การศึกษาการนำดินเหนียวเผามาใช้ทำคอนกรีต

(STUDYING OF BURNT CLAY USAGE FOR CONCRETE)

นายสุรชัย อมรวิชัยไพศาล

Mr. SURACHAI AMORNVICHAIPISARN

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032486

STUDYING OF BURNT CLAY USAGE FOR CONCRETE

Mr. SURACHAI AMORNVICHAIPISARN

A SPECAIL PROJECT SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

KING MONKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRDBANG

1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032486

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาการนำดินเหนียวเผามาใช้ทำคอนกรีต

นักศึกษา นาย สุรชัย อมรวิชัยไพศาล รหัสประจำตัว 32ก390

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สกุล ห่อวโนทยาน

คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อ.สุรัตน์ หวังเจริญ	.....
อ.สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์	.....
อ.อำนวย พานิชกุลพงศ์	.....

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นายสุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 10 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาการนำดินเหนียวเผามาใช้ทำคอนกรีต

นักศึกษา นาย สุรชัย อมรวิชัยไพศาล รหัสประจำตัว 321390

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สกุล ห่อวโนทยาน

ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

พศ. 2535

บทคัดย่อ

คอนกรีตที่ใช้เม็ดดินเผาเป็นวัสดุผสมหยาบ จะรับกำลังอัดได้สูงขึ้น เมื่อใช้ปริมาณปูนซีเมนต์มากขึ้น คอนกรีตที่ใช้สัดส่วนผสมของวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 1:1 จะสามารถรับกำลังอัดได้สูงกว่าใช้สัดส่วน 2:3 และ 3:2 คอนกรีตที่ทำด้วยเม็ดดินเผานี้สามารถรับกำลังอัดได้ดีพอสมควร แต่น้ำหนักของคอนกรีตนี้ยังค่อนข้างสูงอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	STUDYING OF BURNT CLAY USAGE FOR CONCRETE
Student	Mr. SURACHAI AMORNVICHAIPISARN
Project Advisor	Mr. SAKUL HOVANOTAYAN
Level of Study	Bachelor of Engineering in Construction Engineering
Department	Civil Engineering Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Year	1992

ABSTRACT

Concrete uses burnt clays as coarse aggregates , when gets more cement contents will has higher compressive strength. If the proportion of coarse and fine aggregates are 1:1 , concrete will has higher compressive strength than proportion of 2:3 and 3:2. This concrete has moderate compressive strength but its weight is quite high.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ คุณความดีขอมอบให้แก่บุคคลผู้ให้ความอนุเคราะห์ ตลอดจนแนะนำในด้านต่างๆ ต่อผู้จัดทำดังนี้

อาจารย์ สกุล ห่อวโนทยาน อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ให้คำชี้แนะในการค้นคว้า

เจ้าหน้าที่ โรงปฏิบัติงาน ผู้ซึ่งอำนวยความสะดวกในการทำงาน

เพื่อน ๆ โดยเฉพาะ น.ส. วาสนา หมวดเพชร ผู้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และที่ขาดเสียไม่ได้คือ บุพการีผู้ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการเงินและกำลังใจที่ดีตลอดมา

ผู้จัดทำ

นาย สุรชัย อมรวิชัยไพศาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญภาพ.....VIII
บทที่
1. บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2
1.4 ผลที่คาดหวัง..... 2
2. การใช้เม็ดดินเผาผสมคอนกรีต..... 3
2.1 ประวัติความเป็นมา..... 3
2.2 ชนิดของวัสดุผสม..... 4
2.3 คุณสมบัติของวัสดุผสมเบาและผลที่มีต่อคอนกรีต..... 5
2.4 เทคนิคและวิธีการผสมคอนกรีต..... 7
3. วัสดุ เครื่องมือ และวิธีการทดลอง 8
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง..... 8
3.2 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบ.....10
3.3 วิธีในการทดลอง.....11
4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....23
4.1 ผลการวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของมวลวัสดุผสม.....23
4.2 ผลการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุผสม...23
4.3 ผลการทดลองหาปฏิภาคส่วนผสม.....24
4.4 ผลการทดลองหาค่าหน่วยน้ำหนักของเม็ดดินเผา.....24
4.5 ผลการทดลองหาค่าความทนทานต่อการสึกกร่อน.....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด.....29
4.7 ผลการทดลองหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต.....56
4.8 ผลการทดลองหาค่ากำลังรับแรงดัด และกำลังรับแรงดึง.....68
4.9 ผลการทดลองหาค่าหน่วยน้ำหนักและการดูดซึมน้ำของคอนกรีต.....72
5. สรุป และข้อเสนอแนะ.....85
เอกสารอ้างอิง.....87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงการวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของวัสดุผสมละเอียด	25
4.2	แสดงการวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของวัสดุผสมหยาบ	26
4.3	แสดงอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ ทราย และเม็ดดินเผา	27
4.4	แสดงปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร และค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด	28
4.5	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 1	31
4.5(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 1(ต่อ)	32
4.6	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 2	33
4.6(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 2(ต่อ)	34
4.7	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 3	35
4.7(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 3(ต่อ)	36
4.8	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 4	37
4.8(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 4(ต่อ)	38
4.9	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 5	39
4.9(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 5(ต่อ)	40
4.10	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 6	41
4.10(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 6(ต่อ)	42
4.11	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 7	43
4.11(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 7(ต่อ)	44
4.12	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 8	45
4.12(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 8(ต่อ)	46
4.13	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 9	47
4.13(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 9(ต่อ)	48
4.14	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 10	49
4.14(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 10(ต่อ)	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงการวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของวัสดุผสมละเอียด์	25
4.2	แสดงการวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของวัสดุผสมหยาบ	26
4.3	แสดงอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ ทราย และเม็ดดินเผา	27
4.4	แสดงปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร และค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด	28
4.5	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 1	31
4.5(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 1(ต่อ)	32
4.6	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 2	33
4.6(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 2(ต่อ)	34
4.7	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 3	35
4.7(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 3(ต่อ)	36
4.8	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 4	37
4.8(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 4(ต่อ)	38
4.9	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 5	39
4.9(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 5(ต่อ)	40
4.10	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 6	41
4.10(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 6(ต่อ)	42
4.11	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 7	43
4.11(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 7(ต่อ)	44
4.12	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอยางสูตรผสมที่ 8	45
4.12(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 8(ต่อ)	46
4.13	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 9	47
4.13(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 9(ต่อ)	48
4.14	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 10	49
4.14(ต่อ)	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 10(ต่อ)	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.15 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 11 51
4.15(ต่อ) แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 11(ต่อ) 52
4.16 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 12 53
4.16(ต่อ) แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 12(ต่อ) 54
4.17 สรุปกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแต่ละสูตรที่มีอายุ 1,7,14,28 55
4.18 แสดงผลการทดสอบการรับแรงดัดและแรงดึง 71
4.19 แสดงหน่วยน้ำหนักและการดูดซึมของคอนกรีต 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

สารบัญ		หน้า
3.1	แสดงลักษณะเม็ดดินก่อนเผา	9
3.2	แสดงลักษณะเม็ดดินหลังเผา	9
3.3	แสดงเครื่องทดสอบ LOS ANGELIS MECHINE	16
3.4	แสดงลักษณะการชำรุดของแท่งคอนกรีตเมื่อรับแรงอัด	19
3.5	แสดงการทดสอบหากำลังต้านทานของแรงดัดคอนกรีต	19
3.6	แสดงการทดสอบหาความต้านทานของแรงดัด	21
4.1	แสดงลักษณะการแตกของแท่งคอนกรีต	29
4.2	แสดงลักษณะการแตกของแท่งคอนกรีต	30
4.3	แสดงลักษณะเนื้อในของแท่งคอนกรีต	30
4.4	แสดงการติดตั้งเกจ	55
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 1	56
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 2	57
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 3	58
4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 4	59
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 5	60
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 6	61
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 7	62
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 8	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 9 64
4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 10 65
4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 11 66
4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 12 67
4.17 แสดงการแตกร้าวของคานคอนกรีต เมื่อได้รับแรงดัด 68
4.18 แสดงลักษณะการหักของคานคอนกรีตเมื่อได้รับแรงดัด 69
4.19 แสดงลักษณะเนื้อในของคานคอนกรีตที่หัก 69
4.20 แสดงการหักของแท่งคอนกรีตเมื่อได้รับแรงดึง 70
4.21 แสดงลักษณะเนื้อในของแท่งคอนกรีตที่หัก 70
4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 1 73
4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 2 73
4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 3 74
4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 4 74
4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 5 75
4.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 6 75
4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 7 76
4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 8 76
4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 9 77
4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 10 77
4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 11 78
4.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต TYPE 12 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.34 แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกับปริมาณซีเมนต์ เมื่อใช้สัดส่วนผสมระหว่างวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 3:2 79

4.35 แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกับปริมาณซีเมนต์ เมื่อใช้สัดส่วนผสมระหว่างวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 1:1 80

4.36 แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกับปริมาณซีเมนต์ เมื่อใช้สัดส่วนผสมระหว่างวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 2:3 81

4.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีต เมื่อใช้สัดส่วนวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 3:2 82

4.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีต เมื่อใช้สัดส่วนวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 1:1 83

4.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีต เมื่อใช้สัดส่วนวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 2:3 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา งานทางด้านวิศวกรรมเป็นส่วนหนึ่งที่เสริมในการพัฒนาประเทศ สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาได้มีสิ่งก่อสร้างต่างๆเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การค้นคว้าวิจัยเพื่อผลิตวัสดุสำหรับการก่อสร้าง ย่อมเป็นประโยชน์ในงานด้านนี้เป็นอย่างยิ่ง

ในปัจจุบันหินธรรมชาติซึ่งใช้เป็นมวลรวม ในการผสมเป็นคอนกรีต มีแนวโน้มที่จะขาดแคลน เนื่องจากได้มีการห้ามการระเบิดหิน และบางท้องถิ่นในชนบทขาดแคลนหินที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้าง จึงเริ่มมีแนวความคิดที่จะหาวัสดุชนิดใหม่มาใช้แทนหิน โดยการนำวัสดุท้องถิ่นที่มีคุณภาพต่ำมาใช้งาน โดยปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นเสียก่อน ด้วยการนำดินเหนียวซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณภาพทางวิศวกรรมต่ำมาก มาปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้น โดยนำมาผ่านขบวนการให้ความร้อนสูง ผลที่ได้ก็คือเม็ดดินเหนียวเผาซึ่งเป็นวัสดุผสมหยาบ ที่มีน้ำหนักเบา ดังนั้นเมื่อนำมาผสมคอนกรีตจะได้เป็นคอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาขึ้น กว่าคอนกรีตปกติ จะช่วยลดน้ำหนักและขนาดของโครงสร้าง สะดวกในการขนส่ง สะดวกในการทำงาน ลดจำนวนเสาเข็มที่ใช้รับน้ำหนักของโครงสร้าง ลดขนาดของฐานราก ลดจำนวนเหล็กเสริม ลดขนาดต่างๆของโครงสร้างเช่น เสา คาน เป็นต้น คอนกรีตประเภทนี้ยังมีคุณสมบัติทนไฟ กันความร้อน กันเสียง ได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา และยังสามารถสร้างโครงสร้างที่สูงมากๆได้

โครงงานพิเศษนี้จึงได้นำเอาดินเหนียวมาเผา และใช้เป็นวัสดุผสมหยาบในการผสมเป็นคอนกรีต เพื่อเป็นประโยชน์ในงานด้านวิศวกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของคอนกริต ที่ได้จากการทำโครงงานวิจัย เช่น การรับกำลังอัด , หน่วยน้ำหนัก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อทำการทดลองหาสัดส่วนผสมที่เหมาะสมของคอนกรีต เมื่อใช้ดินเผาแทนหินในการผสมคอนกรีต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. อุณหภูมิที่ใช้เผาดินเหนียวประมาณ 900 องศาเซลเซียส

2. ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการหาสัดส่วนผสมที่เหมาะสมมี 4 ค่าคือ 250 , 300 , 350 , 400 กิโลกรัมต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร

3. การวิจัยนี้จะไม่ทำการเปรียบเทียบคอนกรีตธรรมดา กับคอนกรีตที่ใช้เม็ดดินเผาในทุกด้าน เช่น ในด้านการรับกำลัง , ด้านราคา เป็นต้น

1.4 ผลที่คาดหวัง

1. สามารถนำดินเหนียวเผามาใช้แทนหินในการทำคอนกรีตได้

2. สามารถหาสัดส่วนผสมของคอนกรีตชนิดนี้ ที่เหมาะสมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การใช้เม็ดดินเผาผสมคอนกรีต

2.1 ประวัติความเป็นมา

การวิจัยเกี่ยวกับวัสดุผสมเบาได้เริ่มขึ้นอย่างจริงจังในปี พ.ศ. 2460 (ACI Committee 213 1985 : 213R-2) เมื่อ S.J. Hayde ได้เริ่มพัฒนาระบบเตาเผาแบบหมุน สำหรับในการเผาดินเหนียว ดินดาน เพื่อใช้เป็นวัสดุผสมเบา และได้เรียกชื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ว่า " Haydite " เพื่อเป็นเกียรติแก่ตัว Hayde ในขณะเดียวกัน F.J. Straub ได้ริเริ่มการนำเอา bituminous coal cinder มาใช้เป็นวัสดุผสมเบาในงานคอนกรีต และได้มีการใช้มาจนถึงปัจจุบัน การผลิต expanded slag และ sintered shale ในทางการค้า เริ่มในปี พ.ศ. 2471 และ 2491 ตามลำดับ

ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 ได้มีการนำเอาวัสดุผสมเบามาผสมคอนกรีตทำเป็นเรือ เพื่อให้มีน้ำหนักเบา เมื่อใช้วัสดุผสมเบาที่ทำจาก expanded shale มาผสมคอนกรีต จะได้คอนกรีตที่สามารถรับกำลังอัดได้ถึง 344.7 ksc. โดยมีหน่วยน้ำหนัก 1760 kg/m^3 หรือน้อยกว่า ในปี พ.ศ. 2463 ได้มีการนำเอาวัสดุผสมเบา มาผสมคอนกรีตในการสร้างโรงแรม Park Plaza ในเซนต์หลุยส์ และสร้าง Southwestern Bell Telephone Building ในแคนซัส ในปี พ.ศ. 2473 ได้มีการนำเอาวัสดุผสมเบามาใช้ในการสร้างถนน บนสะพานซานฟรานซิสโก-โอ๊คแลนด์ เพื่อเป็นการประหยัดในการออกแบบสะพาน

ในระหว่างปี พ.ศ. 2493 อาคารทางการทหาร ถูกสร้างโดยใช้วัสดุผสมเบา เพื่อลดน้ำหนักบรรทุกคงที่ และขนาดฐานราก ต่อมาได้มีการจัดตั้งองค์กรระดับชาติที่สำคัญหลายองค์กร เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาด้านคุณสมบัติของวัสดุผสมเบา จนกระทั่งปัจจุบัน วัสดุผสมเบาสำหรับการก่อสร้างที่มีคุณภาพ สามารถหาได้เกือบจะทั่วทุกแห่ง ในสหรัฐอเมริกา ในแคนาดา และในอีกหลายๆประเทศ

ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2523 มีโรงงานผลิตวัสดุผสมเบา ทั้งในสหรัฐอเมริกา และแคนาดา ทั้งสิ้นกว่า 55 แห่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชนิดของวัสดุผสม

วัสดุผสมที่นำมาใช้แทนหินในการผสมคอนกรีต จะมีลักษณะสำคัญคือ มีความพรุนสูง ซึ่งทำให้มีความถ่วงจำเพาะต่ำ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ [๔]

2.2.1 วัสดุผสมที่ได้จากธรรมชาติ (Natural Aggregates) ได้แก่

- หินพรุน (Pumice) หินพรุนมีโพรงยาวจำนวนมาก และมีสีขาวเทาแกมน้ำเงิน โดยมีสารเจือปนเป็นรอยด่างสีน้ำตาล ไม่เปราะง่าย ดูดซึมน้ำได้มากและมีการหดตัวมาก มีความหนาแน่น 470 ถึง 870 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คอนกรีตที่ทำจากหินพรุน มีความหนาแน่น 710 ถึง 1,420 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ดี แต่มีการดูดซึมน้ำและมีการหดตัวสูง หินพรุนเป็นวัสดุผสมเบาที่มีการนำมาใช้มากกว่าวัสดุผสมเบาชนิดอื่นๆ
- หินละลายชนิดเบา (Scoria) ได้จากวัสดุทับถมภูเขาไฟ นำมาบดให้ได้ขนาด และจัดขนาด หินละลายชนิดเบานั้นคล้ายคลึงกับหินพรุน แต่เป็นลาวาที่มีเซลใหญ่กว่าและมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอมากกว่า เมื่อนำมาทำเป็นคอนกรีตจะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับพวกหินพรุน

นอกจากนี้วัสดุผสมเบาที่ได้จากธรรมชาติยังมี Diatomite , Volcanic Cinder และ Tuff

2.2.2 วัสดุผสมเบาที่ทำขึ้น มีชื่อทางการค้ามากมาย ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้และกรรมวิธีการผลิต ได้แก่

- Expanded Clay , Shale and Slate ได้จากการให้ความร้อนที่เหมาะสมแก่วัตถุดิบในเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) เพื่อให้เริ่มหลอมละลาย (อุณหภูมิประมาณ 1,000 ถึง 1,200 องศาเซลเซียส หรือประมาณ 1,800 ถึง 2,200 องศาฟาเรนไฮต์) เมื่อวัตถุดิบเกิดการขยายตัวเนื่องจากมีกาซเกิดขึ้น ทำให้มีรูพรุนเกิดขึ้นเมื่อวัตถุดิบถูกทำให้เย็นลง เป็นผลให้มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าก่อนได้รับความร้อน Expanded Clay & Shale มีความหนาแน่นประมาณ 300 ถึง 650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อนำมาผสมคอนกรีต จะได้คอนกรีตที่มีความหนาแน่นประมาณ 1,400 ถึง 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรีตที่ทำจากวัสดุผสมประเภทนี้ จะมีความแข็งแรงมากกว่าใช้วัสดุผสมประเภทอื่นๆ

- Perlite เป็นหินภูเขาไฟที่ได้รับความร้อน จนถึงจุดที่เริ่มหลอมละลาย (ประมาณ 900 ถึง 1,100 องศาเซลเซียส) Perlite มีความหนาแน่นต่ำประมาณ 30 ถึง 240 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คอนกรีตที่ทำด้วยวัสดุผสมประเภทนี้จะมีกำลังต่ำ มีการหดตัวสูง (เนื่องจากมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำ) ข้อดีของคอนกรีตที่ทำด้วยวัสดุผสมประเภทนี้คือ แห้งเร็วและสามารถตกแต่งได้รวดเร็ว
- Vermiculite พบในอเมริกาและแอฟริกา เมื่อได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิประมาณ 650 ถึง 1000 องศาเซลเซียส (ประมาณ 1,200 ถึง 1,800 องศาฟาเรนไฮต์) อาจขยายตัวได้ถึง 30 เท่า Vermiculite มีความหนาแน่นประมาณ 60 ถึง 130 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คอนกรีตที่ทำด้วยวัสดุผสมประเภทนี้มีกำลังต่ำมาก และมีการหดตัวสูง แต่เป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี
- Expanded'Blast-Furnace'Slag มีความหนาแน่นระหว่าง 300 ถึง 1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อนำมาผสมคอนกรีตจะได้คอนกรีตที่มีความหนาแน่นประมาณ 950 ถึง 1,750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

นอกจากนี้ยังมี Clinker Aggregate และ Breeze เป็นต้น

2.3 คุณสมบัติของวัสดุผสมเบาและผลที่มีต่อคอนกรีต [1]

คุณสมบัติของวัสดุผสมเบาและผลที่มีต่อคอนกรีตในด้านต่างๆมีดังนี้

2.3.1 ด้านการดูดซึมน้ำและปริมาณความชื้น

- วัสดุผสมเบาจะมีอัตราการดูดซึมน้ำสูงกว่าวัตสุผสมธรรมดา เนื่องจากวัสดุผสมเบาจะมีโพรงอากาศมากกว่า
- คอนกรีตสดที่ทำจากวัสดุผสมเบาที่แห้ง จะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าคอนกรีตสดที่ทำจากวัสดุผสมเบาที่เปียก
- ปริมาณความชื้นของวัสดุผสมขณะผสมคอนกรีต จะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อทำการปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คอนกรีตที่ทำด้วยวัสดุผสมเบาที่แห้ง จะมีหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสดน้อยกว่าคอนกรีตที่ทำด้วยวัสดุผสมเบาที่เปียก แต่หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้ว มีแนวโน้มที่จะเท่ากัน
- วัสดุผสมที่เปียกจะนิยมใช้ผสมคอนกรีตมากกว่าวัสดุผสมที่แห้ง เนื่องจากวัสดุผสมที่เปียก จะมีแนวโน้มการแยกตัว (Segregate) น้อยกว่า ดูดน้ำขณะผสมน้อยกว่า และลดการสูญเสียค่าการยุบตัว (Slump) ขณะผสมคอนกรีต ลำเลียงคอนกรีต และเทคอนกรีต
- คอนกรีตที่ทำจากวัสดุผสมเบา จะมีปริมาณความชื้นในตอนแรกต่ำ (มักจะน้อยกว่า 8-10 %)
- วัสดุผสมเบาส่วนใหญ่ที่มีความชื้นอยู่บ้าง แต่ไม่ถึงจุดอิ่มตัว เมื่อนำมาผสมคอนกรีตจะมีอัตราการดูดน้ำต่ำมากในขณะผสม ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทำให้วัสดุผสมเบาเปียกก่อนการผสมคอนกรีต และจะไม่ทำให้ค่าการยุบตัว (Slump) เสียด้วย

2.3,2 ส่วนคละของวัสดุผสม

- ขนาดคละของวัสดุผสมจะมีผลที่สำคัญต่อคอนกรีต คือ ถ้าวัสดุผสมมีขนาดคละดีจะทำให้มีช่องว่างระหว่างวัสดุผสมน้อย ทำให้ต้องใช้ซีเมนต์เพสท์น้อยซึ่งมีผลให้ประหยัดซีเมนต์มีกำลังสูง และมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการหดตัวและการเปลี่ยนอุณหภูมิน้อย
- สำหรับวัสดุผสมน้ำหนักปกติ ค่าความถ่วงจำเพาะเนื้อแท้ (Bulk Specific Gravity) ของวัสดุผสม ที่ค้างบนตะแกรงร่อนขนาดต่างๆ เกือบจะเท่ากัน ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะเนื้อแท้ (Bulk Specific Gravitiy) ของวัสดุผสมเบา จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของอนุภาคเล็กลง อนุภาคของวัสดุผสมหยาบบางส่วน อาจลอยน้ำได้ และเมื่อวัสดุผสมสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 (0.15 MM.) จะมีค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravitiy) ใกล้เคียงกับทรายธรรมชาติ ปริมาณของวัสดุผสมขนาดต่างๆจะเป็นตัวกำหนด ปริมาณช่องว่าง (Void Content) ปริมาณซีเมนต์เพสท์ และความสามารถเทได้ของคอนกรีต (Workability)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อกำหนดของขนาดคละของวัสดุผสมเบาสำหรับคอนกรีตโครงสร้าง ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 330

2.3.3 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

- ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตประเภทนี้ ไม่สามารถกำหนดได้อย่างแน่นอน เนื่องจากวัสดุผสมเบาแต่ละชนิดจะมีอัตราการดูดซึมน้ำไม่เท่ากัน

2.4 เทคนิคและวิธีการผสมคอนกรีต

การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตประเภทนี้ จะต่างกับของคอนกรีตธรรมดาเพราะวัสดุผสมเบาจะดูดซึมน้ำที่ใช้ผสมส่วนหนึ่งไป การคำนวณโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จึงค่อนข้างยาก โดยมากจะเปลี่ยนเป็นการใช้วิธีหาปริมาณของซีเมนต์ ที่ต้องใช้ต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร วัสดุผสมเบาส่วนใหญ่จะมีอัตราการดูดซึมน้ำสูง แต่จะต่างกันไปตามชนิดและขนาดของวัสดุผสม

การผสมคอนกรีตโดยใช้วัสดุผสมเบา จะใช้สัดส่วนการผสมโดยปริมาตร โดยใช้ซีเมนต์หนึ่งส่วน ต่อวัสดุผสมหยาบจำนวนหนึ่ง ต่อวัสดุผสมละเอียดจำนวนหนึ่ง เนื่องจากวัสดุผสมมีขนาดต่างๆกัน และแต่ละขนาดมีค่าการดูดซึมต่างๆกัน ดังนั้นการใช้วิธีผสมแบบอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ จึงไม่นำมาปฏิบัติ ปริมาณน้ำที่ใช้ขึ้นอยู่กับค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่ต้องการ นอกจากนี้สัดส่วนของวัสดุผสมหยาบและละเอียดที่เหมาะสม สำหรับคอนกรีตประเภทนี้ยังต่างจากคอนกรีตธรรมดาอีกด้วย คือ สัดส่วนของวัสดุผสมละเอียดจะอยู่ในช่วง 40-60 % ของปริมาตรรวมของวัสดุผสมรวม (ACI Committee 211 1985 : 211.2-4) ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุผสมหยาบ วัสดุผสมละเอียด และคุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัสดุ เครื่องมือ และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัสดุผสมหยาบ

ดินตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเป็นดินที่นำมาจากบริเวณอำเภอ บางพลี การเก็บตัวอย่างจะกระทำหลังจากที่ได้เปิดหน้าดิน ซึ่งมีซากพืชและซากต่างๆ ออกหมด แล้วทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกจากผิวหน้าดินลงไปประมาณ 2-3 เมตร เมื่อได้ดินตัวอย่างมาแล้ว ให้นำดินมาแผ่เป็นแผ่นบนพื้น ทิ้งให้หมาดๆ แล้วใช้มีดคัตเตอร์กรีดลงบนดินให้มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยม ทิ้งไว้ให้แห้งโดยนำมาตากแดดประมาณ 10 วัน เพื่อให้ดินแห้งสนิท จากนั้นจึงนำดินไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส เตาเผาดินที่ใช้นี้เป็นเตาเผาที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง แบบไฟวิ่งลง เนื่องจากค่อนข้างสะดวกในการเผา การเผาดินจะต้องค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิในการเผา ไม่ควรเพิ่มอุณหภูมิครั้งละมากๆ (หลายร้อยองศา) เพราะการเพิ่มอุณหภูมิเร็วเกินไป จะทำให้เม็ดดินแตกและมีฝุ่นเกิดขึ้นมาก เนื่องจากน้ำในดินระเหยออกเร็วเกินไป

เมื่อเผาดินจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดแล้ว ให้ปิดไฟ แล้วทิ้งดินไว้ในเตาประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิของดินค่อยๆลดลง จึงเปิดเตาเพื่อเอาดินออกจากเตาได้ จากนั้นจึงนำเอาเม็ดดินไปร่อนผ่านตะแกรง ให้ได้ส่วนคละตามมาตรฐาน ASTM C330-82a

3.1.2 ทราย

ทรายที่ใช้ในการผสมคอนกรีต เพื่อใช้ทำตัวอย่างแท่งคอนกรีตเป็นทรายหยาบที่มีสัดส่วนคละและโมดูลัสความละเอียดได้ตามมาตรฐาน ASTM C33

3.1.3 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตเป็นปูนซีเมนต์ ประเภทที่ 1 ตราช้าง

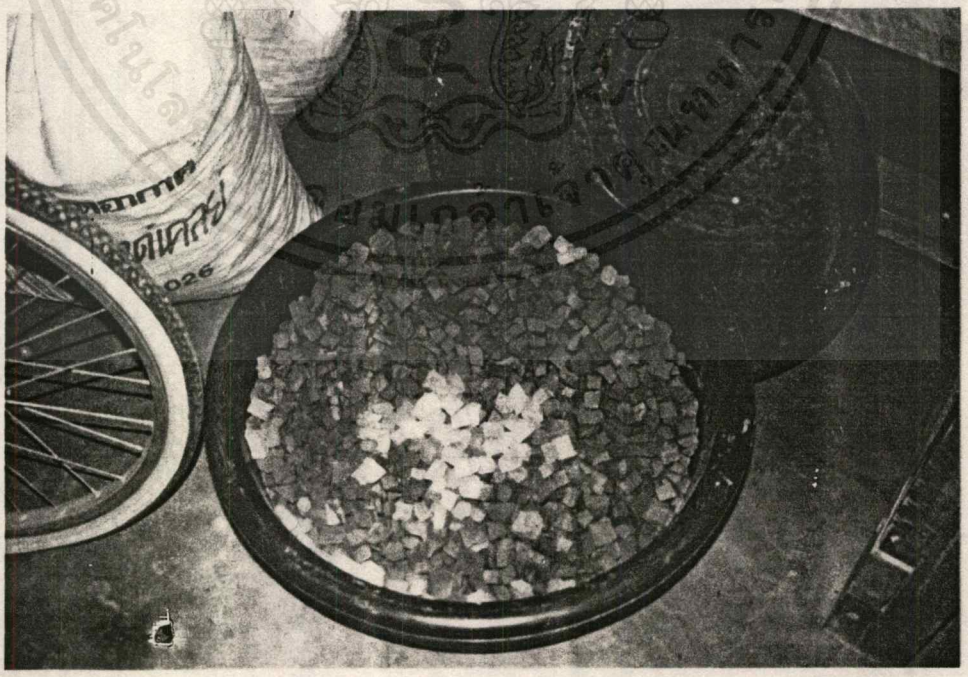
3.1.4 น้ำ

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ใช้น้ำประปา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1

แสดงลักษณะเม็ดดินก่อนเผา



รูปที่ 3.2

แสดงลักษณะเม็ดดินหลังเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้งาน

032486

3.2 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 แบบหล่อคอนกรีต

เป็นแบบหล่อเหล็กรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.

3.2.2 โม่ผสมคอนกรีต

เป็นโม่ผสมชนิดเอียง มีถังผสมเป็นรูปกรวย จะหมุนในลักษณะเอียง สามารถเทคอนกรีตได้ทีละมากๆ มีการแยกตัวของคอนกรีตน้อย สามารถกำหนดจำนวนการผสมได้สะดวก และสามารถทำความสะอาดได้ง่าย

3.2.3 เครื่องร่อนทราย

ใช้ตะแกรงเบอร์ 4 , 8 , 16 , 30 , 50 , 100 และ pan

3.2.4 เครื่องร่อนหิน

ใช้ตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM ร่อนเม็ดดินเผา

3.2.5 เครื่องมือวัด

เช่น ฟุตเหล็ก เวอร์เนีย

3.2.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก

ใช้ชั่ง ทราย ปูนซีเมนต์ เม็ดดินเผา ในการผสมคอนกรีต และชั่งแท่งตัวอย่างคอนกรีต ก่อนนำไปทดสอบกำลังอัด

3.2.7 เครื่อง Universal Testing Machine

ใช้ในการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีต มีระบบการทำงานแบบไฮโดรลิก ควบคุมความเร็วด้วยพวงมาลัย บังคับด้วยมือ มีความละเอียดค่อนข้างสูง

3.2.8 ตู้อบไอน้ำ

ใช้ในการทดสอบหาความชื้นของ ทราย และเม็ดดินเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีทำการทดลอง

3.3.1' การเตรียมตัวอย่าง

นำเม็ดดินเผาที่.ผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ไปร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาดต่างๆกันเพื่อแยกเม็ดดินแต่ละขนาด นำมาผสมกันให้ได้ตามข้อกำหนดของ ASTM C330-82a แล้วนำไปผสมคอนกรีต

3.3.2' การผสมคอนกรีต

เมื่อเตรียมเม็ดดินเผา ทราย ปูนซีเมนต์ และน้ำ แล้วจึงทำการผสมคอนกรีต จากข้อมูลต่างๆของผู้ที่ได้วิจัยมาก่อน ทำให้ทราบว่าคอนกรีตชนิดนี้ จะใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตไม่ได้ เพราะวัสดุผสมเบามีรูพรุนมาก จึงมีค่าการดูดซึมน้ำสูงและค่าการดูดซึมน้ำก็มีค่าไม่สม่ำเสมอ คือ วัสดุผสมชนิดเดียวกัน แต่มีขนาดต่างกันการดูดซึมน้ำก็ต่างกัน ดังนั้นการผสมตัวอย่างเพื่อทำการทดลองผสมคอนกรีต จึงตั้งข้อกำหนดให้ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตรเป็นหลัก

สำหรับในการทดลองผสมนี้ จะใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ 250 , 300 , 350 , 400 กิโลกรัมต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร และใช้สัดส่วนทรายต่อเม็ดดินเผาเป็น 2:3 , 1:1 , 3:2 โดยปริมาตรรวมของวัสดุผสมรวม ดังนั้นจึงมีสูตรการทดลองผสมทั้งหมด 12 สูตร ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตในแต่ละสูตร จะใช้ปริมาณน้ำที่ทำให้คอนกรีตเกิดการยุบตัวประมาณ 8.0±1.0 ซม. เพราะถ้าการยุบตัวมากเกินไป แสดงว่าใช้น้ำในการผสมคอนกรีตมากเกินไป จะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวในขณะลำเลียงและเท อีกทั้งทำให้กำลังของคอนกรีตต่ำลง ไม่คงทนถาวรและมีโอกาสแตกร้าวได้ง่าย ถ้าการยุบตัวน้อยเกินไป แสดงว่าใช้น้ำในการผสมคอนกรีตน้อยเกินไป จะทำให้ไม่สามารถเทลงแบบได้สะดวก ทำให้คอนกรีตที่เทเกิดรูพรุน และจะทำให้คอนกรีตมีกำลังต่ำลง สำหรับสัดส่วนการผสมคอนกรีตในสูตรต่างๆ และปริมาณน้ำที่ใช้ ได้แสดงไว้ในบทที่ 4

3.3.3 การหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของทราย

1. แบ่งทรายที่เตรียมไว้เป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย B
2. นำทรายส่วนหนึ่งเข้าเตาอบให้แห้งสนิท ประมาณ 1 ชม. แล้วจึงนำมาใส่ในโถกันความชื้น เพื่อให้วัสดุตัวอย่างเย็นลงตามปกติ จึงนำไปชั่งน้ำหนักใหม่และบันทึกค่าแทนด้วย A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เทน้ำที่ทราบอุณหภูมิลงในขวดพิคโนมิเตอร์ให้สูงประมาณ 3 ใน 4 ของขวด นำทรายส่วน B เติมลงไป เขย่าหรือคนให้ทั่วเพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด จากนั้นจึงเติมน้ำลงไปให้เต็มพอดีปากขวด พร้อมกับทำให้ไม่มีอากาศเหลืออยู่เลยเช่นเดียวกัน แล้วจึงปิดฝาแก้ว นำไปชั่งและบันทึกค่าแทนด้วย W

4. จากนั้นจึงนำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะ (เมื่อวัตถุแห้งสนิท) = $A/(W_c+B-W)$

ความถ่วงจำเพาะ (ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง) = $B/(W_c+B-W)$

อัตราการดูดซึม = $[(B-A)/B]*100$ %

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งหลังจากผ่านการอบแห้งสนิท

B = น้ำหนักมวลรวมภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

W_c = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ ที่บรรจุน้ำชนิดเดียวกันกับที่ใช้ทดสอบเต็มปากขวด

W = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำและมวลรวม

3.3.4 การหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของเม็ดดินเผา

1. เตรียมวัสดุที่จะนำมาทำการทดลอง ด้วยการล้างให้ทั่วถึง เพื่อให้ฝุ่นผงหรือเศษวัสดุอื่นๆ ที่ติดอยู่กับผิวหลุดออกจนหมด แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1-3 ชม.

2. จากนั้นให้แช่วัสดุในน้ำสะอาดเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 ชม.

3. นำวัสดุขึ้นจากน้ำเมื่อครบเวลา เทลงบนผ้าผืนใหญ่ๆที่สามารถดูดซับน้ำได้ กลิ้งวัสดุไปมาเพื่อให้ผ้าซับน้ำ จนสังเกตด้วยตาเปล่าไม่เห็นมีน้ำอยู่ที่ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุ แม้ว่าที่จริงแล้วผิวจะยังชื้นอยู่ก็ตาม หรือถ้าวัสดุเป็นก้อนใหญ่มาก อาจจับมาเช็ดเป็นก้อนๆไปก็ได้ แต่ต้องระวังไม่ให้เกิดการระเหยหายไปของน้ำขณะอยู่ในขั้นตอนนี้

4. วัสดุที่จบขั้นตอนที่ 3 นี้จะเรียกว่าอยู่ในสภาพ " อิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface-dry) " ให้นำตัวอย่างวัสดุนี้ชั่งน้ำหนัก เพื่อบันทึกไว้ แล้วรีบใส่ลงในตะกร้าลวด และทำการชั่งวัสดุนี้ในน้ำทันที และบันทึกค่าไว้เช่นกัน

5. หลังจากนั้นนำวัสดุเข้าเตาอบด้วยอุณหภูมิระหว่าง 100-110 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชม. แล้วจึงนำมาใส่ในโถแก้วกันความชื้น เพื่อทิ้งให้วัสดุตัวอย่างเย็นลงตามปกติประมาณ 1-3 ชม. จึงชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง

6. จากนั้นให้นำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม = A/(B - C)
(ขณะวัสดุมีความชื้นอากาศ)

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม = B/(B - C)
(ภายใต้สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง)

อัตราการดูดซึม = [(B - A)/A]*100 %

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศ หลังจากผ่านการอบแห้งสนิทแล้ว

B = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศ ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

C = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การหาส่วนขนาดคละของทราย

1. เตรียมทรายสำหรับการทดสอบ ด้วยการตรวจดูว่าชื้นหรือไม่ ปกติควรเป็นทรายที่แห้ง หากชื้นเกินไปควรอบเสียก่อน
2. ตะแกรงที่ใช้ในการทดลอง คือ เบอร์ 4 , 8 , 16 , 50 , 100 และถาด
3. เตรียมชุดของตะแกรง ด้วยการทำความสะอาด ไม่ให้มีเศษผงฝุ่นค้างอยู่ภายในช่อง ชั่งน้ำหนักตะแกรงทุกขนาดและบันทึกไว้ พร้อมกับจัดเรียงซ้อนตามลำดับ พร้อมถาดรองอยู่ล่างสุด
4. ค่อยๆเททรายที่เตรียมพร้อมไว้แล้ว ลงในชุดตะแกรง ปิดฝาให้สนิท แล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่า จับเวลาประมาณ 10 นาที
5. ถึงขณะนี้ทรายที่มีเม็ดขนาดต่างๆ จะถูกแยกแยะไปอยู่ในตะแกรงขนาดต่างๆเช่นกัน ให้นำตะแกรงที่มีทรายค้างอยู่นั้นไปชั่ง และจดบันทึกไว้อีกครั้งหนึ่ง แล้วคำนวณหาค่าพิกัดความละเอียดต่อไป

หมายเหตุ

1. ค่าพิกัดความละเอียดของมวลรวม จะหาได้จากผลรวมของอัตราที่ค้างอยู่บนตะแกรงทั้งหมดหารด้วย 100
2. ทรายสำหรับใช้ในงานคอนกรีตโดยทั่วไป ควรมีค่าพิกัดความละเอียดระหว่าง 2.25 ถึง 3.25

3.3.6 การหาหน่วยน้ำหนักของเม็ดดินเผา

หน่วยน้ำหนักของวัสดุผสม หมายถึง น้ำหนักของวัสดุผสม (เป็น กก.) ที่เติมลงไปจนเต็มภาชนะจุ 1 ลูกบาศก์เมตร น้ำหนักที่กล่าวนี้เป็นน้ำหนักของวัสดุรวมกับช่องว่างระหว่างเม็ดของวัสดุผสม ในการหาสัดส่วนการผสม หน่วยน้ำหนักเป็นตัวใช้สำหรับหาปริมาณช่องว่างในวัสดุผสม และสำหรับการเปลี่ยนปริมาตรเป็นน้ำหนักหรือเปลี่ยนน้ำหนักเป็นปริมาตร หน่วยน้ำหนักของวัสดุชนิดหนึ่งๆจะแปรเปลี่ยนไปตามอัตราการแน่นตัว (ร่วนหรือแน่น) และปริมาณความชื้น (แห้งหรือชื้นหรืออิ่มตัวผิวแห้ง) โดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1,440 ถึง 1,940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของวัสดุผสมทำได้โดยอัดวัสดุผสมแห้ง ลงไปในภาชนะรูปทรงกระบอกที่มีส่วนสูงเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

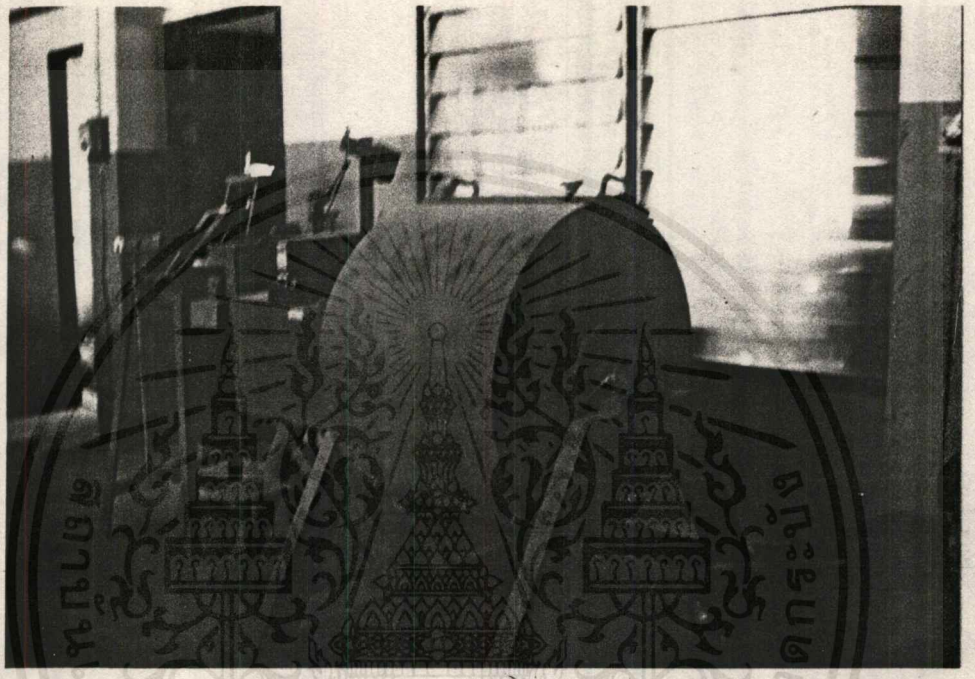
โดยประมาณ โดยบรรจุเป็น 3 ชั้น แต่ละชั้นกระทุ้ง 25 ครั้ง ปาดวัสดุผสมที่ล้นออกให้ได้ระดับเสมอปากของภาชนะ แล้วจึงชั่งน้ำหนักวัสดุผสมนั้นๆ สำหรับวัสดุผสมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเกินกว่า 5 ซม. เวลาจะอัดวัสดุผสมให้แน่นใช้วิธีเขย่าภาชนะขึ้นๆลงๆ แทนที่จะใช้การกระทุ้ง

3.3.7 การหาอัตราการสึกหรอ

การทดลองหาอัตราการสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles Machine เป็นการเปรียบเทียบน้ำหนักของวัสดุผสมหยาบที่สูญหายไปในการทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM C 131-89 เครื่องขัดสีลอสแองเจลิส (Los Angeles Abrasion Machine) ประกอบด้วยกลองทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 ซม. และยาว 50 ซม. ตั้งตามยาวบนเพลาแนวนอนเพลาหนึ่ง และมีชั้นหนึ่งชั้นกว้าง 8.75 ซม. อยู่ภายในจากปลายถึงปลาย กลองจะหมุน 500 รอบ ด้วยอัตราเร็ว 30-33 รอบต่อนาที ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยวัสดุผสมหยาบตามขนาดที่กำหนด ซึ่งขนาดของวัสดุผสมที่นำมาใช้ในการทดสอบนี้เป็นตัวอย่างทดสอบเกรด B เพราะวัสดุผสมหยาบส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่สุดไม่เกิน 3/4 นิ้ว เตรียมตัวอย่างโดยใช้ตะแกรงมาตรฐาน 3 ขนาด คือ 3/4 นิ้ว , 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว นำตัวอย่างวัสดุผสมที่ค้างอยู่ในตะแกรง 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว มาล้างน้ำให้สะอาด และอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 105-110 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นชั่งตัวอย่างทั้ง 2 ขนาด อย่างละ 2500±10 กรัม ใส่ในภาชนะรวมกันไว้ นำตัวอย่างวัสดุผสมหยาบที่เตรียมไว้ ใส่เข้าไปในเครื่อง Los Angeles Machine แล้วใส่ลูกเหล็กกลม (Charge) จำนวน 11 ลูก แต่ละลูกมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 46.8 มม. มีน้ำหนักรวมกันประมาณ 4584±25 กรัม เดินเครื่องให้หมุน 500 รอบ นำตัวอย่างออกจากเครื่องทดสอบ ไปร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 12 ชั่งน้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง

$$\text{เปอร์เซนต์การสึกหรอ} = \frac{\text{น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 12}}{\text{น้ำหนักที่ใช้ทดลองทั้งหมด}} * 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8

แสดงเครื่องทดสอบ Los Angeles Machine

3.3.8 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีต เป็นตัวบอกให้ทราบถึงคุณสมบัติอื่นๆได้เป็นอย่างดี เพราะค่ากำลังต้านทานหรือรับแรงแบบอื่น เป็นสัดส่วนกับกำลังต้านทานแรงอัด ด้วยเหตุที่คอนกรีตมีกำลังต้านทานต่อแรงอัด มากกว่ากำลังต้านทานแรงดึงหลายเท่า ดังนั้นในการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก จึงออกแบบโดยให้คอนกรีตรับเฉพาะแรงอัดเพียงอย่างเดียว ส่วนแรงดึงที่เกิดขึ้นให้เหล็กเสริมในคอนกรีต ทำหน้าที่ต้านทาน การทดสอบหาแรงอัดประลัยของคอนกรีต ทำได้โดยการกดแท่งทดสอบมาตรฐาน (รูปทรงกระบอก หรือลูกบาศก์) ซึ่งบ่มตามระยะเวลาที่กำหนด ด้วยเครื่องทดสอบมาตรฐาน จน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระทั่งคอนกรีตถูกอัดแตก น้ำหนักกดสูงสุดที่ได้หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง จะเป็นค่าหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตนั้น

โดยทั่วไปแท่งทดสอบเป็นรูปทรงกระบอกตามมาตรฐานอเมริกัน โดยมีส่วนสูงเป็น 2 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาดปกติที่ใช้กันคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. การหล่อแท่งทดสอบ ทำได้โดยเทคอนกรีตลงในแบบ ซึ่งทำด้วยโลหะกันน้ำซึม เป็นจำนวน 3 ชั้นๆละประมาณ 1 ใน 3 ของความสูงของแบบหล่อ แต่ละชั้นกระทุ้งด้วยเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 60 ซม. ปลายมนเป็นจำนวนชั้นละ 25 ครั้ง ก่อนที่จะเริ่มหล่อทำแท่งทดสอบ จะต้องทำความสะอาดแบบหล่อให้เรียบร้อย อย่าให้มีฝุ่นหรือปูนของเก่าติดเหลืออยู่ในแบบ แบบด้านใดที่สัมผัสกับคอนกรีต จะต้องทาน้ำมันให้ทั่ว เพื่อไม่ให้มอร์ตาเกาะหรือรั่วไหลออกมาตามรอยต่อได้ แบบเมื่อประกอบแล้วต้องมีสกรู หรือที่รัดแบบยึดติดกันแน่นทั้งด้านข้างและฐาน โดยไม่แยกออกจากกัน ในขณะกระทุ้งหรือใช้เครื่องสั่นคอนกรีต แท่งทดสอบจะทำอย่างน้อย 3 แท่ง สำหรับอายุหนึ่งๆ เช่น ถ้าจะทดสอบเมื่อคอนกรีตอายุ 7 วัน และ 28 วัน ก็ต้องทำแท่งทดสอบชนิดนั้นๆ 3 แท่ง สำหรับ 7 วัน และอีก 3 แท่ง สำหรับ 28 วัน เมื่อหล่อชิ้นตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว ให้ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงถอดแบบออกเขียนหมายเลขที่และวันที่หล่อคอนกรีต บนแท่งทดสอบนี้ด้วยดินสอหรือสีก็ได้ แล้วนำไปบ่มชื้นที่อุณหภูมิ 18 ถึง 24 องศาเซลเซียส จนถึงเวลาทดสอบ การบ่มชื้น หมายถึง สภาพที่มีน้ำหล่ออยู่ทุกๆด้านของแท่งตัวอย่างตลอดเวลา อย่างไรก็ดี แท่งตัวอย่างไม่ควรจะให้ถูกน้ำไหลผ่านโดยตรง เส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งทดสอบรูปทรงกระบอกที่ถอดแบบหล่อออกแล้ว ควรวัดให้ละเอียดถึง 0.025 ซม. โดยการเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ค่า ที่ทำมุมฉากกันตรงใกล้ๆกับกึ่งกลางความยาวของแท่งทดสอบ

ก่อนการทดสอบควรหล่อฝา (Capping) ทับชิ้นตัวอย่างซึ่งจะรับแรงกด ให้ได้พื้นราบเพราะความขรุขระจะทำให้ได้ค่าต่ำและผิดพลาด และควรทำให้บางที่สุดเท่าที่จะทำได้ (ประมาณ 1/16 - 1/8 นิ้ว) ฝาจะต้องมั่นคงและมีกำลังรับแรงกด อย่างน้อยเท่ากับของตัวคอนกรีตเอง วัสดุที่ใช้ในการหล่อฝา มักจะใช้สารประกอบกำมะถัน

การทดสอบแรงอัดประลัย กระทำโดยการกดแท่งทดสอบซึ่งอยู่ในสภาพชื้น (การทดสอบในสภาพ Air-dry จะให้กำลังสูงกว่า 20 ถึง 40 %) ด้วยอัตราการกดที่สม่ำเสมอ สำหรับเครื่องทดสอบใช้ระบบน้ำมัน อัตราการเพิ่มน้ำหนักทางแรงอัดควรเป็น 2.5±1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ต่อ 1 วินาที จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างถูกอัดแตก ถ้าเพิ่มอัตราการกดให้เร็วขึ้นค่ากำลังอัดที่ได้จะเพิ่มขึ้น ข้อควรระวังคือ ผิวของปลายทั้งสองต้องมีผิวเรียบและขนานกัน เพื่อให้มีหน่วยแรงแผ่สม่ำเสมอบนหน้าตัดนั้น น้ำหนักหรือแรงอัดประลัยคือน้ำหนักกดสูงสุด หน่วยแรงอัดประลัยได้จากการหารน้ำหนักกดสูงสุดด้วยเนื้อที่หน้าตัดของแท่งทดสอบ

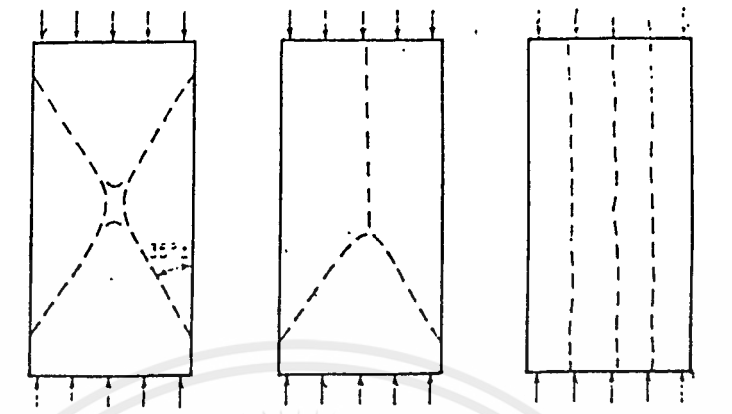
ลักษณะการชำรุดแตกหักของชิ้นตัวอย่างคอนกรีตที่รับแรงอัด มักแตกออกเป็นรูปกรวยคู่ โดยมีปลายกรวยอยู่ที่กึ่งกลางของทรงกระบอก ดังรูปที่ 3.4(ก) โดยเกิดจากการถูกเฉือนในระนาบที่เอียงกับแรงกด อันเนื่องมาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุผสมและความเสียดทานภายใน ดังนั้นมุมของการแตกหักจึงมีค่าเท่ากับ $45-\phi/2$ องศา เมื่อ ϕ เป็นมุมของความเสียดทานภายในของคอนกรีต ซึ่งมีค่าประมาณ 20 องศา ดังนั้นระนาบของความเสียหายของตัวอย่างคอนกรีตจึงเอียงประมาณ 35 องศา ดังแสดงในรูป ลักษณะของการชำรุดของชิ้นตัวอย่าง อาจเป็นการแตกหรือแยกดังเช่นในรูปที่ 3.4(ค) หรืออาจเป็นการรวมของลักษณะการชำรุดของทั้งสองแบบที่กล่าวแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.4(ข)

3.3.9 การทดสอบหาค่ากำลังต้านทานแรงดึง

ความต้านทานแรงดึงของคอนกรีตมีค่าต่ำมาก ประมาณ 10 % ของกำลังอัดประลัย อีกทั้งยังมีคุณสมบัติที่เปราะอีกด้วย ดังนั้นการออกแบบอาคารเสริมเหล็ก จึงสมมุติว่าคอนกรีตรับแรงดึงไม่ได้เลย และสมมุติให้เหล็กเสริม ซึ่งหล่อติดกับคอนกรีตทำหน้าที่รับแรงดึงทั้งหมด

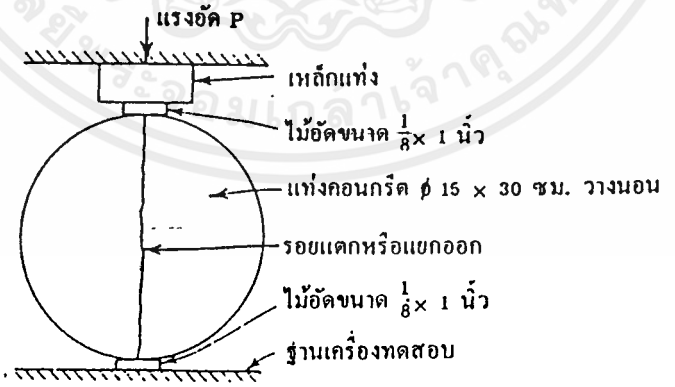
การทดสอบหาความต้านทานรับแรงดึงของคอนกรีตโดยตรงนั้น ไม่สะดวกเหมือนกับการทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีต เนื่องจากเครื่องมือทดสอบอาจทำให้เกิดหน่วยแรงที่ไม่ต้องการขึ้นได้ ทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ โดยทั่วไปการทดสอบหาความต้านทานแรงดึงของคอนกรีต ทำโดยการอัดแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ซึ่งวางให้แกนตามยาวอยู่ในแนวนอนดังรูปที่ 1.2 จนกระทั่งแตกหรือแยกออกจากกันในแนวดิ่ง วิธีนี้เรียกว่า Splitting Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4

แสดงลักษณะการชำรุดของแท่งคอนกรีตเมื่อรับแรงอัด



รูปที่ 3.5

แสดงการทดสอบหากำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานแรงดึงของคอนกรีตคำนวณได้จากสมการ

$$= (2P/\pi ld) \quad \text{กก./ซม.}^2$$

เมื่อ

P = แรงอัด กก.

l = ความยาวของแท่งคอนกรีตทรงกระบอก ซม.

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งคอนกรีตทรงกระบอก ซม.

3.3.10 กำลังต้านทานแรงดัดงอ

การทดสอบเพื่อหากำลังต้านทานแรงดัดงอของคอนกรีต ทำได้โดยการทดสอบคานตัวอย่างมาตราฐาน ซึ่งอาจเป็นไปตามมาตราฐานอเมริกันหรืออังกฤษ สำหรับมาตราฐานอเมริกัน ใช้คานคอนกรีตมาตราฐาน มีขนาดความยาประมาณ 3 เท่าของส่วนสูง กับอีกอย่างน้อย 5 ซม. โดยทั่วไปใช้ขนาด 15*15*50 ซม. สำหรับวัสดุผสมที่ไม่โตกว่ากว่า 50 มม.(2") แต่ถ้าวัสดุผสมโตกว่า 50 มม.(2") ก็ใช้คานทดสอบมาตราฐานขนาด 20*20*70 ซม. ให้ใส่คอนกรีตลงในแบบ 3 ชั้นๆละเท่าๆกัน และกระทุ้งชั้นละ 112 ที โดยใช้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม.ยาว 60 ซม. ปลายมน มาตราฐานอังกฤษใช้คานคอนกรีตขนาด 15*15*70 ซม. สำหรับวัสดุผสมโตกว่า 20 มม. และใช้ขนาด 10*10*50 ซม. สำหรับวัสดุผสมไม่โตกว่า 20 มม. โดยเทคอนกรีตหนาชั้นละ 5 ซม.และกระทุ้งแน่นด้วยเหล็กกระทุ้งหนัก 4 ปอนด์ เนื้อที่หน้าตัด 1 ตารางนิ้ว ยาว 37.5 ซม. ปลายมน

วิธีการทดสอบคานตัวอย่าง กระทำโดยการใช้น้ำหนักกดลงบนจุดแบ่งสามของช่วงคานจากค่าน้ำหนักสูงสุดที่คานสามารถรับไว้ได้นั้น นำมาคำนวณหากำลังต้านทานแรงดัดงอของช่วงคอนกรีตโดยใช้สูตรแรงดัด จะได้ค่าโมดูลัสของการแตกหัก $f_r = PL/bd^2$

ในเมื่อ

P = น้ำหนักกดสูงสุด กก.

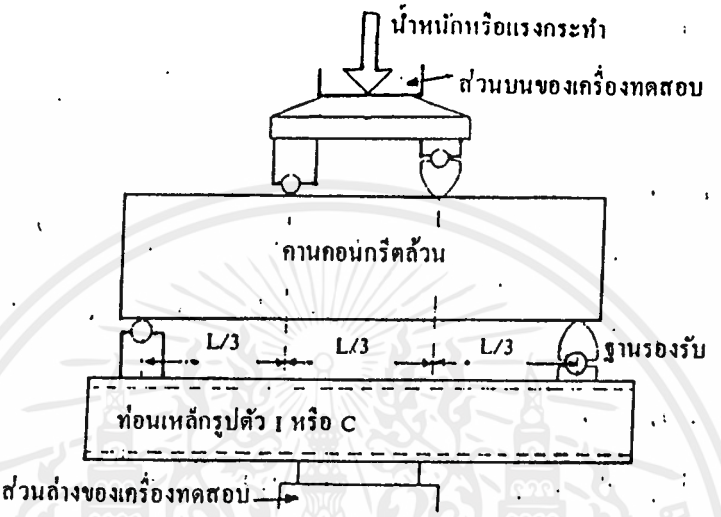
L = ช่วงความยาวคาน ซม.

b,d = ความกว้าง และความลึกของคานตามลำดับ

บางหน่วยงานทดสอบคานแบบช่วงเดียวธรรมดานี้ โดยมีน้ำหนักกดตรงกึ่งกลาง บาง

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห่งก็ทำเป็นคานยื่น ทั้งสองกรณีนี้กำลังที่ได้มักจะสูงกว่า ที่หาได้จากการทดสอบแบบลดลงตรงจุดแบ่งสาม



รูปที่ 3.6

แสดงการทดสอบหาความต้านทานแรงดัด

จากการทดลอง พบว่าค่ากำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต สูงกว่ากำลังต้านทานแรงดึงประมาณ 60 ถึง 100% ค่าโมดูลัสของการแตกหักอยู่ในช่วง 11 ถึง 23% ของกำลังต้านทานแรงดัด การใช้วัสดุผสมที่มีผิวหยาบขรุขระและมีเหลี่ยมมุม จะทำให้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดงอสูงขึ้น

3.3.11 การทดลองหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นหาได้จากการทดลองหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยใช้แท่งคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. ยาว 30 ซม. ทดสอบหาค่ากำลังอัด และหน่วยการหดตัว สำหรับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่หาในโครงงานวิจัยฉบับนี้ เป็นวิธีการหาค่าโดยใช้วิธี Secant Modulus ซึ่งค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะได้จากอัตราส่วนของหน่วยแรงอัดที่ 40 % ของหน่วยแรงอัดประลัยกับหน่วยการหดตัวที่จุดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.12 การทดลองหาค่าหน่วยน้ำหนัก และค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต

การทดลองนี้ใช้แท่งคอนกรีต มาวัดขนาดเพื่อหาปริมาตร นำมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักที่แห้งในอากาศ และนำมาแช่น้ำ 7 วัน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักในขณะอิ่มตัวผิวแห้ง

ค่าหน่วยน้ำหนักคอนกรีต (แห้งในอากาศ) = W_1/V

ค่าเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำ = $[(W_2 - W_1)/W_1]*100$ %

โดยที่

V = ปริมาตรของแท่งคอนกรีต

W_1 = น้ำหนักของคอนกรีตที่แห้งในอากาศ

W_2 = น้ำหนักของคอนกรีตที่อิ่มตัวผิวแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของมวลวัสดุผสม

4.1.1 วัสดุผสมละเอียด

วัสดุผสมละเอียดใช้ทรายน้ำจืด ที่ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 โดยใช้ตามเกณฑ์กำหนดส่วนขนาดคละ ตามมาตรฐาน ASTM C33 ผลการทดลองหาขนาดส่วนคละ ค่าโมดูลัสความละเอียดและค่าหน่วยน้ำหนักอัดแน่น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

4.1.2 วัสดุผสมหยาบ

วัสดุผสมหยาบใช้เม็ดดินเผา ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 1 นิ้ว โดยใช้ตามเกณฑ์กำหนดส่วนขนาดคละ ตามมาตรฐาน ASTM C 330-82a ผลการทดลองหาขนาดส่วนคละ ค่าโมดูลัสความละเอียด และค่าหน่วยน้ำหนัก ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

4.2 ผลการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุผสม

4.2.1 วัสดุผสมละเอียด

วัสดุผสมละเอียดหรือทรายที่ใช้ในการทดลองนี้ มีค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำดังนี้

ความถ่วงจำเพาะ (เมื่อวัสดุแห้งสนิท) = 2.43

ความถ่วงจำเพาะ (ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง) = 2.5

อัตราการดูดซึม = 2.67

4.2.2 วัสดุผสมหยาบ

วัสดุผสมหยาบหรือเม็ดดินเผาที่ใช้ในการทดลองนี้ มีค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำดังนี้

ความถ่วงจำเพาะ (ขณะมีความชื้นอากาศ) = 1.72

ความถ่วงจำเพาะ (ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง) = 1.83

อัตราการดูดซึม = 6.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองหาปฏิภาคส่วนผสม

ในการทดลองนี้มีสัดส่วนผสมทั้งหมด 12 สูตร โดยใช้สัดส่วนปูนซีเมนต์ 250,300, 350 และ 400 กิโลกรัมต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร และใช้สัดส่วนผสมระหว่างทรายกับเม็ดดินเผาเป็น 3:2 , 1:1 , 2:3 โดยปริมาตรของวัสดุผสมรวม สำหรับปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตนี้ ได้จากการทดสอบค่าความยุบตัวของคอนกรีตสด โดยให้มีค่าการยุบตัวประมาณ 8+1 ซม. และเนื่องจากการผสมเป็นคอนกรีตนี้ วัสดุผสมหยาบมีแนวโน้มที่จะแยกตัว เพราะมีค่าความถ่วงจำเพาะน้อย ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้จึงต้องควบคุมเป็นพิเศษ ให้ได้ปริมาณน้ำที่พอดีที่จะทำให้คอนกรีตไม่เกิดการแยกตัวได้ สำหรับค่าสัดส่วนผสมที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 เป็นสัดส่วนผสมที่ได้จากการทดลองผสม (Trial Mix Method)

4.4 ผลการทดลองหาค่าหน่วยน้ำหนักของเม็ดดินเผา

เม็ดดินเผาที่ใช้ในการทดลอง มีค่าหน่วยน้ำหนักดังนี้

หน่วยน้ำหนัก (หลวม) = 851.52 kg/m^3

หน่วยน้ำหนัก (อัดแน่น) = 937.58 kg/m^3

4.5 ผลการทดลองหาค่าความทนทานต่อการสึกกร่อน (Abrasion Resistance)

จากการทดสอบโดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion พบว่าเม็ดดินเผามีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอเพียง 13.59 % ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานกำหนดว่าสึกหรอได้ไม่เกิน 40 % (คอนกรีตเทคโนโลยี พ.ศ. 2529 : 29)) แสดงว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1

แสดงการวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของวัสดุผสมละเอียด

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง (กรัม)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด	ร้อยละสะสมที่ค้างตามมาตรฐาน ASTM C33
เบอร์ 4	10	1.99	1.99	0-5
เบอร์ 8	48	9.54	11.53	0-20
เบอร์ 16	97	19.28	30.81	15-50
เบอร์ 30	140	27.83	58.64	40-75
เบอร์ 50	120	23.86	82.50	70-90
เบอร์ 100	61	12.13	94.63	90-98
PAN	27	5.37	-	-
รวม	503	100	280.1	
ค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย = (280.1)/(100) = 2.80				
ค่าหน่วยน้ำหนักอัดแน่นของทราย = 1628.52 kg/m^3				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2

แสดงการวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของวัสดุผสมหยาบ

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง (กรัม)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด	ร้อยละสะสมที่ค้างตามมาตรฐาน ASTM C330-82a
1 นิ้ว	189	3.86	3.86	0-5
1/2 นิ้ว	3408	69.62	73.48	40-75
เบอร์ 4	1237	25.27	98.75	90-100
เบอร์ 8	47	0.96	99.71	-
เบอร์ 16	13	0.27	99.98	-
เบอร์ 30	0	0	99.98	-
เบอร์ 50	0	0	99.98	-
เบอร์ 100	0	0	99.98	-
PAN	1	0.02	-	-
รวม	4895	100	675.72	
ค่าโมดูลัสความละเอียด = 6.76				
หน่วยน้ำหนักอัดแน่น = 937.58 kg/m^3				
หน่วยน้ำหนักหลวม = 851.52 kg/m^3				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3

แสดงสัดส่วนผสมของซีเมนต์ ทราย และเม็ดดินเผา

สำหรับคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

สัดส่วนผสมที่	ปูนซีเมนต์ (กิโลกรัม)	ทราย (กิโลกรัม)	เม็ดดินเผา (กิโลกรัม)
1	250	637.52	673.07
2	300	635.44	670.89
3	350	608.40	642.33
4	400	573.04	605.00
5	250	821.60	578.28
6	300	800.80	563.64
7	350	772.20	543.51
8	400	712.40	501.42
9	250	973.44	456.77
10	300	929.76	436.27
11	350	887.64	416.51
12	400	835.16	392.35

หมายเหตุ

สูตรที่ 1-4 ใช้สัดส่วนโดยปริมาตรของทรายต่อเม็ดดินเผาเท่ากับ 2:3

สูตรที่ 5-8 ใช้สัดส่วนโดยปริมาตรของทรายต่อเม็ดดินเผาเท่ากับ 1:1

สูตรที่ 9-12 ใช้สัดส่วนโดยปริมาตรของทรายต่อเม็ดดินเผาเท่ากับ 3:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4

แสดงปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

และค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด

สัดส่วนผสมที่	ปริมาณน้ำที่ใช้ (กิโลกรัม)	ค่าการยุบตัว (เซนติเมตร)
1	306.28	8.8
2	293.51	7.2
3	304.17	7.9
4	322.28	8.3
5	288.48	7.3
6	302.69	8.1
7	294.54	7.4
8	325.29	8.6
9	297.45	7.9
10	309.18	8.2
11	320.21	8.5
12	336.78	8.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

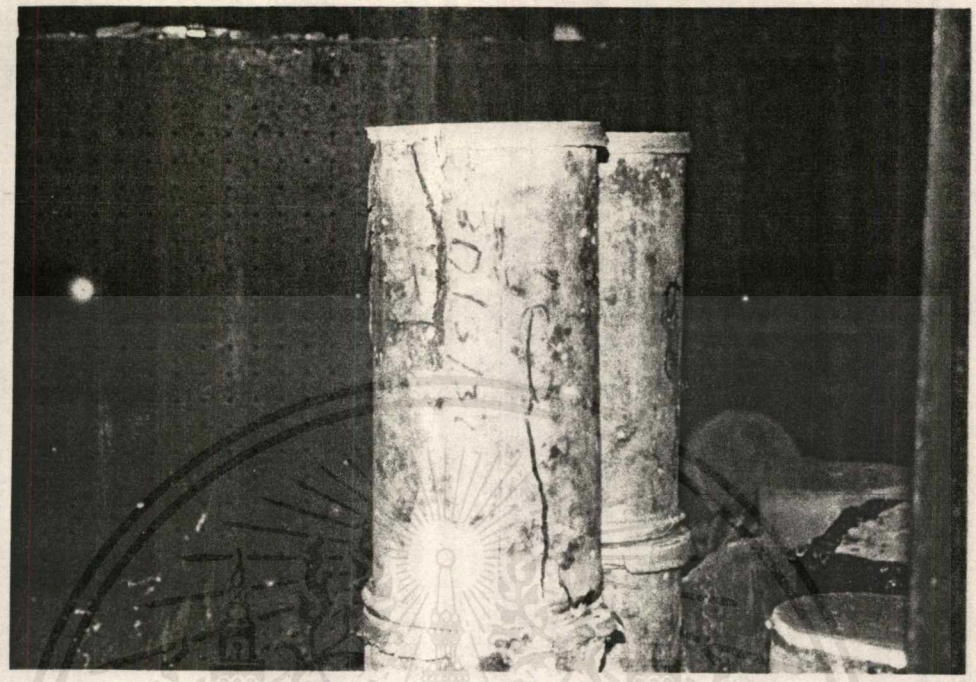
4.6 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

เนื่องจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของวัสดุผสม และส่วนของซีเมนต์เพสต์ จะเห็นว่าคอนกรีตที่มีเนื้อซีเมนต์เพสต์มาก จะรับแรงอัดได้ดีกว่าคอนกรีตที่มีเนื้อซีเมนต์เพสต์น้อย เพราะเนื้อซีเมนต์เพสต์จะไปช่วยรับแรงอัดได้มากขึ้น ซึ่งผลการทดลองการรับแรงอัดของคอนกรีต ได้แสดงไว้แล้วในตารางที่ 4.5-4.16 จากผลการทดลองเห็นได้ว่า เมื่อใช้สัดส่วนวัสดุผสมละเอียดต่อวัสดุผสมหยาบเป็น 1:1 แท่งคอนกรีตตัวอย่างจะมีกำลังรับแรงอัดสูงที่สุด สำหรับรูปภาพลักษณะการแตกของแท่งคอนกรีต ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 โดยที่ลักษณะการแตกของแท่งคอนกรีตเป็นการแตกแบบ Combining Shear & Splitting Failure

รูปที่ 4.1

แสดงลักษณะการแตกของแท่งคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2

แสดงลักษณะการแตกของแท่งคอนกรีต

รูปที่ 4.3

แสดงลักษณะเนื้อในของแท่งคอนกรีตมีอแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 1

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	1	171.74	30.42	10.90	7920	46.12	2086.39
2	1	173.99	30.48	11.11	9240	53.11	2094.96
3	1	173.81	30.21	10.84	8280	47.64	2064.45
					AVERAGE	**48.95**	**2081.93**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	7	171.27	30.51	11.02	15120	88.28	2108.91
2	7	172.64	31.03	10.94	15580	90.25	2042.18
3	7	172.03	30.43	10.85	16260	94.52	2072.64
					AVERAGE	**91.02**	**2074.58**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 1

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	14	173.93	30.41	11.23	19440	111.77	2123.19
2	14	171.33	31.00	11.04	21780	127.12	2078.61
3	14	173.27	30.95	10.84	20820	120.16	2021.37
					AVERAGE	119.68	2074.39

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	28	171.42	30.45	10.86	22260	129.86	2080.56
2	28	172.08	30.28	10.92	23760	138.08	2095.74
3	28	171.1	30.87	11.18	24360	142.37	2116.68
					AVERAGE	136.77	2097.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 2

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	1	173.69	30.42	10.76	9720	55.96	2036.47
2	1	171.29	30.18	10.89	11400	66.55	2106.57
3	1	171.54	30.95	11.02	11280	65.76	2075.66
					AVERAGE	62.76	2072.90

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	7	171.63	31.10	11.09	25980	151.37	2077.68
2	7	173.96	30.78	11.17	26340	151.41	2086.10
3	7	173.58	30.16	10.79	28800	165.92	2061.06
					AVERAGE	156.23	2074.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 2

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	14	170.06	30.22	11.13	28260	166.18	2165.70
2	14	171.54	30.57	10.96	29400	171.39	2090.02
3	14	173.15	31.00	10.89	30000	173.26	2028.82
					AVERAGE	**170.28**	**2094.85**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	28	162.50	30.31	10.44	29940	184.25	2119.64
2	28	170.34	31.01	10.92	32040	188.09	2067.30
3	28	171.08	30.76	11.11	33300	194.65	2111.20
					AVERAGE	**189.00**	**2099.38**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 3

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	1	173.81	30.29	11.20	15540	89.41	2127.37
2	1	172.36	30.51	10.99	16140	93.64	2089.87
3	1	170.69	30.27	10.88	16800	98.42	2105.76
					AVERAGE	93.82	2107.67

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	7	175.04	31.01	11.22	33660	192.30	2067.06
2	7	170.19	31.20	11.04	34200	200.95	2079.12
3	7	173.58	30.36	10.98	34620	199.45	2083.54
					AVERAGE	197.57	2076.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 3

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	14	173.43	30.21	11.32	37200	214.50	2160.59
2	14	172.08	30.36	10.87	38460	223.50	2080.64
3	14	172.59	30.78	11.1	36960	214.15	2089.48
					AVERAGE	217.38	2110.24

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	28	173.81	30.95	10.71	44160	254.07	1990.92
2	28	173.69	30.22	11.08	44940	258.74	2110.91
3	28	172.08	30.42	11.22	45120	262.20	2143.40
					AVERAGE	258.34	2081.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 4

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	1	173.81	30.74	11.18	20400	117.37	2092.49
2	1	173.24	30.28	11.10	21180	122.26	2116.02
3	1	172.67	30.55	11.02	19440	112.58	2089.07
					AVERAGE	**117.40**	**2099.19**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	7	176.51	31.00	11.18	38460	217.89	2043.20
2	7	173.83	30.77	10.98	39240	225.74	2052.82
3	7	172.88	30.25	11.27	38640	223.51	2155.03
					AVERAGE	**222.38**	**2083.68**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 4

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	14	171.63	30.15	11.13	43680	254.50	2150.87
2	14	172.08	30.23	11.27	43200	251.05	2166.48
3	14	173.95	30.28	11.04	44940	258.35	2095.99
					AVERAGE	254.63	2137.78

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	28	171.39	31.1	10.99	47580	277.61	2061.83
2	28	169.84	30.78	11.13	49020	288.62	2129.05
3	28	169.27	30.18	11.09	48000	283.57	2170.86
					AVERAGE	283.27	2120.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 5

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	1	170.27	30.21	11.20	11700	68.71	2177.35
2	1	171.19	30.94	11.04	13140	76.76	2084.35
3	1	171.28	30.36	11.31	13440	78.47	2174.97
					AVERAGE	**74.65**	**2145.56**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	7	171.16	30.24	11.41	21960	128.30	2204.46
2	7	170.06	30.76	11.28	22800	134.07	2156.36
3	7	173.29	30.56	11.26	23340	134.69	2126.24
					AVERAGE	**132.35**	**2162.35**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 5

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	14	170.91	30.24	11.08	24300	142.18	2143.83
2	14	171.63	29.96	11.22	25200	146.83	2182.02
3	14	172.54	30.71	11.12	26160	151.62	2098.63
					AVERAGE	**146.87**	**2141.49**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	28	169.27	30.17	10.89	28260	166.95	2132.42
2	28	171.89	30.14	11.14	30180	175.58	2150.26
3	28	171.24	30.53	11.5	31380	183.25	2199.71
					AVERAGE	**175.26**	**2160.80**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 6

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	1	173.29	30.51	11.35	16800	96.95	2146.74
2	1	172.21	30.24	11.29	17460	101.39	2167.97
3	1	173.27	30.68	11.45	17820	102.85	2153.91
					AVERAGE	**100.39**	**2156.21**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	7	169.86	30.48	11.41	32280	190.04	2203.84
1	7	170.29	31.12	11.53	31800	186.74	2175.71
1	7	173.45	30.59	11.28	31020	178.84	2125.96
					AVERAGE	**185.21**	**2168.50**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 6

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	14	172.94	30.09	11.37	34200	197.76	2184.96
2	14	173.86	30.16	11.44	34860	200.51	2181.70
3	14	172.54	30.71	11.12	33060	191.61	2098.63
					AVERAGE	**196.62**	**2155.09**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	28	172.27	30.30	11.31	37920	220.12	2166.76
2	28	171.94	30.55	11.24	39060	227.17	2139.82
3	28	171.53	30.92	11.06	38460	224.22	2085.33
					AVERAGE	**223.84**	**2130.64**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 7

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	1	171.89	30.15	11.35	21600	125.66	2190.07
2	1	172.98	30.54	11.38	22980	132.85	2154.16
3	1	171.45	30.72	11.28	22560	131.58	2141.66
					AVERAGE	**130.03**	**2161.96**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	7	173.89	29.84	11.27	39660	228.08	2171.95
1	7	170.21	30.48	11.42	39600	232.65	2201.23
1	7	171.59	30.57	11.39	40260	234.63	2171.38
					AVERAGE	**231.79**	**2181.52**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 7

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	14	174.53	30.54	11.42	43620	249.93	2142.53
2	14	173.28	30.41	11.58	42060	242.73	2197.57
3	14	172.47	30.94	11.32	43320	251.17	2121.35
					AVERAGE	**247.94**	**2153.82**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	28	172.81	30.78	11.33	45960	265.96	2130.06
2	28	173.37	29.92	11.27	46200	266.48	2172.64
3	28	173.54	31.02	11.43	47640	274.52	2123.27
					AVERAGE	**268.99**	**2141.99**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ B

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	1	171.19	30.00	11.40	23940	139.84	2219.76
2	1	171.49	30.59	11.24	25800	150.45	2142.63
3	1	171.74	30.76	11.37	24660	143.59	2152.30
					AVERAGE	**144.63**	**2171.56**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	7	173.81	30.22	11.39	47220	271.68	2168.48
1	7	172.79	30.54	11.61	45300	262.17	2200.11
1	7	174.36	30.10	11.35	44880	257.40	2162.63
					AVERAGE	**263.75**	**2177.07**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 8

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	14	171.45	30.42	11.29	50220	292.91	2164.70
2	14	170.06	30.33	11.54	48420	284.72	2237.34
3	14	172.94	30.91	11.43	51420	297.33	2138.22
					AVERAGE	**291.65**	**2180.08**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	28	171.08	30.14	11.35	56580	330.72	2201.17
2	28	169.72	30.92	11.31	54120	318.88	2155.21
3	28	170.96	30.58	11.55	55380	323.94	2209.28
					AVERAGE	**324.51**	**2188.55**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 8

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	14	171.45	30.42	11.29	50220	292.91	2164.70
2	14	170.06	30.33	11.54	48420	284.72	2237.34
3	14	172.94	30.91	11.43	51420	297.33	2138.22
					AVERAGE	**291.65**	**2180.08**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	28	171.08	30.14	11.35	56580	330.72	2201.17
2	28	169.72	30.92	11.31	54120	318.88	2155.21
3	28	170.96	30.58	11.55	55380	323.94	2209.28
					AVERAGE	**324.51**	**2188.55**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 9

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	1	172.12	30.51	11.42	10200	59.26	2174.67
2	1	171.29	30.12	11.43	10620	62.00	2215.44
3	1	171.68	30.96	11.61	9840	57.32	2184.30
					AVERAGE	**59.53**	**2191.47**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	7	172.27	30.14	11.36	17400	101.00	2187.89
1	7	173.34	30.59	11.45	18420	106.27	2159.37
1	7	173.52	31.01	11.66	17820	102.70	2166.94
					AVERAGE	**103.32**	**2171.40**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 9

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	14	171.45	31.25	11.49	22200	129.48	2144.53
2	14	172.96	30.40	11.55	21600	124.88	2196.66
3	14	173.09	30.91	11.42	20460	118.20	2134.49
					AVERAGE	**124.19**	**2158.56**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	28	171.08	30.28	11.37	26040	152.21	2194.85
2	28	173.96	30.10	11.68	24000	137.96	2230.63
3	28	173.24	30.45	11.52	24600	142.00	2183.82
					AVERAGE	**144.06**	**2203.10**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 10

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	1	174.86	30.22	11.39	12060	68.97	2155.45
2	1	170.29	30.93	11.56	11580	68.00	2194.77
3	1	171.54	30.48	11.67	11760	68.56	2231.98
					AVERAGE	**68.51**	**2194.07**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	7	173.08	30.27	11.29	28200	162.93	2154.94
1	7	172.88	30.56	11.56	29580	171.10	2188.06
1	7	169.56	30.00	11.68	30000	176.93	2296.14
					AVERAGE	**170.32**	**2213.05**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 10

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	14	174.28	30.30	11.52	32400	185.91	2181.54
2	14	170.12	30.27	11.42	33060	194.33	2217.68
3	14	171.13	29.92	11.55	32520	190.03	2255.77
					AVERAGE	**190.09**	**2218.33**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	28	169.95	30.17	11.35	35200	207.12	2213.60
2	28	170.42	30.51	11.43	38280	224.62	2198.28
3	28	173.37	30.64	11.67	37620	216.99	2196.89
					AVERAGE	**216.24**	**2202.92**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 11

SPEC No	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	1	173.40	30.12	11.43	18600	107.27	2188.48
2	1	173.59	29.94	11.52	19140	110.26	2216.54
3	1	171.61	30.98	11.77	17940	104.54	2213.87
					AVERAGE	**107.36**	**2206.30**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	7	172.70	30.77	11.62	35340	204.63	2186.69
1	7	171.29	30.28	11.54	35880	209.47	2224.94
1	7	170.46	30.09	11.50	37140	217.88	2242.09
					AVERAGE	**210.66**	**2217.90**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 11

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	14	169.92	30.09	11.37	40800	240.11	2223.79
2	14	170.83	30.67	11.59	39600	231.81	2212.10
3	14	171.29	30.14	11.71	39300	229.44	2268.20
					AVERAGE	**233.79**	**2234.70**

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS CROSS SECTION (cm2)	DIMENSIONS HEIGHT (cm.)	WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
1	28	170.82	30.17	11.54	46300	271.05	2239.19
2	28	169.80	30.45	11.63	44940	264.66	2249.34
3	28	172.76	29.97	11.50	45600	263.95	2221.10
					AVERAGE	**266.55**	**2236.54**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 12

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	1	171.83	29.82	11.55	22020	128.15	2254.11
2	1	173.27	30.21	11.72	23040	132.97	2239.00
3	1	172.12	30.56	11.52	22440	130.37	2190.12
					AVERAGE	130.50	2227.74

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	7	174.98	30.01	11.80	40920	233.86	2247.13
1	7	172.79	30.14	11.67	40200	232.65	2240.83
1	7	172.28	30.27	11.37	39780	230.90	2180.28
					AVERAGE	232.47	2222.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ของแท่งตัวอย่างสูตรผสมที่ 12

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	14	170.90	30.24	11.75	46980	274.90	2273.60
2	14	172.94	30.26	11.69	44460	257.08	2233.83
3	14	173.43	30.75	11.78	45780	263.97	2208.90
					AVERAGE	265.32	2238.78

SPEC No.	AGE (days)	DIMENSIONS		WEIGHT (kg.)	ULTIMATE LOAD (kg.)	COMPRESSIVE STRENGTH (ksc.)	UNIT WEIGHT (kg/m3)
		CROSS SECTION (cm2)	HEIGHT (cm.)				
1	28	172.67	30.21	11.61	49200	284.94	2225.69
2	28	173.72	30.37	11.79	49800	286.67	2234.70
3	28	170.23	30.14	11.66	52740	309.82	2272.58
					AVERAGE	293.81	2244.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17

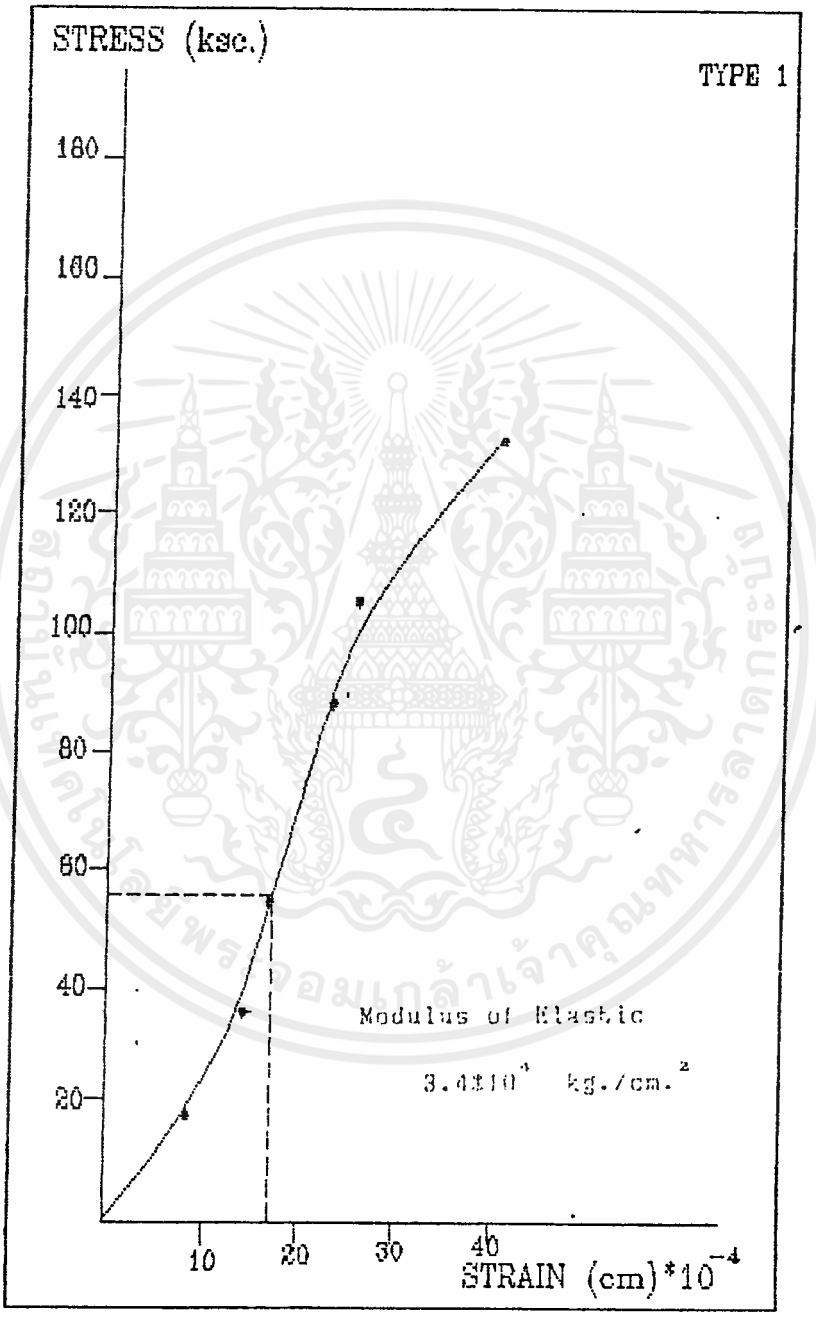
สรุปกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแต่ละสูตร ที่มีอายุ 1,7,14,28 วัน

TYPE OF CONCRETE	COMPRESSIVE STRENGTH AT			
	1 days	7 days	14 days	28 days
1	48.95	91.02	119.68	136.77
2	62.76	156.23	170.28	189.00
3	93.82	197.57	217.38	258.34
4	117.40	222.38	254.63	283.27
5	74.65	132.35	146.87	175.26
6	100.39	185.21	196.62	223.84
7	130.03	231.79	247.94	268.99
8	144.63	263.75	291.65	324.51
9	59.53	103.32	124.19	144.06
10	68.51	170.32	190.09	216.24
11	107.36	210.66	233.79	266.55
12	130.50	232.47	265.32	293.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ผลการทดลองหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.5 ถึง 4.16 โดยคอนกรีตที่ได้ทดสอบนี้ มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นอยู่ระหว่าง 3.4 ถึง 5.76*10^{4} กก./ซม.^{2}

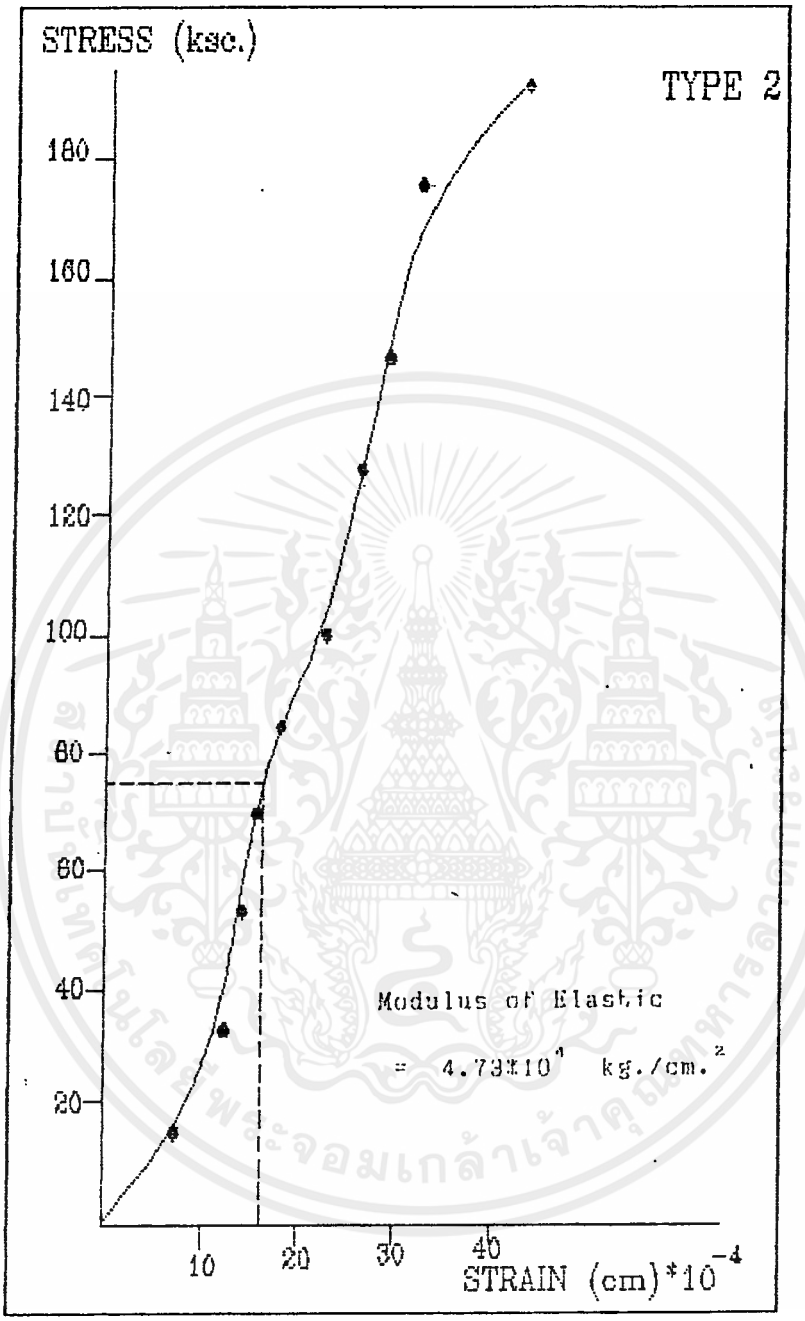


รูปที่ 4.5

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

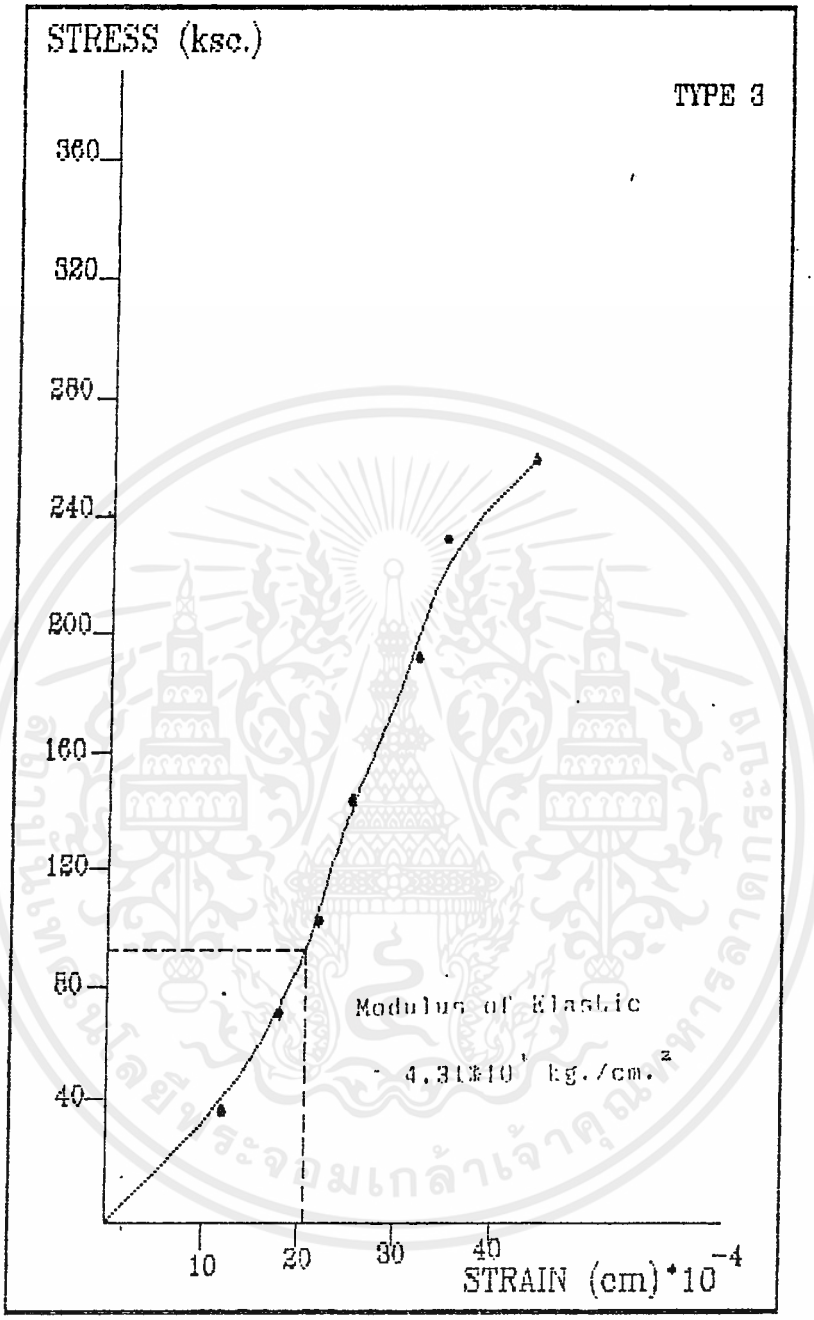


รูปที่ 4.6

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

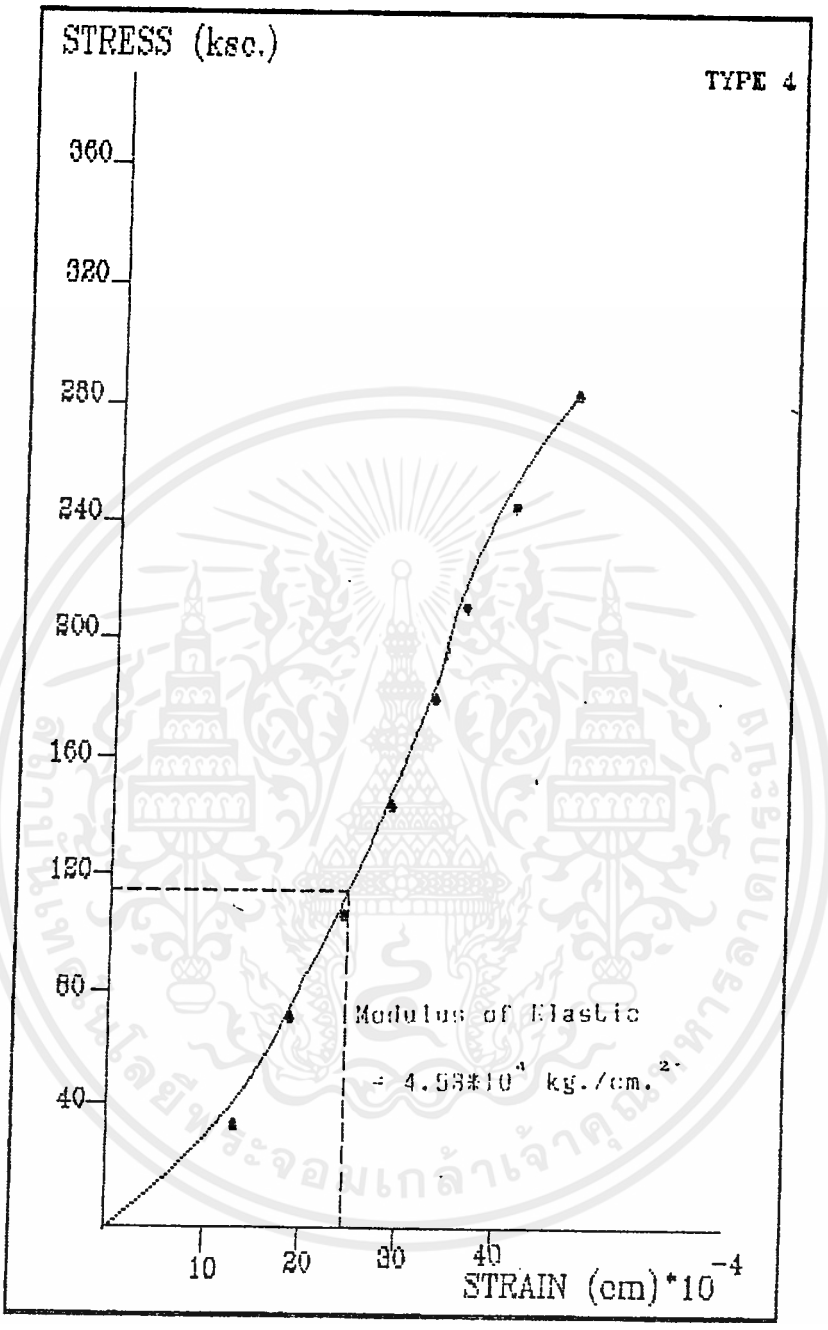


รูปที่ 4.7

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

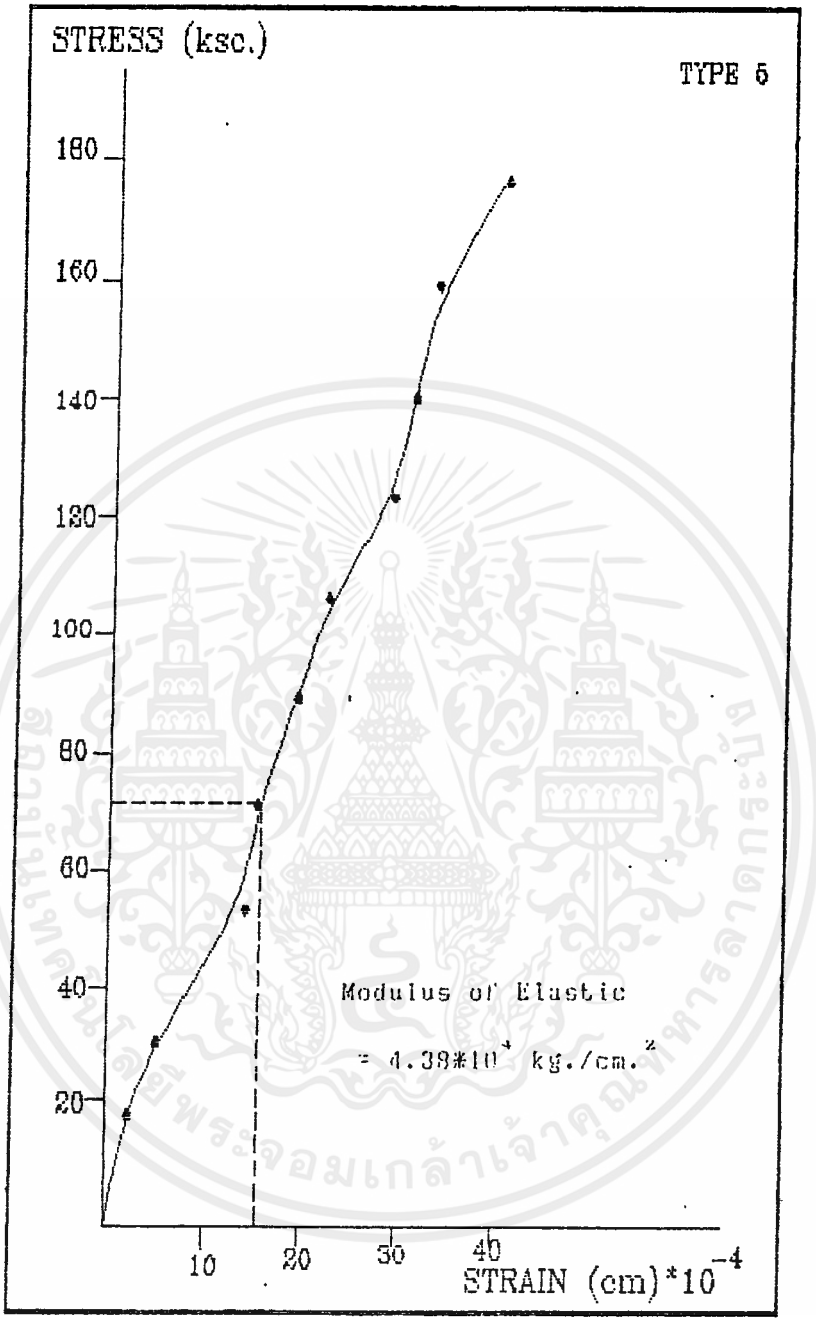


รูปที่ 4.8

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

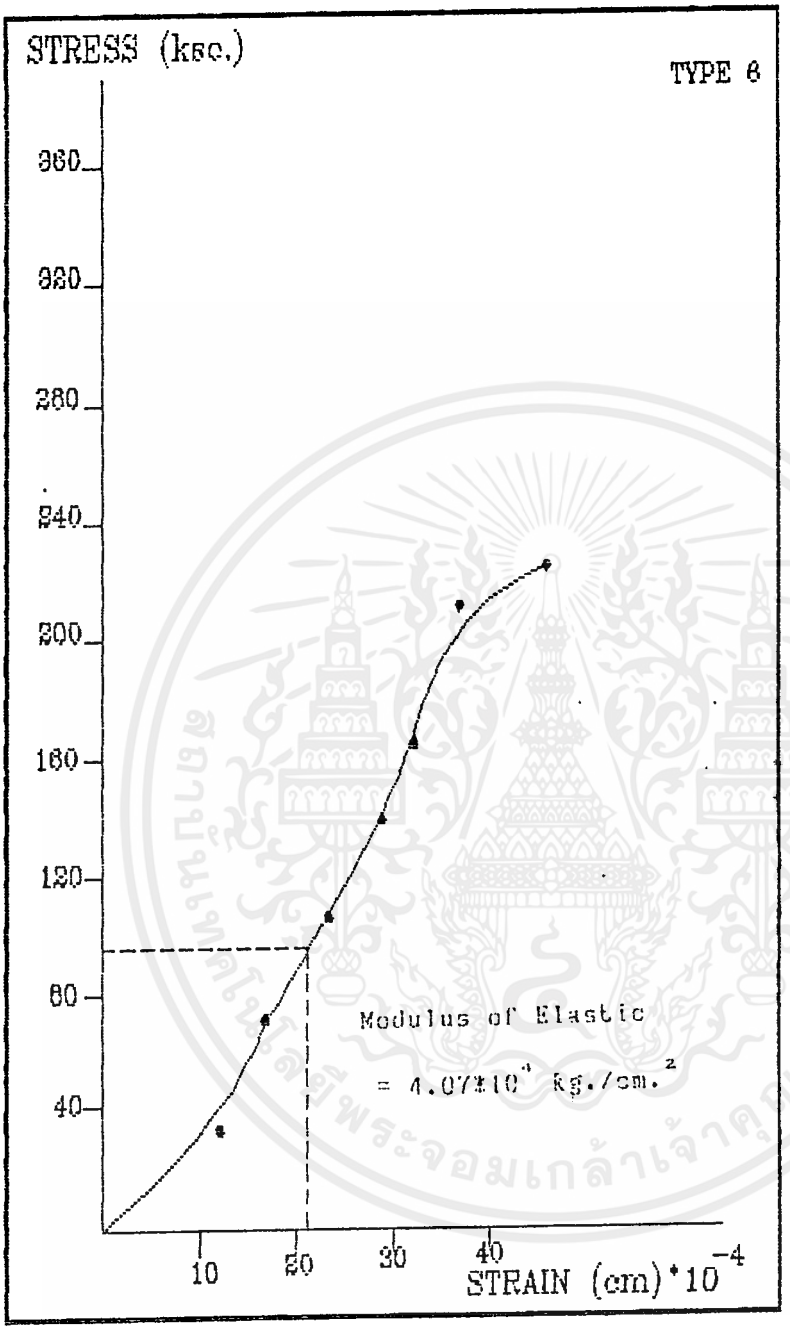


รูปที่ 4.9

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

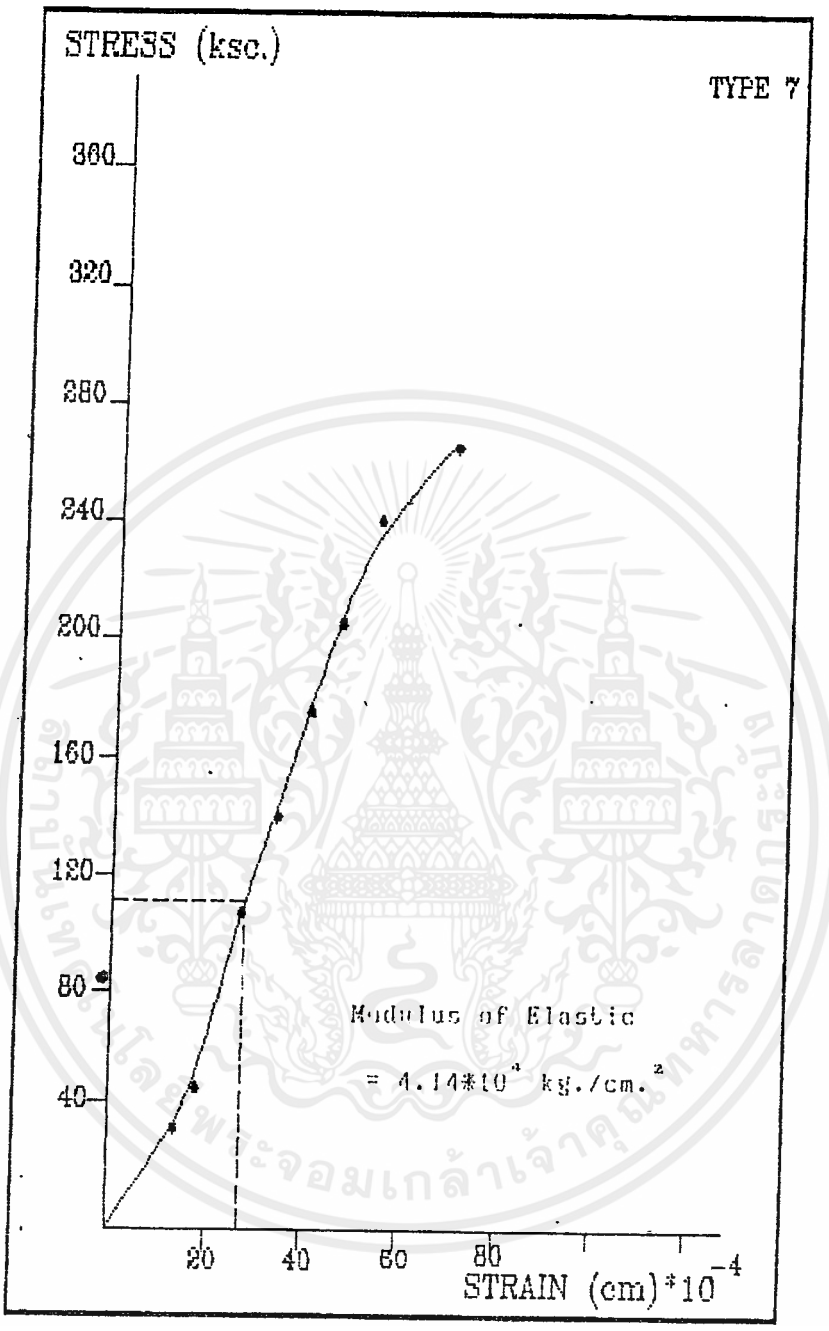


รูปที่ 4.10

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

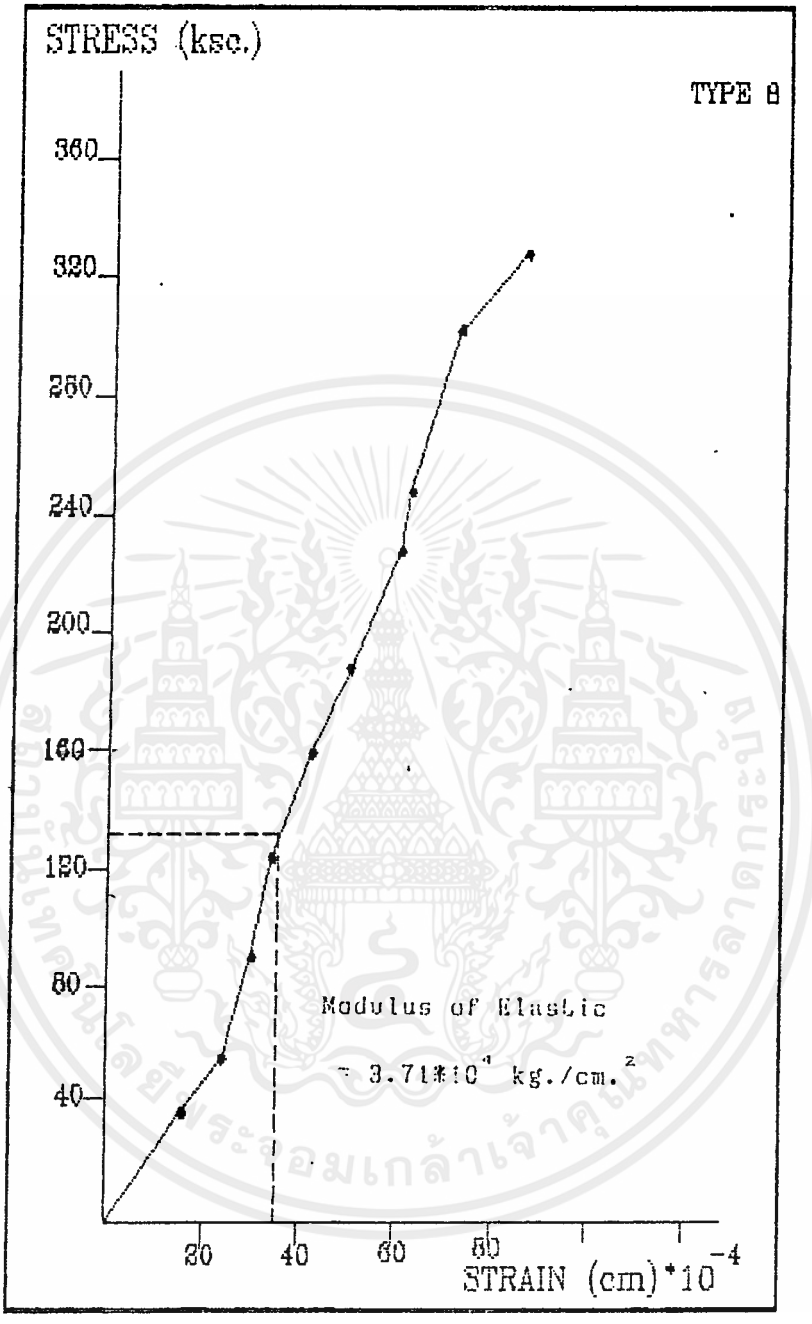


รูปที่ 4.11

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอมกวีตสูตรที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

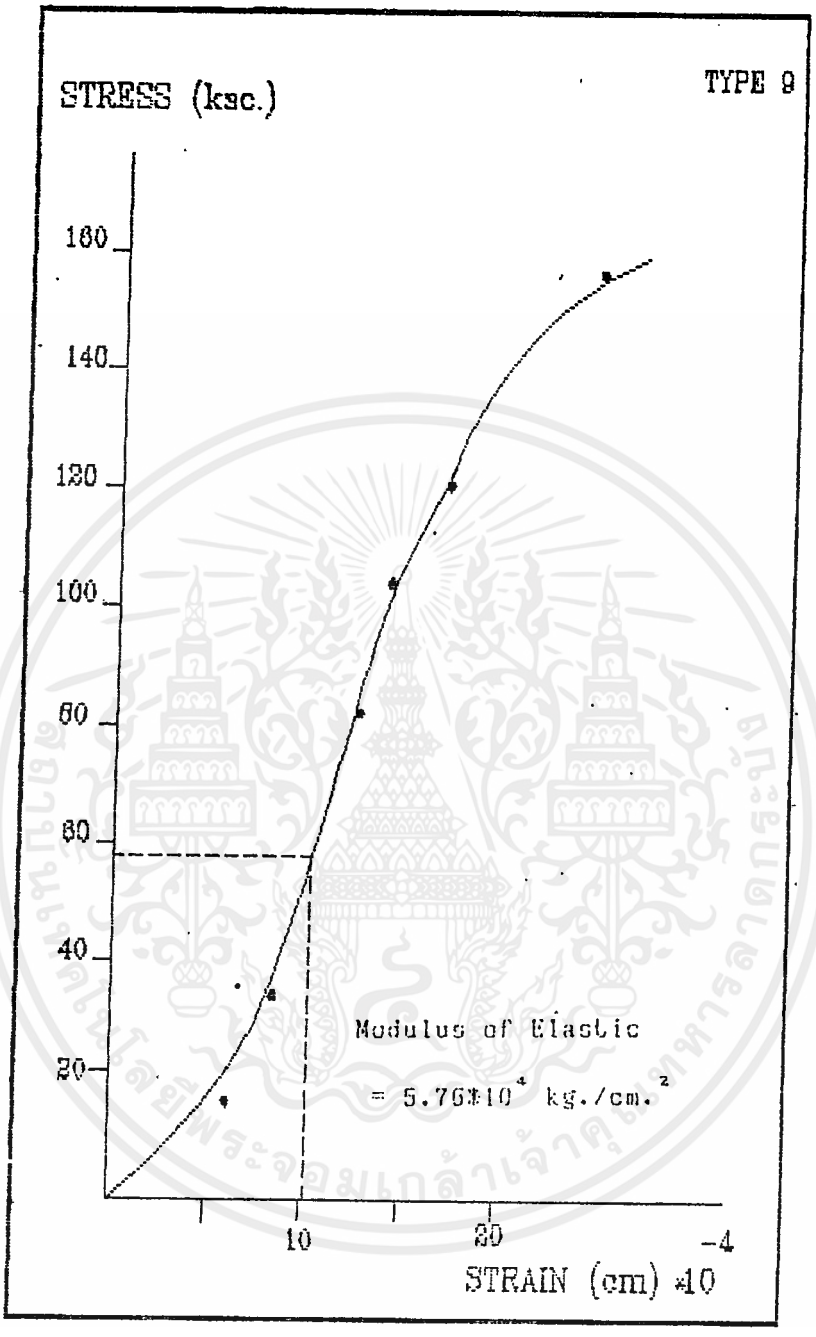


รูปที่ 4.12

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

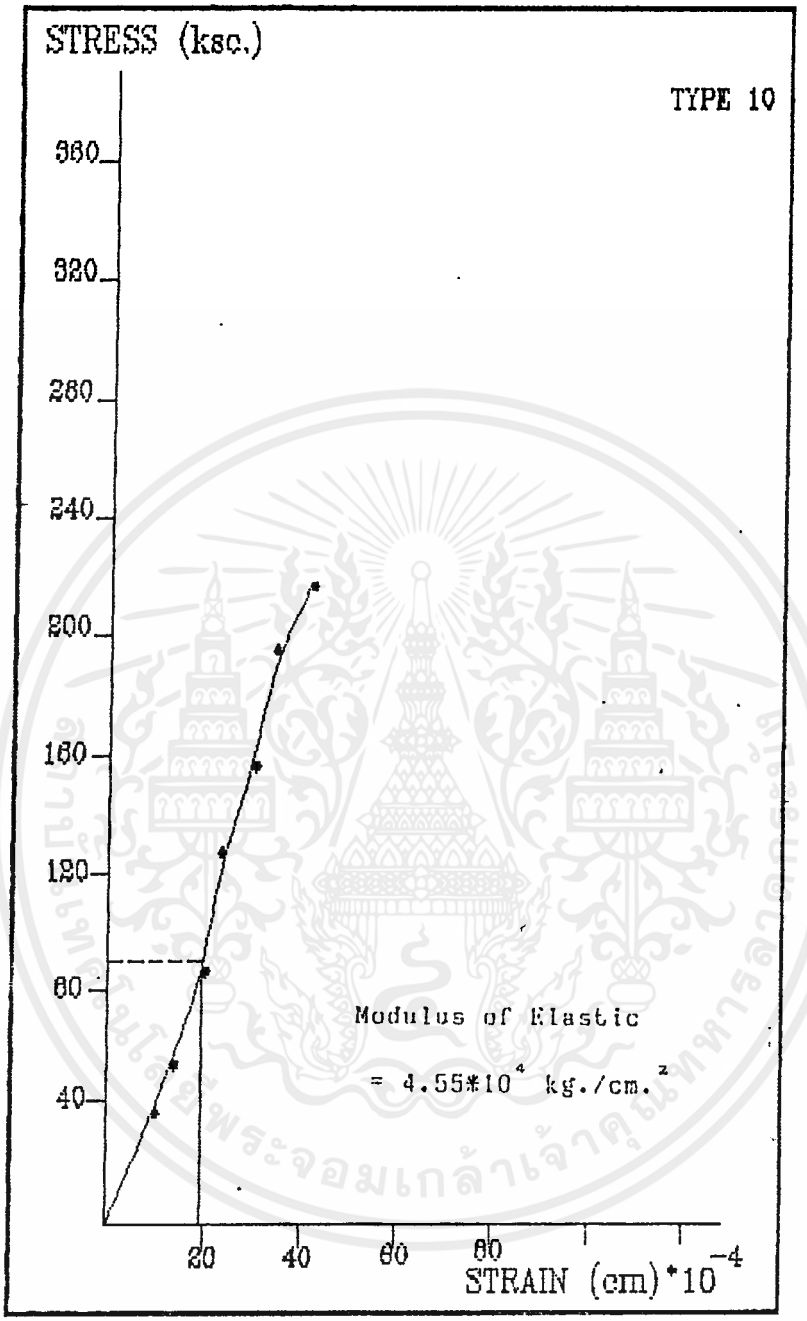


รูปที่ 4.13

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

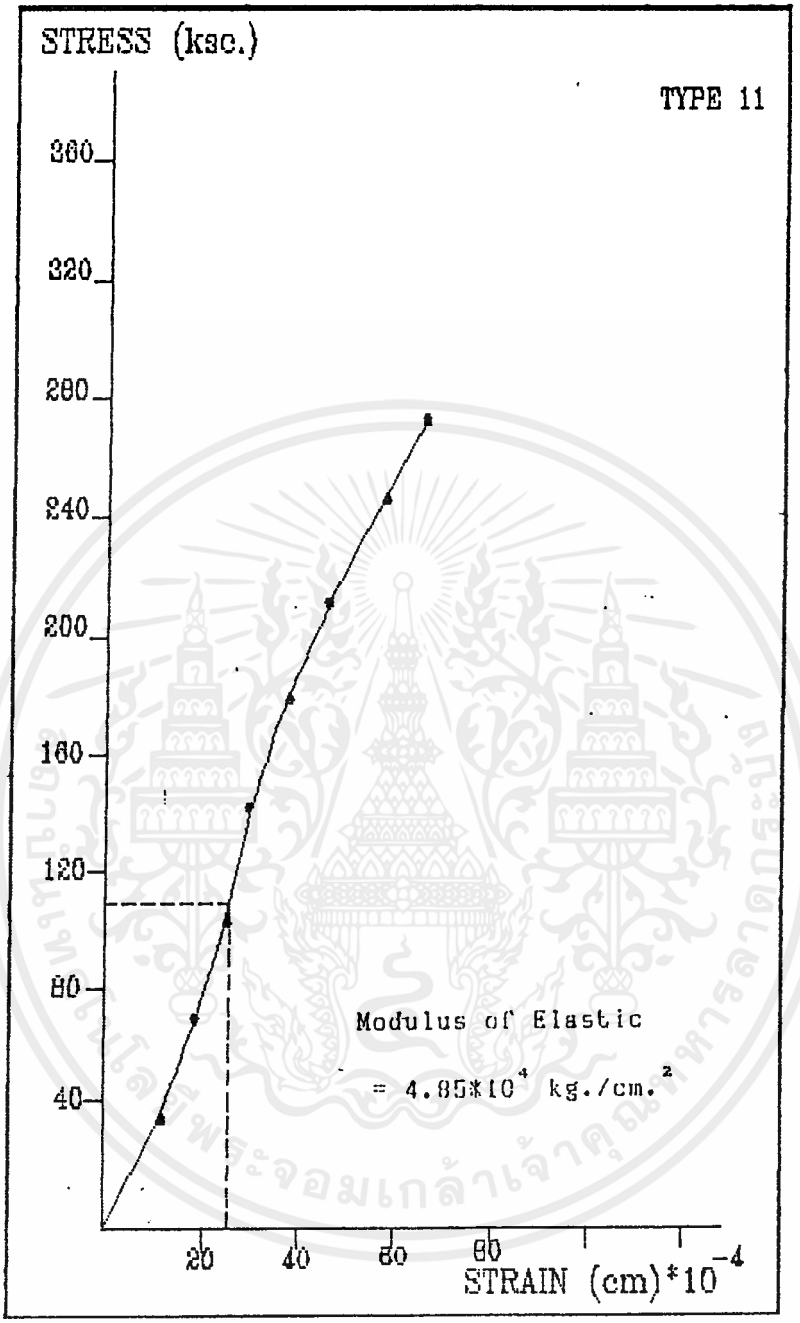


รูปที่ 4.14

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

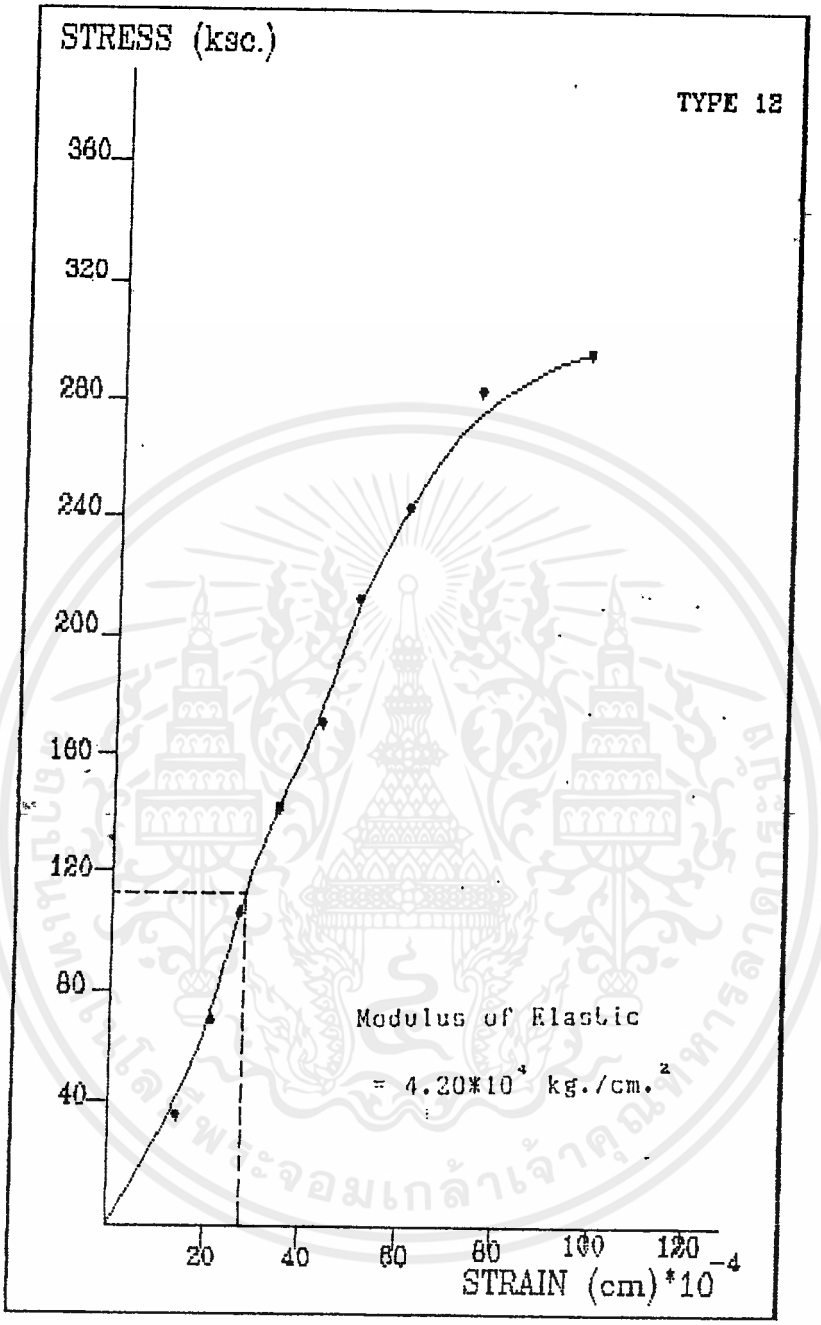


รูปที่ 4.15

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stress & Strain

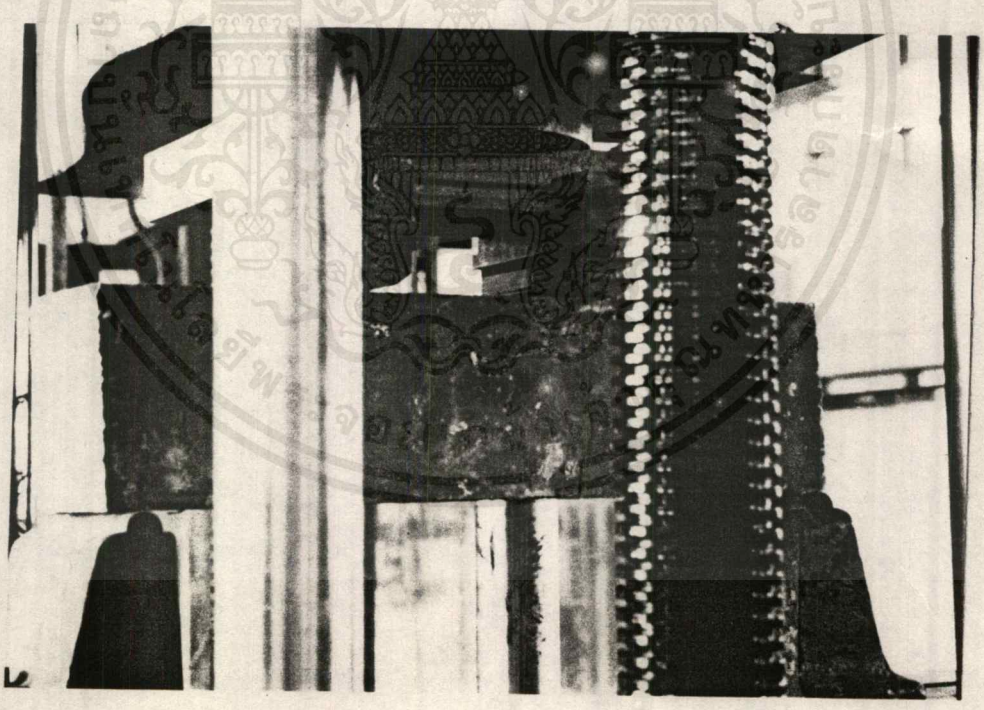
และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสูตรที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ผลการทดลองหาค่ากำลังรับแรงดัด และกำลังรับแรงดึง

เนื่องจากหน่วยกำลังรับแรงดัด และหน่วยกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับหน่วยกำลังรับแรงอัด ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.18 ก็เป็นไปตามทฤษฎีนี้ โดยหน่วยกำลังรับแรงดัดมีค่าเฉลี่ยประมาณ 22.52 % ของหน่วยกำลังรับแรงอัด และหน่วยกำลังรับแรงดึงมีค่าเฉลี่ยประมาณ 11.24 % ของหน่วยกำลังรับแรงอัด

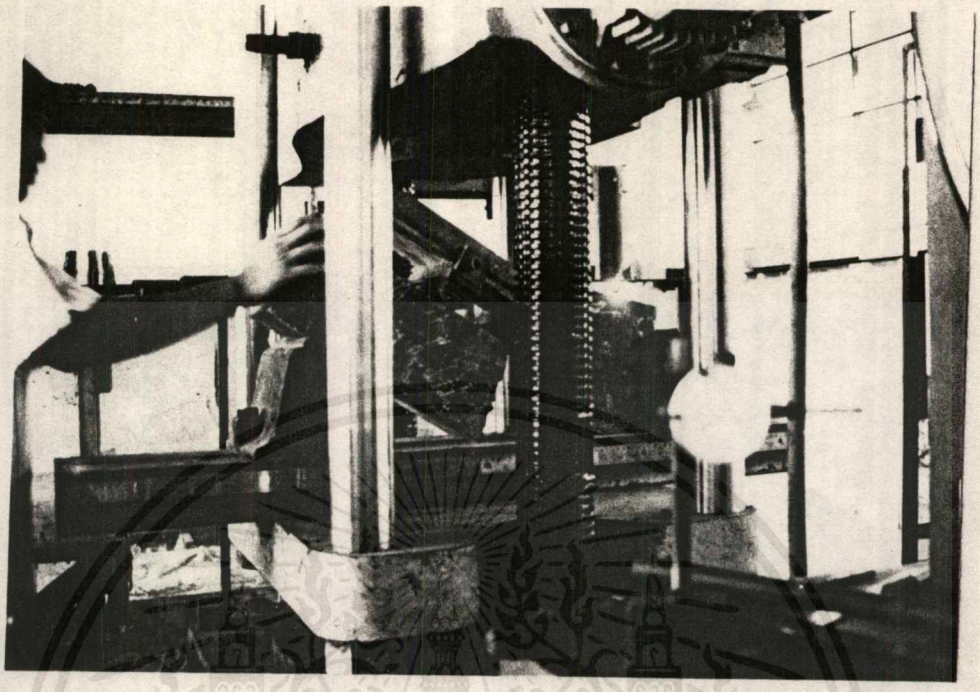
ลักษณะของคานคอนกรีตที่ทดสอบและลักษณะการแตกหัก ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.17-4.19 โดยที่คานจะหักในช่วงกลาง ส่วนลักษณะการแตกหักของแท่งคอนกรีตที่ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึง จะแตกเป็นแนวยาวขนานกับตัวแท่งคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 4.20-4.21



รูปที่ 4.17

แสดงการแตกร้าวของคานคอนกรีต เมื่อได้รับแรงดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



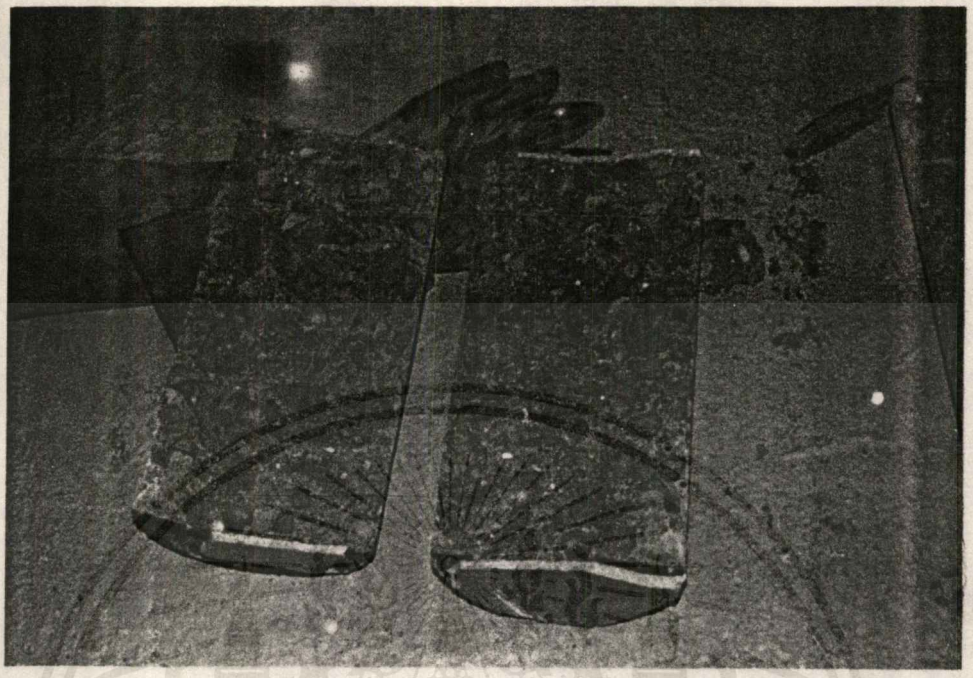
รูปที่ 4.18

แสดงลักษณะการหักของคานคอนกรีต เมื่อได้รับแรงดัด

รูปที่ 4.19

แสดงลักษณะเนื้อในของคานคอนกรีตที่หัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20

แสดงการหักของแท่งคอนกรีต เมื่อได้รับแรงดึง

รูปที่ 4.21

แสดงลักษณะเนื้อในของแท่งคอนกรีตที่หัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18

แสดงผลการทดสอบการรับแรงดัดและแรงดึง

TYPE OF CONCRETE	SPLITTING TENSILE STRENGTH (ksc.)	FLEXURAL STRENGTH (ksc.)
1	12.99	28.10
2	24.57	45.32
3	28.75	57.45
4	31.16	72.17
5	19.21	38.56
6	25.74	49.21
7	34.42	55.52
8	37.21	81.13
9	15.82	35.38
10	19.25	47.96
11	30.10	50.00
12	36.32	67.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 ผลการทดลองหาค่าหน่วยน้ำหนักและการดูดซึมน้ำของคอนกรีต

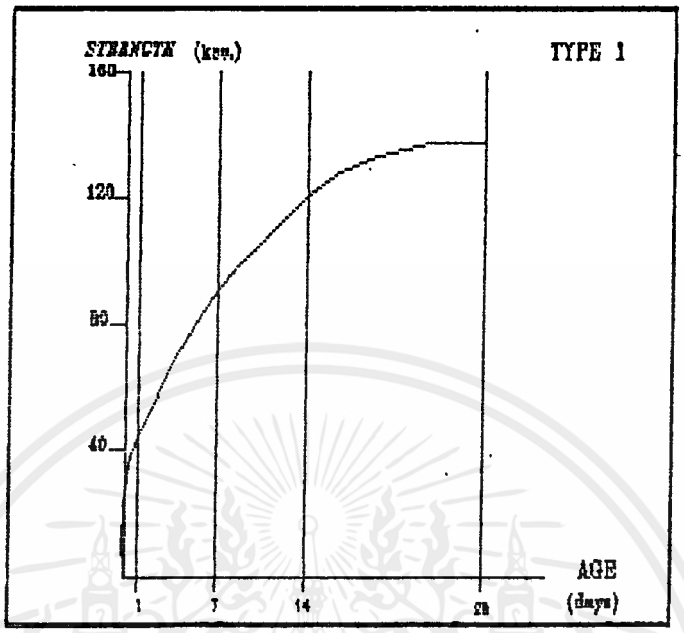
จากผลการทดลองที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.19 จะได้ว่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตมีค่าตั้งแต่ 2080 ถึง 2230 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตมีค่าอยู่ระหว่าง 2.31 ถึง 4.23 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสัดส่วนผสมของคอนกรีตในแต่ละสูตร

ตารางที่ 4.19

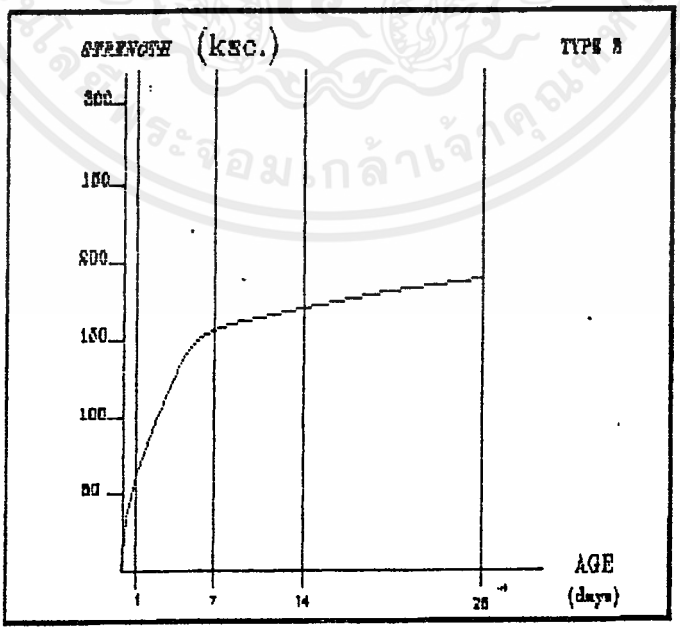
แสดงหน่วยน้ำหนักและการดูดซึมน้ำของคอนกรีต

TYPE OF CONCRETE	UNIT WEIGHT (kg)	PERCENT ABSORPTION
1	2080	3.10
2	2085	3.27
3	2097	3.64
4	2108	4.23
5	2141	2.90
6	2150	2.94
7	2162	3.24
8	2175	3.50
9	2180	2.31
10	2197	2.75
11	2219	2.81
12	2230	3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

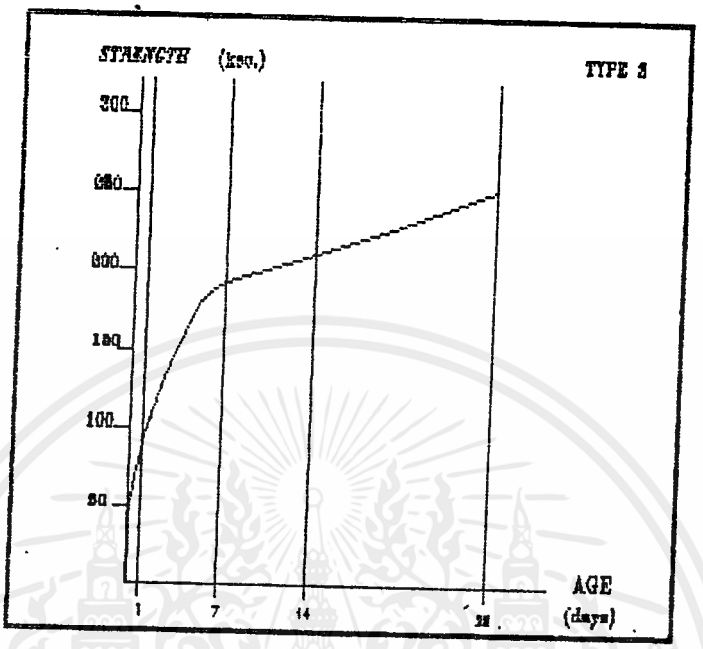


รูปที่ 4.22
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต



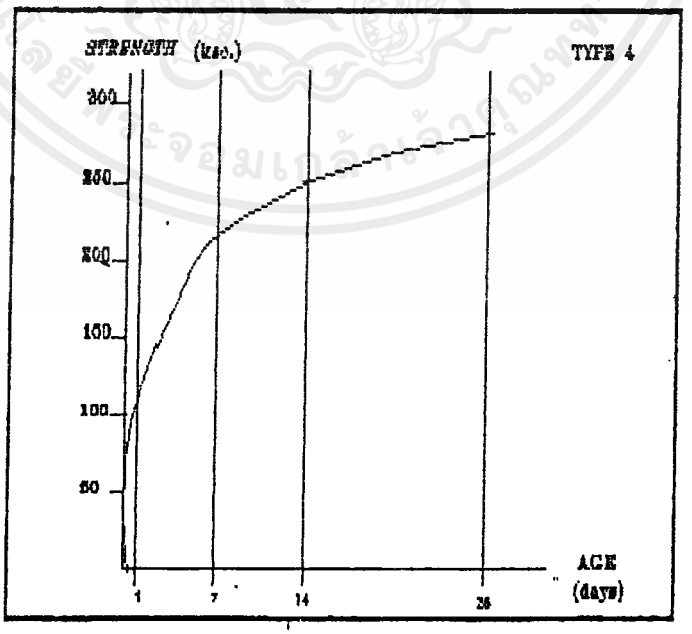
รูปที่ 4.23
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24

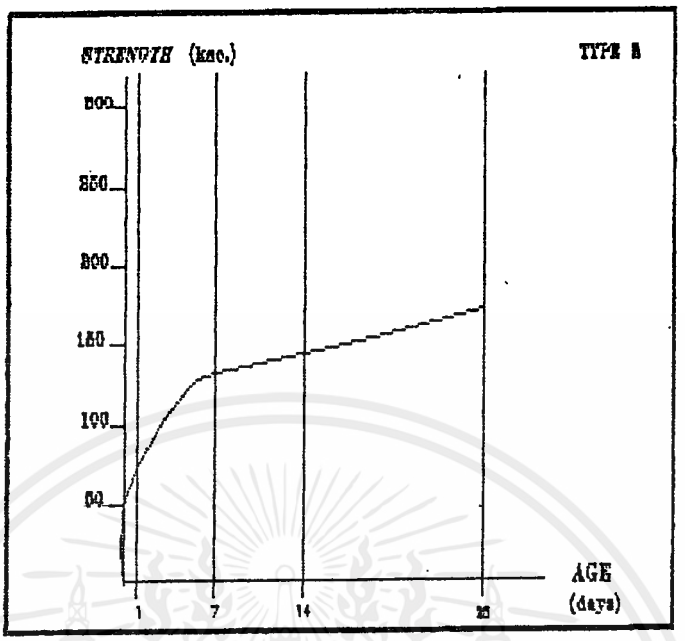
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต



รูปที่ 4.25

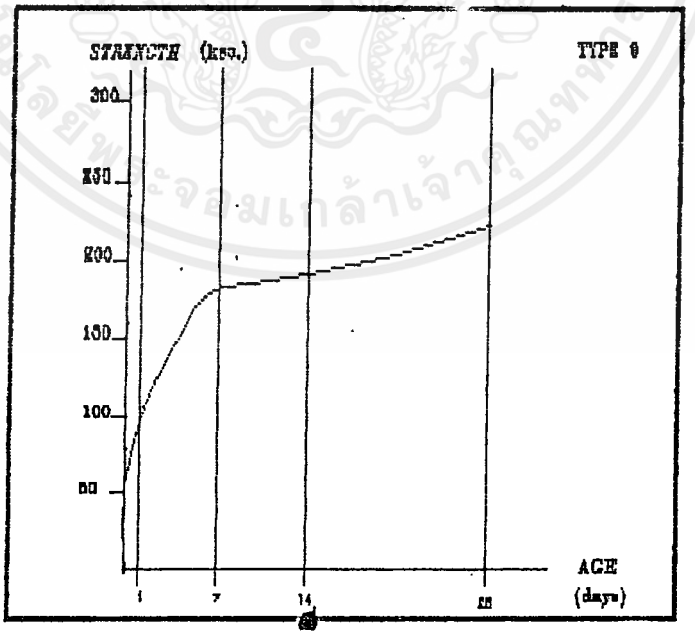
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26

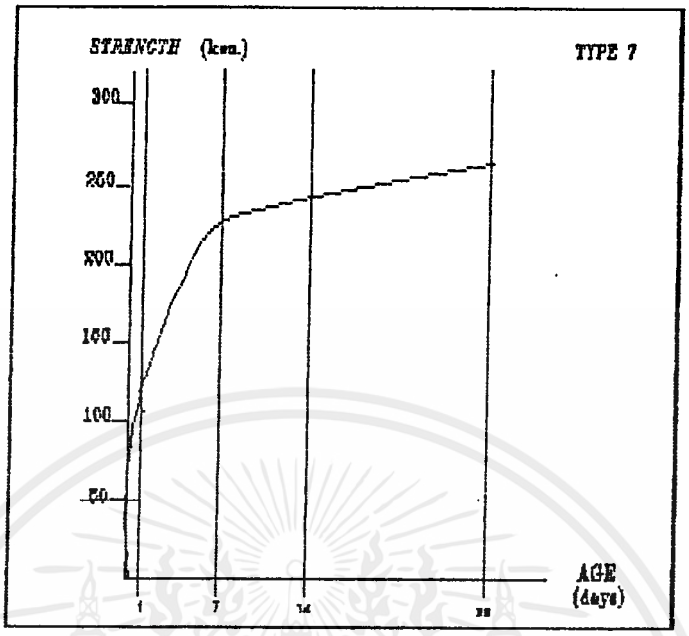
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต



รูปที่ 4.27

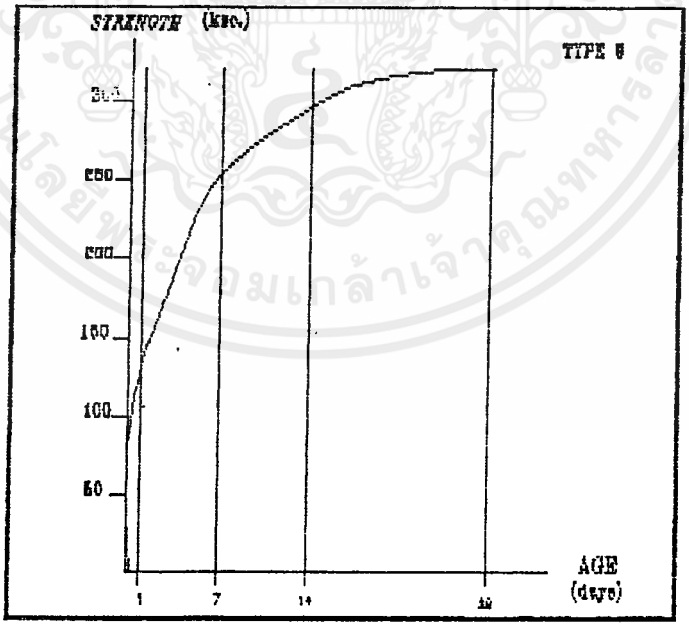
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28

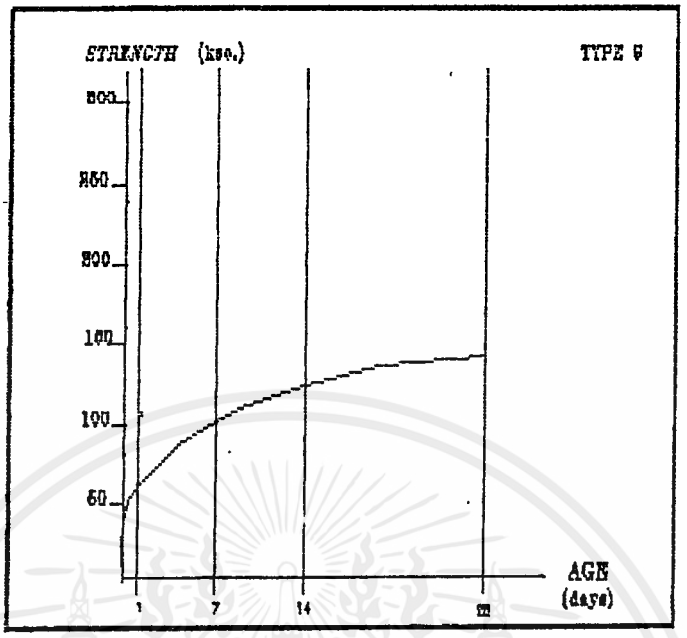
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต



รูปที่ 4.29

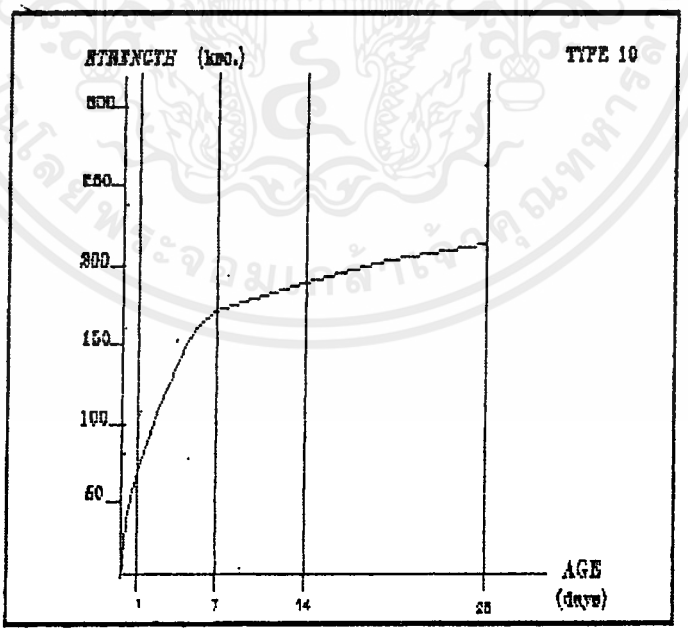
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30

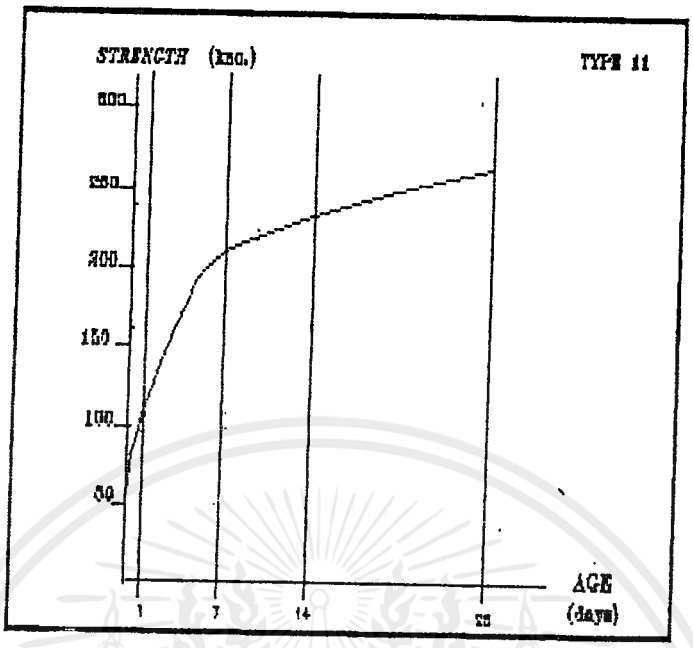
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต



รูปที่ 4.31

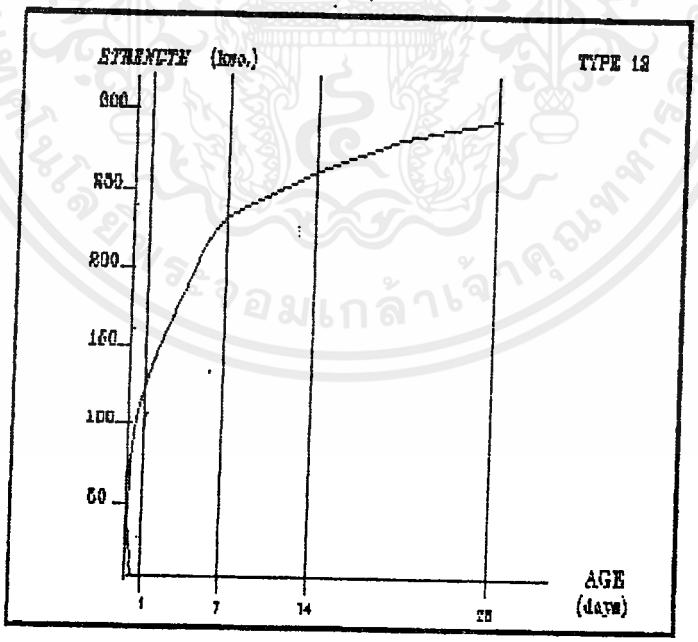
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต



รูปที่ 4.33

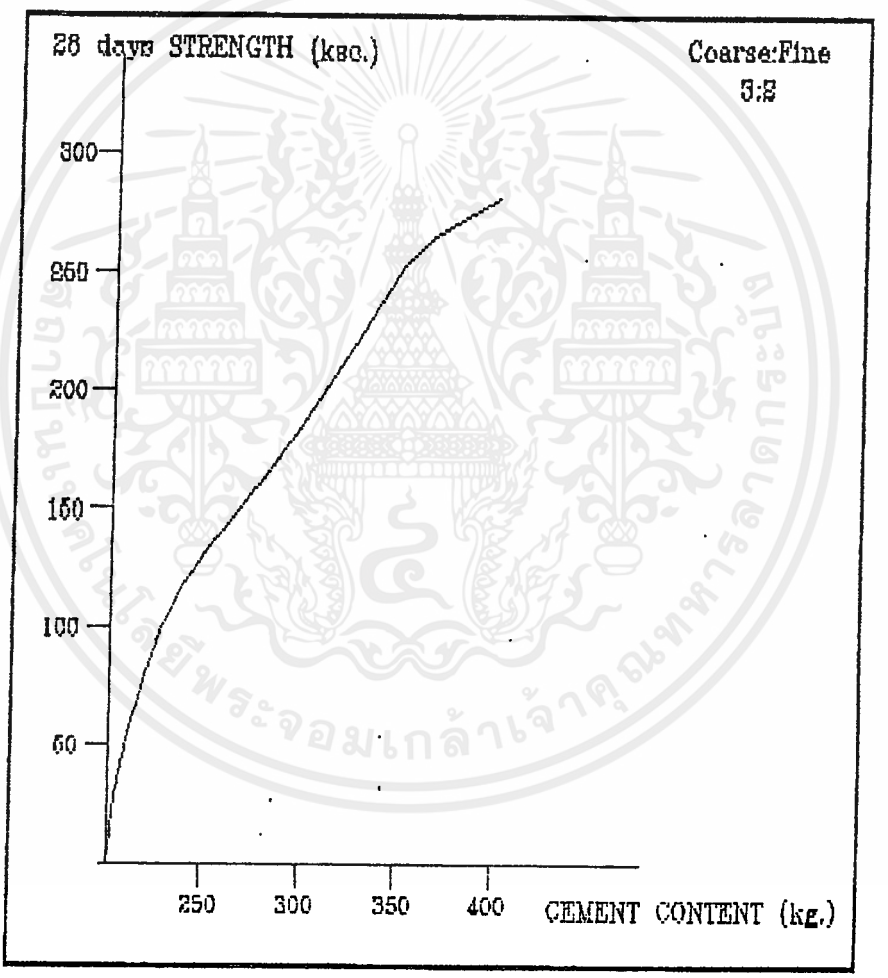
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.34

แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกับปริมาณซีเมนต์

เมื่อใช้สัดส่วนผสมระหว่างวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 3:2

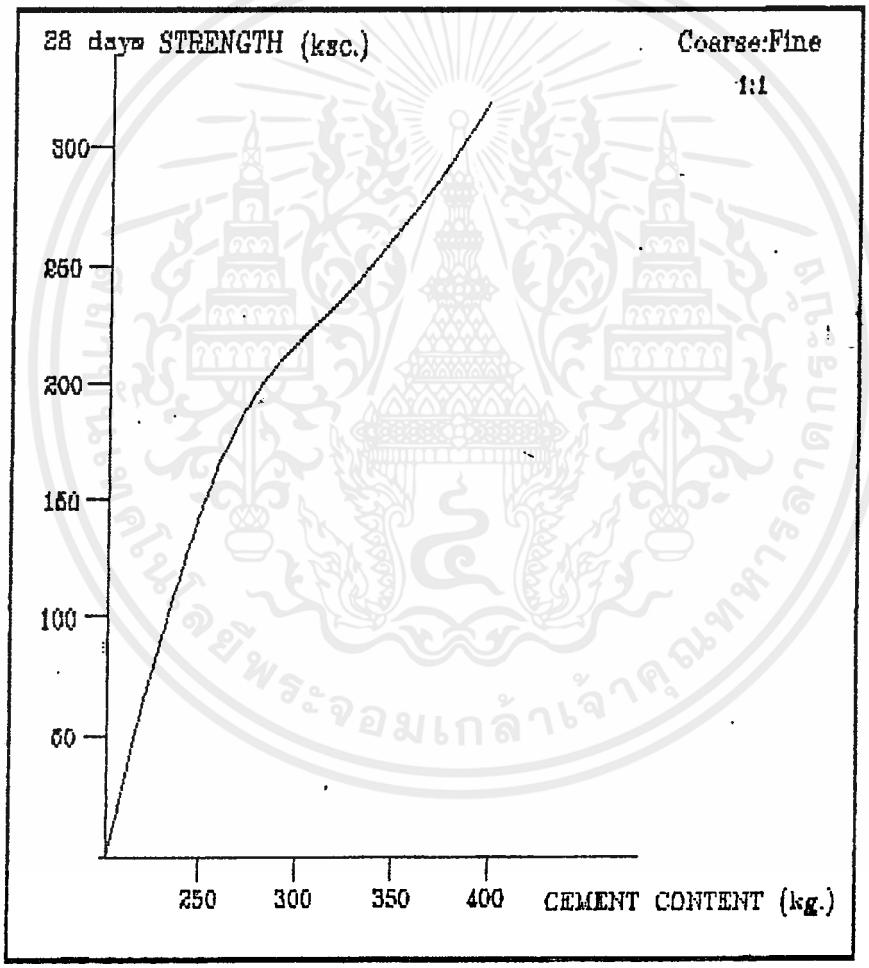


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.35

แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกับปริมาณซีเมนต์

เมื่อใช้สัดส่วนผสมระหว่างวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 1:1

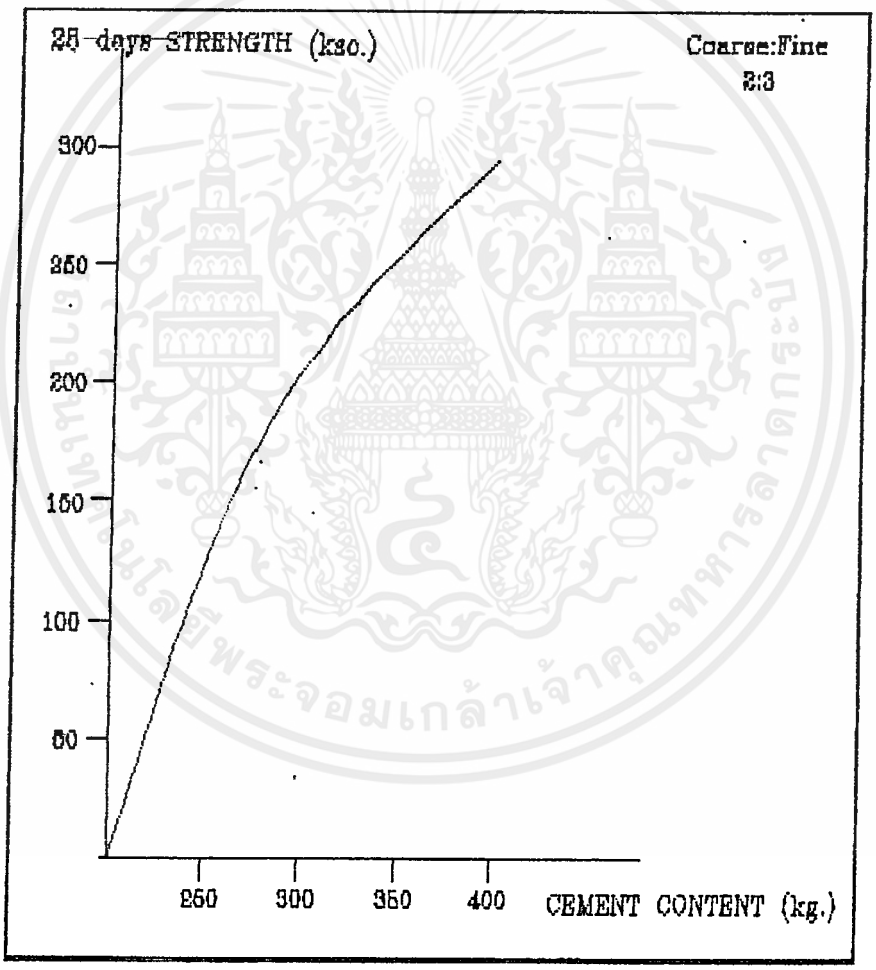


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.36

แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกับปริมาณซีเมนต์

เมื่อใช้สัดส่วนผสมระหว่างวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 2:3

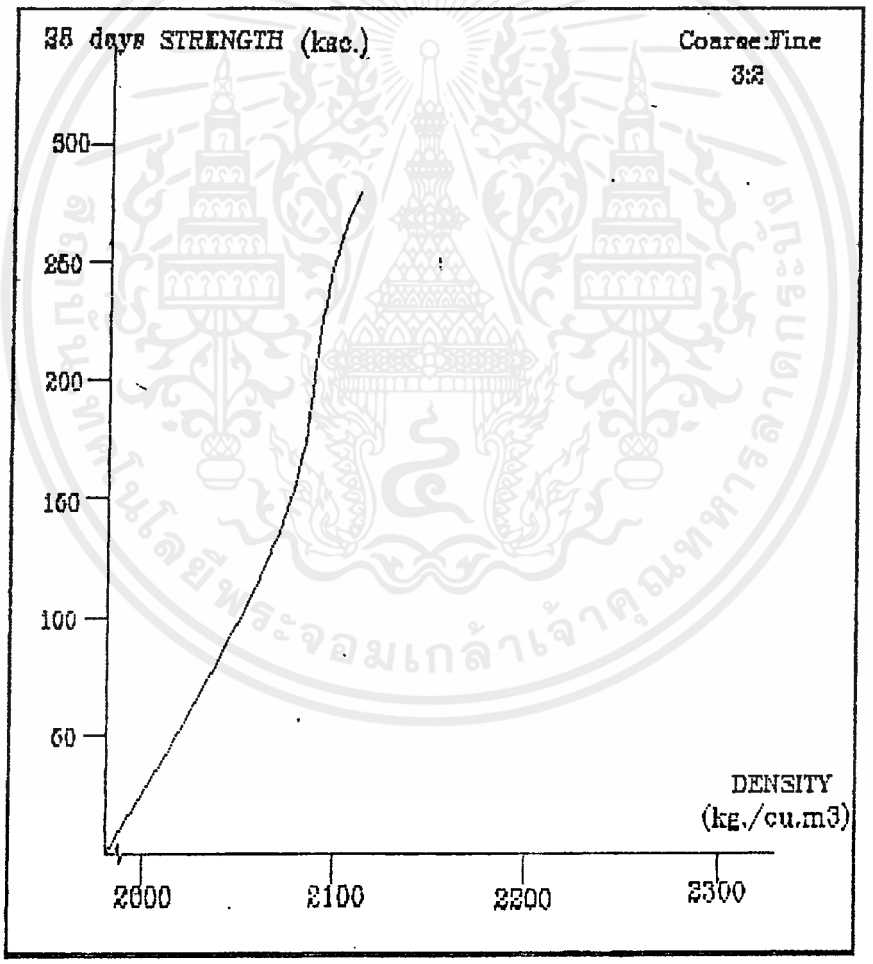


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.37

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีต

เมื่อใช้สัดส่วนวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 3:2

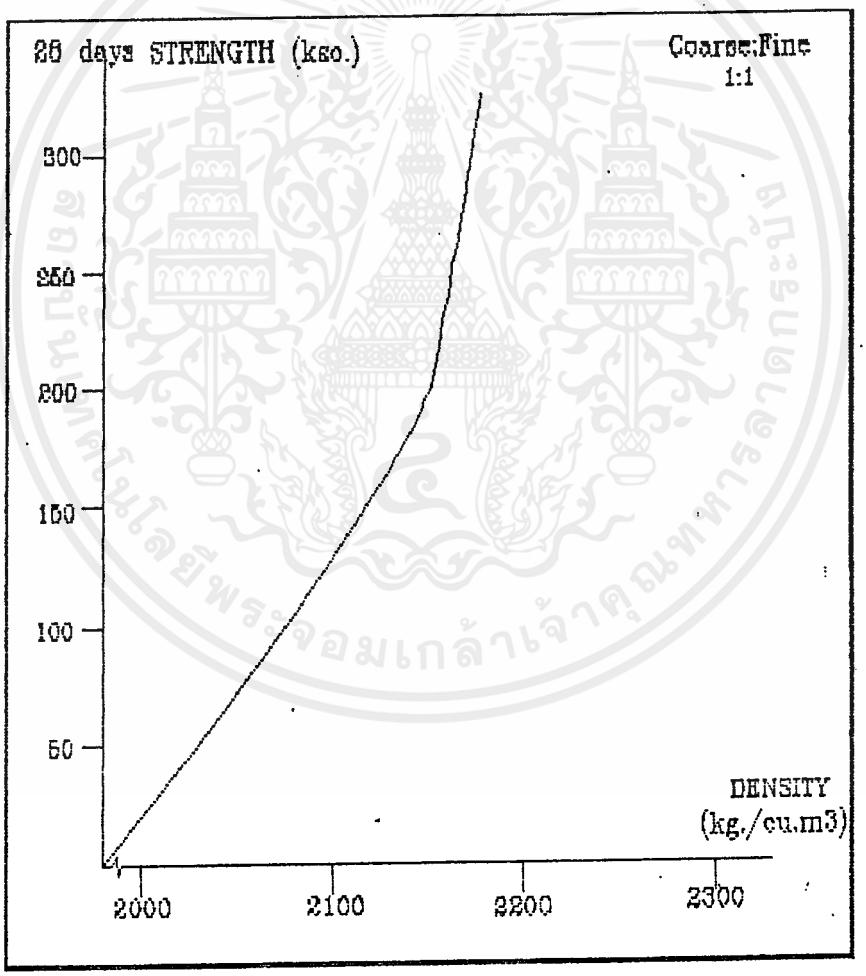


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.38

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีต

เมื่อใช้สัดส่วนวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 1:1

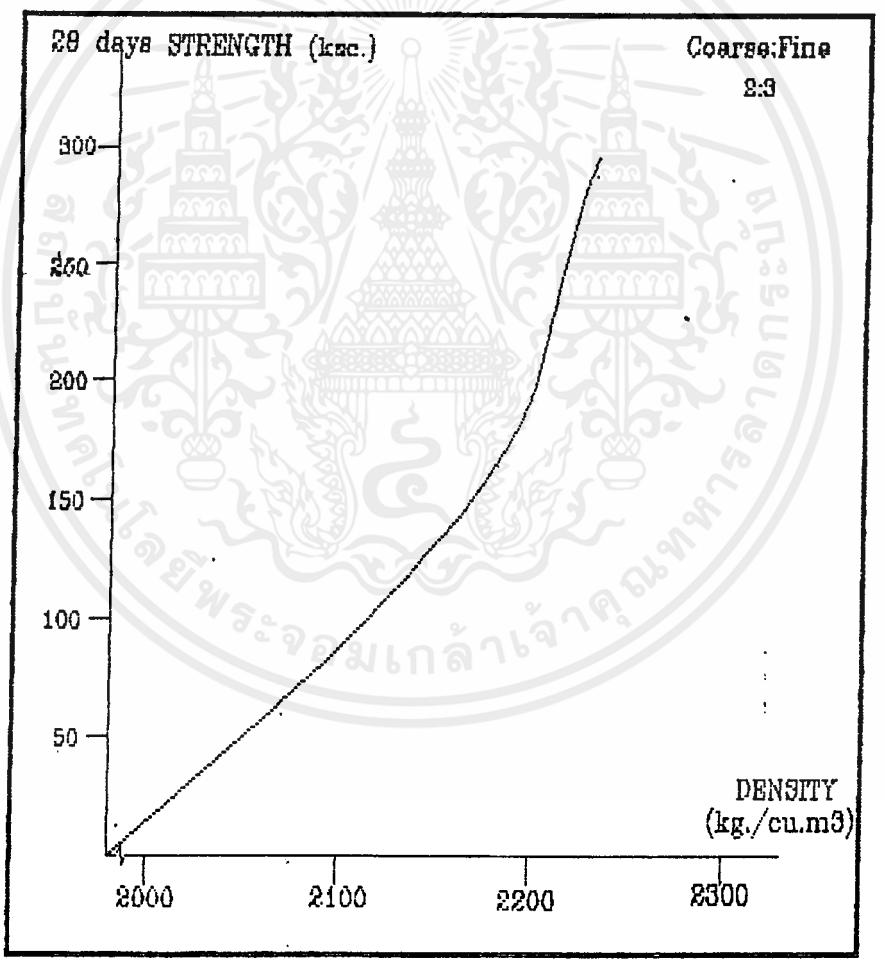


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.39

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีต

เมื่อใช้สัดส่วนวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 2:3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากผลการทดลองในการศึกษา การนำดินเหนียวเผามาใช้ในการทำคอนกรีต มีผลสรุปที่สำคัญดังนี้

5.1.1 คุณสมบัติของเม็ดดินเหนียวเผา(วัสดุผสมหยาบ)

เม็ดดินเผามีความถ่วงจำเพาะ 1.83 มีอัตราการดูดซึมน้ำ 6.19 % มีหน่วยน้ำหนัก(อัดแน่น) 937.58 กก./ม.^{3} มีอัตราการสึกหรอเท่ากับ 13.59 %

5.1.2 คุณสมบัติของคอนกรีต เมื่อใช้สัดส่วนวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 3:2

1. คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัด ประมาณระหว่าง 136.77 ถึง 283.27 ksc.
2. คอนกรีตมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นระหว่าง 3.4 ถึง 4.73*10^4 kg./cm.^{2}
3. คอนกรีตมีค่ากำลังรับแรงดัดต่ำสุดประมาณ 28.10 ksc. และสูงสุดประมาณ 72.17 ksc.
4. คอนกรีตมีค่ากำลังรับแรงดึงต่ำสุดประมาณ 12.99 ksc. และสูงสุดประมาณ 31.16 ksc.
5. คอนกรีตมีค่าหน่วยน้ำหนัก ประมาณระหว่าง 2080 ถึง 2108 kg./m.^{3}
6. คอนกรีตมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำต่ำสุดประมาณ 3.10 % และสูงสุดประมาณ 4.23 %

5.1.3 คุณสมบัติของคอนกรีต เมื่อใช้สัดส่วนวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 1:1

1. คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัด ประมาณระหว่าง 175.26 ถึง 324.51 ksc.
2. คอนกรีตมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นระหว่าง 3.71 ถึง 4.38*10^4 kg./cm.^{2}
3. คอนกรีตมีค่ากำลังรับแรงดัดต่ำสุดประมาณ 38.56 ksc. และสูงสุดประมาณ 81.13 ksc.
4. คอนกรีตมีค่ากำลังรับแรงดึงต่ำสุดประมาณ 19.21 ksc. และสูงสุดประมาณ 37.21 ksc.
5. คอนกรีตมีค่าหน่วยน้ำหนัก ประมาณระหว่าง 2141 ถึง 2175 kg./m.^{3}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คอนกรีตมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำต่ำสุดประมาณ 2.90 % และสูงสุดประมาณ 3.50 %

5.1.4 คุณสมบัติของคอนกรีต เมื่อใช้สัดส่วนวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 2:3

1. คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัด ประมาณระหว่าง 144.06 ถึง 293.81 ksc.
2. คอนกรีตมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นระหว่าง 4.20 ถึง $5.76*10^{4}$ kg./cm.^{3}
3. คอนกรีตมีค่ากำลังรับแรงดัดต่ำสุดประมาณ 35.38 ksc. และสูงสุดประมาณ 67.34 ksc.
4. คอนกรีตมีค่ากำลังรับแรงดึงต่ำสุดประมาณ 15.82 ksc. และสูงสุดประมาณ 36.32 ksc.
5. คอนกรีตมีค่าหน่วยน้ำหนักประมาณระหว่าง 2180 ถึง 2230 kg./m.^{3}
6. คอนกรีตมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำต่ำสุดประมาณ 2.31 % และสูงสุดประมาณ 3.10 %

สรุปได้ว่าคอนกรีตที่ทำจากเม็ดดินเผานี้ มีความแข็งแรงพอที่จะนำไปใช้งานได้ โดยคอนกรีตที่ใช้สัดส่วนผสมของวัสดุผสมหยาบต่อละเอียดเป็น 1:1 จะให้คอนกรีตที่รับกำลังอัดได้สูงที่สุด แต่หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตยังค่อนข้างสูง

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อ

1. ทดลองผสมคอนกรีตโดยใช้สัดส่วนผสม 1:2:4 โดยปริมาตร เพื่อให้คอนกรีตที่ได้ มีสูตรผสมใกล้เคียงกับคอนกรีตธรรมดาที่ใช้งานทั่วไป และเพื่อให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาขึ้น
2. ศึกษาแรงยึดเหนี่ยวต่อเหล็กเสริม เมื่อใช้ทำเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ACI Committee 211 , " ACI Manual of Concrete Practice " , ACI 211.2-81 , 1985 .
2. F.S. Fulton , " Concrete Technology " , The Portland Cement Institute . '961 , pp. 452-454 .
3. A.M. Neville & J.J. Brooks , " Concrete Technology " , Longman Group UK. Limited , 1987 , pp. 345-361.
4. American Standard Testing Materials , " Annual Book of ASTM Standards " , ASTM c 330-89 , 1991.
5. F.H. Clews , " Heavy Clay Technology " , Academic Press , 2nd Edition , 1969 .
6. วินิต ช่ออิเชียร , " คอนกรีตเทคโนโลยี " , 2529 .
7. M.L. Gambhir , " Concrete Technology " , Mc Graw-hill , 1986 .
8. F.D. Orchard , " Volume I Properties of Materials " , Applied Science Publishers LTD.
9. Sidney Mindess and J. Francis Young , " Concrete " , Prentice-Hall , 1981.
10. P. Kumar Mehta, " Concrete : Structure , Properties , and Materials , Prentice Hall , 1986.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้