารถใช้ผลิตคอนกรีตบล๊อกขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร ได้ 32 ก้อน เมื่อใช้คนทำงาน 3 คน จะผลิตคอนกรีตบล๊อกได้ 55 ก้อน/คน/ชั่วโมง ค่าแรงงานในการผลิตคอนกรีตบล๊อก 30 บาท ต่อคอนกรีตบล๊อก 100 ก้อน



ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนในการผลิตก้อนคอนกรีตบล๊อกโดยใช้เครื่องผลิตคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงคน

เครื่องผลิตคอนกรีตบล็อกแบบใช้ไฮดรอลิค ประกอบด้วย เครื่องผสมคอนกรีต สายพานลำเลียงคอนกรีต และเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก

1. เครื่องผสมคอนกรีต เป็นถังหมุนผสมคอนกรีต ความจุ 0.36 ลูกบาศก์เมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ดังภาพประกอบ 8

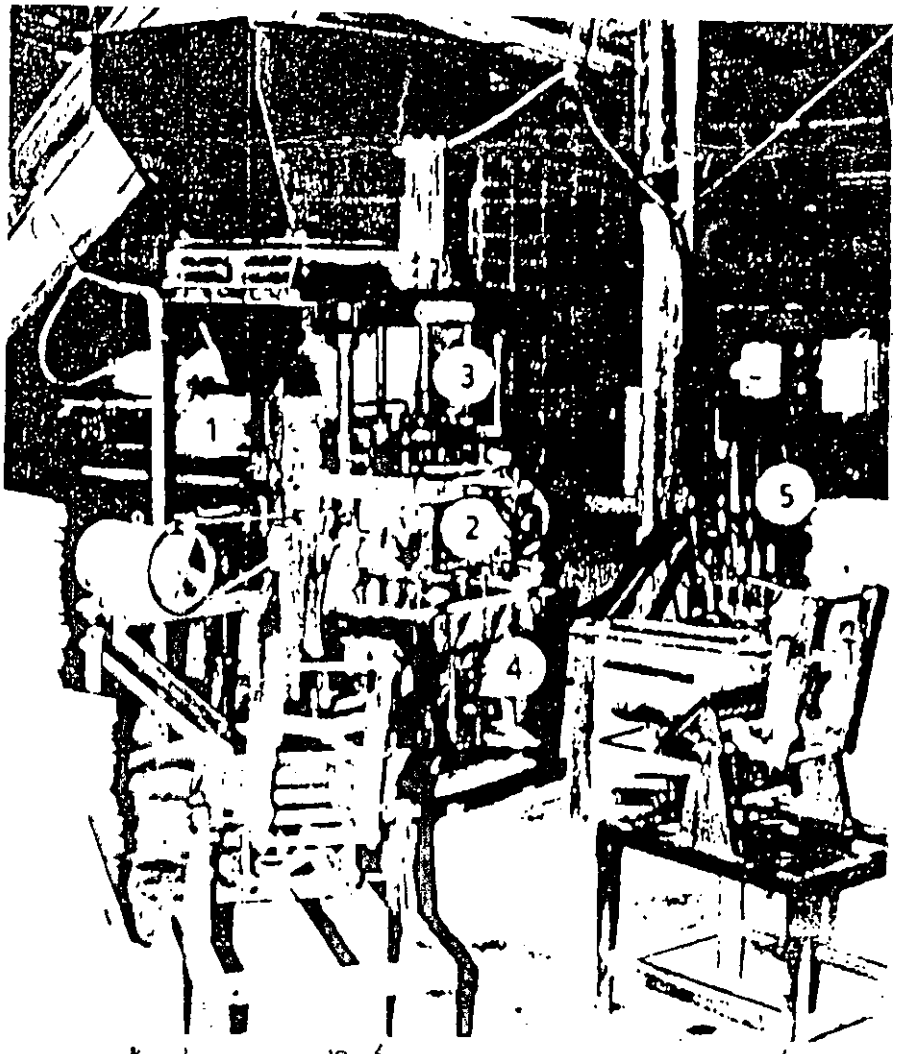


1. เครื่องผสมคอนกรีต 2. สายพานลำเลียง

ภาพประกอบ 8 เครื่องผสมคอนกรีตเพื่ออัดคอนกรีตบล็อกแบบใช้ไฮดรอลิค

2. สายพานลำเลียงคอนกรีต ทำหน้าที่ลำเลียงคอนกรีตจากเครื่องผสมไปยังกะบะคอนกรีต ซึ่งอยู่ด้านบนของแม่พิมพ์ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ดังภาพประกอบ 8

3. เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อก ขนาดตัวเครื่องประมาณ 80 x 120 x 150 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 9



1. ชุดป้อนส่วนผสมลงแม่พิมพ์
2. ชุดแม่พิมพ์
3. ชุดอัด
4. ชุดถอดพิมพ์
5. ชุดควบคุมระบบไฮดรอลิค

ภาพประกอบ 9 เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบไฮดรอลิค

เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้ไฮดรอลิคมีส่วนประกอบ ดังนี้

3.1 ชุดป้อนคอนกรีตลงสู่แม่พิมพ์ เป็นรางเลื่อนซ้ำออกอยู่ใต้กะบะคอนกรีต ทำหน้าที่ป้อนคอนกรีตลงแม่พิมพ์ภายในรางเลื่อน มีเกลียวหมุนคลุกเคล้าคอนกรีต ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/4 แรงม้าเป็นต้นกำลังทำงานร่วมกับระบบไฮดรอลิค

3.2 ชุดแม่พิมพ์ อัดคอนกรีตบล๊อกได้ครั้งละ 4 ก้อน ทำงานโดยใช้ระบบไฮดรอลิค

3.3 ชุดอัด ประกอบด้วยชุดเขย่า ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า 2 เครื่อง (ซ้าย - ขวา)ทำงานร่วมกับระบบไฮดรอลิค

3.4 ชุดถอดพิมพ์ ทำงานโดยระบบไฮดรอลิค

3.5 ชุดควบคุมระบบไฮดรอลิค ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้า

การทำงาน ขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล๊อก มีดังนี้

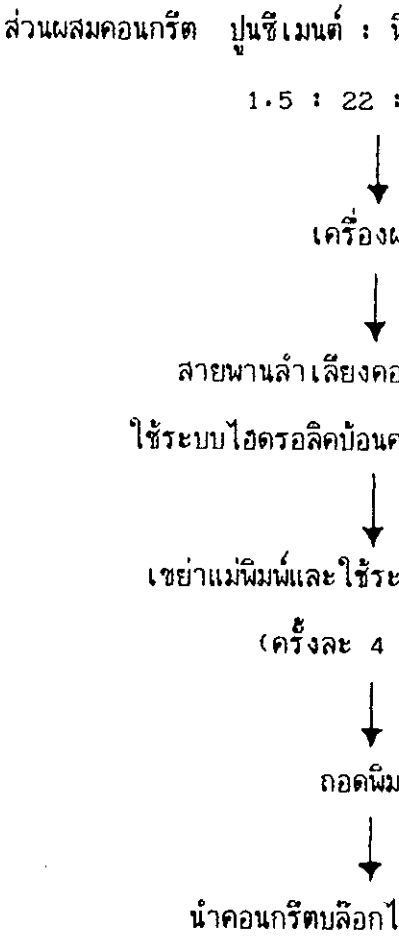
1. ผสมคอนกรีต อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทรายละเอียด : น้ำ : = 1.5 : 22 : 4 : 1 โดยใช้เครื่องผสม

2. ใช้สายพานลำเลียงคอนกรีตลงสู่กะบะเพื่อป้อนคอนกรีตลงแม่พิมพ์โดยผ่านทางรางเลื่อน รางเลื่อนจะเลื่อนเข้า - ออกโดยแกนไฮดรอลิค โดยจะต้องใส่แผ่นรองด้านล่างแม่พิมพ์ก่อนการป้อน

3. ชุดเขย่าจะทำหน้าที่เขย่าให้คอนกรีตอัดตัวในแม่พิมพ์

4. ใช้แผ่นปิดแม่พิมพ์และอัดโดยระบบไฮดรอลิค พร้อมกับเบรคชุดเขย่า

5. ยกแผ่นปิดแม่พิมพ์ออกพร้อมกับดันคอนกรีตบล๊อกขึ้นโดยระบบไฮดรอลิค หมุนแผ่นรองรับคอนกรีตบล๊อก ใช้เครื่องพลิกคอนกรีตบล๊อกเพื่อนำแผ่นรองออก แล้วนำคอนกรีตบล๊อกไปผึ่งให้แห้ง



ภาพประกอบ 10 ขั้นตอนในการผลิตก้อนคอนกรีตบล๊อกแบบใช้ไฮดรอลิค

เมื่อทำการผลิตโดยใช้คนทำงาน 3 คน จะผลิตคอนกรีตบล๊อกได้ 75 ก้อน/คน /ชั่วโมง ค่าแรงงานในการผลิตคอนกรีตบล๊อก 20 บาท ต่อคอนกรีตบล๊อก 100 ก้อน

ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล๊อกก้อนละประมาณ 2.60 บาท ราคาขายที่โรงงาน ก้อนละ 2.80 บาท

การผลิตคอนกรีตบล๊อกโดยใช้ระบบไฮดรอลิคต้องใช้ต้นทุนสูง ราคาเครื่องอัดคอนกรีตแบบใช้ไฮดรอลิคประมาณชุดละ 900,000 บาท (ปี พ.ศ. 2534)

เนื่องจากเครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงงานคน มีความเป็นไปได้สูงสำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมครอบครัว และสอดคล้องกับปริมาณใช้แรงงานในชนบท ดังนั้น ผู้วิจัย

จึงทำการทดลองโดยใช้เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงงานคน

การพัฒนาด้านน้ำหนักของคอนกรีตบล๊อก คอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผลิตขึ้นใช้ในการก่อสร้าง ปัจจุบันยังคงใช้มวลรวมประเภทหินฝุ่นหรือหินย่อยอยู่ ทำให้น้ำหนักบรรทุกคงที่ของกำแพงคอนกรีตบล๊อกในปัจจุบันมีค่าโดยประมาณ 100 - 240 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร. 2530 : 29) ยังประสบปัญหาด้านน้ำหนักที่มีมากเกินจำเป็น จึงทำให้วัสดุก่อสร้างอื่น เช่น เหล็กเส้น ฐานราก และคาน เป็นต้น ต้องกำหนดขนาดหรือจำนวนให้สามารถรับน้ำหนักของคอนกรีตบล๊อกได้ จึงทำให้สิ้นเปลืองต้นทุนการก่อสร้างโดยรวม

จากปัญหาคอนกรีตมีน้ำหนักมากเกินความจำเป็น จึงได้มีการคิดทำคอนกรีตให้เบาโดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามวัสดุที่ใช้ คือ คอนกรีตที่ใช้มวลเบา โฟมคอนกรีต และคอนกรีตไม่มีส่วนละเอียด ซึ่งมวลรวมเบาก็คือ มวลรวมที่มีหน่วยน้ำหนักระหว่าง 60 - 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เทียบกับ 1,100 - 1,750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของมวลรวมปกติ (คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค. ม.ป.ป. : ไม่มีเลขหน้า) หรือเมื่อก่อกำแพงคอนกรีตบล๊อกกลวงขนาด 170 x 170 x 400 มิลลิเมตร จะมีน้ำหนักประมาณ 88 - 110 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สำหรับบล๊อกที่หล่อแท่งด้วยมวลรวมที่มีน้ำหนักมาก และหนักประมาณ 55 - 77 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สำหรับบล๊อกที่หล่อแท่งด้วยมวลรวมที่มีน้ำหนักเบา (พิภพ สุนทรสมัย. 2536 : 146)

ในปัจจุบันมวลรวมเบาได้มาจากลาวาที่พองตัวโดยธรรมชาติ จากสารอินทรีย์และจากของเหลือของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เช่น โคล (coal) ซินเดอร์ (cinder) เชล (shale) โวลคานิค ซินเดอร์ส (volcanic cinders) พูมิค (pumice)และสโคเรีย (scoria) ในประเทศคานาดาได้พัฒนามวลรวมเบาเพื่อใช้ในการผลิตคอนกรีตบล๊อกในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้ไม้สพรูซ (white spruce) ในรูปของขี้เลื่อยและชิ้นไม้เล็ก ๆ ทดแทนมวลรวมเบาได้ร้อยละ 50 ทำให้ราคาถูกลง (Hatzinikolas and Zmave. 1992 : 57 - 64) ทั้งนี้นอกจากเป็นการประหยัดต้นทุนการก่อสร้างโดยรวมแล้ว คอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบายังสามารถพิเศษ ป้องกันความร้อนหรือภูมิอากาศหนาวเย็นได้ดีในการใช้ก่อเป็นผนัง เพราะช่องกลางมีอากาศเป็นตัวกั้น (insulation) และยังมีลักษณะที่จะเชื่อมประสานกับโครงสร้างอื่นได้แน่นหนาแข็งแรงด้วย (พิภพ สุนทรสมัย. 2536 : 146) ผู้วิจัยอาศัยคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสซึ่งเกาะ

ยึดกับซีเมนต์ได้ดี ประกอบกับเป็นไม้ที่มีราคาถูกและได้รับการส่งเสริมให้ปลูกอยู่ในปัจจุบัน มาทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้คอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนัก มีน้ำหนักเบาลง โดยเน้นกระบวนการผลิตที่ไม่ยุ่งยากและชาวบ้านสามารถลงทุนเพื่อผลิตเป็นอาชีพได้

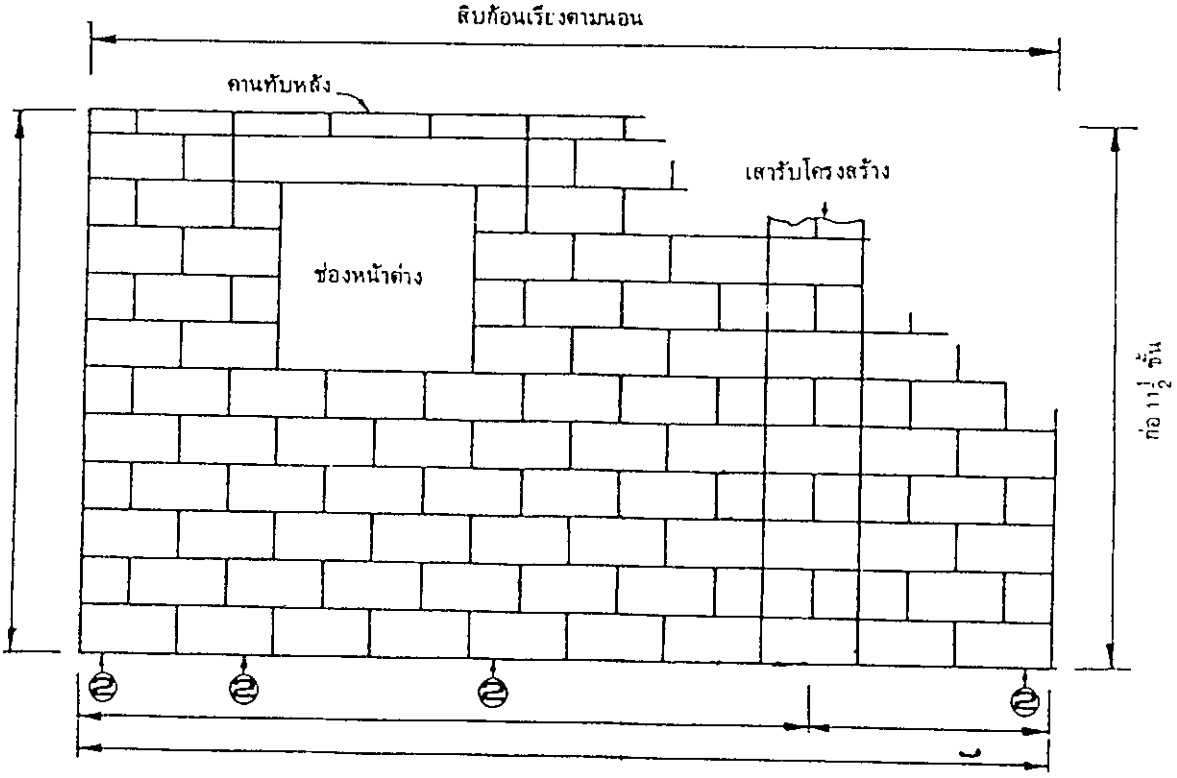
การเสริมเหล็กในงานคอนกรีตบล๊อก (reinforced concrete block) เนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับแรงอัดได้สูง แต่จะเปราะและอ่อนแอต่อการรับแรงดึง ดังนั้น ในการนำเอาเหล็กซึ่งมีคุณสมบัติในการรับแรงอัดและแรงดึงสูง ทั้งยังมีประสิทธิภาพในการยืดหดตัวเท่า ๆ กับคอนกรีตมาใช้ร่วมกัน จึงเหมาะต่อการนำเอามาออกแบบ เพราะจะทำให้ได้โครงสร้างที่แข็งแรง ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุทั้งสองช่วยกันรับและถ่ายแรงร่วมกัน จึงทำให้คอนกรีตที่ใช้เหล็กเสริมสามารถรับแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ดี หรือมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น แต่เหล็กเสริมยังมีราคาแพงกว่าคอนกรีต เพราะฉะนั้นวิศวกรจึงคำนวณหรือหาวิธีการให้ใช้เหล็กเสริมน้อยที่สุดและต้องให้พอรับแรงดึงในส่วนนั้น จึงจะประหยัด (พิภพ สุนทรสมัย. 2536 : 84)

ลำพังแต่ผนังจะมีน้ำหนักบรรทุกลง อันเนื่องมาจากส่วนของโครงสร้าง เช่น น้ำหนักจากพื้นลงสู่ตง คาน และลงผนังหรือเสารับคาน (pilaster) เป็นลำดับ หรือน้ำหนักจากโครงสร้างของหลังคาลงสู่กำแพงเมื่อกำแพงก่อยันขึ้นไป น้ำหนักที่ลงบนผนังเหล่านี้เพื่อรับแรงกด ซึ่งถ้าเราก่อด้วยความระมัดระวังโดยใช้ปูนก่อที่ดี และก่อด้วยฝีมือให้ปูนก่อยึดโดยทั่วถึงของขอบบล๊อกทั้งทางนอนและทางตั้ง ก็จะมีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับความต้านทานน้ำหนักนั้น แต่จะเกิดแรงอันเนื่องจากภัยธรรมชาติ เช่น ลม ถ้าสูง หรือจากน้ำ จากดินถล่มหรือแผ่นดินไหว ด้วยเหตุเหล่านี้ผนังจึงต้องเตรียมไว้ต้านทานแรงเหล่านี้ด้วยการเสริมกำลังให้กับผนัง โดยเสริมเหล็กกลมหรือเหลี่ยมก็ได้ลงในช่องกลวง (core) แล้วเทคอนกรีตเต็มช่องนั้น หรืออาจเทคานรับรัดโดยรอบเพื่อดึงเป็นโครงแข็ง (rigids) เพื่อต้านทานแรงดึงและดันทางด้านข้าง (tensile strength) ซึ่งเหล็กจะเป็นตัวรับกำลังได้เป็นอย่างดี

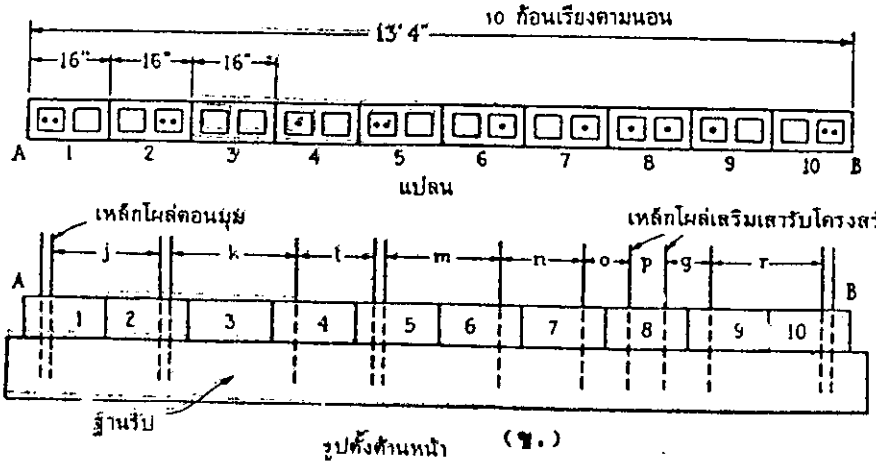
นอกจากนี้ควรเสริมเหล็กตามขอบตั้งของประตูและหน้าต่าง รอยชนของผนังรอยต่อส่วนผนังกับฐาน ต.ส.ล. โดยโผล่เหล็กเชื่อมจากฐาน (dowel bar) เพื่อมิให้ดินหรือน้ำดันกำแพงหลุดจากฐานราก หรือเสริมผนังทางตั้ง ทางนอนเป็นเคร่ายึดในตัว ในกรณีนี้ ผนังอาจกว้างคานทับหลังหน้าต่างหรือบัวรองรับวงกรอบหน้าต่างหรือเป็นเสาในตัว เราใช้เหล็ก เส้นผ่านศูนย์

กลาง 1/2 นิ้ว เสริม 1 - 2 เส้น (พิภพ สุนทรสมัย. 2536 : 159 - 174)

บล็อกขนาด 8" x 8" x 16"



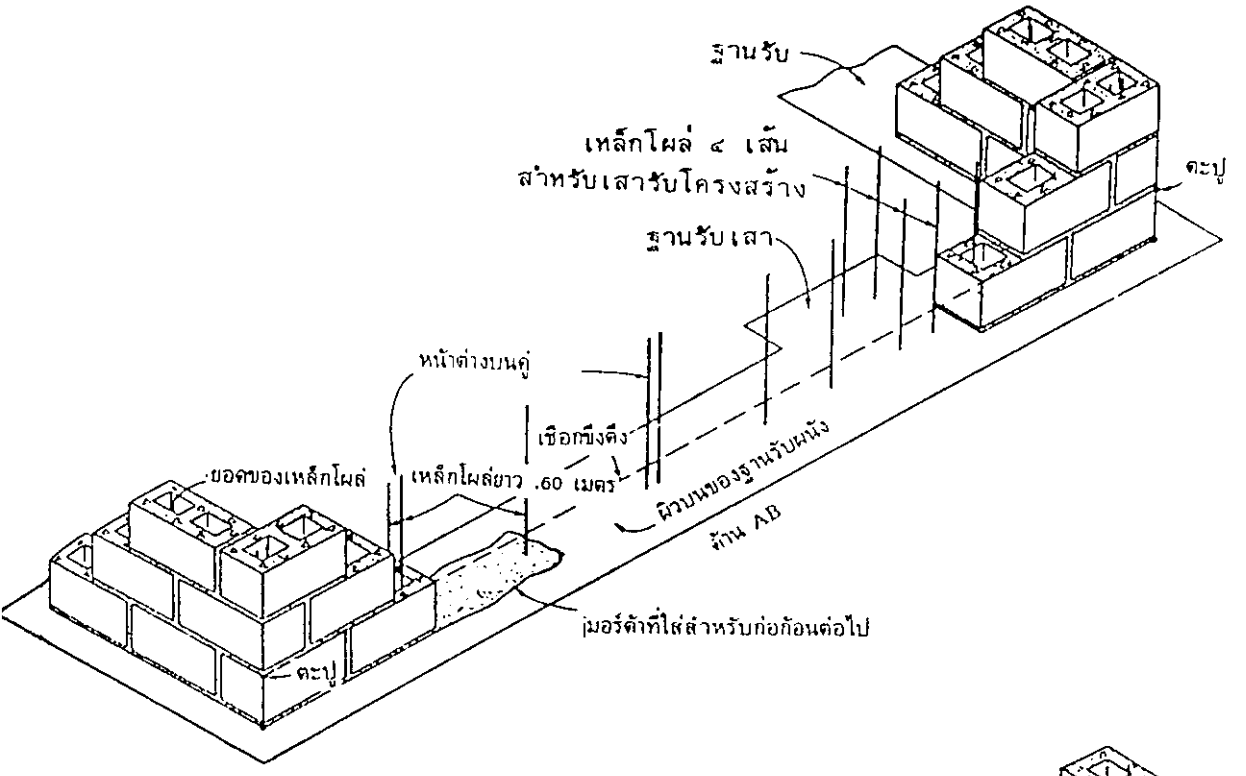
รูปด้านก่อสูง $11\frac{1}{2}$ เป็นผนัง (ก.)



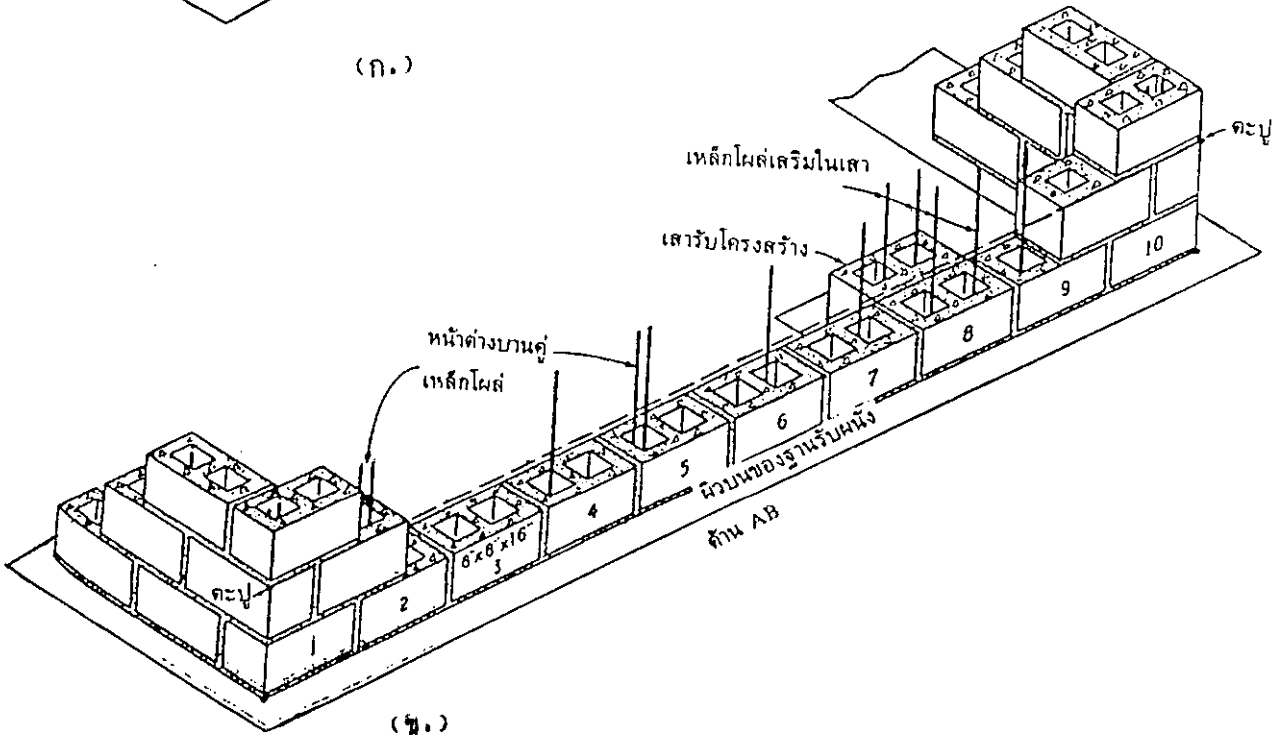
รูปตั้งด้านหน้า (ข.)

ภาพประกอบ 11 แสดงตำแหน่งการเสริมเหล็กโผล่ (dowel)

ที่มา : พิภพ สุนทรสมัย. 2536 : 159



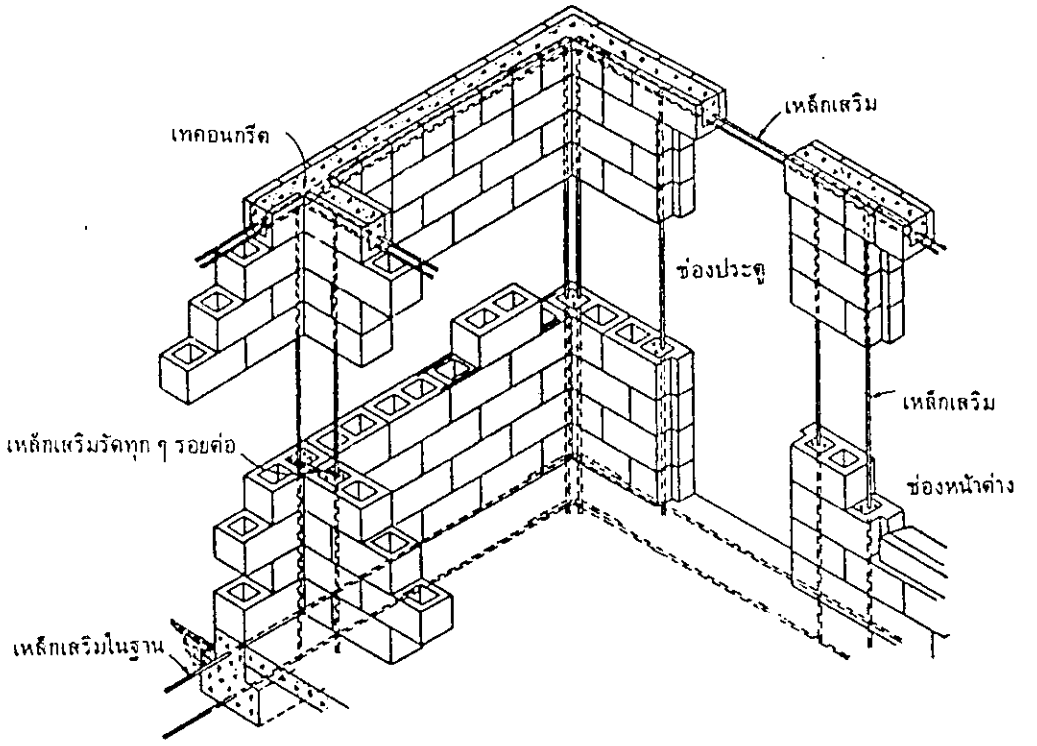
(ก.)



(ข.)

ภาพประกอบ 12 การก่อผนังและการเสริมเหล็กโผล่

ที่มา : พิภพ สุนทรสมัย. 2536 : 165



ภาพประกอบ 13 กรรมวิธีก่อผนังคอนกรีตบล๊อกเสริมเหล็ก

ที่มา : พิภพ สุนทรสมัย. 2536 : 174

3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (portland cement)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญอย่างหนึ่งในการก่อสร้าง โดยเมื่อผสมกับน้ำตามส่วนแล้วทิ้งไว้ระยะหนึ่งจะแข็งตัว จึงทำหน้าที่ประสานมวลในคอนกรีตให้ติดกัน ปูนซีเมนต์มีกระบวนการผลิตหลัก ๆ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการเปียก (wet process) และกระบวนการแห้ง (dry process) การผลิตในระบบเปียกนั้น ปัจจุบันได้รับความนิยมน้อย เนื่องจากเป็นการผลิตที่ใช้พลังงานค่อนข้างสูง เพราะใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นสูงประเภทดินขาว (marl) และดินเหนียว (clay) มาผสมในสัดส่วนที่เหมาะสมโดยใช้น้ำเติมลงไปช่วยในการผสม จากนั้นบดให้ละเอียดและนำไปเผาในเตาเผาปูนให้เป็นปูนเม็ด (clirker) ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของปูนซีเมนต์สูตรต่าง ๆ ส่วนการผลิตในระบบแห้ง จะใช้วัตถุดิบชนิดที่มีความชื้นน้อย พวกหินปูน (limestone) และดินดาน (shale) มาผสมกันในสภาพแห้งในสัดส่วนที่พอเหมาะ บดให้ละเอียดแล้วนำไปเผาให้เป็นปูนเม็ด ซึ่งกระบวนการผลิตระบบที่นี้ถือว่าทันสมัยและใช้หม้อเผาขนาดใหญ่

ที่สุดในโลก ได้แก่ โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ไทยที่ตำบลเขาวง อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี และปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้ผลิตปูนซีเมนต์ประมาณ 8 บริษัท ดังนั้น กำลังการผลิตจึงเพียงพอกับความต้องการภายในประเทศไปอีกนาน (ธนากร พละชัย. 2536 : 37 - 38)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้างของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด ที่เทียบได้กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ซึ่งผลิตตามมาตรฐานอังกฤษและอเมริกา ซึ่งจากการทดสอบแรงอัดของก้อนคอนกรีตลูกบาศก์ อันเป็นส่วนผสมซีเมนต์ น้ำ หิน และทราย เมื่ออายุ 28 วัน เทียบกับอัตราส่วนของน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักซีเมนต์ที่ใช้ในคอนกรีต ปรากฏว่ามีอัตราส่วนแปรผกผันกับแรงอัดที่วัดได้ ในปูนซีเมนต์ตราช้างที่ 0.40 จะให้ค่าเฉลี่ยแรงอัดสูงสุด คือ 520 กก. / ซม.^{2} (ศูนย์ฝึกอบรมการตลาด. ม.ป.ป. : ไม่มีเลขหน้า) และในงานทดลองไม้กับซีเมนต์ พบว่า อัตราส่วนที่แน่นอนจะได้จากการทดลองในแต่ละสภาวะ โดยทั่วไปแล้วแผ่นทดลองจะให้แรงอัดสูงสุดที่อัตราส่วน 0.40 เช่นเดียวกัน (สมชัย เบญจชย. 2535 : 20 ; อ้างอิงมาจาก Simatupang, Schwarz and Broker. 1978)

4. ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส (eucalyptus camaldulensis)

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส เป็นพันธุ์ไม้ในวงศ์เมอร์เดซิอี มีถิ่นกำเนิดในทวีปออสเตรเลีย กรมป่าไม้นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรก ปี พ.ศ. 2493 และเมื่อป่าไม้ในประเทศไทยลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ประกอบกับผลกระทบการบิดป่าสัมปทานเมื่อปี พ.ศ. 2532 ไม้ยูคาลิปตัสจึงเป็นที่นิยมปลูกทั้งโดยเกษตรกรและเอกชนรายใหญ่ เนื่องจากเป็นไม้โตเร็ว ปลูกง่าย ทนต่อสภาพแห้งแล้งและพื้นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ทำฟืนหรือถ่าน ทำไม้เสาเข็ม ทำเยื่อกระดาษ เส้นใยเรยอง และทำแผ่นไม้ประกอบอีกหลายประเภท เป็นต้น อายุหรือรอบตัดฟันเพื่อใช้ประโยชน์ คือ ตั้งแต่ 3 ถึง 5 ปี เมื่อตัดขายแล้วลำต้นจะแตกหน่อออกมาอย่างรวดเร็วและเจริญเติบโตเร็วกว่าปลูกใหม่ ลำต้นหนึ่งสามารถตัดขายได้ 3 - 5 รอบตัดฟัน ยูคาลิปตัสที่มีพื้นที่ปลูก 200 ต้น ต่อ ไร่ จะได้น้ำหนักของลำต้นแห้งประมาณ 24.85 ตัน ปริมาตรลำต้นประมาณ 44.79 ลูกบาศก์เมตร (บุญวงศ์

ไทยอุตสาห์. 2536 : 33) มีพื้นที่ปลูกในประเทศไทยรวม 312,500 ไร่ (จิตตวัฒน์ สีละนัดน์. 2536 : 56) ปัจจุบันจะจำหน่ายโดยวิธีชั่งน้ำหนักสดเป็นส่วนใหญ่ ราคาเฉลี่ย 549 บาท ต่อ ตัน (กรมป่าไม้. 2536)

ไม้ยูคาลิปตัส เป็นไม้ที่มีความหนาแน่นค่อนข้างสูง ประมาณ 800 - 900 กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร ที่อายุ 6 - 8 ปี ความชื้นร้อยละ 11.28 มีความถ่วงจำเพาะ 0.75 แรงที่จุดเสียรูปถาวร (stress at proportional limit) 484 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร ค่ามอดูลัสแตกร้าว (modulus of rupture) 914 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร แรงกระแทก (impact bending) 2.24 กิโลกรัม - เมตร แรงอัดขนานเสี้ยน (compression parallel to grain) 588 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร แรงอัดตั้งฉากเสี้ยน (compression perpendicular to grain) 192 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร แรงเฉือนขนานเสี้ยน (shear parallel to grain) 188 กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร และค่าความแข็ง (side hardness) 700 กิโลกรัม (กรมป่าไม้. 2531 : 4)

จากการวิเคราะห์หาสารเคมีในเนื้อไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 ปี ประกอบด้วยลิกนิน (lignin) ร้อยละ 29.90 เพนโตซาน (pentosan) ร้อยละ 19.45 โฮโลเซลลูโลส (holocellulose) ร้อยละ 78.50 เซลลูโลส (cellulose) ร้อยละ 56.00 และขี้เถ้า (ash) ร้อยละ 0.44 (กองวิจัยผลิตผลป่าไม้. 2531) และไม้ยูคาลิปตัสที่มีอายุน้อยมีสารลิกนินสูงกว่าไม้ยูคาลิปตัสอายุมาก แต่เซลลูโลสอายุมากและอายุน้อยไม่แตกต่างกัน จึงพอสรุปได้ว่า ไม้ยูคาลิปตัสที่มีอายุน้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีในส่วนต่าง ๆ ของลำต้น ปรากฏว่ามีการละลายในแอลกอฮอล์เบนซิน (solubility in alcohol - benzene) ในส่วนโคนจะมีมากกว่าส่วนปลายเล็กน้อย คือ ร้อยละ 6.5 และ ร้อยละ 9.6 ตามลำดับ แสดงว่ามีสารพวกโพลีฟีนอล (polyphenol) น้อยมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อการเกาะยึดปูนซีเมนต์ในไม้ เพราะผิวหน้าของไม้ไม่ค่อยมีพวกฟิล์มเคลือบ และสรุปว่าไม้ยูคาลิปตัสทั้งส่วนโคนและปลายมีคุณสมบัติทางเคมีไม่แตกต่างกัน (กรมป่าไม้. 2531 ; ทัศนีย์ รัติวานิช และคนอื่น ๆ. 2530 : 260 - 289) ส่วนปริมาณน้ำตาลฟลุคโตส กลูโคส และซูโครสในไม้อายุน้อยจะมีมากกว่าอายุมาก และที่อายุ 5 ปี และ 6 ปี ไม่พบน้ำตาลซูโครส (กรมป่าไม้. 2531) ดังนั้น

ผู้วิจัยจึงใช้ไม้ยูคาลิปตัสอายุ 5 ปีมาใช้ในการทดลอง เพราะน้ำตาลในสารยับยั้ง (inhibiting substance) ภายในไม้มีอิทธิพลต่อขบวนการเกาะยึดของไม้กับซีเมนต์ (สมชัย เบญจชย. 2535 : 17 ; อ้างอิงมาจาก Ann and Mastemi. 1980 : 77 - 82) และจากการศึกษาการปรับสภาพไม้ยูคาลิปตัสต่อคุณสมบัติของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (สมชัย เบญจชย. 2535 : 63) ได้เสนอแนะให้เลือกขบวนการที่ไม่ยุ่งยากและเป็นการประหยัด คือ การนำไม้มาใช้ได้เลยโดยไม่ต้องมีการปรับสภาพไม้ แต่ในกระบวนการผลิตระดับอุตสาหกรรมมีการปรับสภาพไม้ (wood pretreatment) ให้เหมาะสมโดยการล้าง คือ แช่ในน้ำเย็นหรือน้ำร้อน หรืออบด้วยไอน้ำ และโดยการชะล้าง คือ การปล่อยทิ้งไว้ในบรรยากาศ 3 สัปดาห์ขึ้นไป หรือการใช้สารเคมีต่าง ๆ เพราะต้องการใช้ไม้ปริมาณมากและใช้ไม้ได้ตั้งแต่อายุ 3 ปีขึ้นไป

ลักษณะชิ้นไม้ ลักษณะชิ้นไม้ที่เหมาะสมในการเกาะยึดกับซีเมนต์นั้น จากการทดลองเกล็ดไม้ความหนา 0.25 และ 0.50 มิลลิเมตร และความยาว 12.50 25.00 และ 37.50 มิลลิเมตร พบว่า เกล็ดไม้ที่บางและยาวกว่าจะให้ความแข็งแรง ความเหนียวและความคงขนาดได้ดีกว่า (สมชัย เบญจชย. 2535 : 17 ; อ้างอิงมาจาก Badejo. 1988 : 357 - 369) มีการใช้เกล็ดไม้ความยาว 10 - 30 มิลลิเมตร ความกว้าง 1 - 3 มิลลิเมตร และความหนา 0.3 มิลลิเมตร (Simatupang, Schwarz and Broker. 1978) ในการผลิตบล็อกไม้ซีเมนต์ (wood / cement block) พบว่า ความแข็งแรงขึ้นอยู่กับระดับแรงอัด และลักษณะชิ้นไม้มีผลสำคัญอย่างยิ่งต่อการดีดคืน (springback) ต่อมาได้มีการทดลองผลิตบล็อกไม้อัดซีเมนต์จากไม้สน โดยแปรรูปไม้ให้มีลักษณะเป็นชิ้นไม้ พบว่า ขนาดชิ้นไม้ที่เหมาะสมมีความยาว 2 - 20 มิลลิเมตร กว้าง 0.2 - 2.5 มิลลิเมตร และความหนา 0.1 - 0.9 มิลลิเมตร (สมชัย เบญจชย. 2535 : 67 ; อ้างอิงมาจาก Dewitz, Kuschy and Lehmann. 1981 : 141 - 143) และจากการทดลองใช้ขี้เลื่อยผสมกับชิ้นไม้เล็ก ๆ ทดแทนวัสดุมวลเบา ปรากฏว่า สามารถผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกที่มีความต้านทานแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (Shokry Hatzinikolas and Zmavc. 1992 : 57 - 64) ดังนั้น จะเห็นว่าลักษณะชิ้นไม้ที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกจะมีหลายขนาดคละกันไป

จากการศึกษาผลกระทบของลักษณะชิ้นไม้ยูคาลิปตัสต่อสมบัติของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (สมชัย

เบญจชย. 2535: 74) พบว่า ปัจจัยลักษณะชิ้นไม้ ได้แก่ เกล็ดไม้ แท่งไม้ และใยไม้แต่ละแผ่นทดลองจะให้ค่าที่ดีที่สุดในแต่ละสมบัติ เช่น แท่งไม้ ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดด้านมอดูลัสยืดหยุ่น แรงเกาะยึดภายใน ความหนาแน่นและปริมาณความชื้น เกล็ดไม้ ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดด้านมอดูลัสแตกร้าว และยังให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ความหนาแน่น ปริมาณความชื้นใกล้เคียงกับแท่งไม้ ส่วนใยไม้ให้ทุกค่าสมบัติด้อยกว่าแท่งไม้และเกล็ดไม้ เป็นต้น ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากกรรมวิธีการอัดแบบระยะเดียว แผ่นทดลองจึงเกิดการดีดคืน ประกอบกับลักษณะชิ้นไม้ทั้งเกล็ดไม้ แท่งไม้ ใยไม้ ถูกร่อนคัดขนาดให้มีขนาดที่ต้องการในช่วงจำกัด มิได้มีทุกขนาดจากชิ้นใหญ่จนถึงชิ้นเล็ก ๆ แผ่นทดลองที่ได้จึงมีช่องว่างระหว่างชิ้นไม้อยู่ ทำให้ขาดช่วงการเกาะยึดกัน ซึ่งสอดคล้องกัน วินิต ช่อวิเชียร (2529 : 27 - 31) กล่าวว่า วัสดุผสมคอนกรีตต้องมีส่วนขนาดคละลดหลั่นของขนาด เพื่อให้ขนาดเล็กได้แทรกเข้าไประหว่างขนาดที่ใหญ่กว่าเพื่ออุดช่องว่างและต่อเชื่อมการเกาะยึดให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงตามต้องการ โดยที่ปริมาณปูนซีเมนต์น้อยลง ซึ่งผู้วิจัยใช้หลักการเดียวกันในการเลือกลักษณะชิ้นไม้ที่ย่อยด้วยเครื่องมือบดหยาบ โดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 3/8 นิ้ว หรือประมาณ 10 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดเดียวกับหินฝุ่นซึ่งไม่มีการแบ่งระหว่างส่วนละเอียดและส่วนหยาบอย่างชัดเจน จึงมีลักษณะตั้งแต่เป็นผงเล็กจนกระทั่งเป็นเกล็ด แต่มีลักษณะของแท่งไม้เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีด้านแรงเกาะยึดภายใน การเกาะยึดของปูนซีเมนต์ ความแข็งแรงและความคงขนาด

5. ความรู้เรื่องไม้ยูคาลิปตัสกับปูนซีเมนต์

ทางคอนกรีตเทคโนโลยีถือว่า ไม้ที่ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์เป็นมวลชนิดหนึ่ง ความเหมาะสมของมวลขึ้นอยู่กับสมบัติต่าง ๆ ของมวลนั้น จะต้องมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 0.30 - 0.80 ถ้าไม้เบาเกินไป ชิ้นไม้จะมีความแข็งแกร่งไม่เพียงพอ แต่ถ้าไม้หนักเกินไปจะแปรรูปได้ยากและแผ่นไม้ที่ได้มีความหนาแน่นสูงเกินไป ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม คือ ประมาณร้อยละ 25 - 30 ถ้าไม้แห้งเกินไปจะเป็นผงมาก หรือเปียกเกินไปจะอุดตันเครื่องจักร (สมชัย เบญจชย. 2535 : 10 : อ้างอิงมาจาก Simatupang, Scharz and Broker. 1978) ไม้ยูคาลิปตัส ได้นำมา

ผลิตในระดับอุตสาหกรรมแล้ว ได้แก่ แผ่นไม้อัดซีเมนต์และแผ่นใยไม้อัด นอกจากนี้ยังมีการทดลองผลิตเป็นไม้อัด ไม้บาง แต่มีปัญหาด้านคุณภาพการติดกาวต่ำ เกิดความเครียดในรอยต่อ กาวเกิดการหดตัวและพองตัวตามสภาพอากาศ เนื่องจากไม้มีความหนาแน่นสูง และนอกจากนี้ เนื้อไม้ที่มีลักษณะเป็นเสี้ยนสนทำให้ไม้บางโก่ง หรือแตก บิดงอ แต่ถ้าใช้ไม้ยูคาลิปตัสในรูปชิ้นไม้ เส้นใยไม้หรือขี้เลื่อยเพื่อผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัดและแผ่นไม้อัดซีเมนต์แล้ว จะใช้ได้ดี (สมชัย เบญจชย. 2533 : 22 - 23)

จากการศึกษาการเกาะยึดของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสกับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 1 คือ ตราช้างของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด หรือตราเพชรของบริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด ซึ่งผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์โดยบริษัทวิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด ปรากฏว่า สมบัติทุกด้านอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ยกเว้นค่าความหนาแน่นซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ คือ ตรวจสอบได้ค่าประมาณ 1,300 - 1,400 กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่เกณฑ์มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ คือ 1,100 - 1,250 กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร และพบว่า นอกเหนือจากผลึกปอร์ตแลนด์ซีเมนต์จะแทรกเข้าเกาะเกี่ยวในผนังเซลไม้แล้ว การแตกแขนงเป็นส่วนย่อยของส่วนปลายและด้านข้างของชิ้นไม้ก็แทรกเข้าไปเกาะเกี่ยวในก้อนผลึกปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ได้เช่นเดียวกัน และความแข็งแรงในการเกาะยึดโดยส่วนรวมของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ อาจจะอยู่ที่ชิ้นไม้ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ หรือชิ้นไม้กับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะโดยรวมของบริเวณนั้น ๆ (สมชัย เบญจชย. 2534 : บทคัดย่อ)

6. อัตราส่วนผสม

การกำหนดอัตราส่วนผสม ใช้วิธีการผลิตวัสดุก่อสร้างโดยทั่ว ๆ ไป คือ เริ่มต้นจากอัตราส่วนปูนซีเมนต์ ต่อ ทราย เท่ากับ 1 : 3 โดยน้ำหนัก (กรมวิทยาศาสตร์. 2529 : 3) อัตราส่วนผสมซีเมนต์ต่อไม้ประมาณ 70 : 30 โดยน้ำหนัก หรือ 1 : 0.43 และน้ำหนักน้ำต่อซีเมนต์ที่ให้กำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 0.40 ได้อัตราส่วนตามตาราง 1

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ตราช้างของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด ใช้

อัตราส่วนร้อยละ 22.57 ในทุกสูตรผสม

2. วัสดุผสมคละ ได้แก่

2.1 ทรายเม็ดหยาบจากจังหวัดราชบุรี

2.2 ชิ้นไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส ย่อยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 3/8 นิ้ว หรือประมาณ 10 มิลลิเมตร ที่อิ่มตัวแล้ว คือ แช่น้ำให้มีความชื้นร้อยละ 30 ของน้ำหนักชิ้นไม้แห้ง

วัสดุผสมคละนี้ ในการทดลองจะแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนทรายต่อชิ้นไม้ผกผันกัน สูตรทดลองละ ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักมวลรวม เช่น สูตรที่ 1 ทรายร้อยละ 67.72 ชิ้นไม้อิ่มตัว ร้อยละ 9.71 ดังนั้น สูตรที่ 2 ทรายจึงเท่ากับร้อยละ 64.72 และชิ้นไม้อิ่มตัวเท่ากับร้อยละ 12.71 เป็นต้น โดยให้อัตราส่วนผสมทรายลดลง ในขณะที่เพิ่มอัตราส่วนชิ้นไม้ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ต่อกำลังอัดของคอนกรีตบล๊อก

3. น้ำประปา ใช้ในอัตราส่วนน้ำหนักน้ำ ต่อ ซีเมนต์เท่ากับ 0.40 ในทุกสูตรผสม

การหาอัตราส่วนของน้ำในส่วนผสม น้ำในส่วนผสมจะมีอยู่ 2 แหล่ง คือ น้ำในไม้ และน้ำที่ผสมเพิ่มเข้าไป ในการทดลองหาอัตราส่วนน้ำกับซีเมนต์จากไม้บีช (beech) และไม้สพรูซ (สมชัย เบญจชย. อ้างอิงมาจาก Simatupang. 1979 : 379 - 382) จะใช้หลักการของไม้เมื่อความชื้นถึงจุดอิ่มตัว (fibre saturated point) จะมีปริมาณน้ำร้อยละ 30 ของน้ำหนักไม้แห้ง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการหาอัตราส่วนของน้ำในส่วนผสม ดังนี้

1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ คงที่ทุกสูตรผสม

2. หาปริมาณน้ำในไม้ ในสภาวะแห้ง หรือหาปริมาณความชื้น ซึ่งในที่นี้เท่ากับร้อยละ 10.62

3. คำนวณหาน้ำหนักของน้ำที่เพิ่มเข้าไปเพื่อทำให้ไม้ถึงจุดอิ่มตัว ดังนี้คือ ถ้าน้ำหนักไม้แห้งเท่ากับ 1 กิโลกรัม น้ำหนักของน้ำที่เพิ่มเข้าไปเท่ากับ 300 - 106.2 = 193.8 กรัม ดังนั้น น้ำหนักของไม้ที่มีความชื้นถึงจุดอิ่มตัวจะเท่ากับ 1,193.8 กรัม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การดำเนินการศึกษา ทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัสดุที่นำมาผสมกันระหว่าง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส มีขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาแหล่งข้อมูลและวางแผนการทดลอง
2. จัดหาวัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง
3. ทำการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักตามอัตราส่วนที่กำหนด
4. ทำการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการของคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักตาม มอก. 58 - 2533
5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
6. ทดสอบอัตราส่วนที่เหมะสมในการทำคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก

1. ศึกษาแหล่งข้อมูลและวางแผนการทดลอง

ประชากร ได้แก่ คอนกรีตบล๊อกที่เกิดจากอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ก้อนคอนกรีตบล๊อกจากการผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร จำนวน 100 ก้อน อัตราส่วนที่จะใช้ทดสอบ จำนวน 10 สูตร ตามตาราง 1

2. จัดหาวัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

วัสดุ

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ตราช้าง ของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด
2. น้ำประปา
3. ทรายหยาบเม็ดใหญ่ จากจังหวัดราชบุรี
4. ไม้ยูคาลิปตัส อายุ 5 ปี จากสวนป่าเกษตรกร อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องทำชิ้นไม้สับ (chipper)
2. เครื่องบดหยาบ
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก ความละเอียดถึง 0.01 กรัม
4. ตู้อบ
5. โถควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (conditioning chamber)
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เวอร์เนียแคลิปเปอร์ (vernier calipers)
8. ถุงพลาสติก
9. เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบใช้แรงงานคน
10. เครื่องผสมคอนกรีตขนาดเล็ก (hobart mixer)
11. กระบอกตวง
12. ถังน้ำพลาสติก
13. แผ่นพลาสติกขนาดใหญ่
14. เครื่องมือทดสอบกำลังอัด (universal testing machine)

ซึ่งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองส่วนใหญ่ ได้รับการอนุเคราะห์จากกรมป่าไม้ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และกรมวิทยาศาสตร์บริการ

สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเตรียมวัสดุไม้ยูคาลิปตัสย่อยบดละเอียดและหาความชื้นของชิ้นไม้ โดยได้รับความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์จากส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักงานวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ทำการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก และทำการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการที่กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง การทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเตรียมและดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2537 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2538

3. ทำการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักตามอัตราส่วนที่กำหนด

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักจากส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส มีขั้นตอนดังนี้

การเตรียมไม้

1. นำไม้ยูคาลิปตัสสดมาปอกเปลือกออก แล้วแปรรูปเป็นชิ้นไม้สับ
2. นำชิ้นไม้สับไปตากแดด ประมาณ 7 วัน
3. นำชิ้นไม้สับไปแปรรูปเป็นชิ้นไม้ ด้วยเครื่องบดหยาบ
4. นำชิ้นไม้ที่บดย่อยละเอียดแล้วไปหาค่าความชื้น ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละ 10.62
5. นำชิ้นไม้มาเก็บใส่ถุงพลาสติกไว้เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองต่อไป

การผสมและการอัดก้อนคอนกรีตบล๊อก

1. ชั่งน้ำหนักชิ้นไม้ตามสูตรผสม แล้วเทใส่ถังพลาสติก พรมน้ำในอัตราส่วน ชิ้นไม้ 1 กิโลกรัม ต่อ น้ำ 193.8 กรัม

2. คลุกเคล้าชิ้นไม้กับน้ำให้สม่ำเสมอ เสร็จแล้วทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้ไม้ดูดซึมน้ำจนถึงจุดอิ่มตัว

3. ชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายตามสูตรผสม แล้วผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึงด้วยเครื่องผสมคอนกรีตขนาดเล็ก

4. เติมน้ำในอัตราส่วน 0.40 ต่อน้ำหนักปูนซีเมนต์ ผสมต่อไปประมาณ 2 - 3 นาที

5. นำชิ้นไม้ที่พรมน้ำและทิ้งไว้จนความชื้นอิ่มตัว ผสมกับปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำประมาณ 5 นาที

6. เทส่วนผสมใส่ถังพลาสติกเพื่อลำเลียงสู่กะบะใส่คอนกรีต

7. อัดคอนกรีตบล๊อกด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงคน

8. ถอดพิมพ์และนำไปบ่ม

วิธีการบ่มคอนกรีตบล๊อก

1. เรียงคอนกรีตบล๊อกไว้บนพื้นที่แห้งและสะอาด แล้วใช้พลาสติกขนาดใหญ่คลุมไว้ให้สนิท ทิ้งไว้ 8 วัน

2. นำพลาสติกออก เพื่อผึ่งคอนกรีตบล๊อกไว้ในบรรยากาศเป็นเวลา 21 วัน แล้วนำมาทดสอบตามมาตรฐานคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

4. ทำการทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 58 - 2533 UDC 691.327 - 478 : 69.022.324 / .324 ดังนี้

1. **ลักษณะทั่วไป** (มอก. 58 - 2533 : 11)

1.1 คอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล๊อก หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร ยกเว้นรอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อย

เนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา

1.2 คอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน ต้องมีผิวหน้าหยาบพอสมควรแก่การจับยึดของปูนฉาบ หรือปูนแต่งได้อย่างดี

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2. **การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนัก** (มอก. 58 - 2533 : 12)

ทั้งค่ากำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ยและค่ากำลังต้านทานแรงอัดแต่ละก้อน ต้องเป็นไปตามตาราง 10

ตาราง 10 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก. 58 - 2533

ความต้านทานแรงอัดต่ำสุด เมกะพาสคัล (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล๊อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล๊อกแต่ละก้อน
2.5	2.0

ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 58 - 2533 : 12

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีตมาตรฐาน เลขที่ มอก. 109 (2517 : 3 - 10)

2.1 **เครื่องมือ** เครื่องกดต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีรับรองเครื่องกดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

2.2 **ภาวะทดสอบ**

2.2.1 หลังจากได้ส่งตัวอย่างถึงห้องทดสอบแล้ว ให้เก็บตัวอย่างอยู่ในสภาพอากาศปกติของห้องทดสอบ และให้ทำการทดสอบตัวอย่างเต็มก้อน จำนวน 5 ก้อน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง

2.2.2 ก้อนที่ทำให้มีขนาด รูปร่างหรือกำลังผิดกว่าปกติ อาจเลื่อยออกเป็นชิ้น ๆ แล้วนำบางชิ้นหรือทุกชิ้นมาทดสอบโดยวิธีเดียวกับที่กล่าวในการทดสอบเต็มก้อน กำลังของก้อนเต็มให้คำนวณจากผลเฉลี่ยกำลังของชิ้นต่าง ๆ

2.3 **วิธีทดสอบ**

2.3.1 ตำแหน่งทดสอบ จะต้องทำการทดสอบก้อนตัวอย่างโดยให้ศูนย์เนื้อที่ของผิวธารทั้งสองหน้าอยู่ในแนวดิ่งกับศูนย์แรงกดจากแท่นธารในบ่าทรงกลมของเครื่องกด นอกจากการทดสอบก้อนซึ่งมีลักษณะพิเศษที่ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูอยู่ตามแนวระดับแล้ว การทดสอบคอนกรีตบล็อกจะต้องทดสอบโดยให้วางอยู่ในแนวดิ่งสำหรับก้อนวัสดุก่อซึ่งต้นร้อยละ 100 และก้อนกลวงซึ่งมีลักษณะพิเศษ ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูอยู่ตามแนวระดับ อาจทำการทดสอบตามลักษณะการใช้งาน

2.3.2 ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ บรรทุกน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักสูงสุดที่คาดว่าจะทดสอบด้วยอัตราเร็วตามสะดวก หลังจากนั้นจะต้องคุมเครื่องทดสอบโดยปรับให้หัวกดเคลื่อนที่ในอัตราสม่ำเสมอ จนทำให้น้ำหนักบรรทุกส่วนที่เหลือ บรรทุกได้ในเวลาไม่เร็วกว่า 1 นาที แต่ไม่เกิน 2 นาที

2.4 **วิธีคำนวณและการรายงานผล**

2.4.1 กำลังต้านทานแรงอัดของก้อนวัสดุก่อคอนกรีต คำนวณได้จากแรงสูงสุดกิโลกรัม หารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน วัดเป็นตารางเซนติเมตร พื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน หมายถึง พื้นที่รวมของภาคตัดในแนวตั้งฉากกับทิศทางของน้ำหนักบรรทุก โดยรวมพื้นที่ภายในช่องว่างทั้งหมด รวมทั้งส่วนที่เว้าออกนอกจากเนื้อที่ส่วนนี้ เมื่อก่อตัวแล้ว ส่วนของก้อนที่

ก่อชิดกันจะสอดเข้ามาจนเต็ม

2.4.2 การรายงานผล ให้รายงานผลการทดสอบละเอียดถึง 0.5 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร สำหรับการทดสอบแต่ละก้อน และผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อน

3. การวัดขนาด (มอก. 109 - 2527 : 12 - 14)

3.1 เครื่องมือ ขนาดภายนอกให้วัดด้วยบรรทัดเหล็กซึ่งแบ่งละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงให้วัดด้วยคาลิเปอร์ ซึ่งแบ่งละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร และมีปากขนานกันยาวไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร และไม่เกิน 25 มิลลิเมตร

3.2 จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง ใช้ก้อนตัวอย่างจำนวน 5 ก้อน

3.3 วิธีวัด

3.3.1 ความยาว ความกว้าง และความสูงของแต่ละก้อน ให้วัดอ่านละเอียดเท่าที่บรรทัดหรือคาลิเปอร์จะอ่านได้ สำหรับก้อนที่มีรูให้วัดความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงส่วนที่บางที่สุด บันทึกผลเฉลี่ยไว้ ซึ่งก้อนตัวอย่างนี้สามารถนำไปใช้ในการทดสอบอย่างอื่นได้

3.3.2 ความยาว ต้องวัดที่เส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละหน้า ความกว้างวัดผ่านผิวธารด้านบนและล่างที่กึ่งกลางความยาว และวัดความสูงบนผิวหน้าทั้งสองที่กึ่งกลางความยาว ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงให้วัดส่วนที่บางที่สุด สูง 12 มิลลิเมตร จากระนาบที่ก้อนวางบนปูนก่อ ในกรณีที่เปลือกด้านตรงกันข้ามมีความหนาแตกต่างกันน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร ให้ใช้ค่าเฉลี่ยได้ รางกรอบหน้าต่าง รอยต่อหลอกและรายละเอียดอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกันนี้ ไม่ต้องคำนึงถึงวัดขนาด

3.3.3 การรายงานผล ในรายงานควรแสดงค่าความยาว กว้าง และสูงเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละก้อน และความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงที่บางที่สุด และความหนาของผนังกั้นโพรงเทียบเท่าที่ได้จากการเฉลี่ยจากตัวอย่าง 5 ก้อน ความหนาของผนังกั้นโพรงเทียบเท่า (วัดเป็นมิลลิเมตร ต่อ ความยาว 1 เมตรของก้อนตัวอย่าง) คือ ผลบวกของความหนาผนังกั้นโพรงที่วัดได้ทั้งหมดรวมกันทุกผนัง คูณด้วย 1,000 และหารด้วยความยาวของก้อนวัดเป็นมิลลิเมตร

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะที่ต้องการด้านลักษณะทั่วไป และความต้านทานแรงอัด ใช้สถิติในการหาความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย โดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของความต้านทานแรงอัดทั้งหมด

N แทน จำนวนก้อนทดสอบ

5.2 วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของซี้ เม้ ยูคาลิปตัสและทรายหยาบ ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้สูตร

$$r_{XY} = \frac{N\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[\, N\sum X^2 - (\sum X)^2 \,][\, N\sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

เมื่อ $\sum X$ คือ ผลรวมของความต้านทานแรงอัด

$\sum Y$ คือ ผลรวมของน้ำหนักชิ้นไม้ยูคาลิปตัสหรือทรายหยาบ

$\sum X^2$ คือ ผลรวมของความต้านทานแรงอัดแต่ละสูตรทดลองยกกำลังสอง

$\sum Y^2$ คือ ผลรวมของน้ำหนักชิ้นไม้ยูคาลิปตัสหรือทรายหยาบแต่ละสูตรทดลองยกกำลังสอง

$\sum XY$ คือ ผลรวมของผลคูณความต้านทานแรงอัดกับน้ำหนักของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสหรือทรายหยาบทุกคู่

N คือ จำนวนสูตรทดลอง

ผลสรุปที่ได้จากการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของหน่วยงานที่มีมาตรฐานในการทดสอบและได้รับการรับรองมาตรฐานทางวิชาการ โดยจะแสดงผลเปรียบเทียบด้วยตารางและภาพ ดังนี้

ตาราง 11 รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก :
มอก. 58 - 2533

หมายเลขตัวอย่าง สมอ./58 - ..... ประเภท.....

ขนาด.....มิลลิเมตร

ที่	รายการตรวจสอบ		ข้อ, ตาราง	หน่วย	เกณฑ์กำหนด	ผลการตรวจสอบ 1	2	3	4	5
1	ความหนาของเปลือก	แต่ละก้อน ค่าเฉลี่ย	4.1	มม.	$\geqslant$ 12					
2	ความหนา	ด้านที่ 1 ด้านที่ 2 ค่าเฉลี่ย	4.2, ต.1 รูปที่ 2							
3	ความสูง	ด้านที่ 1 ด้านที่ 2 ค่าเฉลี่ย								
4	ความยาว	ด้านที่ 1 ด้านที่ 2 ค่าเฉลี่ย								

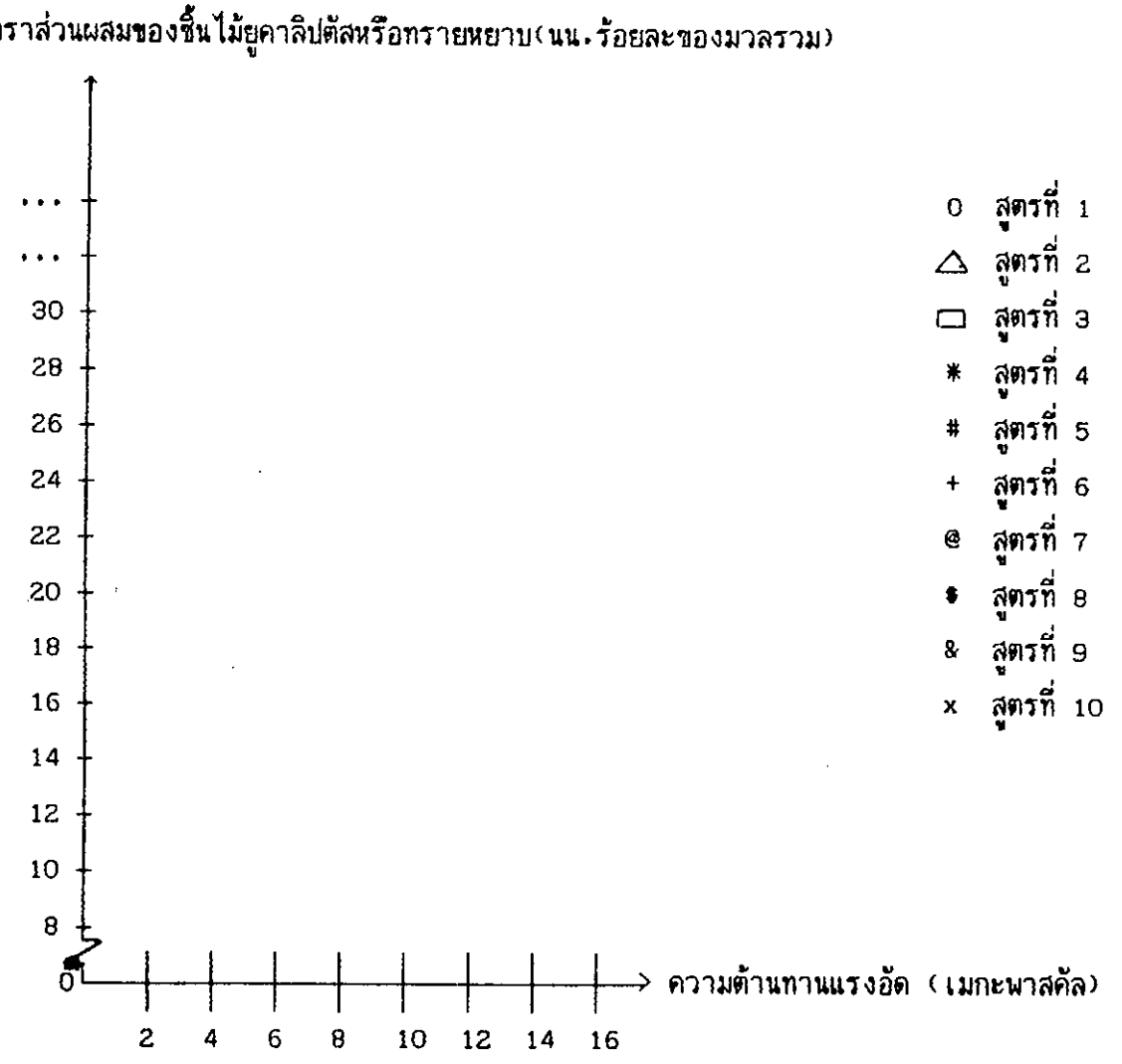
ตาราง 11 (ต่อ)

ที่	รายการตรวจสอบ		ข้อ, ตาราง	หน่วย	เกณฑ์กำหนด	ผลการตรวจสอบ 1	2	3	4	5
5.1	ลักษณะทั่วไป	สำหรับคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนักทุกก้อน	6.1.1	-	ผ่าน					
5.2	ลักษณะทั่วไป	สำหรับคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน	6.1.2	-	ผ่าน					
6	ความต้านแรงอัด (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	แต่ละก้อน	6.2, ต.2 มอก. 109 -	MPa	$\geqslant$ 2.0					
		ค่าเฉลี่ย			$\geqslant$ 2.5					

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2537

ตาราง 12 เปรียบเทียบผลการตรวจสอบของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จากส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส เทียบกับมาตรฐาน มอก. 58 - 2533

สูตรที่	ค่าเฉลี่ย				ลักษณะทั่วไป		ความต้านทานแรงอัด (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	
	ความหนาของเปลือก (≥ 12 มิลลิเมตร)	ความหนา (70 มิลลิเมตร ± 2 มม.)	ความสูง (190 มิลลิเมตร ± 2 มม.)	ความยาว (390 มิลลิเมตร ± 2 มม.)	แข็งแรงไม่ร้าว (ผ่าน)	เนื้อฉาบปูนหรือแต่งปูน (ผ่าน)	แต่ละก้อน	ค่าเฉลี่ย
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								



ภาพประกอบ 14 แผนสถิติแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสและทรายหยาบ

6. ทดสอบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก

ทดสอบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทั่วไป และความต้านทานแรงอัดดังนี้

1. คุณลักษณะทั่วไปเทียบกับมาตรฐาน มอก. 58 - 2533
2. ความต้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน จำนวน 5 ก้อน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักตามกระบวนการที่กำหนดไว้ โดยใช้เครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงคน ขนาดของคอนกรีตบล๊อก คือ 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร และทำการทดสอบคุณลักษณะด้านลักษณะทั่วไป และกำลังต้านทานแรงอัด ของคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และขี้นไม้ยูคาลิปตัส จากสูตรทดลองที่มีอัตราส่วนผสมต่าง ๆ กัน จำนวน 10 สูตร โดยทดสอบและตรวจสอบวิธีการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เสร็จแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลในรายละเอียด ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

จากการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมและทำการทดสอบตามวิธีการของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปรากฏผลการวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล๊อก ตามตาราง 13

ตาราง 13 การวิเคราะห์ขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน และลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส เทียบกับมาตรฐาน มอก. 58 - 2533

สูตรที่	ค่าเฉลี่ย				ลักษณะทั่วไป	
	ความหนาของเปลือก ($\geqslant$ 12 มิลลิเมตร)	ความหนา (70 มิลลิเมตร $\pm$ 2 มม.)	ความสูง (190 มิลลิเมตร $\pm$ 2 มม.)	ความยาว (390 มิลลิเมตร $\pm$ 2 มม.)	แข็งแรงไม่ร้าว (ผ่าน)	เพื่อฉาบปูนหรือแต่งปูน (ผ่าน)
*1	21.3	69.4	190.1	389.7	ผ่าน	ผ่าน
*2	20.7	68.3	191.7	391.6	ผ่าน	ผ่าน
*3	21.1	68.5	191.7	391.9	ผ่าน	ผ่าน
*4	20.9	68.2	191.7	391.4	ผ่าน	ผ่าน
**5	-	-	-	-	-	-
**6	-	-	-	-	-	-
**7	-	-	-	-	-	-
**8	-	-	-	-	-	-
**9	-	-	-	-	-	-
**10	-	-	-	-	-	-

* = การตรวจสอบขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน และลักษณะทั่วไป ได้ตามมาตรฐาน

** = ไม่สามารถอัดก้อนคอนกรีตบล๊อกด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงคนได้ เพราะก้อนคอนกรีตบล๊อกจะพังทะลาย ไม่เป็นรูปทรง

จากตาราง 13 สามารถวิเคราะห์ขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน และลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส ได้ดังนี้

ความหนาของเปลือก เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ ต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร ข้อมูลจากตารางแสดงว่า ใน 4 สูตร มีความหนาของเปลือก คือ สูตรที่ 1 เฉลี่ย 21.3 มิลลิเมตร สูตรที่ 2 เฉลี่ย 20.7 มิลลิเมตร สูตรที่ 3 เฉลี่ย 21.1 มิลลิเมตร และสูตรที่ 4 เฉลี่ย 20.9 มิลลิเมตร ตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ซึ่งไม่สามารถขึ้นรูปก้อนคอนกรีตบล๊อกได้ แสดงว่าไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ขนาดของคอนกรีตบล๊อกด้านความหนา เกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 70 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 2 มิลลิเมตร ข้อมูลจากตารางแสดงว่า ใน 4 สูตร มีขนาดของคอนกรีตบล๊อกด้านความหนา คือ สูตรที่ 1 เฉลี่ย 69.4 มิลลิเมตร สูตรที่ 2 เฉลี่ย 68.3 มิลลิเมตร สูตรที่ 3 เฉลี่ย 68.5 มิลลิเมตร และสูตรที่ 4 เฉลี่ย 68.2 มิลลิเมตร ตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ซึ่งไม่สามารถขึ้นรูปก้อนคอนกรีตบล๊อกได้ แสดงว่าไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ขนาดของคอนกรีตบล๊อกด้านความสูง เกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 190 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 2 มิลลิเมตร ข้อมูลจากตารางแสดงว่า ใน 4 สูตร มีขนาดของคอนกรีตบล๊อกด้านความสูง คือ สูตรที่ 1 เฉลี่ย 190.1 มิลลิเมตร สูตรที่ 2 เฉลี่ย 191.7 มิลลิเมตร สูตรที่ 3 เฉลี่ย 191.7 มิลลิเมตร และสูตรที่ 4 เฉลี่ย 191.7 มิลลิเมตร ตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ซึ่งไม่สามารถขึ้นรูปก้อนคอนกรีตบล๊อกได้ แสดงว่าไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความยาว เกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 390 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร ข้อมูลจากตารางแสดงว่า ใน 4 สูตร มีขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความยาว คือ สูตรที่ 1 เฉลี่ย 389.7 มิลลิเมตร สูตรที่ 2 เฉลี่ย 391.6 มิลลิเมตร สูตรที่ 3 เฉลี่ย 391.9 มิลลิเมตร และสูตรที่ 4 เฉลี่ย 391.4 มิลลิเมตร ตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ซึ่งไม่สามารถขึ้นรูปก้อนคอนกรีตบล็อกได้ แสดงว่าไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ความแข็งแรง เกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อ ข้อมูลจากตารางแสดงว่า ในสูตรที่ 1 - 4 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ซึ่งไม่สามารถขึ้นรูปก้อนคอนกรีตบล็อกได้ แสดงว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ความเหมาะสมในการฉาบปูนหรือแต่งปูน เกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบ หรือปูนแต่งได้อย่างดี ข้อมูลจากตารางแสดงว่า ในสูตรที่ 1 - 4 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ซึ่งไม่สามารถขึ้นรูปก้อนคอนกรีตบล็อกได้ แสดงว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

จากผลการตรวจสอบขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักจากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายและชิ้นไม้ยูคาลิปตัส พบว่า สูตรที่ 1 - 4 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกด้าน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ด้านลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ได้จากการทดลอง พบว่า สูตรที่ 1 - 4 ผ่านตามมาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

สรุปผลการวิเคราะห์ขนาด เกณฑ์ ความคลาดเคลื่อน และลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายและชิ้นไม้ยูคาลิปตัส คือ สูตรที่ 1 - 4 สามารถนำไปผลิตก้อนคอนกรีตบล็อกได้ดีทั้งหมด

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล๊อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส เทียบกับมาตรฐาน มอก. 58 - 2533

สูตรที่	ความต้านทานแรงอัด (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม) (เมกะพาสคัล)					
	แต่ละก้อน (2.0 เมกะพาสคัล)					ค่าเฉลี่ย (2.5 เมกะพาสคัล)
	1	2	3	4	5	
* 1	14.9	13.6	12.4	16.8	16.2	14.8
* 2	6.8	7.1	6.9	6.9	6.6	6.9
* 3	2.7	2.1	4.1	4.6	3.5	3.4
* 4	2.0	3.6	3.9	2.1	2.3	2.8
** 5	-	-	-	-	-	-
** 6	-	-	-	-	-	-
** 7	-	-	-	-	-	-
** 8	-	-	-	-	-	-
** 9	-	-	-	-	-	-
**10	-	-	-	-	-	-

* = การทดสอบความต้านทานแรงอัด ได้ตามมาตรฐาน

** = ไม่สามารถอัดก้อนคอนกรีตบล๊อกด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล๊อกแบบใช้แรงคนได้ เพราะก้อนคอนกรีตพังทะลาย ไม่เป็นรูปทรง

การวิเคราะห์ความต้านทานแรงอัด เมื่อคอนกรีตบล็อกมีอายุ 28 วัน

จากตาราง 14 สามารถวิเคราะห์ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกซีเมนต์ไม่เต็มน้ำหนัก จากวัตถุดิบ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุดแต่ละก้อน 2.0 เมกะพาสคัล และเฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน 2.5 เมกะพาสคัล ได้ดังนี้

สูตรที่ 1 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1 - 5 มีค่า 14.9 เมกะพาสคัล 13.6 เมกะพาสคัล 12.4 เมกะพาสคัล 16.8 เมกะพาสคัล และ 16.2 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งแต่ละก้อนได้ตามมาตรฐาน ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยมีค่า 14.8 เมกะพาสคัล ได้ตามมาตรฐาน

สูตรที่ 2 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1 - 5 มีค่า 6.8 เมกะพาสคัล 7.1 เมกะพาสคัล 6.9 เมกะพาสคัล 6.9 เมกะพาสคัล และ 6.6 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งแต่ละก้อนได้ตามมาตรฐาน ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยมีค่า 6.9 เมกะพาสคัล ได้ตามมาตรฐาน

สูตรที่ 3 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1 - 5 มีค่า 2.7 เมกะพาสคัล 2.1 เมกะพาสคัล 4.1 เมกะพาสคัล 4.6 เมกะพาสคัล และ 3.5 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งแต่ละก้อนได้ตามมาตรฐาน ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยมีค่า 3.4 เมกะพาสคัล ได้ตามมาตรฐาน

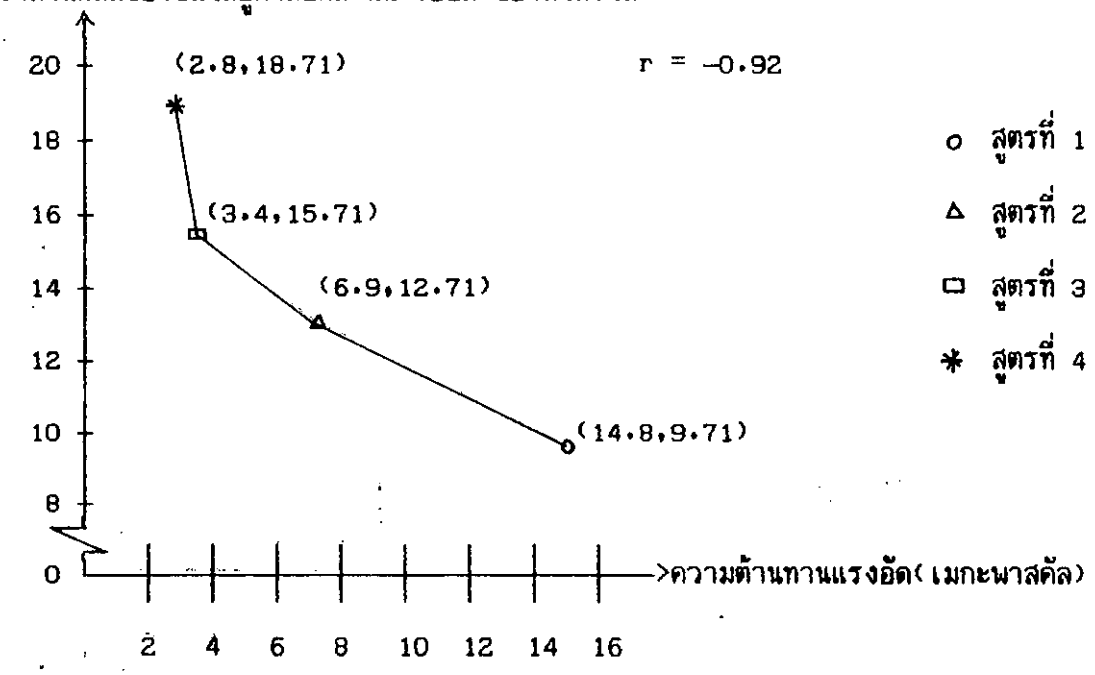
สูตรที่ 4 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1 - 5 มีค่า 2.0 เมกะพาสคัล 3.6 เมกะพาสคัล 3.9 เมกะพาสคัล 2.1 เมกะพาสคัล และ 2.3 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งแต่ละก้อนได้ตามมาตรฐาน ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยมีค่า 2.8 เมกะพาสคัล ได้ตามมาตรฐาน

สูตรที่ 5 - 10 ไม่สามารถขึ้นรูปก้อนคอนกรีตบล็อกได้ แสดงว่าไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายและชิ้นไม้ยูคาลิปตัส พบว่า สูตรที่ 1 - 4 มีค่าความต้านทานแรงอัดตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งความต้านทานแรงอัดแต่ละก้อนและเฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน ซึ่งสูตรที่ 4 เป็นอัตราส่วนที่น่าจะเลือกไปใช้ในการผลิตเพื่อเป็นรายได้สำหรับอุตสาหกรรมในครอบครัว เพราะเป็นอัตราส่วนที่ต้นทุนในการผลิตต่อก้อนน้อยกว่าสูตรที่ 1 - 3

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสกับทรายผสม

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัส ดังภาพประกอบ 15

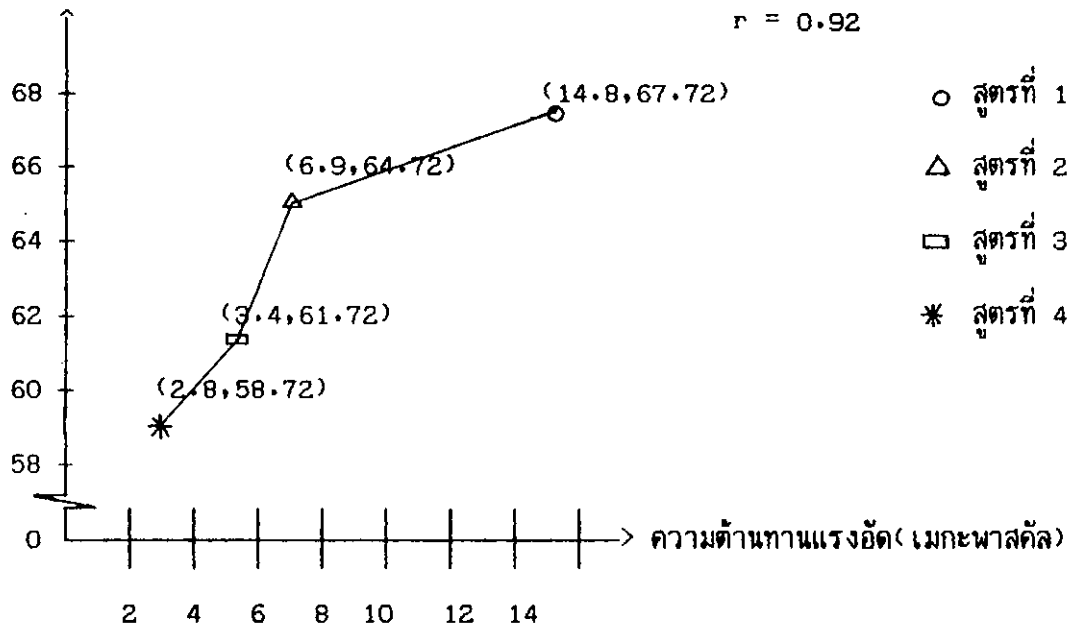


ภาพประกอบ 15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัส

จากภาพประกอบ 15 ความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสมีความสัมพันธ์ตรงข้ามกัน คือ ความต้านทานแรงอัดสูง ในขณะที่อัตราส่วนผสมของชิ้นไม้น้อยลง ถ้าความต้านทานแรงอัดต่ำลง ชิ้นไม้จะมีอัตราส่วนมากขึ้น

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของทรายหยาบ ดังภาพประกอบ 16

อัตราส่วนผสมของทรายหยาบ(นน.ร้อยละของมวลรวม)



ภาพประกอบ 16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของทรายหยาบ

จากภาพประกอบ 16 ความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของทรายหยาบมีความสัมพันธ์ตามกัน คือ ความต้านทานแรงอัดสูง อัตราส่วนผสมของทรายหยาบจะมากด้วย ถ้าความต้านทานแรงอัดต่ำ อัตราส่วนผสมของทรายหยาบจะน้อยลง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสและทรายหยาบพบว่า มีความสัมพันธ์กัน

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส ได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส โดยให้มีคุณลักษณะด้านลักษณะทั่วไปและความต้านทานแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสและทรายหยาบ

ประชากร

การวิจัยครั้งนี้จะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์น้ำหนักร้อยละ 22.57 ของมวลรวม น้ำร้อยละ 0.40 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และทรายมีน้ำหนักผกผันกับชิ้นไม้ยูคาลิปตัส อัตราส่วน

ทดลองมี 10 สูตร ก้อนทดลองขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร สูตรละ 10 ก้อน รวม 100 ก้อน ดังแสดงอัตราส่วนทดลองในตาราง 1

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ดังนั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจึงได้แก่ เครื่องทำชิ้นไม้สับ เครื่องบดหยาบ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตู้อบ โถควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบใช้แรงงานคน เครื่องผสมคอนกรีตขนาดเล็ก เครื่องมือทดสอบกำลังอัด นาฬิกาจับเวลา เป็นต้น

การดำเนินการวิจัย

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมตามอัตราส่วนที่กำหนดในแต่ละสูตรทดลอง มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมชิ้นไม้ยูคาลิปตัสโดยนำไม้สดมาปอกเปลือกออกแล้วแปรรูปเป็นชิ้นไม้สับ แล้วนำไปตากแดดประมาณ 7 วัน จึงนำไปแปรรูปเป็นชิ้นไม้ด้วยเครื่องบดหยาบ นำไปหาความชื้น แล้วเก็บชิ้นไม้ในถุงพลาสติกเพื่อเตรียมผสม

2. ชั่งน้ำหนักชิ้นไม้ตามสูตรทดลอง เทใส่ถังพลาสติก พรมน้ำแล้วคลุกเคล้าด้วยมือให้ชิ้นไม้ถึงจุดอิ่มตัว ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

3. ชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายตามสูตรทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีตขนาดเล็ก แล้วเติมน้ำตามสูตรทดลอง ผสมต่อไปประมาณ 2 - 3 นาที

4. นำชิ้นไม้ที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ผสมกับปูนซีเมนต์และทรายในข้อ 3 ประมาณ 5 นาที

5. ลำเลียงส่วนผสมไปอัดก้อนด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบใช้แรงคน

6. ถอดพิมพ์แล้วนำไปบ่มประมาณ 29 วัน

7. ส่งก้อนทดลองเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อทดสอบคุณลักษณะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

8. สรุปผลการทดสอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสกับทรายหยาบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการทดสอบคุณลักษณะ ที่ทดสอบตามมาตรฐานของสำนักงาน าตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ด้วยเครื่องมือทดสอบของฝ่ายวิเคราะห์ทดสอบทางวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ มาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแต่ละอัตราส่วน ในด้านขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป กำลังต้านทานแรงอัด และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสและทรายหยาบ

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการทดสอบขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป ความต้านทานแรงอัด และการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสและทรายหยาบ ของคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายและชิ้นไม้ยูคาลิปตัส พบว่า

ความหนาของเปลือก สูตรที่ 1 - 4 มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความหนา สูตรที่ 1 - 4 มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความยาว สูตรที่ 1 - 4 มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ความแข็งแรง สูตรที่ 1 - 4 มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ความเหมาะสมในการฉาบปูนหรือแต่งปูน สูตรที่ 1 - 4 มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 -10 ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ความต้านทานแรงอัด แต่ละก้อนและเฉลี่ยจาก 5 ก้อน สูตรที่ 1 - 4 มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 แต่ละก้อนและเฉลี่ยจาก 5 ก้อน ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัส มีความสัมพันธ์กันแบบตรงข้ามกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของทรายหยาบ มีความสัมพันธ์กันแบบตามกัน

สรุปผล สูตรที่มีอัตราส่วนเหมาะสมที่สุดในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักจากวัตถุดิบ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส คือสูตรที่ 4 เพราะเป็นสูตรที่ใช้อัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสมากกว่าสูตรที่ได้ตามมาตรฐานอื่น ซึ่งทำให้คอนกรีตบล็อกมีน้ำหนักเบา และใช้ปูนซีเมนต์น้อยกว่าส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า ผู้วิจัยได้นำคอนกรีตบล็อกที่อัดก้อนจากอัตราส่วนของสูตรที่ 4 ไปทำการทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานซ้ำอีกครั้ง สรุปผลการทดสอบดังตาราง 15

ตาราง 15 การวิเคราะห์ขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป และความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักจากวัตถุดิบ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ท. ๑ และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส สูตรที่ 4 (ทดสอบซ้ำ) เทียบกับมาตรฐาน มอก. 58 - 2533

ค่าเฉลี่ย				ลักษณะทั่วไป		ความต้านทานแรงอัด					
ความหนาของเปลือก (≥ 12 มม.)	ความหนา (70 ±2 มม.)	ความสูง (190 ±2 มม.)	ความยาว (390 ±2 มม.)	แข็งแรง ไม่ร้าว (ผ่าน)	เพื่อฉาบหรือแต่งปูน (ผ่าน)	แต่ละก้อน (2.0 เมกะพาสคัล)					เฉลี่ยจาก 5 ก้อน (2.5 เมกะพาสคัล)
						1	2	3	4	5	
21.0	68.8	191.9	390.2	ผ่าน	ผ่าน	2.1	3.2	2.9	2.5	3.1	2.8

อภิปรายผล

ความหนาของเปลือก สูตรที่ 1 - 4 ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานเพราะลักษณะชิ้นไม้ที่มีหลายขนาดคละกัน (สมชัย เบญจชัย. 2535 : 74) ประกอบกับการแทรกตัวเข้าไปในระหว่างช่องว่างของทรายเป็นอัตราส่วนที่พอดี และปูนซีเมนต์มีปริมาณเพียงพอในการยึดประสานมวลรวม ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานเพราะปริมาณชิ้นไม้มากขณะที่ปริมาณปูนซีเมนต์น้อย จึงไม่เพียงพอในการยึดประสานมวลรวม

ขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความหนา ความสูง และความยาว สูตรที่ 1 - 4 ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานเพราะลักษณะและขนาดชิ้นไม้มีความเหมาะสมสำหรับการเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบภายในแบบบล็อก (พิชัย นิมิตรยงสกุล และสุทัศน์ สุวรรณสินพันธุ์. 2532 : 78 - 79) อัตราส่วนทรายแทรกตัวอุดช่องว่างพอดี และปูนซีเมนต์มีปริมาณเพียงพอในการยึดประสานมวลรวม จึงไม่เกิดการดีดคืนของคอนกรีตบล็อก (สมชัย เบญจชย. 2534 : 15 ; อ้างอิงมาจาก Moslemi. and Pfister. 1987) ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานเพราะปริมาณปูนซีเมนต์มีน้อยไม่เพียงพอในการยึดประสานมวลรวม

ความแข็งแรง สูตรที่ 1 - 4 ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานเพราะลักษณะชิ้นไม้ที่บดโดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 3/4 นิ้ว หรือประมาณ 10 มิลลิเมตร เป็นขนาดเดียวกับหินฝุ่นซึ่งไม่มีการแบ่งระหว่างส่วนละเอียดและส่วนหยาบอย่างชัดเจน จึงมีขนาดคละลดหลั่นของขนาด (วินิต ช่อวิเชียร. 2529 : 29 - 31) ทำให้ก้อนคอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติด้านแรงเกาะยึดภายใน การเกาะยึดของปูนซีเมนต์ ความแข็งแรงและความคงขนาดที่ดีเทียบเท่ากับหินฝุ่นซึ่งเป็นวัสดุผสมของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักโดยทั่วไป ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานเพราะปริมาณปูนซีเมนต์และทรายน้อยไม่เพียงพอในการยึดประสานมวลรวมและอุดช่องว่าง

ความเหมาะสมในการฉาบปูนหรือแต่งปูน สูตรที่ 1 - 4 ได้ตามมาตรฐานเพราะชิ้นไม้ยูคาลิปตัสมีรูปร่างที่ถูกต้อง โดยมีลักษณะเป็นเหลี่ยม มุม แหลม หยาบ สะอาด แข็งพอควร และมีขนาดที่ถูกต้อง คือ เรียงจากเล็กไปใหญ่ (พิภพ สุนทรสมัย. 2534 : 94) มีความคงทนต่อปฏิกิริยาทางเคมีเช่นเดียวกับหิน ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ต้องการของการผสมร่วมกับซีเมนต์เพสต์ จึงได้คอนกรีตบล็อกที่มีลักษณะทั่วไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนสูตรที่ 5 - 10 ไม่ได้ตามมาตรฐานเพราะไม่สามารถอัดก้อนได้จึงไม่สามารถวิเคราะห์ความเหมาะสมในการฉาบปูนหรือแต่งปูน

ความต้านทานแรงอัด สูตรที่ 1 - 4 ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานเพราะเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของอัตราส่วนต่างดังกล่าว พบว่า ความต้านทานแรงอัดจะแตกต่างกันตามอัตราส่วนของชิ้นไม้ คือ เมื่อปริมาณปูนซีเมนต์และทรายมาก ขณะที่ชิ้นไม้น้อย เช่น อัตราส่วน

1 : 3 : 0.43 ความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยสูงถึง 14.8 เมกะพาสคัล ในขณะที่เมื่อปริมาณปูนซีเมนต์และทรายน้อยลง ชิ้นไม้เพิ่มขึ้น เช่นอัตราส่วน 1 : 2.60 : 0.83 ความต้านทานแรงอัดจะลดลงมากเช่นกัน คือ 2.8 เมกะพาสคัล ทั้งนี้เนื่องจากปูนซีเมนต์และทรายทำให้คอนกรีตบล็อกแน่น แข็งแรง มีปริมาณโพรงอากาศน้อย และมีน้ำหนักมากขึ้น ส่วนสูตรที่ 5 - 10 พบว่า ส่วนผสมแห้งเกินไป ปริมาณปูนซีเมนต์น้อยไม่เพียงพอที่จะเคลือบชิ้นไม้ได้หมด ทำให้ไม่สามารถอัดก้อนได้

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของชิ้นไม้ยูคาลิปตัส มีความสัมพันธ์กันแบบตรงข้ามกัน คือ เมื่อความต้านทานแรงอัดมีค่าสูง อัตราส่วนของชิ้นไม้จะน้อยลง เพราะชิ้นไม้เป็นมวลชนิดหนึ่งซึ่งสามารถผสมให้เนื้อคอนกรีตมีความแข็งแกร่งได้ โดยผสมในปริมาณที่จำกัดและมีจุดประสงค์เพื่อให้ประหยัดปูนซีเมนต์ จึงจำเป็นต้องออกแบบส่วนผสมให้มีปริมาณมวลมากที่สุด (พิภพ สุนทรสมัย. 2536 : 8) ดังนั้นเมื่ออัตราส่วนของชิ้นไม้มากขึ้นความต้านทานแรงอัดจึงน้อยลง

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของทรายหยาบ มีความสัมพันธ์กันแบบตามกัน คือ เมื่อความต้านทานแรงอัดมีค่าสูง อัตราส่วนของทรายจะสูงด้วย เพราะชิ้นไม้มีขนาดคละกัน ดังนั้นถ้าอัตราส่วนผสมมีทรายมากจะช่วยให้ชิ้นไม้เรียงตัวกันได้แน่น มีช่องว่างน้อยเชื่อมมวลรวมให้ยึดติดกันได้ดี มีผลให้ความต้านทานแรงอัดมีค่าสูง แต่ถ้าเพิ่มอัตราส่วนทรายขึ้นหรือลดอัตราส่วนทรายลงมากเกินกว่าอัตราส่วนที่ทดลองนี้ อาจให้ค่าความต้านทานแรงอัดที่ต่ำกว่า กล่าวคือ ปริมาณทรายน้อยเกินไปจะเกิดช่องว่างระหว่างมวลรวม และถ้าปริมาณทรายมากเกินไป ทรายที่เหลือจากการอุดช่องว่างจะกลายเป็นช่องว่างไป

ข้อเสนอแนะ

1. สูตรที่ 5 คืออัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ ต่อทราย ต่อชิ้นไม้ยูคาลิปตัส 1 : 2.47 : 0.96 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่น่าจะมีการพัฒนาเพื่อทำคอนกรีตบล็อกได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

เพราะสามารถอัดก้อนได้ แต่แตกก่อนที่จะนำไปวางเรียงไว้เพื่อบ่ม การพัฒนาทำได้โดยเพิ่มระยะเวลาในการผสมอัตราส่วนด้วยเครื่องผสมอีกประมาณ 2 - 3 นาที

2. ควรทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในสูตรที่ 4 สูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 โดยกำหนดปริมาณมวลรวมแตกต่างกันประมาณร้อยละ 1 เพราะชิ้นไม้ยูคาลิปตัวมีน้ำหนักเบา จึงทำให้ผลการทดสอบแตกต่างกันมากในแต่ละสูตร

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสามารถใช้เครื่องมือที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่นทดแทนได้อย่าง ในกรณีที่นำไปผลิตเป็นอุตสาหกรรมภายในครอบครัว คือ เครื่องทำชิ้นไม้สับใช้มีดหรือขวานแทน เครื่องบดหยาบใช้เครื่องบดอาหารสัตว์แทน และอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้หาค่าความชื้นใช้มิเตอร์วัดความชื้นของข้าวเปลือกแทนได้

4. สูตรที่ 4 คืออัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ ต่อทราย ต่อชิ้นไม้ยูคาลิปตัส 1 : 2.60 : 0.83 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดที่ควรจะนำไปใช้ผลิตคอนกรีตบล๊อกน้ำหนักเบาเพื่อจำหน่ายเป็นอาชีพเสริม เพิ่มรายได้สำหรับชาวชนบทที่มีเศษไม้โตเร็วเหลือใช้ หรือมีไม้ยูคาลิปตัสที่เหลือทิ้งจากการตัดฟันขาย เพราะไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำไปใช้ผลิตคอนกรีตบล๊อกได้ทุกส่วนของลำต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

จิตติวัฒน์ สีละพัฒน์. "อีสานได้อะไรจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษของ อ.อ.ป.," สักทอง. 18(2) : 56; เมษายน - มิถุนายน 2536.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. "คอนกรีตเบา," ใน คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค. ไม่มีเลขหน้า. กรุงเทพฯ : ซีแพค, ม.ป.ป.

ดีแทค บล๊อก. กรุงเทพฯ : บริษัทศรีมัฆวาฬภัณฑ์ จำกัด, ม.ป.ป.

ทัศนีย์ รัตวานิช และคนอื่น ๆ. "การศึกษาอายุที่เหมาะสมของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส เพื่อทำเยื่อกระดาษ," ใน เอกสารการประชุมการป่าไม้ประจำปี 2530. หน้า 260 - 289. กรุงเทพฯ : กรมป่าไม้, 2530.

ทัศนีย์ รัตวานิช อรรณพ อภิชาตบุตร และรัตนา หม้อมณี. "การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล และสาร Phenolic Compound ในไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส," ใน เอกสารการประชุมการป่าไม้ประจำปี 2528 เล่ม 2. หน้า 371 - 378. กรุงเทพ : กรมป่าไม้, 2528.

ธนากร พละชัย. "ไทยทำปูน," วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 8(3) : 37 - 38; กันยายน - ธันวาคม 2536.

นฤมล ชื่นอุทัย. ส่วนผสมของคอนกรีตกำลังสูง. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534. ถ่ายเอกสาร.

บุญวงศ์ ไทยอุตสาห์. "งานวิจัยไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส," แนวเกษตร. 9(9) : 38; กันยายน 2536.

ประณต กุลประสูตร. เทคนิคงานปูน - คอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : บริษัทอัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), 2536.

ปรีชา เกียรติกระจาย. "แผ่นชิ้นไม้อัดผสมซีเมนต์อัดจากไม้ยูคาลิปตัสและไม้สัก," ใน เอกสารการประชุมการป่าไม้ประจำปี 2525 สาขาวนผลิตภัณฑ์. หน้า 162 - 170 กรุงเทพฯ : กรมป่าไม้, 2525.

ป่าไม้, กรม. การใช้ประโยชน์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : กองการวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, 2531.

_____. ข้อมูลตลาดรับซื้อไม้โตเร็วในท้องที่จังหวัดต่าง ๆ. กรมป่าไม้, 2536. อัดสำเนา.

_____. สถานภาวะการใช้ไม้ของภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ปี 2533. กรุงเทพฯ : ฝ่ายเศรษฐกิจป่าไม้ กองแผน กรมป่าไม้, 2534.

พิชัย นิมิตยงสกุล และสุทัศน์ สุวรรณสินพันธุ์. "คุณสมบัติของเส้นใยปาล์มและการใช้ผสมในสารประกอบซีเมนต์," วารสารทางวิชาการวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 1(1) : 78 - 79; 2532.

พิภพ สุนทรสมัย. ช่างปูนก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2536.

_____. ปฏิบัติการและควบคุมงานคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2536.

_____. วัสดุวิศวกรรมการก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2534.

วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรม. โครงการทดลองผลิตวัสดุก่อสร้างจากเถ้าแกลบและทดสอบการใช้งาน. กรุงเทพฯ : กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2529.

วินิต ช่อวิเชียร. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : ห้างฯป.สัมพันธ์พาณิชย์, 2529.

ศูนย์ฝึกอบรมการตลาด. "ความรู้ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์," ใน การปฏิบัติการขาย 1 ปูนซีเมนต์ คอนกรีตผสมเสร็จ เหล็ก. ไม่มีเลขหน้า. กรุงเทพฯ : บริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด, ม.ป.ป.

สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร. คอนกรีตเสริมเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : ดร.วินิต ช่อวิเชียร, 2530.

สมชัย เบญจชย. การเกาะยึดแผ่นไม้อัดซีเมนต์. ปัญหาพิเศษ. วท.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534. ถ่ายเอกสาร.

_____. ผลกระทบของลักษณะชิ้นไม้ การปรับสภาพไม้และอัตราส่วนไม้ต่อซีเมนต์ต่อสมบัติของแผ่นไม้อัดซีเมนต์. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535. ถ่ายเอกสาร.

_____. "อุตสาหกรรมปาไม้อัดไม้ประกอบวัตถุดิบในอนาคต," สักทอง. 15(1) : 22 - 23; มกราคม - มีนาคม 2533.

สมปอง สง่าแสง. "การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต," ใน เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การพัฒนาการก่อสร้างกับการพิทักษ์สิ่งแวดล้อม. หน้า 92 - 100. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏจันทรเกษม, 2535.

เสกสรร สีหวงษ์ และบัณฑิต จริโมภาส. "การผลิตคอนกรีตบล๊อก," ข่าวสารศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ. 5(4) : 4 - 6; มกราคม 2535.

อรุณ ชัยเสรี. คู่มือการตรวจสอบคอนกรีตของสมาคมคอนกรีตอเมริกัน. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2535.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มอก. 109 - 2517. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2517.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต มอก. 566 - 2528. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2528.

_____. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58 - 2533. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2533.

Shokry Rashwan, M.M. Hatzinikolas and R. Zmavc. "Development of a Lightweight, Low - cost Concrete Block Using Wood Residue," Forest Products Research Society 1992. 42(5) : 57 - 64; May 1992.

Simatupang, M.H., G.H. Schwarz and F.W. Broker. Small Scale Plants for The Manufacture of Mineral - bonded Wood Composites. Jakarta : Eight World Forestry Cong, 1978.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตอน ก.

ตาราง 16 รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนัก : มอก. 58 - 2533 หมายเลขตัวอย่าง สมอ./58- 1 ประเภทไม่ควบคุมความชื้น ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร

แผ่นที่ 1/2

ที่	รายการตรวจสอบ		ข้อ, ตาราง	หน่วย	เกณฑ์กำหนด	ผลตรวจสอบ 1	2	3	4	5
1	ความหนา ของเปลือก	แต่ละก้อน	4.1	มม.	≥ 12	21.5	22.2	20.7	21.0	21.0
		ค่าเฉลี่ย						21.3		
2	ความหนา	ด้านที่ 1	4.2,		70	69.4	69.7	69.9	69.8	70.1
		ด้านที่ 2	ต.1		(±2)	69.6	69.5	70.0	70.0	70.2
		ค่าเฉลี่ย	รูปที่2		69.8	69.5	69.6	70.0	69.9	70.2
3	ความสูง	ด้านที่ 1			190	189.9	190.2	189.8	190.1	190.2
		ด้านที่ 2			(±2)	190.1	190.0	189.9	190.2	190.0
		ค่าเฉลี่ย			190.1	190.0	190.1	189.9	190.2	190.0
4	ความยาว	ด้านที่ 1			390	388.9	389.3	390.5	390.1	388.8
		ด้านที่ 2			(±2)	390.0	389.7	390.7	390.3	389.0
		ค่าเฉลี่ย			389.7	389.5	389.5	390.6	390.2	388.9

ตาราง 16 (ต่อ)

ที่	รายการตรวจสอบ		ข้อ, ตาราง	หน่วย	เกณฑ์กำหนด	ผลตรวจสอบ 1	2	3	4	5
5.1	ลักษณะทั่วไป	สำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน	6.1.1	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5.2		สำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน	6.1.2	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
6	ความต้านทานแรงอัด(เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	แต่ละก้อน	6.2, ง.2 มอก. 109-	MPa	≥2.0	14.9	13.6	12.4	16.8	16.2
		ค่าเฉลี่ย			≥2.5			14.8		

ตาราง 17 รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก : มอก. 58 - 2533 หมายเลขตัวอย่าง สมอ./58- 2 ประเภทไม่ควบคุมความชื้น ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร

แผ่นที่ 1/2

ที่	รายการตรวจสอบ		ข้อ, ตาราง	หน่วย	เกณฑ์กำหนด	ผลตรวจสอบ 1	2	3	4	5
1	ความหนาของเปลือก	แต่ละก้อน	4.1	มม.	≥ 12	20.8	21.3	21.4	19.0	21.3
		ค่าเฉลี่ย						20.7		
2	ความหนา	ด้านที่ 1	4.2,		70	68.5	68.7	68.4	68.5	67.9
		ด้านที่ 2	ต.1		(±2)	67.9	67.8	67.9	68.8	68.4
		ค่าเฉลี่ย	รูปที่2		68.3	68.2	68.3	68.2	68.7	68.2
3	ความสูง	ด้านที่ 1			190	191.4	192.3	190.9	192.1	191.2
		ด้านที่ 2			(±2)	192.0	192.0	191.3	191.8	191.8
		ค่าเฉลี่ย			191.7	191.7	192.2	191.1	192.0	191.5
4	ความยาว	ด้านที่ 1			390	391.4	391.1	391.4	392.1	390.8
		ด้านที่ 2			(±2)	391.7	390.8	391.9	391.8	391.5
		ค่าเฉลี่ย			391.6	392.0	391.0	392.0	392.0	391.2

ตาราง 17 (ต่อ)

ที่	รายการตรวจสอบ	ข้อ, ตาราง	หน่วย	เกณฑ์กำหนด	ผลการตรวจสอบ 1	2	3	4	5
5.1	ลักษณะทั่วไป สำหรับคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน	6.1.1	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5.2	สำหรับคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนักซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน	6.1.2	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
6	ความต้านทานแรงยึด (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม) แต่ละก้อน	6.2, ต.2 มอก.	MPa	≥ 2.0	6.8	7.1	6.9	6.9	6.6
	ค่าเฉลี่ย			≥ 2.5			6.9		

ตาราง 18 รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก :
มอก. 58 - 2533 หมายเลขตัวอย่าง สมอ./58- 3 ประเภทไม่ควบคุมความชื้น
ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร

แผ่นที่ 1/2

ที่	รายการตรวจสอบ		ข้อ, ตาราง	หน่วย	เกณฑ์กำหนด	ผลตรวจสอบ 1	2	3	4	5
1	ความหนาของเปลือก	แต่ละก้อน	4.1	มม.	≥ 12	20.7	21.5	21.8	21.0	20.7
		ค่าเฉลี่ย						21.1		
2	ความหนา	ด้านที่ 1	4.2,		70	68.4	68.6	68.8	68.4	68.2
		ด้านที่ 2	ต.1		(±2)	67.9	68.6	68.9	68.6	67.9
		ค่าเฉลี่ย	รูปที่2		68.5	68.2	68.6	68.9	68.5	68.1
3	ความสูง	ด้านที่ 1			190	192.1	191.9	191.6	192.0	190.7
		ด้านที่ 2			(±2)	192.0	190.1	191.8	191.7	191.0
		ค่าเฉลี่ย			191.7	192.1	191.0	191.7	191.9	190.9
4	ความยาว	ด้านที่ 1			390	391.5	392.2	391.4	391.5	392.1
		ด้านที่ 2			(±2)	391.7	392.0	392.8	391.9	391.8
		ค่าเฉลี่ย			391.9	391.6	392.1	392.1	392.7	392.0

ตาราง 18 (ต่อ)

ที่	รายการตรวจสอบ	ข้อ, ตาราง	หน่วย	เกณฑ์กำหนด	ผลการตรวจสอบ 1	2	3	4	5
5.1	ลักษณะทั่วไป สำหรับคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน	6.1.1	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5.2	สำหรับคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนักซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน	6.1.2	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
6	ความต้านทานแรงอัด (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม) แต่ละก้อน	6.2, ต.2 มอก. 109-	MPa	≥ 2.0 ≥ 2.5	2.7	2.1	4.1 3.4	4.6	3.5

ตาราง 19 รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนัก : มอก. 58 - 2533 หมายเลขตัวอย่าง สมอ./58- 4 ประเภทไม่ควบคุมความชื้น ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร

แผ่นที่ 1/2

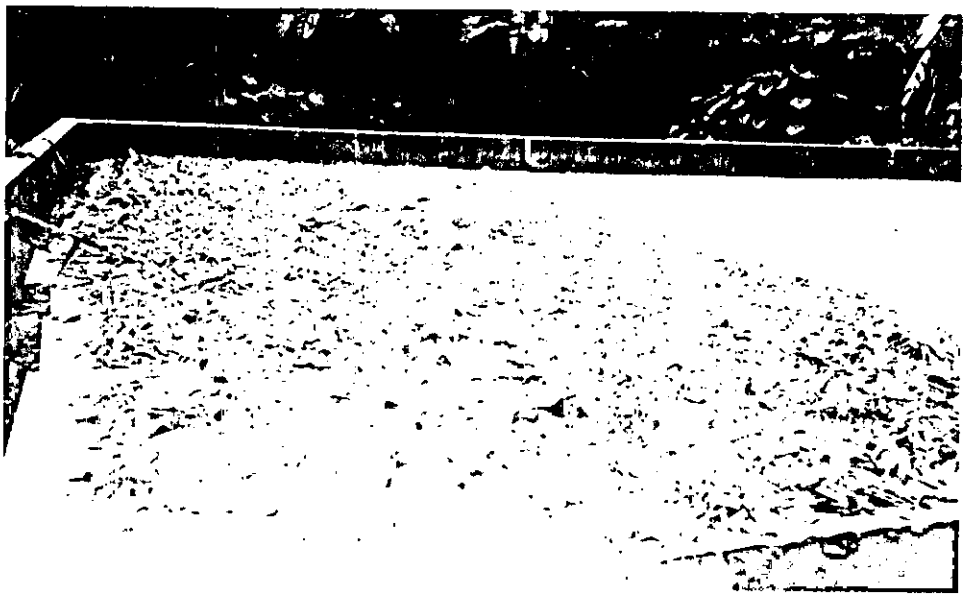
ที่	รายการตรวจสอบ	ข้อ, ตาราง	หน่วย	เกณฑ์ กำหนด	ผลตรวจสอบ 1	2	3	4	5
1	ความหนาของเปลือก แต่ละก้อน	4.1	มม.	≥ 12	20.5	21.0	21.2	21.2	20.4
	ค่าเฉลี่ย						20.9		
2	ความหนา ด้านที่ 1	4.2,		70	68.5	68.6	68.7	67.9	68.4
	ด้านที่ 2	ต.1		(±2)	67.8	67.9	68.4	68.2	67.6
	ค่าเฉลี่ย	รูปที่2		68.2	68.2	68.3	68.6	68.1	68.0
3	ความสูง ด้านที่ 1			190	191.2	192.1	190.9	192.0	190.7
	ด้านที่ 2			(±2)	192.0	191.9	191.2	191.8	191.0
	ค่าเฉลี่ย			191.7	191.6	192.0	191.1	191.9	190.9
4	ความยาว ด้านที่ 1			390	391.5	392.1	391.4	390.8	390.1
	ด้านที่ 2			(±2)	391.9	391.9	391.7	391.3	390.7
	ค่าเฉลี่ย			391.4	391.7	392.0	391.6	391.1	390.4

ตาราง 19 (ต่อ)

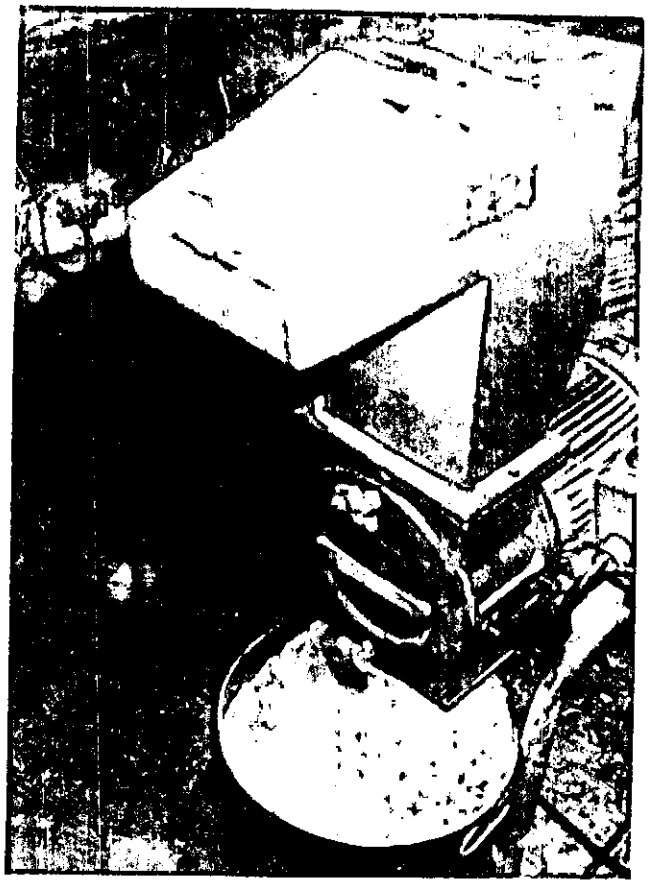
ที่	รายการตรวจสอบ	ข้อ, ตาราง	หน่วย	เกณฑ์กำหนด	ผลการตรวจสอบ				
					1	2	3	4	5
5.1	ลักษณะทั่วไป สำหรับคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน	6.1.1	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5.2	สำหรับคอนกรีตบล๊อกไม่รับน้ำหนักชนิดที่ต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน	6.1.2	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
6	ความต้านทานแรงอัด (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม) แต่ละก้อน	6.2, ต.2 มอก. 109-	MPa	≥ 2.0 ≥ 2.5	2.0	3.6	3.9 2.8	2.1	2.3

ภาคผนวก

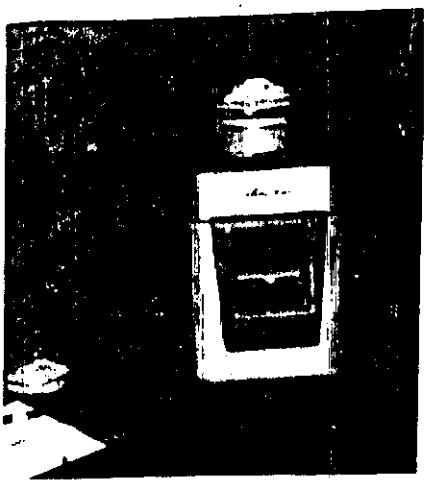
ตอน ๑.

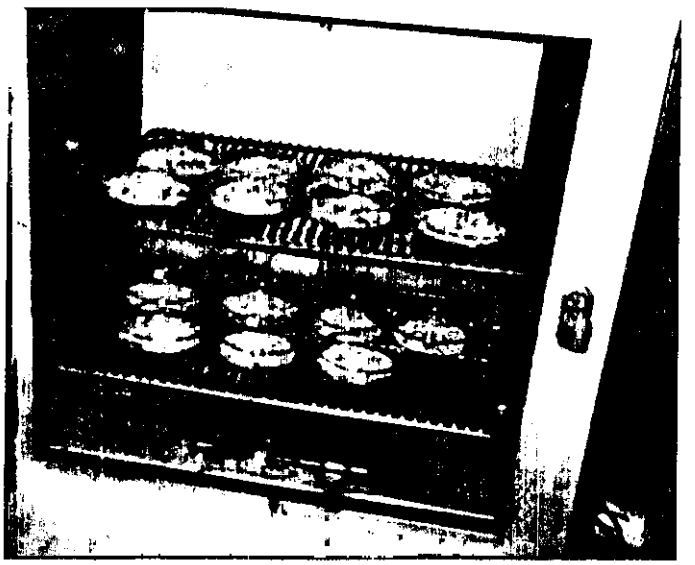


ภาพประกอบ 17 แสดงชิ้นไม้ยูคาลิปตัสที่แปรรูปด้วยเครื่องทำชิ้นไม้สับ

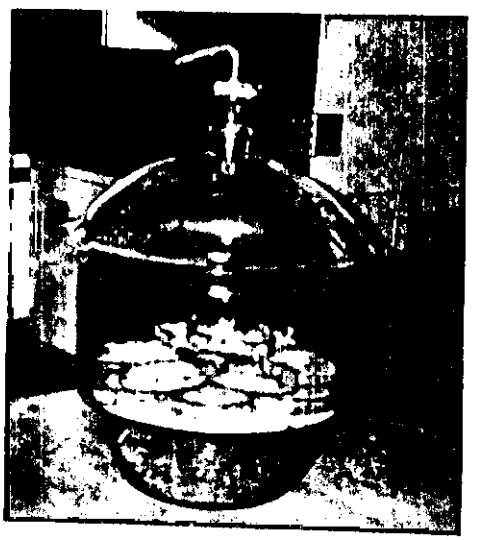


ภาพประกอบ 18 แสดงการแปรรูปชิ้นไม้สับเป็นชิ้นไม้ด้วยเครื่องบดหยาบ





ชั่งน้ำหนักชิ้นไม้ ——————> ใส่ตู้อบ



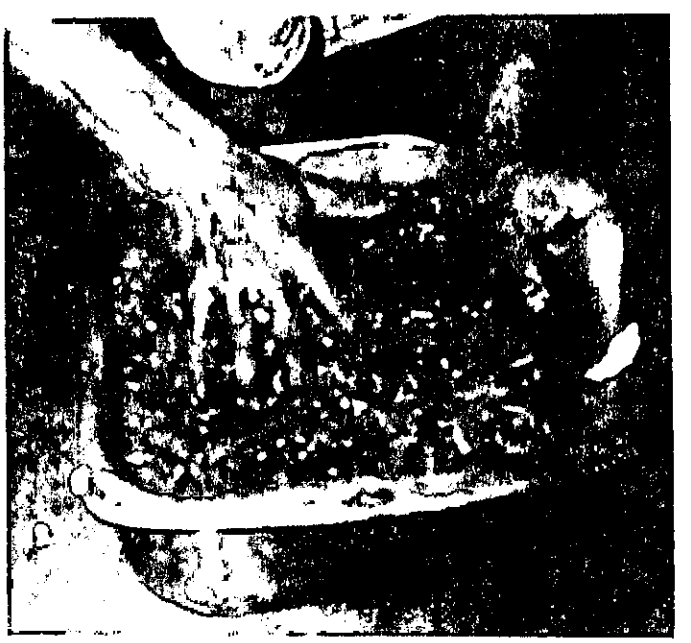
ทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง

ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อเปรียบเทียบหาความชื้นชิ้นไม้ <—— นำไปใส่โถควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

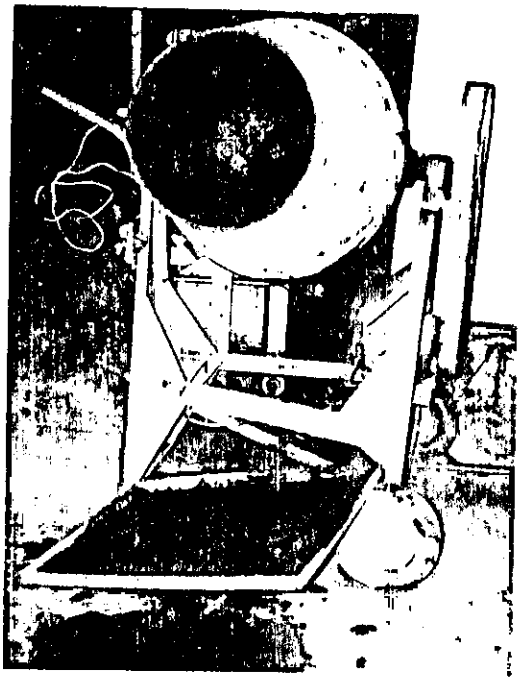
ภาพประกอบ 19 แสดงขั้นตอนการหาความชื้นของชิ้นไม้ยูคาลิปตัส

ภาพประกอบ 20 แสดงชิ้นไม้ที่พร้อมจะทดลอง

ภาพประกอบ 21 แสดงการชั่งน้ำหนักอัตราส่วนผสม

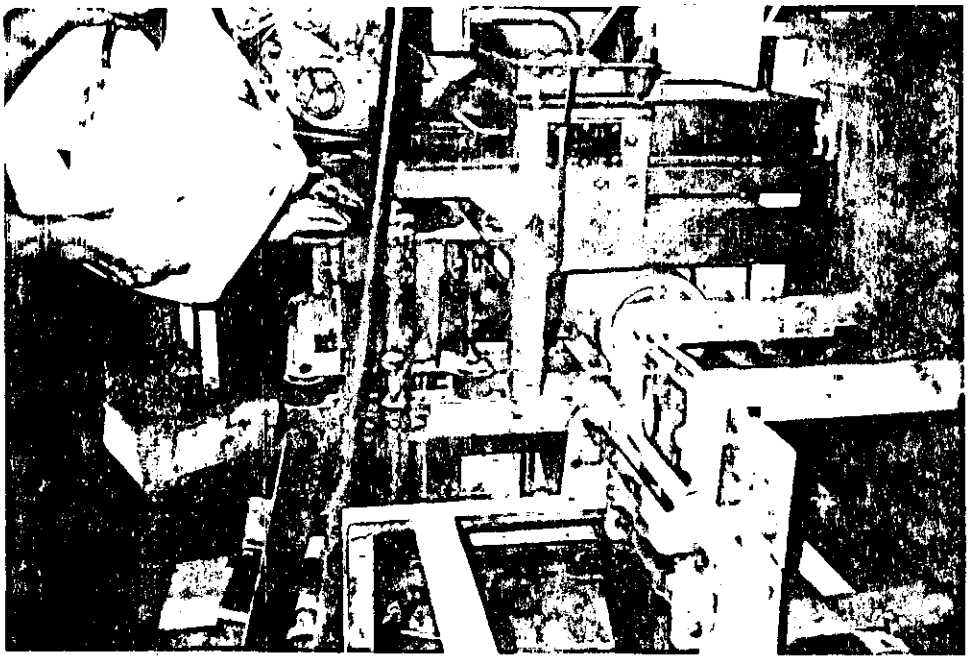


ภาพประกอบ 22 แสดงการคลุกเคล้าชิ้นไม้กับน้ำให้ชิ้นไม้อิ่มตัว

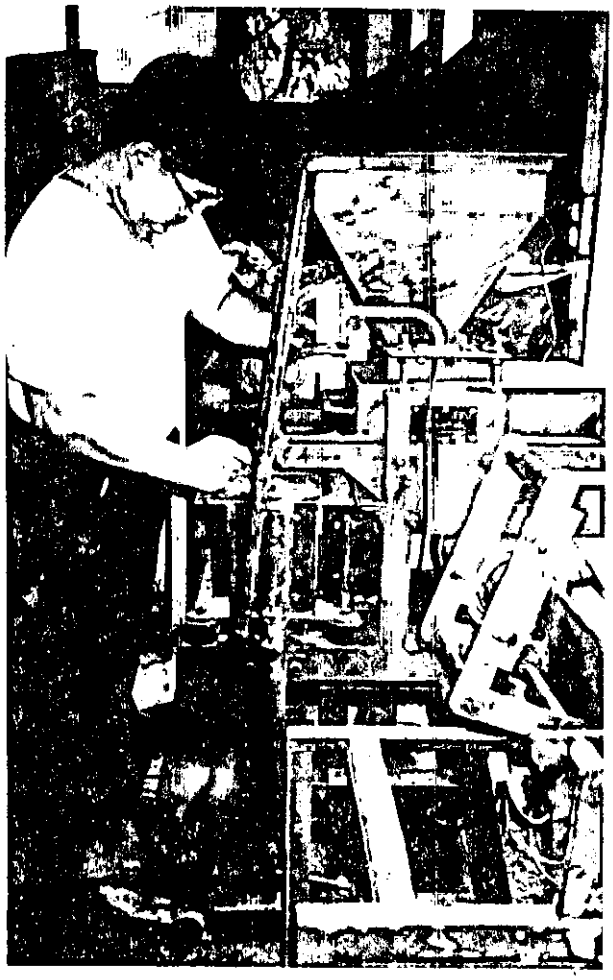


ภาพประกอบ 23 แสดงการผสมอัตราส่วน
ด้วยเครื่องผสมคอนกรีตขนาดเล็ก

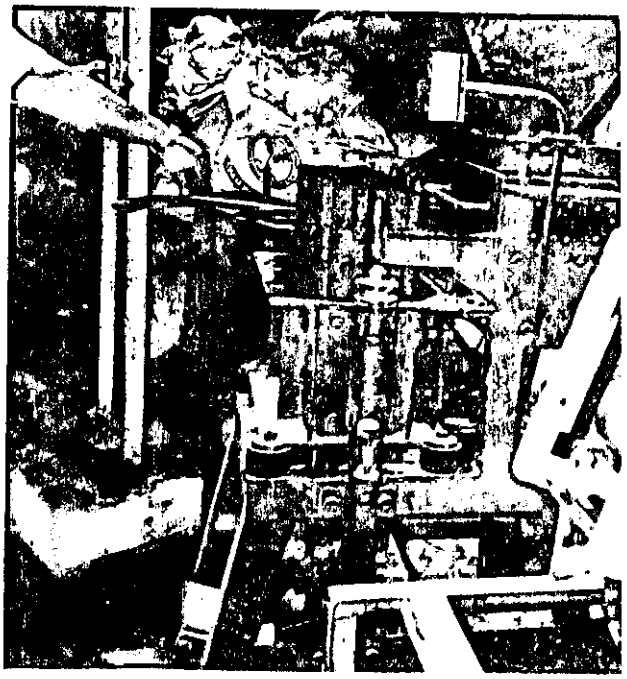
ภาพประกอบ 24 แสดงอัตราส่วนผสมที่พร้อม
จะนำไปอัดก้อนคอนกรีตบล๊อก



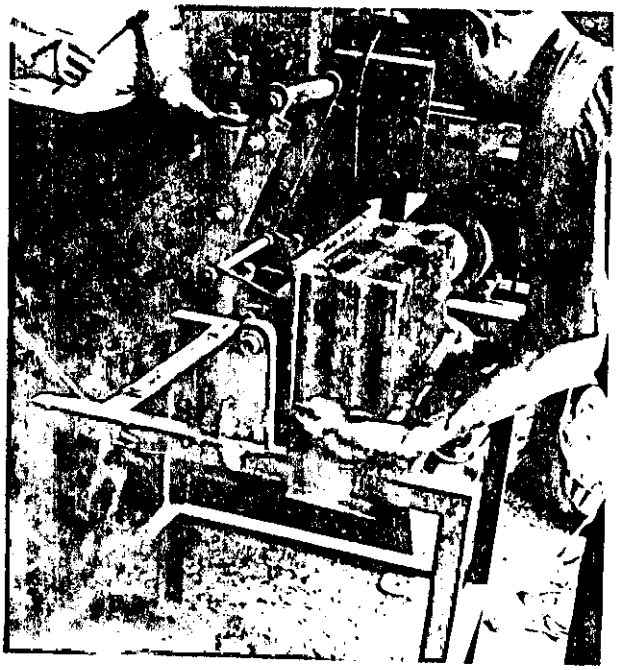
ภาพประกอบ 25 แสดงการเทอัตราส่วนผสมลงในแบบคอนกรีตบล๊อก



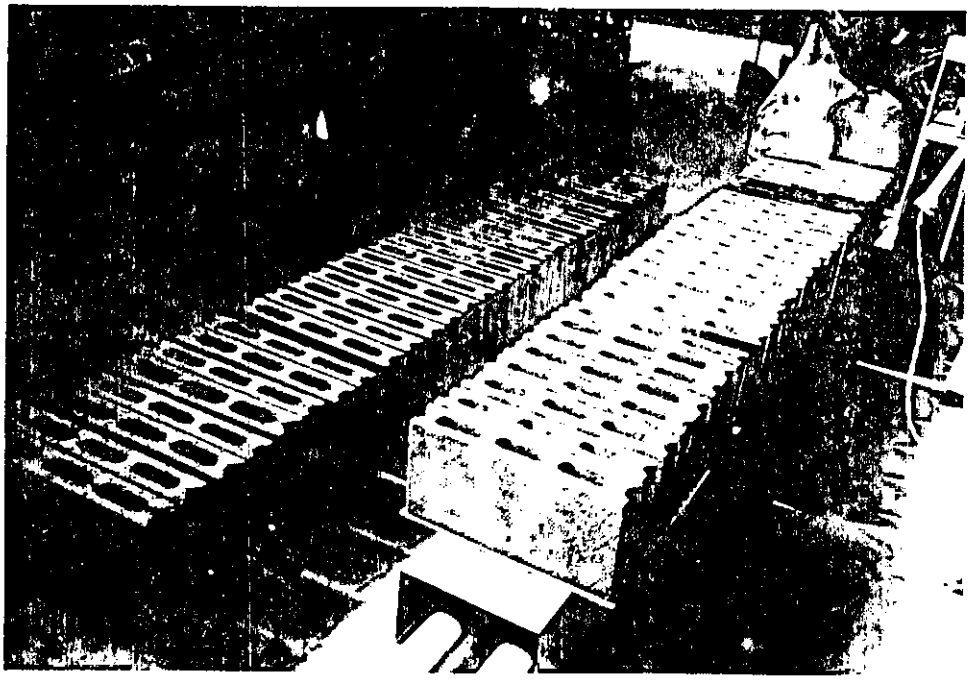
ภาพประกอบ 26 แสดงการอัดก้อนคอนกรีตบล๊อก
โดยใช้แรงคน



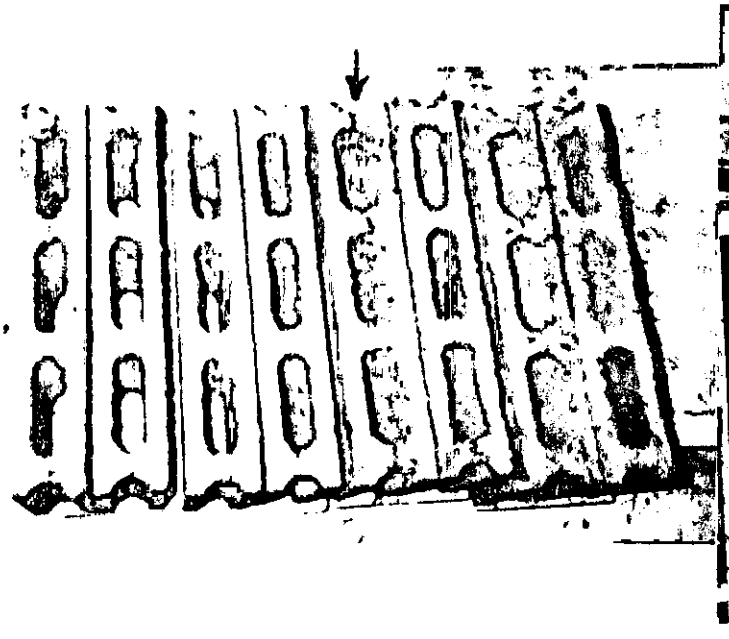
ภาพประกอบ 27 แสดงการดันก้อนบล๊อก
ออกจากแบบ



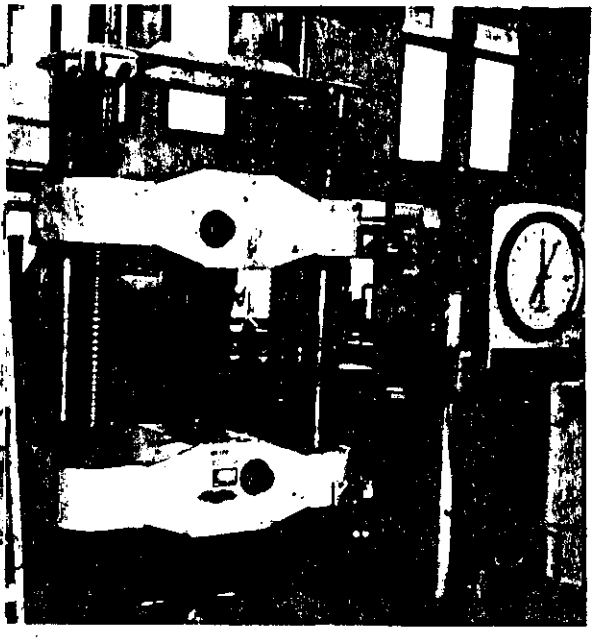
ภาพประกอบ 28 แสดงการลำเลียง
คอนกรีตบล๊อกไปวางเรียงผึ่งไว้



ภาพประกอบ 29 แสดงลักษณะของคอนกรีตบล๊อกที่ได้จากการทดลอง



ภาพประกอบ 30 แสดงรอยแตกของคอนกรีตบล๊อก
ในสูตรที่ 5 ซึ่งไม่สามารถนำไปทดสอบได้



ภาพประกอบ 31 แสดงเครื่องมือทดสอบกำลังอัด

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จากวัตถุดิบ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และขี้เลื่อยไม้ยูคาลิปตัส โดยอัตราส่วนที่ได้เทียบคุณสมบัติด้านลักษณะทั่วไปและความต้านทานแรงอัดกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ประเภท 2 ไม่ควบคุมความชื้น และมีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตบล็อกในท้องตลาด ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุด ได้แก่ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์น้ำหนักร้อยละ 22.57 ของมวลรวม ทรายน้ำหนักร้อยละ 58.72 ของมวลรวม ขี้เลื่อยไม้ยูคาลิปตัสอิ่มตัวน้ำหนักร้อยละ 18.71 ของมวลรวม และน้ำร้อยละ 0.40 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หรืออัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ ต่อทราย ต่อขี้เลื่อยไม้ยูคาลิปตัส 1 : 2.60 : 0.83 โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีลักษณะทั่วไปด้านความหนาของเปลือก ขนาด ความแข็งแรง ความเหมาะสมในการฉาบปูน และความต้านทานแรงอัดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของขี้เลื่อยไม้ยูคาลิปตัสและทรายหยาบ พบว่า ความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของขี้เลื่อยไม้ยูคาลิปตัสมีความสัมพันธ์กันแบบตรงข้ามกัน และความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนผสมของทรายหยาบมีความสัมพันธ์กันแบบตามกัน

ที่ ทม 1007/4034

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

12 ตุลาคม 2537

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางสาวยุคนธร พันธ์จบสิงห์ เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทราย และขี้นไม้ยูคาลิปตัส

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร ประธาน

อ.สุดใจ เหง้าสีไพร กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขออนุญาตใช้เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบใช้แรงงานคน และทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ในระหว่างเดือนตุลาคม 2537 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะรีบรดาให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 2584119

กองการวิจัย เลขที่ ๔๑๒.๒
วันที่ 16 ตค 2537 เวลา ๑๑.๒๐ น.

ที่ วว 0502/ ๒๐๐๙๘

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
ถนนพระรามที่ ๖ เขตราชเทวี
กทม 10400

14 ตุลาคม 2537

เรื่อง อนุญาตให้ใช้เครื่องอัดคอนกรีตบล็อก

เรียน อธิการบดีมัฆวิทยาลัย

อ้างถึง หนังสือ มัฆวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ที่ ทม 1007/4034 ลงวันที่ 12 ตุลาคม 2537

ตามหนังสือที่อ้างถึง มัฆวิทยาลัยขอความอนุเคราะห์กรมวิทยาศาสตร์บริการ ในการอนุญาตให้ นางสาวบุคนธร พันธ์จงบสิงห์ นิสิตปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศาสตร์ ใช้เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบใช้แรงงานคนและทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก เพื่อประกอบการทำปริญญานิพนธ์ ความละเอียดแจ้งแล้วนั้น

กรมวิทยาศาสตร์บริการพิจารณาแล้ว อนุญาตให้นางสาวบุคนธร ฯ ใช้เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกได้ตามที่ขอไป ทั้งนี้โปรดติดต่อ นายอนุชิต กิจสวัสดิ์ นักวิทยาศาสตร์ 7 กองการวิจัย โดยตรงต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นายวงทอง พันพาไทร)
รองอธิบดี ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ

16 ตค 2537

กองการวิจัย
โทร. 2401387-95 ต่อ 224