ผลของสารประกอบแคลเซี่ยมต่อการก่อตัว
และรับกำลังของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
Result of compound of calcium on setting
and strength of Portland Cement

โดย

นายพิทักษ์ชน บุตะเขียว รหัส 33100256

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033313

RESULT OF COMPOUND OF CALCIUM ON SETTING AND STRENGTH OF PORTLAND CEMENT

MR.PITAKCHON BOOTAKHIEO

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ ผลของสารประกอบแคลเซียมต่อการก่อตัว และรับกำลังของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

นักศึกษา นายพิทักษ์ชน บุตะเขียว รหัสประจำตัว 33100256

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อ.เกษม อมันตกุล	.....
อ.จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง	.....
อ.สมชาย สำลีรางค์กุล	.....
ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ	.....

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

.....

(นายสุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 8 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของสารประกอบแคลเซียมต่อการก่อตัว และรับกำลังของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

Result of compound of calcium on setting and Strength of Portland Cement

โดย นายพิทักษ์ชน บุตะเขียว รหัส 33100256
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ ได้ทำการศึกษาผลของสารประกอบแคลเซียมต่อระยะเวลาการก่อตัว และรับกำลังของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ สารเคมีที่นำมาใช้ทดสอบเป็นสารประกอบประเภทอินทรีย์ 3 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมซัลเฟต และสารประกอบประเภทอินทรีย์อีก 2 ชนิดคือ แคลเซียมฟอร์เมต และแคลเซียมอะซีเตต โดยทำการผสมในปริมาณ 1,2 และ 3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ทำการทดสอบระยะเวลาก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ และกำลังรับแรงอัดของลูกบาศก์มอร์ต้า ขนาด 5x5x5 ซม. โดยทำการหล่อแล้วบ่ม ที่อายุ 1,3 และ 7 วันโดยใช้สารเคมีที่ต่างชนิดและปริมาณผสมต่างกันเปรียบเทียบกับชุดมาตรฐานซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1 ไม่ได้ผสมสาร และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 3

ABSTRACT

This special project is a study on the effect of compound of calcium on setting and strength of Portland Cement There inorganic compound are calcium chloride, calcium carbonate and calcium sulfate and two organic compound are calcium formate and calcium accetate contain were used 1,2 and 3% by weight of cement

Test for setting time of cement paste and compressive strength of cement mortar were tested using 5x5x5 cm. cubes. Mix and cured untill the ages of test at 1,3 and 7 days containing chemical different types and dosages compare with standard test are portland cement type I that noncontain chemical and portland Cement type III

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่ศึกษา 1

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการทดลอง 2

บทที่ 2 ทฤษฎีทั่วไป 3

2.1 ซีเมนต์ 3

2.2 ซีเมนต์เพสต์ 3

2.3 ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์ 6

2.4 การก่อตัวและเวลาก่อตัว 7

2.5 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 8

2.6 สารผสมเพิ่ม 10

2.6.1 ประเภทสารผสมเพิ่ม 11

2.7 สารเร่งการก่อตัว 12

2.7.1 คำนำ 12

2.7.2 ชนิดของสารเร่งการก่อตัว 13

บทที่ 3 การทดลอง 15

3.1 แผนการทดลอง 15

3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง 15

3.2.1 สารเคมี 15

3.2.2 ปูนซีเมนต์ 16

3.2.3 ทราย 16

3.2.4 น้ำ 16

3.3 ขั้นตอนการทดสอบระยะเวลาการก่อตัว 16

3.3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 16

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างและทดสอบ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

3.4 ขั้นตอนการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า 18

3.4.1 วัสดุและอุปกรณ์ 18

3.4.2 การเตรียมตัวอย่าง 19

3.4.3 การดำเนินการทดสอบ 21

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 22

4.1 ผลการทดสบระยะเวลาการก่อตัว 22

4.2 ผลการทดสอบแรงอัดของมอร์ต้า 25

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผล 32

5.1 ระยะเวลาการก่อตัว 32

5.1.1 วิเคราะห์ผล 32

5.1.2 สรุปผล 33

5.2 กำลังรับแรงอัด 34

5.2.1 วิเคราะห์ผล 34

5.2.2 สรุปผล 37

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางประกอบ

เรื่อง หน้า

ตาราง 2.1 ลักษณะของปฏิกิริยาไฮเดรชั่น..... 7

ตาราง 4.1 ผลการทดสอบความข้นเหลวที่เหมาะสมของปูนซีเมนต์ 22

ตาราง 4.2 ผลการทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของปูนซีเมนต์ 23

ตาราง 4.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า 25

ก) ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 3 25

ข) ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1ไม่ผสมสาร 26

ค) ผสมแคลเซียมคลอไรด์ 27

ง) ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 28

จ) ผสมแคลเซียมซัลเฟต 29

ฉ) ผสมแคลเซียมฟอร์เมต 30

ช) ผสมแคลเซียมอะซิเตต 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่ศึกษา

ประเทศไทยกำลังเป็นประเทศที่ก้าวสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเป็นประเทศอุตสาหกรรมในปัจจุบันอุตสาหกรรมการก่อสร้างได้มีการพัฒนาไปอย่างกว้างขวางได้มีการคิดค้นการใช้สารต่าง ๆ ผสมลงไปในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางอย่างของคอนกรีตให้เป็นไปตามความต้องการ สารที่ใช้ผสมนี้เรียกว่า สารผสมเพิ่ม (Admixtures)

บางครั้งในงานก่อสร้างเราต้องการงานอย่างเร่งด่วน เช่น งานซ่อมแซมโครงสร้าง ใช้อุดรูรั่วในเนื้อคอนกรีต การอัดฉีดประสานรอยต่อของคอนกรีต หรืองานก่อสร้าง ที่ต้องการให้แล้วเสร็จในเวลาอันสั้น การทำเสาเข็มธรรมดา เสาคอนกรีตอัดแรง เป็นต้น ดังนั้นเราจึงจำเป็นที่จะต้องให้คอนกรีตนั้นมีการแข็งตัวและมีกำลังรับแรงเร็วขึ้น วิธีที่นิยมใช้เร่งปฏิกิริยาของคอนกรีต วิธีหนึ่ง คือ การใส่สารผสมเพิ่มลงไปในการผสมคอนกรีต สารผสมเพิ่มนี้เรียกว่า สารเร่งการก่อตัว (Accelerating Admixtures)

การใช้สารเร่งการก่อตัวผสมลงไปในคอนกรีตนั้น เป็นปัญหามากสำหรับวิศวกรในการใช้งาน เช่น การกำหนดสัดส่วนผสมของสารเร่งการก่อตัวที่เหมาะสมเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ และเป็นปัญหาของปฏิกิริยาเคมีที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตและเหล็กเสริม ซึ่งสารเหล่านี้ ส่วนใหญ่จะเพิ่มความหดตัวในคอนกรีตขณะแข็งตัว ทำให้เกิดรอยร้าวขึ้น ดังนั้นในการใช้สารเร่งการก่อตัว ควรจะคำนึงปัจจัยและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ โดยเฉพาะการเลือกชนิดของสารเร่งการก่อตัวและสัดส่วนในการใช้งานให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ ด้วย เพื่อที่จะได้นำมาแทนการใช้ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 3 หรือสารเร่งการก่อตัวที่มีผลต่อคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในประเทศไทยสารประกอบคัลเซียมเป็นสารที่สามารถหาซื้อได้ง่ายและราคาไม่แพงนัก ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาและทดสอบสารประกอบของคัลเซียมที่จะมีผลในด้านการเร่งระยะเวลาก่อตัว และรับกำลังของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เปรียบเทียบกันที่ชนิดและปริมาณการผสม เพื่อใช้อ้างอิงกับงานจริง อีกทั้งด้านการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตให้ได้ผลตามต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์

ในการเร่งงานเพื่อที่จะได้ทำการถอดแบบได้เร็วขึ้น อาจใช้สารผสมเพิ่มชนิดสารเร่งการก่อตัว หรือใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 3 แต่ก็มีราคาที่สูงพอสมควร ดังนั้นน่าจะมีวิธีการใช้สารเคมีต่าง ๆ มาใช้ทดแทนกันได้เช่น การใช้แคลเซียมคลอไรด์ เป็นสารเร่งการก่อตัว แต่สารชนิดนี้มีผลต่อเหล็กเสริม ดังนั้นในการศึกษาจึงมุ่งทำการศึกษาที่สารประกอบแคลเซียมชนิดอื่น ในแง่ของประสิทธิภาพของการเร่งการก่อตัว แต่ทั้งนี้ปริมาณที่ใช้ทำให้ประสิทธิภาพของการสารเคมีแต่ละชนิดไม่เท่ากันได้ จึงมุ่งทำการศึกษาถึงผลของสารเคมีเปรียบเทียบที่ปริมาณการใช้ที่แตกต่างกัน โดยปริมาณที่ผสมเท่ากับ 1, 2 และ 3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 ที่ใช้บ่มที่อายุ 1, 3 และ 7 วัน โดยนำผลการเปรียบเทียบกับชุดมาตรฐาน คือ ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 3 ในภาวะใกล้เคียงกัน ในด้านการรับกำลัง และราคาที่ใช้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีทั่วไป

2.1 ซีเมนต์

ข้อกำหนดมาตรฐานซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีอยู่ 5 ชนิดด้วยกัน ตามที่ได้กำหนดไว้ใน ASTM C 150 หรือมาตรฐานอุตสาหกรรมไทย มอก.15-2514 กล่าวได้โดยย่อ มีดังนี้ คือ

ชนิดที่ 1 เป็นซีเมนต์ธรรมดาโดยทั่ว ๆ ไป และใช้ในงานส่วนมาก

ชนิดที่ 2 มีปริมาณไตรแคลเซียมอลูมิเนท(C_3A) น้อยกว่าในชนิดที่ 1 และให้ความร้อนน้อยกว่า และมีความต้านทานสารพวกซัลเฟตได้สูงกว่า แต่ปริมาณ (C_3A)จะต้องไม่เกินร้อยละ 8

ชนิดที่ 3 เป็นซีเมนต์ที่ให้กำลังสูง ในระยะแรก ผลิตโดยใช้การบดอย่างละเอียด และ/หรือ เพิ่มปริมาณไตรแคลเซียมซิลิเคท (C_3S)และ (C_3A) ขึ้นอีก

ชนิดที่ 4 เป็นซีเมนต์ที่ให้ความร้อนต่ำ ทำขึ้นโดยใช้ (C_3A)น้อย แต่ใช้ (C_3S) มาก ซีเมนต์ชนิดนี้ใช้กันมากในการก่อสร้างพวกคอนกรีตหลา เนื่องจากให้อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่าขณะแข็งตัว

ชนิดที่ 5 เป็นชนิดที่ต้านทานซัลเฟตได้ดี เพราะมีปริมาณ (C_3A)น้อยมาก ปกติไม่เกินร้อยละ 5 แต่ถ้าให้ดีไม่ควรเกินร้อยละ 4

2.2 ซีเมนต์เพสต์

หน้าที่ของซีเมนต์เพสต์มีกว้าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตเหลว (Fresh Concrete) ขณะเทหล่อคอนกรีต

ข. ให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อแข็งตัวและป้องกันการซึมของน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับ

- คุณภาพของซีเมนต์
- สัดส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ (W/C Ratio)
- ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาเคมี การรวมตัวระหว่างน้ำ และซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า ไฮเดรชั่น (Hydration) ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ อุณหภูมิ และความชื้นของสภาพแวดล้อม

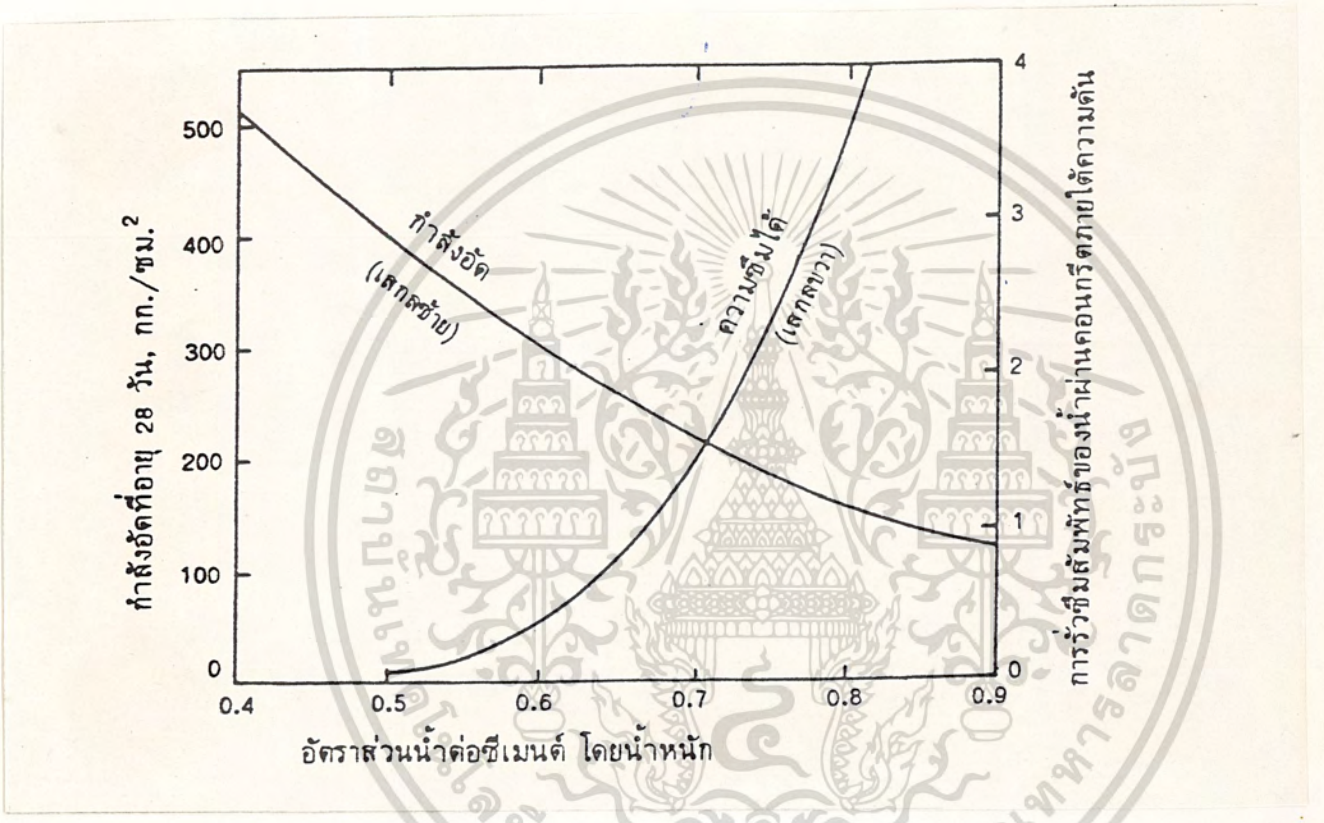
ค. องค์ประกอบของเพสต์

เนื่องจากเพสต์เป็นตัวหุ้ม และกันอนุภาคของมวลรวมแต่ละเม็ด ให้แยกออกห่างจากกัน กำลังของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับกำลังของเพสต์นั่นเอง เพสต์จะป้องกันไม่ให้มวลรวมขัดกัน ดังนั้นจึงไม่ได้ช่วยให้คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีกำลังสูงขึ้นแต่อย่างใด หน่วยแรงต่าง ๆ น้ำที่ไหลซึม หรือส่งประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับลมฟ้าอากาศ จะต้องกระทำผ่านเพสต์นี้ สารประกอบบางอย่างในเพสต์ที่แข็งตัวแล้วนี้ อาจจะละลายน้ำได้ และอัตราการละลายส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเพสต์ ถ้าเพสต์ยิ่งแน่นอัตราการละลายก็ยิ่งช้าลง ฉะนั้นเพสต์จะต้องแข็งแรงและแน่น โดยเฉพาะในงานคอนกรีตที่ต้องแช่น้ำตลอดเวลา

กำลังและความหนาแน่นของเพสต์ส่วนใหญ่ ขึ้นอยู่กับปริมาณแรกเริ่มของน้ำ ซึ่งบรรจุอยู่ในช่องว่างรอบเม็ดซีเมนต์ (ดูรูป 2.1) และขึ้นอยู่กับขนาดของปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำ ปริมาณน้ำซึ่งบรรจุในช่องว่างนี้ ปกติระบุในรูปของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และต้องกำหนดให้มีการบ่ม เพื่อเป็นหลักประกันว่าอย่างน้อยที่สุดจะต้องได้ปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำตามที่ต้องการ

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์นี้ เดิมมักระบุเป็นปริมาตรของน้ำเป็นลิตรต่อซีเมนต์หนึ่งถุง แต่ปัจจุบันใช้วิธีที่ดีกว่า คือ ระบุเป็นน้ำหนัก คือ กิโลกรัมของน้ำต่อซีเมนต์หนึ่งกิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.1 คอนกรีตที่มีอัตราส่วนเพสต์น้ำต่อซีเมนต์ต่ำ จะมีกำลังมากกว่า และจะกันซึมได้ดีกว่า รูปนี้ใช้สำหรับแสดงประกอบ เพื่อให้เห็นรูปร่างของเส้นโค้งเท่านั้น ค่าต่าง ๆ จะผิดไปตามชนิดของวัสดุและสภาพของการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์

เมื่อผสมซีเมนต์และน้ำเข้าด้วยกัน สารประกอบจะเริ่มทำปฏิกิริยาเคมีได้สารประกอบใหญ่แข็งตัวรวมกันในที่สุด เราเรียก ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบเหล่านี้ และน้ำรวม ๆ กันว่า "ไฮเดรชั่น (Hydration)" และของแข็งที่เกิดขึ้น เรียกว่า Hydration Products ดังในตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะของปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของสารประกอบแต่ละชนิดในซีเมนต์

ไฮเดรชั่นเป็นปฏิกิริยาชนิดที่ให้ความร้อน ดังนั้นจะมีความร้อนเกิดขึ้นในระหว่างที่คอนกรีตกำลังแข็งตัว ระดับอุณหภูมิภายในคอนกรีต จะขึ้นอยู่กับการให้ความร้อนของปฏิกิริยา และอัตราการเย็นตัวลงของคอนกรีต อัตราความร้อนจากปฏิกิริยา เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้นักเคมีซีเมนต์เข้าใจถึง ลักษณะของปฏิกิริยาได้ดีขึ้น และป้องกันผลเสียจากการหดตัวของคอนกรีต เมื่ออุณหภูมิลดลง ซึ่งอาจทำให้เกิดรอยแตกร้าวเพราะแรงดึงภายในที่เกิดขึ้นจากการหดตัวดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

ชนิดของสารประกอบ	อัตราความเร็วของปฏิกิริยา	ปริมาณความร้อนจากปฏิกิริยา	ผลต่อคุณภาพของซีเมนต์	
			กำลัง	ความร้อน
C_3S	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สูง
C_2S	ช้า	ต่ำ	ต่ำในระยะต้น สูงในระยะยาว	ต่ำ
$C_3S + CSH_2$	เร็ว	สูงมาก	ต่ำ	สูงมาก
$C_2S + CSH_2$	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง

2.4 การก่อตัวและเวลาการก่อตัว (Setting and Setting Time)

เมื่อปูนซีเมนต์ผสมรวมกันกับน้ำจะได้ซีเมนต์เพสต์(Cement Paete) มีลักษณะนุ่มเหลว ปั้นง่าย ถ้าปล่อยทิ้งไว้โดยไม่รบกวน ในไม่ช้าซีเมนต์เพสต์จะสูญเสียความไม่คืนตัว และถึงสถานะที่ไม่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้โดยปราศจากการแตกหัก การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า การก่อตัวและการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ ตามปกติการก่อตัวเป็นก้อนแข็ง ในเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งเกิดการแข็งตัวตามมาโดยอาจใช้เวลาเป็นเดือน เป็นปี ซึ่งขึ้นอยู่กับการทำปฏิกิริยาทางเคมี ระหว่างซีเมนต์กับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

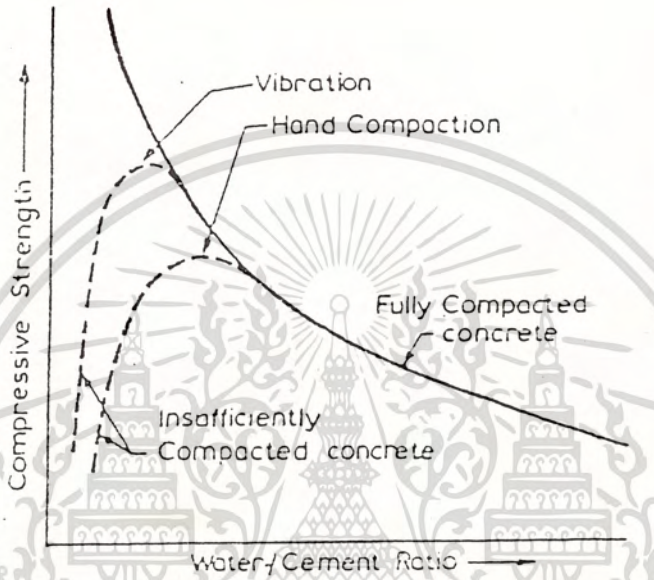
ระยะเวลาการก่อตัว (Time of Setting) หมายถึง เวลาที่ส่วนผสมของปูนซีเมนต์และน้ำ ใช้ในการเปลี่ยนจากสภาพเหลวไม่คืนตัว (Plastic State) เป็นก้อนแข็ง การทดลองการก่อตัวแบ่งออกเป็น 2 ขั้น คือ การเริ่มก่อตัว (Initial Set) และการก่อตัวเสร็จ (Final Set) ซึ่งทดสอบโดยการทดสอบแบบไวแคต (Vicat Test) หรือแบบกิลมอร์ (Gillmore Test) ซึ่งหาได้จากการจมของแข็ง ที่มีขนาด และน้ำหนักตามที่กำหนด ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15-2514/2517 ประเภทหนึ่ง ได้กำหนดไว้ว่าระยะเวลาเริ่มก่อตัว จะต้องไม่น้อยกว่า 45 นาที และระยะเวลาก่อตัวเสร็จต้องไม่มากกว่า 10 ชั่วโมง

โดยทั่วไปการก่อตัวจะเร็วขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ปริมาณน้ำส่วนผสมและขนาดของอนุภาคของปูนซีเมนต์ ยังมีผลต่อระยะเวลาการก่อตัวอีก การผสมเปียก จะทำให้การก่อตัวช้ากว่าการผสมแห้ง ถ้าลดปริมาณยิบซั่มลงระยะเวลาการก่อตัวจะน้อยลงอีก ปูนซีเมนต์ที่ละเอียดกว่า จะทำปฏิกิริยาทางเคมีเร็วขึ้น ทำให้การก่อตัวเร็วขึ้นด้วย

2.5 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water-Cement Ratio)

กำลังของคอนกรีตสูงขึ้น เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลดลง กฎของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (The Water-Cement Ratio Law) ถูกกำหนดขึ้นเป็นครั้งแรกโดยศาสตราจารย์ชาวอเมริกันผู้หนึ่ง ชื่อ Abrams เมื่อค.ศ.1918 ว่า "เมื่อให้วัสดุคอนกรีต และเงื่อนไขของการทดสอบ ปริมาณของน้ำจะใช้เป็นตัวกำหนด กำลังของคอนกรีต ถ้ามากจะทำให้การเททำได้ง่าย แต่กำลังของคอนกรีตจะน้อย"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดของคอนกรีต
กับอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
033312

จากกราฟจะเห็นว่า ยิ่งอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยลง กำลังคอนกรีตจะสูงขึ้น แต่การเทคอนกรีตจะทำได้ยากขึ้นด้วย ฉะนั้น การใช้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ก็ต้องคำนึงถึงขนาดโครงสร้าง ระยะห่างของเหล็กเสริม และความสามารถเทได้ (Workability)

หน้าที่ของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต คือ

1. ทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียก เพื่อปูนซีเมนต์จะเข้าเกาะโดยรอบ และแข็งตัวยึดให้ติดกันได้
2. ทำหน้าที่หล่อลื่น ในวัสดุทั้ง 3 อย่างนี้ เกิดความเหลว ความสามารถเท และกระทุ้ง หรือเขย่า เข้าแบบหล่อให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้
3. ทำหน้าที่เข้าผสมกับปูนซีเมนต์ ทำปฏิกิริยาทางเคมีแล้วเกิดความร้อนที่เรียกว่า Heat of Hydration ทำให้ผงซีเมนต์นั้นกลายเป็นวุ้นและเป็นซีเมนต์เหนียว ซึ่งเป็นตัวประสานผิว ระหว่างเม็ดของวัสดุผสมให้เกาะยึดแน่นเมื่อแข็งตัว

2.6 สารผสมเพิ่ม (Admixtures)

มาตรฐาน ASTM C125 ได้ให้คำนิยามของสารเคมีผสมเพิ่มว่า เป็นสารใด ๆ นอกเหนือไปจาก น้ำ ปูนซีเมนต์ ทรายและหิน ที่ใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตหรือมอริต้า ไม่ว่าจะก่อน หรือขณะผสม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ ไม่ว่า จะเป็นขณะที่ยังเหลวอยู่ หรือแข็งตัวแล้ว

สารผสมเพิ่มมีหลายชนิดที่ใช้กันในปัจจุบันแต่ที่นิยมใช้กันก็คือ สารเคมีผสมเพิ่ม ซึ่งถูกค้นพบครั้งแรก โดย Tucker, Winkler และSeripture ต่อมามีการวิจัย และทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของสารผสมเพิ่ม ที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตอย่างกว้างขวาง เป็นผลให้การใช้สารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมเพิ่มเป็นที่แพร่หลาย

2.6.1 ประเภทของสารผสมเพิ่ม

สารผสมเพิ่มนั้น แบ่งได้ตามชนิดของสารที่เป็นองค์ประกอบของสารผสมเพิ่มหรือแบ่งตามลักษณะประโยชน์ของการใช้งาน มาตรฐาน ASTM ได้แบ่งประเภทของสารผสมเพิ่มเป็น 4 ประเภท คือ

1. สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixture) เป็นสารประกอบเคมีที่ละลายน้ำได้ ใช้สำหรับลดความต้องการน้ำ และปรับเวลาในการก่อตัวและแข็งตัวของคอนกรีตสด มาตรฐาน ASTM C494-86 จำแนกสารเคมีผสมเพิ่มออกเป็น 7 ประเภท คือ

ประเภท A สารลดน้ำ (Water-Reducing Admixture)

ประเภท B สารหน่วงการก่อตัว (Retarding Admixture)

ประเภท C สารเร่งการก่อตัว (Accelerating Admixture)

ประเภท D สารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว (Water-Reducing and Retarding Admixture)

ประเภท E สารลดน้ำและเร่งการก่อตัว (Water-Reducing and Accelerating Admixture)

ประเภท F สารลดน้ำพิเศษ (Water-Reducing, High Range Admixture)

ประเภท G สารลดน้ำพิเศษและหน่วงการก่อตัว(Water-Reducing, High Range and Retarding Admixture)

2. สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture) มีลักษณะเป็นผงละเอียด ใช้สำหรับทำให้ความสามารถทำงานได้ และความทนทานดีขึ้น แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วัสดุที่เฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยา (Materials of Low Reactivity)
2. วัสดุเชื่อมประสาน (Cementitious Materials)
3. วัสดุปอซโซลาน (Pozzolanic Materials)

3. สารกระจายกักฟองอากาศ (Air-Entraining Agents)

4. สารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ (Miscellanous Admixture) เป็นสารผสมเพิ่มอื่น ๆ ที่ไม่ใช่กลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เป็นสารผสมเพิ่มที่ใช้เพื่อจุดประสงค์โดยเฉพาะเช่น สารผสมเพิ่มความยึดเกาะ สารผสมเพิ่มอุดซ่อมรูโพรงคอนกรีต และสารผสมเพิ่มกันซึม

2.7 สารเร่งการก่อตัว

2.7.1 คำนำ

สารเร่งการก่อตัว เป็นสารที่ทำให้อัตราการแข็งตัวของส่วนผสมของซีเมนต์ และคอนกรีตเร็วขึ้น สารประกอบหลักที่ใช้ก็คือคัลเซียมคลอไรด์ ซึ่งถูกใช้มาตั้งแต่ ปี ค.ศ.1885 ซึ่งพบว่า มีประโยชน์มากในสภาพภูมิอากาศที่หนาวเย็น ซึ่งกำลังที่เพิ่มขึ้นจะใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ถูกบ่มในอุณหภูมิปกติ แต่สารคัลเซียมคลอไรด์ เมื่อใช้จะทำให้เหล็กเสริมในคอนกรีต เกิดการกัดกร่อนและเป็นสนิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อคอนกรีต มีรูพรุนมาก และ จากปัญหาดังกล่าว จึงได้เริ่มมีการใช้สารเร่งการก่อตัว ประเภทไม่มีคลอไรด์ เพื่อที่ใช้ทดแทนคัลเซียมคลอไรด์ เพื่อลดการเป็นสนิม และการกัดกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีต สารประกอบหลักที่นิยมใช้กันชนิดอื่น ๆ เช่น แคลเซียมฟอร์เมต ไตรเอตตะโนมาลามีน ลิเทียมออกซาเลท โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมคาร์-บอเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ชนิดของสารเร่งการก่อตัว

สารเร่งการก่อตัว สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

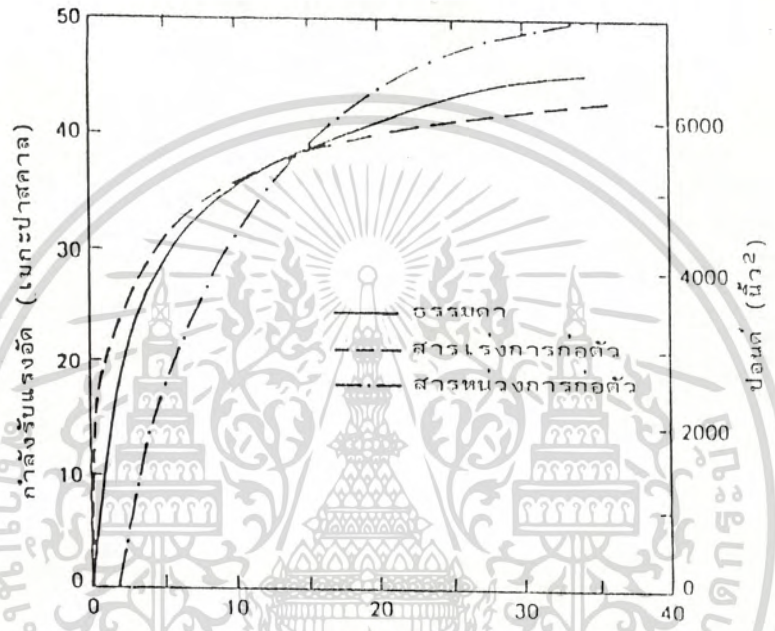
1. เกลืออนินทรีย์ ส่วนมากมีคุณสมบัติเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ เกลือคาร์บอเนต (Carbonate), คลอไรด์ (Chloride), และซัลเฟต (Sulfate) เป็นต้น
2. เกลืออินทรีย์จำพวกไตรเอททาโนลามีน (Triethanolamine) คัลเซียมฟอร์เมต (Calcium Formate), คัลเซียมอะซิเตต (Calcium Acetate) ซึ่งส่วนมากใช้ผสมร่วมกับสารหน่วงการก่อตัว เพื่อต้านการหน่วงปฏิกิริยา

2.4 อิทธิพลของสารเร่งการก่อตัวต่อคุณสมบัติของคอนกรีต

สารเร่งการก่อตัวทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ และมีผลต่อปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ คือ ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเพิ่มขึ้น และมีผลต่อกำลังรับแรงของคอนกรีต สารเร่งการก่อตัว แต่ละประเภทมีประสิทธิภาพในการเร่งการก่อตัวไม่เท่ากัน

สารเร่งการก่อตัวจะทำให้กำลังรับแรงเริ่มแรกสูงขึ้น และกำลังรับแรงระยะปลายลดลง ดังแสดงในรูป 2.2 ซึ่งกำลังรับแรงเริ่มแรกสูงขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดและสัดส่วนผสมของสารเร่งการก่อตัว สารที่นิยมใช้ คือคัลเซียมคลอไรด์ เมื่อใช้ผสมประมาณ 2 % โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะทำให้กำลังรับแรงที่อายุ 1 วันเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ข้อควรระวัง สำหรับการใช้คัลเซียมคลอไรด์ คือ คัลเซียมคลอไรด์ จะทำให้เหล็กเสริมเกิดสนิมได้ง่าย ดังนั้นจะต้องใช้กับคอนกรีตที่มีคุณภาพดี และความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กต้องมากพอ แต่จะไม่ใช้คัลเซียมคลอไรด์กับคอนกรีตอัดแรง หรือปูนเหลว (Grout) ในงานคอนกรีตอัดแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมสารเคมีผสมเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 แผนการทดลอง

แผนการทดลองแบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วนคือ

3.1.1 การทดสอบระยะเวลาการก่อตัว

3.1.2 การทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้า

3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 สารเคมี

1. คัลเซียมคลอไรด์ มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดี สูตรเคมี $CaCl_2$
2. คัลเซียมคาร์บอเนต มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ปานกลาง สูตรเคมี $CaCO_3$
3. คัลเซียมซัลเฟต มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ปานกลาง สูตรเคมี $CaSO_4$
4. คัลเซียมฟอร์เมต มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดี สูตรเคมี $Ca(HCOO)_2$
5. คัลเซียมอะซิเตต มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดี สูตรเคมี $Ca(C_2H_3O_2)_2$

ในการผสมใช้ปริมาณผสม 1, 2, และ 3 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยสารชนิดที่ 1, 2, และ 3 เป็นสารเคมีประเภทเกลืออนินทรีย์ และสารชนิดที่ 4, 5 เป็นสารเคมีประเภทเกลืออินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 **ปูนซีเมนต์** ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 1 ตราเพชร ของปูนซีเมนต์นครหลวง ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 3 ตรา 3 เพชร ของปูนซีเมนต์นครหลวง

3.2.3 **ทราย** จะต้องสะอาด หรือร่อนเศษวัสดุอื่น ๆ ออกก่อน และเก็บไว้ในสถานที่ที่ปราศจากปัญหาเรื่องแดด และฝน โดยใช้ส่วนที่ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 และค้างบนเบอร์ 30

3.2.4 **น้ำ** น้ำที่จะนำมาใช้ในการทดสอบต้องสะอาด กรณีนี้จะใช้น้ำประปาในการทดสอบ

3.3 ขั้นตอนการทดสอบระยะเวลาการก่อตัว

3.3.1 **วัสดุและอุปกรณ์**

1. ซีเมนต์ชนิดที่ 1 และชนิดที่ 3
2. น้ำ
3. อุปกรณ์ไวแคต (Vicat Apparatus)
4. อุปกรณ์กิลมอร์ (Gillmore Apparatus)
5. ตาชั่ง
6. กระบอกตวงน้ำ
7. นาฬิกาจับเวลา
8. เกรียงเหล็ก
9. ถาด
10. ถุงมือยาง

3.3.2 **การเตรียมตัวอย่างและทดสอบ**

1. นำซีเมนต์จำนวนหนึ่ง ประมาณ 250 กรัม ผสมน้ำ การผสมควรใช้ปริมาณที่ต่ำก่อน แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ในการผสมควรเกลี่ยซีเมนต์ไว้ตรงกลาง แล้วผสมน้ำลงไปในแอ่ง จากนั้นเกลี่ยซีเมนต์เข้ามารวมในแอ่ง โดยรักษาเวลาไว้ภายใน 30 วินาที จากนั้นปล่อยซีเมนต์ให้ดูดน้ำ ทิ้งอีก 30 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คลุกเคล้าซีเมนต์ โดยการชยำสวนผสมแรง ๆ ประมาณ 1 1/2 นาที และปั้นให้เป็นลูกกลม ๆ

3. อัดลูกปูนในแบบกรวยของอุปกรณ์ไวแคตให้แน่น แล้วปาดผิวหน้าปูนให้เรียบ และนำมาวางบนแท่นอุปกรณ์

4. ปรับระดับปลาย Plunger ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ลงมาแตะผิวหน้าของปูนที่บรรจุในแบบกรวย

5. คลายสกรูให้ Plunger จมลงในปูนด้วนน้ำหนักของตัวมันเอง แล้วอ่านค่าบนหน้าปัทม์ เมื่อปล่อยไว้นาน 30 วินาที

6. ความข้นเหลวที่เหมาะสม จะอยู่ที่ระยะจมของปลาย Plunger ในปูน เท่ากับ 10 $\pm$ 1 มิลลิเมตร

7. ในการทดลอง ใช้ชุดทดสอบมาตรฐาน 2 ชุด คือ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 1 และชนิดที่ 3 โดยไม่ผสมสารใดเลย ส่วนการผสมสารเคมีทั้ง 5 ชนิด แต่ละชนิดใช้ในปริมาณ 1,2,3% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ให้ผสมพร้อมกับน้ำ และทำการทดลองขั้นที่ 1-5 ในการทดลองอาจต้องทำหลายครั้ง ด้วยการเพิ่มอัตราส่วนน้ำทุก ๆ ครั้ง แต่ละครั้งให้เปลี่ยนใช้ซีเมนต์ใหม่เสมอ โดยใช้ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 ในการทดลอง

8. เมื่อได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสม ในการทดลองจากขั้นที่ 1-5 ของการผสมสารแต่ละชนิด และปริมาณแตกต่างกันแล้วให้ผสมซีเมนต์ใหม่ตามแต่ละชุดของการทดสอบ (โดยใช้การทดสอบ 3 ตัวอย่าง) นำไปใส่กรวย นำมาวางบนแท่นไวแคต ปรับแท่งเข็มด้าน needle ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. เลื่อนลงมาสัมผัสผิวหน้าปูน จากนั้นคลายสกรูให้จมลง

9. ระยะเวลาเริ่มก่อตัวของซีเมนต์ จะนับตั้งแต่ผสมจนถึงเวลาที่เข็มจมลงเป็นระยะ 25 $\pm$ 2 มม. การทดลองต้องทำเรื่อย ๆ โดยแต่ละครั้งให้หมุนแบบกรวยให้เปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิมไม่ต่ำกว่า 6 มม. และห่างขอบแบบไม่น้อยกว่า 10 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ระยะเวลาก่อตัวเสร็จใช้การทดสอบแบบกิลโมร์ โดยใช้เข็มขนาดใหญ่ เมื่อตัวอย่างสามารถรับน้ำหนักเข็มใหญ่ได้โดยไม่จมลงไป (เห็นเป็นรอยเข็ม)

11. การทดสอบเพื่อให้ได้ค่าถูกต้องยิ่งขึ้น ทำการทดลองแต่ละชุดใช้ 3 ตัวอย่างการทดสอบ มีทั้งหมด 51 ตัวอย่าง ได้แก่

ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 3 3 ตัวอย่าง

ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1

- ไม่ผสมสาร 3 ตัวอย่าง
- ผสมคัลเซียมคลอไรด์ 1, 2, และ 3% 9 ตัวอย่าง
- ผสมคัลเซียมคาร์บอเนต 1, 2 และ 3% 9 ตัวอย่าง
- ผสมคัลเซียมซัลเฟต 1, 2 และ 3% 9 ตัวอย่าง
- ผสมคัลเซียมฟอร์เมต 1, 2 และ 3% 9 ตัวอย่าง
- ผสมคัลเซียมอะซิเตต 1, 2 และ 3% 9 ตัวอย่าง

โดยปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 และ 3 ที่ไม่ผสมสาร เป็นชุดมาตรฐาน นอกนั้นเป็นชุดทดสอบ

3.4 ขั้นตอนการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า

3.4.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. ซีเมนต์ ชนิดที่ 1 และชนิดที่ 3
2. ทรายมาตรฐานที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 16 ค้างบนเบอร์ 30
3. แบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ซม.
4. หลอดแก้วกระทุ้ง ขนาดหน้าตัดประมาณ 13x25 มม. ยาว 150 มม.
5. เกรียงเหล็ก
6. ถาด
7. เครื่องทดสอบกำลังอัด
8. โต๊ะ ควบคุมการไหลพร้อมแบบกรวย (Flow Table)
9. ตาชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ถุงมือยาง

11. นาฬิกาจับเวลา

12. เวอร์เนีย คาลิปเปอร์

3.4.2 การเตรียมตัวอย่าง

1. จัดสถานที่ เตรียมแบบหล่อ ให้เป็นหมวดหมู่ ต้องประกอบแบบให้แน่น พร้อมทาน้ำมันเครื่องด้านในแบบหล่อให้เรียบร้อย

2. น้ำซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2.75 ส่วน โดยน้ำหนัก คลุกเคล้าให้เข้ากันดี และเตรียมโต๊ะควบคุมการไหลให้พร้อม

3. ผสมซีเมนต์มอร์ต้าส่วนหนึ่งให้พอดีที่จะบรรจุลงในแบบ โดยเริ่มจากปริมาณน้ำต่ำ ๆ ก่อน คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วนำใส่ลงในแบบ โดยแบ่งใส่ครั้งละครึ่งแบบ แต่ละครั้งใช้ไม้กระทุ้งขนาด 1" x 5" x 2" จำนวน 20 ครั้ง เสร็จแล้วปาดส่วนเกินให้เรียบส่วนที่เกินให้นำออกให้พ้นจาน จากนั้นค่อย ๆ ยกขึ้นตรง ๆ

4. หมุนลูกเบี้ยวของโต๊ะให้สูงขึ้น 1/2" แล้วกระแทกลงกับแกนด้วยน้ำหนักของตัวมันเอง ให้ได้ 25 ครั้ง ภายใน 15 วินาที

5. เมื่อครบจำนวนครั้ง ให้ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของมอร์ต้าที่กระจายออกไปรอบ ๆ โดยวัดตามแนวเส้นที่ขีดไว้บนจานทั้งหมด 4 แนว รวมเป็น 4 ค่า บันทึกผลรวมทั้ง 4 ค่า พร้อมอัตราของน้ำที่ใช้

6. ในการทดลอง ให้เปลี่ยนชุดการทดลองโดยทำตั้งแต่ข้อ 2-5 ใหม่ ทำการแต่ละครั้งในของแต่ละชุดให้เปลี่ยนใช้ส่วนผสมที่คลุกเคล้าเตรียมไว้ก่อนแล้วทุกครั้ง

ชุดที่ 1. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1

2. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 3

3. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมคลอไรด์กับน้ำ 1% โดยน้ำหนักซีเมนต์

4. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมคลอไรด์กับน้ำ 2% โดยน้ำหนักซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมคลอไรด์กับน้ำ 3% โดยน้ำหนักซีเมนต์
6. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมคาร์บอเนตกับน้ำ 1% โดยน้ำหนักซีเมนต์
7. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมคาร์บอเนตกับน้ำ 2% โดยน้ำหนักซีเมนต์
8. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมคาร์บอเนตกับน้ำ 3% โดยน้ำหนักซีเมนต์
9. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมซัลเฟตกับน้ำ 1% โดยน้ำหนักซีเมนต์
10. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมซัลเฟตกับน้ำ 2% โดยน้ำหนักซีเมนต์
11. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมซัลเฟตกับน้ำ 3% โดยน้ำหนักซีเมนต์
12. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมฟอร์เมต 1% โดยน้ำหนักซีเมนต์
13. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมฟอร์เมต 2% โดยน้ำหนักซีเมนต์
14. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมฟอร์เมต 3% โดยน้ำหนักซีเมนต์
15. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมอะซีเตต 1% โดยน้ำหนักซีเมนต์
16. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมอะซีเตต 2% โดยน้ำหนักซีเมนต์
17. ใช้ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 ผสมคัลเซียมอะซีเตต 3% โดยน้ำหนักซีเมนต์

8. เมื่อได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสม ให้ผสมซีเมนต์มอร์ต้าใหม่ เพื่อบรรจุลงในแบบหล่อ โดยใส่ครั้งละครึ่งแบบแล้วใช้แท่งกระทุ้ง กระทุ้งให้ได้ 32 ครั้ง ภายใน 10 วินาที โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 4 รอบ ดังรูป

1	2	3	4
5	6	7	8

รอบที่ 1 และ 3

4	5
3	6
2	7
1	8

รอบที่ 2 และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. จากนั้นใส่ซีเมนต์มอร์ต้าที่เหลือจนเต็ม และกระทุ้งอีก 32 ครั้ง ใน 10 วินาที โดย 4 รอบเช่นเดียวกัน เสร็จแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ ทำการบ่มโดยใช้ผ้าชุบน้ำหมาดคลุม และตั้งทิ้งไว้เฉย ๆ 24 ชั่วโมง จึงแกะแบบนำแท่งตัวอย่างไปบ่มในน้ำที่อายุ 2 วัน 6 วัน โดยที่แต่ละชุด มี 3 ชุดทดสอบ แต่ละชุดทดสอบใช้ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 153 ก้อนทดสอบ

3.4.3 การดำเนินการทดสอบ

1. นำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบแรงอัดของแต่ละชุดที่ได้ระยะเวลาการบ่มแล้ว ขึ้นจากน้ำ ถ้านำน้ำขึ้นมาก่อนเวลาทดสอบ ให้คลุมด้วยผ้าหมาดจนถึงเวลาทดสอบ คือ 24 ชม. 1 วัน 3 วัน และ 7 วัน

2. เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง หากผิวไม่เรียบ ให้ฝนกระดาษทรายน้ำละเอียด นำตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบ

3. การทดสอบนับจากการให้แรงอัดเพิ่มในแท่งทดสอบจนกระทั่งแตกจะต้องอยู่ในช่วง 20-80 วินาที

4. บันทึกค่าแรงอัดประลัยของแต่ละตัวอย่างที่ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบระยะเวลาการก่อตัว

ตาราง 4.1 ผลการทดสอบความข้นเหลวที่เหมาะสม (%)

ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 1 26% (ไม่ผสมสารใด)

ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 3 38%

ชนิดของการผสม ปริมาณการผสม	คัลเซียม คลอไรด์	คัลเซียม คาร์บอเนต	คัลเซียม ซัลเฟต	คัลเซียม ฟอร์เมต	คัลเซียม อะซิเตต
1%	27.6	27.4	27.3	27.3	25.6
2%	27.8	27.6	27.2	27.2	25.5
3%	28.6	27.8	27.1	27.2	25.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 ผลการทดสอบระยะเวลาการก่อตัว

ชนิดการผสม	ระยะเวลาการก่อตัว, นาที							
	ระยะเวลาเริ่มก่อตัว				ระยะเวลาก่อตัวเสร็จ			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
ปูนชนิดที่ 1 ไม่ผสมสาร (0%)	146	126	130	134	237	208	215	220
ปูนชนิดที่ 3	50	58	60	56	92	110	102	102
แคลเซียมคลอไรด์								
1%	82	80	78	80	120	100	113	111
2%	55	37	34	42	74	57	55	62
3%	32	25	33	30	45	40	44	43
แคลเซียมคาร์บอเนต								
1%	130	118	133	127	190	172	187	183
2%	126	138	138	134	171	186	180	179
3%	124	121	118	121	165	179	166	170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดการผสม	ระยะเวลาการก่อตัว, นาที							
	ระยะเวลาเริ่มก่อตัว				ระยะเวลาก่อตัวเสร็จ			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
แคลเซียมซัลเฟต								
1%	165	164	142	157	190	194	183	189
2%	100	124	127	117	160	172	178	170
3%	150	133	137	140	190	185	186	187
แคลเซียมฟอร์เมต								
1%	110	115	108	111	162	163	170	165
2%	70	77	72	73	105	100	104	103
3%	55	48	50	51	69	67	89	75
แคลเซียมอะซิเตต								
1%	110	113	95	106	160	175	148	161
2%	100	89	105	98	130	130	157	142
3%	56	57	52	55	115	110	111	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบแรงอัดของมอร์ต้า

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบกำลังแรงอัดของมอริต้า

ก) ปูนซีเมนต์ ชนิดที่ 3

น้ำ / ปูนซีเมนต์	กำลังรับแรงอัด กก./ซม^2		
	1 วัน	3 วัน	7 วัน
0.65	118	189	224
	109	175	220
	120	175	222
เฉลี่ย	116	180	222
0.725	116	163	193
	108	151	179
	124	161	189
เฉลี่ย	116	158	186

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 ไม่ผสมสาร (0%)

น้ำ / ปูนซีเมนต์	กำลังรับแรงอัด กก./ ซม^2		
	1 วัน	3 วัน	7 วัน
0.65	62	123	180
	66	120	172
	78	120	173
เฉลี่ย	69	121	175
0.725	59	118	168
	60	110	159
	58	114	151
เฉลี่ย	59	114	159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) ผสมแคลเซียมคลอไรด์

ปริมาณผสม	น้ำปูนซีเมนต์	กำลังรับแรงอัด กก./ ซม^2		
		1 วัน	3 วัน	7 วัน
1%	0.73	63	123	178
		58	143	184
		62	130	182
	เฉลี่ย	61	132	181
2%	0.735	70	122	230
		64	161	211
		63	130	215
	เฉลี่ย	66	138	
3%	0.74	67	146	232
		68	155	214
		70	150	228
	เฉลี่ย	68	150	225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต

ปริมาณผสม	น้ำปูนซีเมนต์	กำลังรับแรงอัด กก./ซม^2		
		1 วัน	3 วัน	7 วัน
1%	0.715	66	123	184
		63	150	189
		66	127	188
	เฉลี่ย	65	132	187
2%	0.7	51	116	182
		56	121	178
		52	132	180
	เฉลี่ย	53	123	180
3%	0.7	57	143	205
		56	140	194
		57	157	197
	เฉลี่ย	57	147	199

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ) ผสมแคลเซียมซัลเฟต

ปริมาณผสม	น้ำปูนซีเมนต์	กำลังรับแรงอัด กก./ ซม^2		
		1 วัน	3 วัน	7 วัน
1%	0.65	72	159	220
		74	160	228
		77	154	218
	เฉลี่ย	74	158	222
2%	0.65	73	178	238
		68	174	250
		67	186	242
	เฉลี่ย	69	179	243
3%	0.65	65	142	196
		67	140	222
		67	144	216
	เฉลี่ย	66	142	211

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ) ผสมแคลเซียมฟอร์เมต

ปริมาณผสม	น้ำปูนซีเมนต์	กำลังรับแรงอัด กก./ ซม^2		
		1 วัน	3 วัน	7 วัน
1%	0.64	100	188	232
		99	182	244
		111	188	232
	เฉลี่ย	103	186	236
2%	0.63	76	138	212
		80	138	211
		76	134	207
	เฉลี่ย	77	137	210
3%	0.625	53	130	214
		49	130	188
		53	145	182
	เฉลี่ย	52	135	195

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช) ผสมแคลเซียมอะซิเตต

ปริมาณผสม	น้ำปูนซีเมนต์	กำลังรับแรงอัด กก./ ซม^2		
		1 วัน	3 วัน	7 วัน
1%	0.66	66	138	204
		59	138	198
		63	154	198
	เฉลี่ย	63	143	200
2%	0.66	61	140	230
		66	146	228
		67	154	222
	เฉลี่ย	65	147	227
3%	0.66	55	132	198
		56	114	204
		63	117	216
	เฉลี่ย	58	121	206

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผล

5.1 ระยะเวลาการก่อตัว

5.1.1 วิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบระยะเวลาการก่อตัว ได้แสดงไว้ในตาราง 4.2

1. การเพิ่มปริมาณคัลเซียมคลอไรด์ 1-3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ สามารถเร่งระยะเวลาการก่อตัวทั้งระยะเริ่มก่อตัวและก่อตัวเสร็จ ระยะเวลาการก่อตัวที่ระยะเริ่มก่อตัวลดลงจาก 134 นาที เป็น 80, 42 และ 30 นาที ที่ระยะก่อตัวเสร็จลดลงจาก 220 นาทีเป็น 111, 62 และ 43 นาที

2. เมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 1% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ระยะเวลาการก่อตัวที่ระยะเริ่มก่อตัว จะลดลงได้เล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 2% โดยค่าเฉลี่ยแล้วไม่ได้ทำให้ระยะเวลเริ่มก่อตัวลดลงเลย และที่ 3% ก็ลดระยะเวลาเริ่มก่อตัวได้เล็กน้อย การเพิ่มแคลเซียมคลอไรด์ 1-3% ลดระยะเวลาดก่อตัวเสร็จได้พอสมควร โดยปริมาณการใช้ที่ดี จะอยู่ที่ 3%, 2% และ 1%

3. เมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมซัลเฟต 1 และ 3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ทำให้ระยะเวลาเริ่มก่อตัวระยะต้น มีค่าเฉลี่ยมากกว่าที่ 0% จึงมีค่าลดลง การก่อตัวเสร็จลดลงได้น้อยเมื่อเทียบกับสารชนิดอื่น ๆ ปริมาณที่เหมาะสมคือ 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมฟอร์เมต 1-3% ทำให้ระยะเวลาเริ่มก่อตัวและระยะเวลาก่อตัวเสร็จลดลงที่ 2-3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะลดระยะเวลาก่อตัวได้ดี รองจากแคลเซียมคลอไรด์ ทั้งระยะเวลาเริ่มก่อตัวและก่อตัวเสร็จ คือ 73 และ 51 นาที กับ 103 และ 75 นาที ตามลำดับ

5. การเพิ่มปริมาณแคลเซียมอะซิเตต 1% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะทำให้ระยะเวลาเริ่มก่อตัว และก่อตัวเสร็จลดลงได้น้อยกว่า การใส่แคลเซียมฟอร์เมต

6. การผสมสารเคมีบางชนิดลงไป เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อตัวกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 3 จะใช้เวลาในการก่อตัวน้อยกว่า คือผสมแคลเซียมคลอไรด์ ที่ 2 และ 3% ผสมแคลเซียมฟอร์เมตที่ 3% แต่ที่ 2% ของแคลเซียมฟอร์เมต และที่ 3% ของแคลเซียมอะซิเตต สามารถลดระยะเวลาก่อตัวได้ใกล้เคียง

5.1.2 สรุปผล

จากการทดลองระยะเวลาการก่อตัว เมื่อผสมสารต่าง ๆ เป็นปริมาณ % โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ที่ใช้พบว่า แคลเซียมคอลไรด์แคลเซียมฟอร์เมต แคลเซียมอะซิเตต เป็นสารเคมีที่ผสมลงไปแล้วสามารถลดระยะเวลาการก่อตัวได้ดีเรียงกันตามลำดับ โดยปริมาณการใช้จะอยู่ในช่วง 2-3% ส่วนแคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมซัลเฟตลดระยะเวลาการก่อตัวได้น้อยกว่า สารเคมีทั้ง 3 ชนิด ข้างต้น และปูนชนิดที่ 3

ส่วนการนำไปใช้ในงานจริง เมื่อเปรียบเทียบในด้านราคาแล้วหากผสมสารเคมีลงไปจะทำให้มีราคาสูงกว่า การใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 3 แต่ในด้านการทำงาน ซึ่งคนงานไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับสารเคมีผสมเพิ่มมากนัก และมีความคุ้นเคยกับการใช้ปูนชนิดที่ 1 มากกว่า โดยนำสาร

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคมีตามปริมาณที่กำหนดผสมลงไปในน้ำ ที่ใช้ผสมคอนกรีตเลย และทำงานได้ตามปกติ

5.2 กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า

5.2.1 วิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าปูนซีเมนต์ผสมสารต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 แต่เนื่องจากเมื่อทำการทดสอบปริมาณน้ำที่เหมาะสมโดยใช้โต๊ะการไหลปรากฏว่า ปริมาณการใช้แตกต่างกันมากจึงได้ทำชุดมาตรฐานขึ้นมาอีก 2 ชุด คือ ปูนชนิดที่ 1 ที่ไม่ผสมสารกับปูนชนิดที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบผลของกำลังรับแรงอัด โดยจะทำการเปรียบเทียบที่

- ปูนชนิดที่ 3 และชนิดที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.65 เปรียบเทียบกับแคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมฟอร์เมต และแคลเซียมอะซิเตต

- ปูนชนิดที่ 3 และชนิดที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.725 เปรียบเทียบกับแคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมคาร์บอเนต

ผลการทดลองกำลังรับแรงอัด ของมอร์ต้าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมสารต่าง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

1. จากรูปที่ 4.3 ก. กำลังแรงอัดของมอร์ต้าที่ผสมแคลเซียม-คลอไรด์ที่อายุ 1-7 วัน มีค่าสูงกว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าธรรมดา โดยที่อายุ 1 วันกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมที่ 1-3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์จะมีค่ากำลังรับแรงใกล้เคียงกับมอร์ต้าธรรมดาที่อายุ 3 วัน ปริมาณการผสม 1-2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ มีค่ากำลังรับแรงใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดที่ 3 ที่อายุ 1 วัน ชนิดที่ 3 จะมีค่ารับแรงสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบที่ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสม 3% ค่ารับแรงอัดเมื่อผสมสารจะได้ค่าใกล้เคียงที่อายุ 3 วันและจะสูงกว่าเมื่ออายุได้ 7 วัน

แต่โดยเฉลี่ยแล้วค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า จะเพิ่มขึ้นที่ปริมาณการผสมที่เพิ่มขึ้น และอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ จากผลการทดลองระยะเวลาการก่อตัวได้แสดงให้เห็นว่า แคลเซี่ยมคลอไรด์เป็นสารเร่งการก่อตัวอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การผสมแคลเซียมคลอไรด์ 1-3%โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะสามารถเร่งทั้งระยะเวลาการก่อตัว และให้กำลังแรงอัดระยะต้นดีขึ้น โดยที่การผสมแคลเซียมคลอไรด์ 2 และ 3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์จะทำให้กำลังรับแรงอัดที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันมาก

2. กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตที่อายุ 1 วัน มีค่าใกล้เคียงกับกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าธรรมดาแต่น้อยกว่าชนิดที่ 3 รับแรงอัดของมอร์ต้าที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต จะเริ่มมีค่าสูงกว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าธรรมดาเมื่ออายุได้ 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดที่ 3 ค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 7 วัน จะมีค่าใกล้เคียงกันทุกปริมาณการผสม ซึ่งที่ปริมาณการผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุต่าง ๆ น้อยกว่าที่ 1 และ 3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ซึ่งจากผลการทดสอบระยะเวลาการก่อตัว ก็พบว่า การผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 1-3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะสามารถเร่งระยะเวลาการก่อตัวทั้งระยะเริ่มก่อตัวและก่อตัวเสร็จได้เพียงเล็กน้อย และไม่ค่อยมีผลต่อกำลังรับแรงอัดมากนัก เมื่อเทียบกับชนิดที่ 3

3. กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ผสมแคลเซียมซัลเฟต ที่อายุ 1 วัน จะสูงกว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าธรรมดา และเมื่ออายุ 3-7 วัน กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ผสมแคลเซียมซัลเฟต จะสูงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าธรรมดา แต่ใกล้เคียงกับปูนชนิดที่ 3 ที่ปริมาณการผสมแคลเซียมซัลเฟต 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะแสดงค่าที่ชัดเจนขึ้น ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองระยะเวลาการก่อตัว พบว่า การผสมแคลเซียมซัลเฟต 1-2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะทำให้ระยะเวลาการก่อตัวทั้งเริ่มการก่อตัว และก่อตัวเสร็จ รวดเร็วขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ค่าที่น้อยที่สุด คือ ที่ปริมาณ 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และค่ากำลังรับแรงอัดที่เพิ่มสูงเห็นได้ชัดที่สุด คือ ที่ปริมาณ 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์เช่นกัน และมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าปูนชนิดที่ 3

4. กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ผสมแคลเซียมฟอร์เมต ที่อายุ 1 วัน จะมีค่าสูงกว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าธรรมดา เมื่อผสมปริมาณแคลเซียมฟอร์เมตเท่ากับ 1 และ 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ส่วนการผสมแคลเซียมฟอร์เมตที่ 3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดต่ำกว่ามอร์ต้าธรรมดาเพียงเล็กน้อย และเมื่ออายุ 3-7 วัน กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ผสมแคลเซียมฟอร์เมต จะสูงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ต้าธรรมดา โดยเฉพาะที่ปริมาณการผสม 1% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่น

กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า ที่ผสมแคลเซียมฟอร์เมตจะมีค่าที่เริ่มสูงกว่า ชนิดที่ 3 เมื่ออายุได้ 3 และ 7 วัน โดยที่ 3 วัน จะมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งจากการทดลองระยะเวลาการก่อตัว พบว่า การผสมแคลเซียมฟอร์เมต 1-3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะสามารถเร่งระยะเวลาการก่อตัวทั้งระยะเริ่มก่อตัวและก่อตัวเสร็จได้ดีและมีผลต่อกำลังรับแรงอัดได้ดีขึ้น โดยมีปริมาณการแคลเซียมฟอร์เมต 1% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะมีค่ามากที่สุด และ 2% และ 3% ตามลำดับ แต่ที่ 3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์จะไม่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดที่ระยะต้นมากนักเมื่อเทียบกับปูนชนิดที่ 3

5. กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ผสมแคลเซียมอะซิเตต ที่อายุ 1 วัน จะสูงกว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าธรรมดาเพียงเล็กน้อยโดยที่ปริมาณการผสมแคลเซียมอะซิเตต 3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์จะต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่ออายุได้ 3-7 วันกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ผสมแคลเซียมอะซิเตต จะสูงอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ต้าธรรมดา โดยเฉพาะที่ปริมาณการผสมแคลเซียมอะซิเตต 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ แต่เมื่อเทียบกับปูนชนิดที่ 3 ก็จะไม่มีผลมากนัก ทั้งระยะเวลาแต่ที่ปริมาณ 2% อายุ 7 วันก็ยังรับแรงได้ดีกว่า

5.2.2 สรุปผล

1. จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าพบว่า ชนิดของสารและปริมาณการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ เรียงตามลำดับคือ

- แคลเซียมซัลเฟต ที่ปริมาณผสม 2% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
- แคลเซียมฟอร์เมต ที่ปริมาณผสม 1% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
- แคลเซียมอะซิเตต ที่ปริมาณผสม 2% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
- แคลเซียมคลอไรด์ ที่ปริมาณผสม 3% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
- แคลเซียมคาร์บอน ที่ปริมาณผสม 3% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์

2. เมื่อพิจารณาราคาที่หากจะนำไปใช้แทนปูนชนิดที่ 3 แล้วราคาที่ได้จะสูงกว่ามากและค่าที่ถูกที่สุด คือ แคลเซียมฟอร์เมต ดังนี้

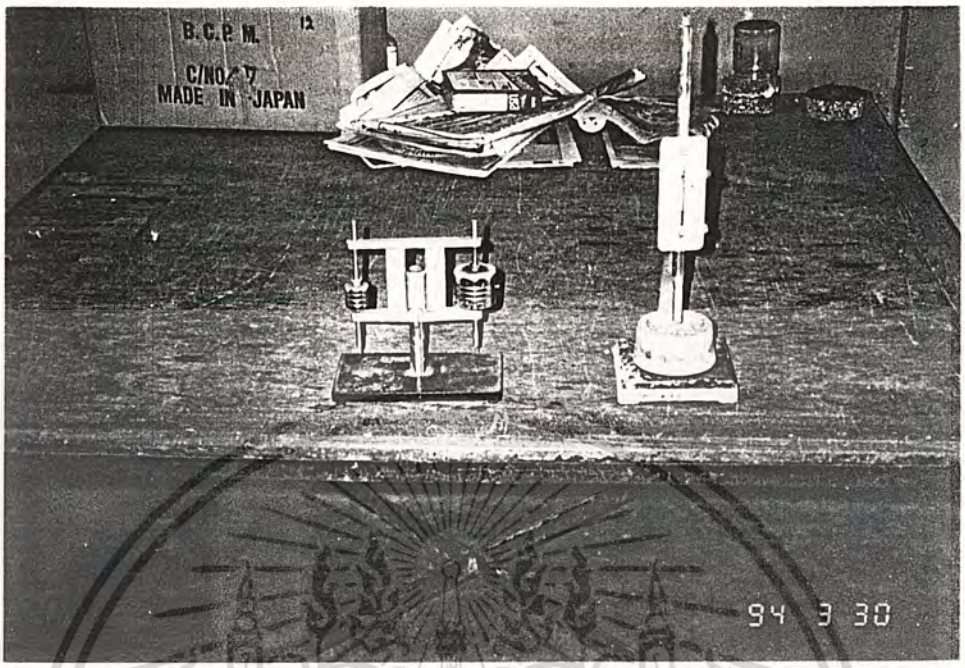
แคลเซียมคลอไรด์	500 บ/กก.	ใช้ 3% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
แคลเซียมคาร์บอเนต	700 บ/กก.	ใช้ 3% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
แคลเซียมซัลเฟต	620 บ/กก.	ใช้ 2% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
แคลเซียมฟอร์เมต	700 บ/กก.	ใช้ 1% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
แคลเซียมอะซิเตต	560 บ/กก.	ใช้ 2% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์

3. แต่เนื่องจากกำลังที่ได้ เมื่อพิจารณาที่อายุ 7 วัน ค่าต่าง ๆ ที่เหมาะสมข้างต้น ล้วนให้ค่าที่สูงกว่า การใช้ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 3 ทั้งสิ้น ซึ่งในแง่ของการทำงาน คนงานคุ้นเคยกับการใช้ปูนชนิดที่ 1 มากกว่าและใช้สารก็เพียงผสมลงในน้ำตามปริมาณที่กำหนด ก็สามารถใช้งานได้ ดังนั้น หากต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้โครงสร้างที่ต้องการให้รับแรงได้เร็ว ต้องทำงานก่อน ก็น่าจะใช้สารเคมีผสมลงไป แทนการใช้ปูนชนิดที่ 3 ซึ่งรับกำลังได้น้อยกว่าการใส่สารลงไปในชนิดที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

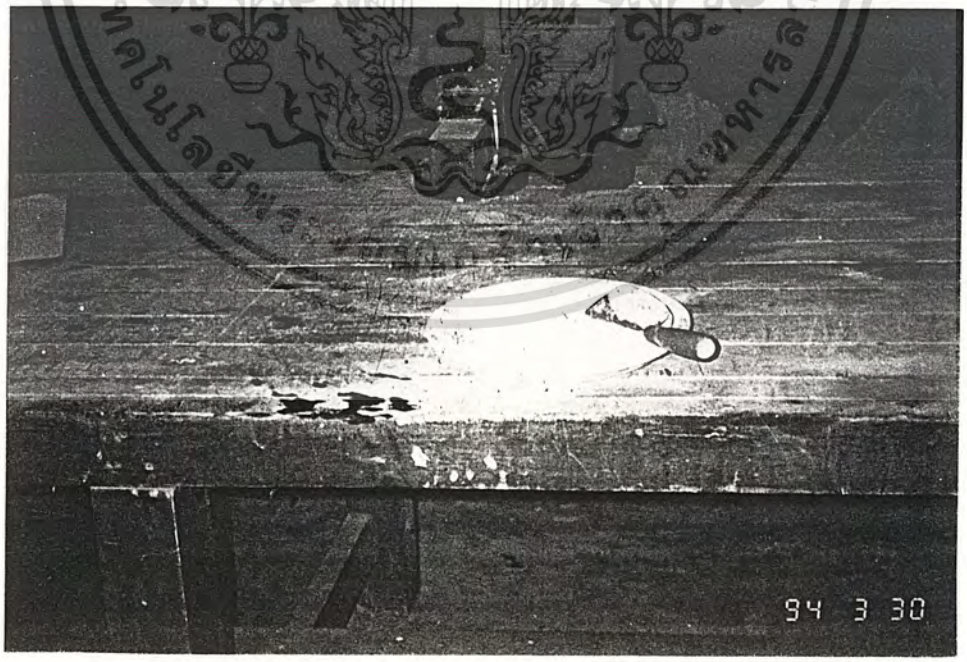


รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์ไวแคต และ กิลมอร์

รูปที่ 2 แสดงแบบหล่อก้อนลูกบาศก์ ขนาด 5x5x5 ซม.

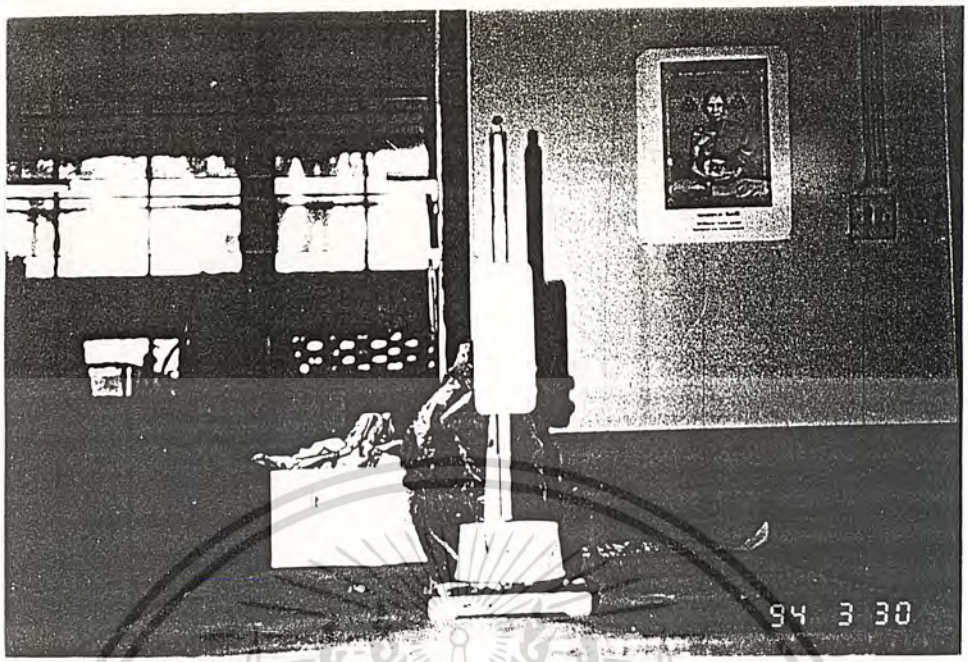
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 แสดงการหาค่าการไหลแผ่โดย Flow Table

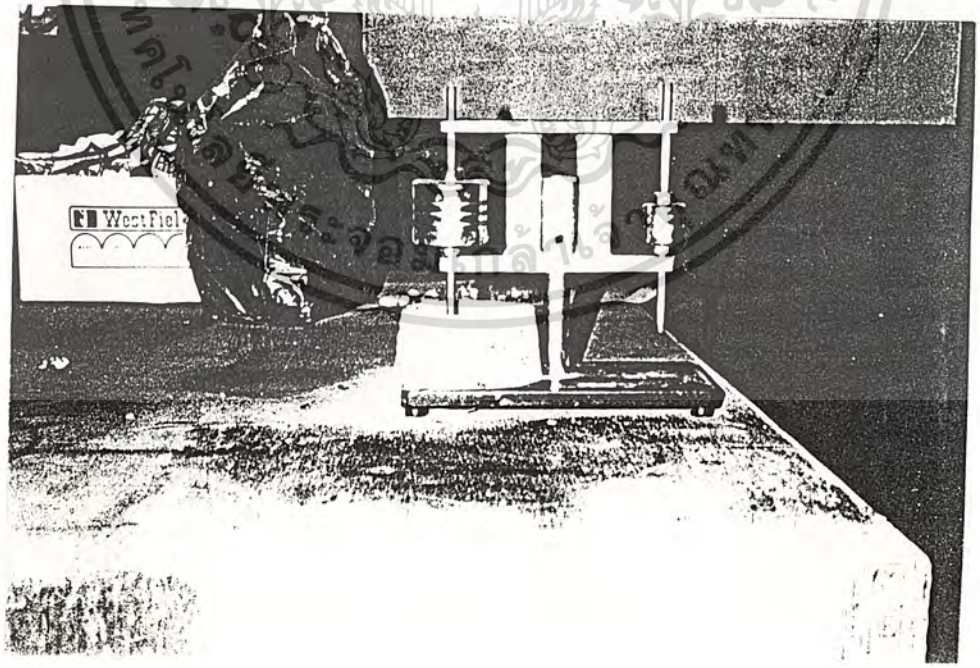


รูปที่ 4 แสดงการผสมมอร์ต้าผสมสารเร่งการก่อตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

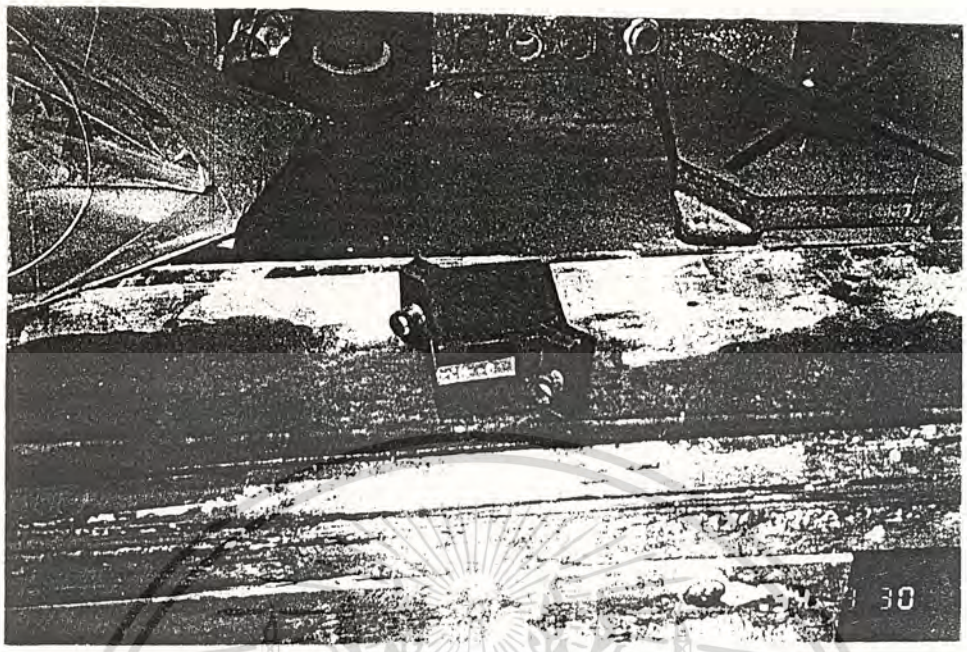


รูปที่ 5 แสดงการทดสอบหาระยะเวลาเริ่มก่อตัว

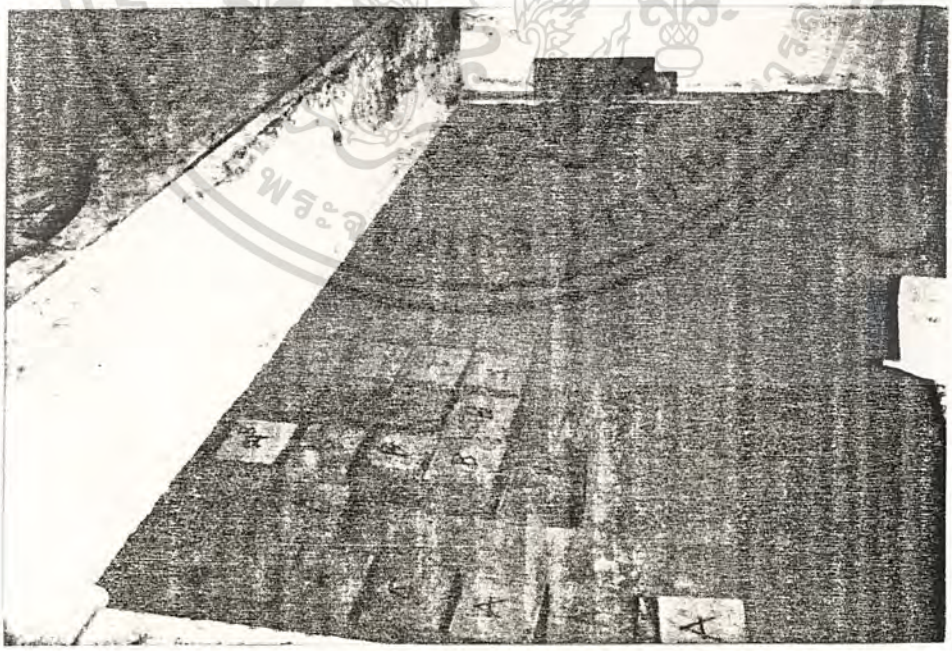


รูปที่ 6 แสดงการทดสอบหาระยะเวลาก่อตัวด้วยเข็มวิเคราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

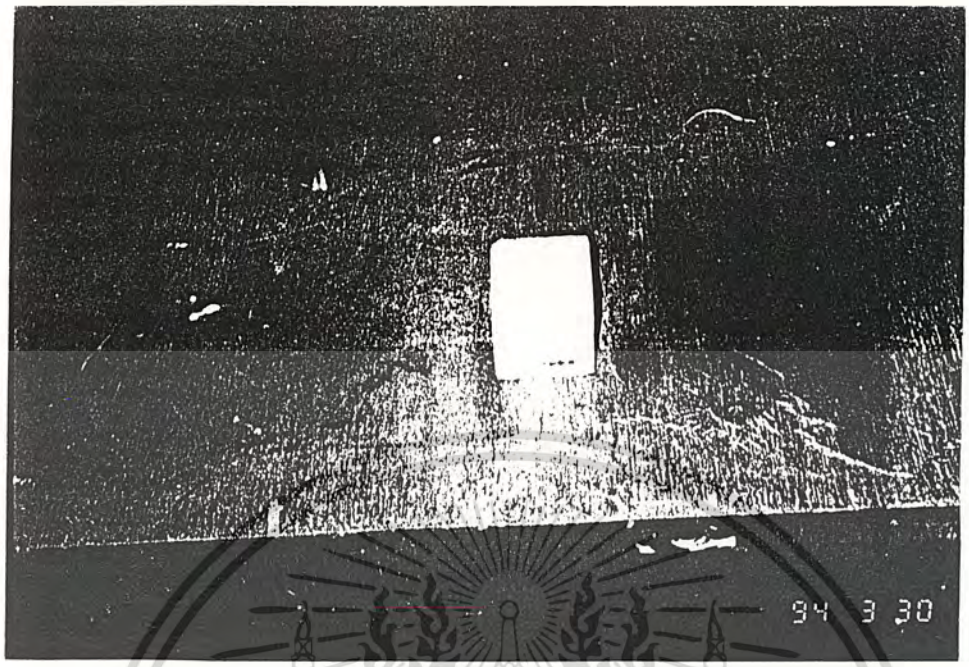


รูปที่ 7 แสดงการหล่อมอร์ต้าขนาด 5x5x5 ซม.

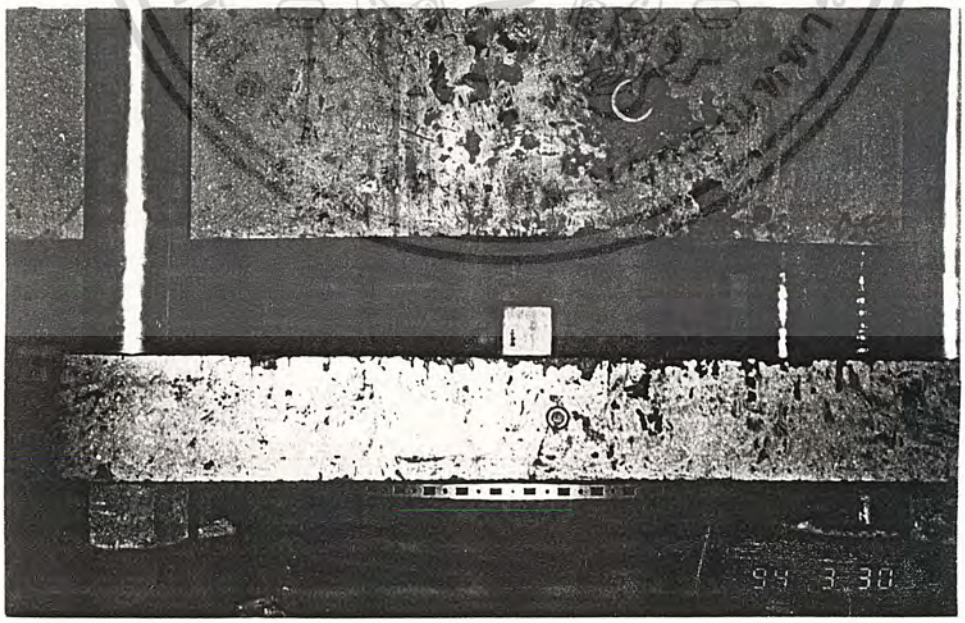


รูปที่ 8 แสดงการบ่มมอร์ต้าในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงก้อนมอร์ต้าที่จะทำการทดสอบรับแรงอัด



รูปที่ 10 แสดงก้อนมอร์ต้าขณะรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 11 แสดงก้อนมลร์ต้าที่ถูกอัดแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ. 2530. ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

2. เอกสารเทคนิควิทยาคอนกรีต บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด

3. เอกสารเกี่ยวกับสารผสมเพิ่ม ฝ่ายช่างเทคนิคบริการ บริษัท ทีพีไอ โพลีน จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 1 ปี 2535

4. Rixom, M.R. 1978. Chemical Admixtures for Conerete London

5. Mindess, S. and Young, J. F. Conerete New Jersey

6. ศจ. ดร. วินิต ช่อวิเชียร คอนกรีตเทคโนโลยี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความข้นเหลวของซีเมนต์เพสท์

(Test for normal consistency)

ASTM: C 187 - 71

วัตถุประสงค์

เป็นที่ทราบกันดีว่าเมื่อซีเมนต์ผสมกับน้ำ จะเกิดปฏิกิริยาขึ้นและแปรสภาพกลายเป็นวุ้น (paste) วุ้นของซีเมนต์นี้จะเป็นตัวเชื่อมประสานของส่วนผสมสำหรับปูนก่อหรือคอนกรีต ความข้นเหลวของวุ้นซีเมนต์นี้จะเป็นตัวที่ทำให้ความแข็งแรงของปูนก่อหรือคอนกรีตสูงขึ้นหรือลดลงได้ตามสภาพนอกจากนี้ความข้นเหลวที่พอเหมาะจะทำให้การปฏิบัติงานเกี่ยวกับปูนก่อและคอนกรีตสะดวกและรวดเร็วอีกด้วย

วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. ซีเมนต์ ประมาณ 1000 กรัม
2. น้ำกลั่นหรือน้ำบริสุทธิ์
3. อุปกรณ์ไวแคท (Vicat Apparatus)
4. ตาชั่ง
5. กระบอกตวงขนาด 100 ซี.ซี.
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เกรียงเหล็ก
8. ถาด

ขั้นตอนการเตรียมวุ้นซีเมนต์

1. เนื่องจากการทดสอบหาความข้นเหลวของวุ้นซีเมนต์นั้น จุดสำคัญคือเราต้องการทราบว่าจะต้องใช้ปริมาณน้ำในสัดส่วนเท่าไรจึงจะพอดี ซึ่งซี-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนต์แต่ละชนิดก็จะมีสัดส่วนแตกต่างกัน โดยทั่วไปปริมาณน้ำเหมาะสมอยู่ในราว 25-35% เมื่อเทียบกับน้ำหนักซีเมนต์ ดังนั้นการเริ่มต้นใช้ควรเริ่มที่ปริมาณน้ำต่ำก่อน แล้วจึงเพิ่มครั้งละ 5% จนกว่าจะได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุด

2. การผสมซีเมนต์กับน้ำเพื่อให้เป็นวุ้นสำหรับทดสอบนั้น ขึ้นอยู่กับเวลาในการผสมซึ่งสำคัญมาก เริ่มด้วยการนำซีเมนต์มาส่วนหนึ่งประมาณ 250 กรัมใส่ลงในถาดหรือที่รองรับซึ่งไม่ดูดซึมน้ำ เกลี่ยเป็นกองและทำแอ่งตรงกลาง เทน้ำที่เตรียมไว้ลงในแอ่ง และเกลี่ยซีเมนต์รอบ ๆ เข้ามารวมในแอ่ง โดยพยายามรักษาเวลาภายใน 30 วินาที ปล่อยซีเมนต์ให้ดูดน้ำจนทั่วอีกประมาณ 30 วินาที

3. จากนั้นจึงเริ่มขั้นตอนของการคลุกเคล้าซีเมนต์ ด้วยการขยำส่วนผสมแรง ๆ ประมาณ 1 1/2 นาที และปั้นให้เป็นลูกกลม โยนลูกปูนไปมาระหว่างมือทั้งสองข้าง (ซึ่งควรสวมถุงมือยาง) ประมาณ 5-6 ครั้ง โดยพยายามรักษาระยะห่างของมือทั้งสองข้างไว้ 15 ซม.

4. อัดลูกปูนในแถบกรวยของอุปกรณ์ไวแคทให้แน่น ลาจะเชย่าแบบเล็กน้อยเพื่อไล่ฟองอากาศออก แล้วจึงปาดผิวหน้าปูนให้เรียบและนำมาวางบนแท่น

โปรดสังเกตุว่าเวลาทั้งสิ้นตั้งแต่เริ่มแรก หลังจากเทน้ำใส่ลงในแอ่งจนกระทั่งนำซีเมนต์ที่คลุกเคล้าเป็นวุ้นแล้วนำมาวางในแท่นควรให้อยู่ระหว่าง 3 ถึง 5 นาที

<u>การทดสอบหาค่าความข้นเหลว</u>

1. เลื่อนแบบกรวย (G) ที่อัดลูกปูนเรียบร้อยจากขั้นตอนที่แล้ว วางลงบนแทน H ของอุปกรณ์ไวแคท เลื่อนกึ่งกลางของกรวยให้ตรงแนวของแท่ง B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปรับแท่ง B โดยให้ด้าน plunger ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 มม. เลื่อนลงมาแตะผิวหน้าของปูนที่บรรจะในแบบกรวย แล้วล้อคไว้ด้วยสกรู E จากนั้นจจึงปรับเข็ม F บนหน้าปัทน์ให้อยู่ที่ตำแหน่ง 0

3. คลายสกรู E เพื่อให้ปลาย plunger จมลงในปูนด้วยน้ำหนักตัวมันเอง แล้วอ่านค่าบนหน้าปัทม์ เมื่อปล่อยให้ปลายเข็มจมลงโดยอิสระเป็นเวลา 30 วินาที

4. ความข้นเหลวของซีเมนต์ที่เหมาะสมจะอยู่ที่ระยะจมของปลาย plunger ในปูนเท่ากับ 10 $\pm$ 1 มม. ที่ตำแหน่งดังกล่าวจะให้ปริมาณน้ำที่เหมาะสม

5. ในการทดลอง ไม่สามารถที่จะผสมซีเมนต์ด้วยปริมาณน้ำที่พอเหมาะดังกล่าวและได้ระยะจมตามต้องการ จึงจำเป็นต้องทดลองหลาย ๆ ครั้ง ด้วยการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำทุก ๆ ครั้งแต่ละครั้งให้เปลี่ยนใช้ซีเมนต์ใหม่เสมอ พร้อมกับทำความสะอาดปลาย plunger ให้เรียบร้อยก่อนปล่อยจมลงในปูน จนกระทั่งได้ค่าที่สามารถจะนำมาพล็อตกราฟระหว่างระยะจม เทียบกับอัตราส่วนของน้ำ และสามารถที่จะชี้บอกอัตราส่วนของน้ำที่ระยะจม 10 $\pm$ มม. ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัวและการก่อตัวผิดปกติของซีเมนต์

(Test for setting time and false set of cement paste)

ASTM: C 191 - 71

วัตถุประสงค์

ภายหลังจากที่ซีเมนต์ได้ผสมรวมตัวกับน้ำแล้ว จะเกิดเป็นสารละลายอิ่มตัวยิ่ง (Supersaturated solution) มีลักษณะเป็นผลึกขัน ๆ คล้ายวุ้น และวุ้นซีเมนต์ดังกล่าวจะเริ่มก่อตัวและแข็งตัวตามลำดับ ระยะเวลาการก่อตัวของวุ้นซีเมนต์นี้ แบ่งเป็นสองระยะคือ ระยะเวลาเริ่มก่อตัว (Initial setting time) ซึ่งจะเกิดประมาณ 2-4 ชม. ภายหลังซีเมนต์ผสมกับน้ำ และระยะเวลาก่อตัวเสร็จ (Final setting time) ก็เวลาไม่มากกว่า 10 ชม. ส่วนการก่อตัวผิดปกตินั้นเกิดจากซีเมนต์แข็งตัวเร็วกว่าปกติ โดยไม่เกิดความร้อนมากนัก

วิธีทดสอบ

1. วิธีสอบเข็มไวแคต (Vicat tast) ซึ่งใช้ในการทดสอบหาระยะเวลาการเริ่มการก่อตัว และการก่อตัวผิดปกติ

2. วิธีทดสอบแบบกิลโมร์ (Gillmore test) ใช้ในการทดสอบหาระยะเวลาการเริ่มการก่อตัวและการก่อตัวเสร็จ

วัสดุและการจัดเตรียมตัวอย่างวุ้นซีเมนต์

เช่นเดียวกับการจัดเตรียมวัสดุ สำหรับการทดสอบหาความข้นเหลวของวุ้นซีเมนต์ โดยให้ใช้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับความข้นเหลว ซึ่งได้จากการทดสอบหาค่าความข้นเหลวมาก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทดสอบแบบไวแคต

1. เลื่อนแบบกรวย G ที่อัดลูกปูนเรียบร้อยแล้ว วางลงบนแท่น H ของอุปกรณ์ไวแคตและให้เลื่อนกึ่งกลางของแบบกรวยตรงแนวของแท่ง B

2. ปรับแท่ง B โดยให้ด้าน needle ซึ่งมีขนาดพื้นที่หน้าตัดประมาณ 1 มม. เลื่อนลงมาสัมผัสที่ผิวหน้าของปูนที่บรรจุในแบบกรวย ล็อคไว้ด้วยสกรู E เพื่อปรับเข็ม F บนหน้าปัทม์ให้อยู่ที่ตำแหน่ง 0 แล้วทิ้งตัวอย่างไว้เฉย ๆ โดยไม่รบกวน 30 นาที

3. เมื่อครบเวลาดังกล่าวแล้ว จึงคลายสกรู E เพื่อปล่อยให้ปลายเข็มจมลงในวุ้นซีเมนต์และอ่านระยะจมของเข็มเมื่อเวลาผ่านไป 30 วินาทีภายหลังจากคลายสกรูปล่อยให้เข็มจมลงในซีเมนต์

4. ระยะเวลาการเริ่มก่อตัวของวุ้นซีเมนต์จะนับตั้งแต่เวลาเริ่มผสมกระทั่งถึงเวลาที่เข็มจมลงในวุ้นซีเมนต์เป็นระยะ 25 $\pm$ 2 มม.

5. เนื่องจากการทดลองจำเป็นต้องทำซ้ำ ๆ เนื่องจากไม่สามารถที่จะทราบเวลาที่แน่นอนสำหรับให้เข็มจมได้ระยะตามต้องการ จึงต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไป(elapsedtime) กับระยะจม (penetration) เพื่อนำไปพล็อตกราฟหาค่าที่แน่นอนต่อไปในการทดลองซ้ำให้ย้อนกลับไปที่ขั้นตอน 2 และ 3 ทุก ๆ 15 นาที(หรือทุก ๆ 10 นาทีสำหรับซีเมนต์ประเภท 3) โดยแต่ละครั้งค่อย ๆ หมุนแบบกรวยให้เปลี่ยนไปจากตำแหน่งที่เข็มจมเดิมไม่ต่ำกว่า 6 มม. และควรอยู่ห่างจากขอบแบบไม่น้อยกว่า 10 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทดสอบแบบกิลโมร์

1. ปั้นวุ้นซีเมนต์บนแผ่นกระจกสี่เหลี่ยมสะอาด ขนาดประมาณ 100x 100 มม. การปั้นให้ปั้นเป็นวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 79 มม. และกดให้แบนโดยมีความหนาประมาณ 13 มม. และใช้เกรียงปาดให้ปูนลาดลงจากขอบบนถึงขอบล่าง เสร็จแล้วนำไปเก็บไว้ในตู้ชื้นหรือห้องชื้น ประมาณ 30 นาที

2. จากนั้นให้นำตัวอย่างดังกล่าวมาวางบนแท่น ของอุปกรณ์กิลโมร์ เลื่อนตัวอย่างให้อยู่ใต้เข็มขนาดเล็ก ซึ่งใช้สำหรับวัดเวลาการก่อตัว

3. เวลาการเริ่มก่อตัวของวุ้นซีเมนต์คือเวลาที่ผ่านไปตั้งแต่เริ่มผสมวุ้นซีเมนต์จนกระทั่งเมื่อตัวอย่างสามารถรับน้ำหนักเข็มขนาดเล็กได้โดยไม่จมลงไป (เห็นเพียงรอยเข็ม)

4. จากนั้นจึงตั้งตัวอย่างทิ้งไว้เฉย ๆ อีกประมาณ 9 ชม. จึงเลื่อนตัวอย่างมาอยู่ใต้เข็มขนาดใหญ่ ซึ่งใช้วัดระยะเวลาก่อตัวเสร็จ

5. ระยะเวลาก่อตัวเสร็จ คือเวลาที่ผ่านไปตั้งแต่เริ่มผสมวุ้นซีเมนต์จนกระทั่งเมื่อตัวอย่างสามารถรับน้ำหนักเข็มใหญ่ได้โดยไม่จมลงไป (เห็นเพียงรอยเข็ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบหาความข้นเหลวของซีเมนต์มอร์ต้า

(Test for Consistency of Cement Mortar)

ASTM: C 230 - 61 T

วัตถุประสงค์

เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับความข้นเหลวของซีเมนต์มอร์ต้า

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ซีเมนต์
2. ทรายมาตรฐาน
3. โต๊ะควบคุมการไหล (Flow Table)
4. เครื่องผสมมอร์ต้ามาตรฐาน ASTM
5. ตะแกรงเบอร์ 20 และ 30
6. เข่าชั่ง
7. เวอร์เนีย คาลิปเปอร์
8. นาฬิกา จับเวลา
9. ถุงมือยาง

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมซีเมนต์มอร์ต้ามาตรฐานจากซีเมนต์ 1 ส่วนและทรายมาตรฐาน 3 ส่วนโดยน้ำหนัก คลุกเคล้าให้เข้ากันดี

2. เตรียมโต๊ะควบคุมการไหลให้พร้อม ด้วยการเช็ดส่วนต่าง ๆ ให้สนิทโดยเฉพาะอย่างยิ่งบนฉนกลม (plate) ที่จะวางซีเมนต์ วางแบบทองเหลือง (mould) ลงตรงศูนย์กลางของจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผสมซีเมนต์มอร์ต้าส่วนหนึ่งให้พอดีกับที่จะบรรจุลงในแบบ ด้วยอัตราส่วนของน้ำที่ต่ำสุด (ปกติควรเริ่มที่ 10%) คลุกเคล้าให้ทั่วกันดีแล้วจึงนำมาใส่ลงในแบบ โดยการแบ่งใส่เป็น 2 ชั้น ๆ ละครึ่งแบบ แต่ละชั้นให้กระทุ้งด้วยไม้กระทุ้งมาตรฐานจากขนาด 1" x 5" x 1/2" จำนวน 20 ครั้ง เมื่อครบสองชั้นแล้วจึงปาดมอร์ต้าส่วนเกินออกให้พอดีปากแบบ นำส่วนเกินออกไปให้พ้นจาน จากนั้นจึงค่อย ๆ ยกแบบขึ้นตรง ๆ อย่างระมัดระวัง

4. หมุนลูกเบี้ยวของโต๊ะควบคุมการไหล เพื่อให้จานเลื่อนสูงขึ้น 1/2" แล้วกระแทกลงกับแกนด้วยน้ำหนักของตัวมันเองให้ได้ 25 ครั้งภายในระยะเวลา 15 ± 1 วินาที

5. เมื่อครบจำนวนครั้งแล้ว ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของซีเมนต์มอร์ต้าที่กระจายออกไปรอบ ๆ โดยวัดตามแนวเส้นที่ขีดไว้บนจานทั้งหมด 4 แนว รวมเป็น 4 ค่า บันทึกผลจานทั้ง 4 ค่านี้ไว้พร้อมกับอัตราของน้ำที่ใช้

6. ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางของซีเมนต์มอร์ต้าที่กระจาย เมื่อวัดตามแนวเส้นทั้ง 4 ค่าแล้วได้อยู่ระหว่าง 100-115 มม. ปริมาณน้ำที่ใช้จะเป็นปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับสมการความข้นเหลวของซีเมนต์มอร์ต้า

7. การทดลองไม่สามารถที่จะทำครั้งเดียวให้ได้ค่า ดังแสดงในขั้นตอนที่ 6 ได้จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ แต่ละครั้งที่ทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่เพียงพอสำหรับนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าการกระจายที่วัดได้กับอัตราส่วนของน้ำ แล้วจึงใช้กราฟเป็นตัวหาค่าเหมาะสมต่อไปในการทดลองใหม่แต่ละครั้งต้องใช้ซีเมนต์มอร์ต้ามาตรฐาน ที่คลุกเคล้าเตรียมไว้ก่อนแล้วทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบหากำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า

(Test for Compressive strength of Hydraulic Cement Mortas)

ASTM: C 109 - 70

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหากำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าโดยการหล่อก้อนทดสอบ รูปลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ซม. เปรียบเทียบความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นหรือที่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากปริมาณของน้ำผสม และระยะเวลาของการบ่ม

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ซีเมนต์ ประมาณ 500 กรัมสำหรับ 6 ตัวอย่างและ 750 กรัม สำหรับ 9 ตัวอย่าง

2. ทรายมาตรฐานที่คัดขนาดแล้ว

3. ตะแกรง

4. แบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ซม. ทำด้วยวัสดุที่ซีเมนต์ไม่ยึดเกาะ

5. หลอดแก้วกระทุ้ง หรือวัสดุอื่นที่ไม่ดูดซึมน้ำ ไม่สึกหรอเมื่อถูกเสียดสี และไม่เปราะหักง่าย อาทิ แท่งยาง ไม้ ที่มีขนาดหน้าตัดประมาณ 13x25 มม. และมีความยาวประมาณ 120 ถึง 150 มม. หน้าตัดของปลายที่ใช้กระทุ้งต้องตั้งฉากกับแกนยาวของแท่ง

6. เครื่องผสมมอร์ต้า

7. เกรียงเหล็ก

8. เครื่องทดสอบกำลังอัด อาจเป็นแบบไฮดรอลิคหรือแบบเกลียวหมุนโยกด้วยมือ

9. โต๊ะควบคุมการไหลพร้อมแบบกรวย (Flow Table)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. ตรวจสอบการเรียบขนาดของเม็ดทราย โดยใช้วิธีการร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาด คือ เบอร์ 100, 50, 30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซนต์ค้างบนตะแกรงประมาณ 98±2, 75±5, 2±2 และ 0 ตามลำดับหลังจากนั้นให้นำตัวอย่างมาทำการแบ่งสี (quatering) เพื่อให้ได้ตัวอย่างจำนวนตามต้องการ

2. การเตรียมอัตราส่วนของซีเมนต์และทรายมาตรฐานปกติใช้อัตราส่วน 1:2.75 และใช้ปริมาณ (w/c ratio) = 0.485 เป็นจุดเริ่มต้น

3. ผสมซีเมนต์มอร์ต้าด้วยเครื่องผสม ตามหลักการเดียวกันกับวิธีทดสอบที่ผ่านมา

4. เสร็จแล้วนำซีเมนต์มอร์ต้ามาหาค่าการไหล เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมปฏิบัติเช่นเดียวกับการหาค่าความข้นเหลวของซีเมนต์มอร์ต้าหรือจะหาจากสมการการหาเปอร์เซ็นต์น้ำที่เหมาะสมที่ปรากฏอยู่ในการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้าก็ได้เช่นกัน

5. เมื่อได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมแล้ว ให้ผสมซีเมนต์มอร์ต้าใหม่ เพื่อบรรจุลงในแบบหล่อหลังจากชโลมน้ำมันในช่องแบบจนทั่วแล้วจึงใส่ซีเมนต์มอร์ต้าลงไปประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงแบบ (1") แล้วใช้แท่งกระทุ้งมาตรฐานกระทุ้งให้ได้ 32 ครั้งภายในเวลา 10 วินาที โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 4 รอบ ดังแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	2	3	4
8	7	6	5

รอบที่ 1 และ 3

4	5
3	6
2	7
1	8

รอบที่ 2 และ 4

6. จากนั้นใส่ซีเมนต์มอร์ต้าลงในแบบที่เหลือจนเต็ม และกระทุ้งอีก 32 ครั้งภายใน 10 วินาที โดยแบ่งเป็น 4 รอบ เช่นเดียวกัน เสร็จแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ ใช้ผ้าชุบน้ำพอหมาดคลุม และตั้งทิ้งไว้เฉย ๆ เป็นเวลา 24 ชม. จึงแกะแบบนำแท่งตัวอย่างไปบ่มในน้ำ

7. ทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างที่อายุ 24 ชม., 3 วัน, 7 วัน และ 28 วันตามลำดับ การนำแท่งตัวอย่างขึ้นจากน้ำมาก่อนเวลาทดสอบ 24 ชม. ให้คลุมด้วยผ้าหมาดไว้จนถึงเวลาทดสอบ เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง ปัดเม็ดทรายหรือสะเก็ดที่ติดผิวออก ข้อควรระวังก็คือ จะต้องให้ผิวหน้าเรียบจริง ๆ หากโค้งหรือไม่สม่ำเสมอเพียงเล็กน้อย ให้ฝนกระดาษทรายน้ำละเอียด ถ้าโค้งหรือขรุขระมากให้ทิ้งไปไม่นำมาทดสอบ

8. การทดสอบนับจากการให้แรงอัดเพิ่มในแท่งทดสอบจนกระทั่งแตกจะต้องอยู่ภายในช่วงเวลา 20-80 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้