สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# อิทธิพลของอุณหภูมิการบ่มต่อคุณสมบัติของคอนกรีตรับกำลังสูงเร็ว

# INFLUENCE OF CURING TEMPERATURE ON PROPERTIES OF HIGH EARLY STRENGTH CONCRETE

โดย

นางสาวเกวริน ก้อนแก้ว

นายจิตติพันธ์ เพ็ญสิริกุล

นายเฉลิมรัฐ ทองรุ่งโรจน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62924
วัน,เดือน,ปี 23 ส.ค. 2549

ล.....
ส.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# INFLUENCE OF CURING TEMPERATURE ON PROPERTIES OF HIGH EARLY STRENGTH CONCRETE


MS. KEWARIN KONKAEW

MR. JITTIPUNT PENSIRIKUL

MR. CHALERMRUT THONGRUNGROJ


A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT 'S INSTITUTR OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

---

หัวข้อโครงงานพิเศษ อิทธิพลของอุณหภูมิการบ่มต่อคุณสมบัติของคอนกรีตรับกำลังสูงเร็ว

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| นักศึกษา | นางสาวเกวริน | ก้อนแก้ว | รหัสประจำตัว | 45010065 |
| | นายจิตติพันธ์ | เพ็ญสิริกุล | รหัสประจำตัว | 45010111 |
| | นายเฉลิมรัฐ | ทองรุ่งโรจน์ | รหัสประจำตัว | 45010151 |

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.คมสัน มาลีสี

| คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| ผศ.ศักดิ์ชัย สถานุพงษ์<br>ผศ.สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์<br>อ.ทรงกลด แซ่อึ้ง<br>ดร.คมสัน มาลีสี | |

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2549

อิทธิพลของอุณหภูมิการบ่มต่อคุณสมบัติของคอนกรีตรับกำลังสูงเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| หัวข้อโครงงานพิเศษ | อิทธิพลของอุณหภูมิการบ่มต่อคุณสมบัติของคอนกรีตรับกำลังสูงเร็ว<br>INFLUENCE OF CURING TEMPERATURE ON PROPERTIES<br>OF HIGH EARLY STRENGTH CONCRETE |
| นักศึกษา | เกวริน ก้อนแก้ว, จิตติพันธ์ เพ็ญสิริกุล, เฉลิมรัตน์ ทองรุงโรนจ์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ดร. คมสัน มาลีสี |
| ระดับการศึกษา | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา |
| ภาควิชา | วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ |
| ปีการศึกษา | 2548 |

# บทคัดย่อ

งานวิจัยที่ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มที่จะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางด้านความสามารถด้านทานกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูงเร็ว (High Early Strength Concrete) ในขั้นแรกจะทำการทดลองหาสัดส่วนของสารผสมเพิ่ม เพื่อทำให้เป็นคอนกรีตรับกำลังสูงเร็ว จากนั้น จึงใช้อุณหภูมิในการบ่มคอนกรีตซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มเข้าไปจะไปเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชั่นและจำทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดเร็วขึ้นพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการบ่ม ความสามารถด้านทานรับกำลังอัดจะสูงขึ้นจากคอนกรีตเดิมที่เป็นคอนกรีตรับกำลังสูงเร็วอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : INFLUENCES OF CURIING TYPES ON PROPERTIES OF HIGH EARLY STRENGTH CONCRETE

Name : MS. KAWARIN KONKAEW , MR. JITTIPUNT PENSIRIKUL, MR. CHALERMRUT THONGRUNGROJ

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : DR. KOMSAN MALEESEE

# Abstract

This research studies the relation of temperature which is used in concrete curing which will effect to compression strength capacity of High Early Strength Concrete .Primary study will test for the ratio of admixture in which increases the strength of concrete rapidly. Afterward will use the temperature for curing concrete. The temperature will be increased for hasten the hydration reaction and its process the result of this process has found that the resistance of compressive strength ability will be risen from its original high strength ability.

KEYWORDS : Curing , High Early Strength Concrete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ


| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| | ปกใน (ภาษาไทย) | ก |
| | ปกใน (ภาษาอังกฤษ) | ข |
| | ใบรับรองโครงงานพิเศษ | ค |
| | บทคัดย่อ(ภาษาไทย) | ง |
| | บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ) | จ |
| | สารบัญ | ฉ |
| | สารบัญตาราง | ช |
| | สารบัญรูป | ฌ |
| 1 | บทนำ | |
| | 1.1 กล่าวนำ | 1 |
| | 1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| | 1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา | 2 |
| | 1.4 ขอบเขตการศึกษา | 3 |
| | 1.5 วิธีการศึกษา | 3 |
| | 1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 5 |
| 2 | วรรณกรรมปริทัศน์ | |
| | 2.1 กล่าวนำ | 6 |
| | 2.2 คุณสมบัติของซีเมนต์ที่มีผลต่อคอนกรีต | 6 |
| | 2.3 คุณสมบัติของวัสดุมวลรวมที่มีผลต่อคอนกรีต | 7 |
| | 2.4 คุณสมบัติของสารผสมเพิ่มที่มีผลต่อคอนกรีต | 8 |
| | 2.5 ค่าระยะห่างระหว่างมวลรวมที่มีผลต่อคอนกรีต | 12 |
| | 2.6 การหดตัว | 12 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)


| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| 3 | **วิธีการศึกษา** | |
| | 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ | 15 |
| | 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ | 16 |
| | 3.2.1 เครื่องผสมคอนกรีต | 16 |
| | 3.2.2 แบบหล่อตัวอย่างทดสอบ | 17 |
| | 3.2.3 เครื่องอบคอนกรีต | 17 |
| | 3.2.4 เครื่องเพิ่มอุณหภูมิน้ำในการให้ความร้อนแก่คอนกรีต | 18 |
| | 3.3 การดำเนินการทดสอบ | 18 |
| | 3.3.1 การดำเนินการทดสอบซีเมนต์เพสท์ | 18 |
| | 3.3.2 การดำเนินการทดสอบการรับแรงอัดของคอนกรีต | 23 |
| | 3.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่าง | 26 |
| | 3.5 การดำเนินการทดสอบการหดตัวของคอนกรีต (Autogenous Shrinkage) | 27 |
| 4 | **ผลการทดลอง** | |
| | 4.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสท์ | 30 |
| | 4.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูงเร็ว ที่อุณหภูมิต่างกัน | 49 |
| | 4.3 ผลการทดสอบ Autogenous Shrinkage | 65 |
| | 4.4 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง | 70 |
| 5 | **สรุป** | |
| | 5.1 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสท์ | 71 |
| | 5.2 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ | 71 |
| | 5.3 สรุป Autogenous Shrinkage | 72 |
| | 5.4 สรุปผลการทดสอบคอนกรีตกำลังสูง | 73 |
| | **บรรณานุกรม** | |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | ชื่อตาราง | หน้า |
|---|---|---|
| 3.1 | อัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสท์ w/c ratio 0.30 | 19 |
| 3.2 | อัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสท์ w/c ratio 0.35 | 20 |
| 3.3 | อัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสท์ w/c ratio 0.40 | 21 |
| 3.4 | อัตราส่วนที่ใช้ในการผสม Concrete, w/c 0.35(ต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร) | 24 |
| 3.5 | อัตราส่วนที่ใช้ในการผสม Concrete Alumina Cement, w/c 0.35 | 24 |
| 3.6 | อัตราส่วนที่ใช้ในการผสม Concrete Silica Fume, w/c 0.35 | 25 |
| 4.1 | กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสท์ | 30 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | ชื่อรูป | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษา | 5 |
| 3.1 | เครื่องผสม Concrete Paste | 16 |
| 3.2 | เครื่องผสมคอนกรีต | 16 |
| 3.3 | เครื่องอบคอนกรีต | 17 |
| 3.4 | เครื่องเพิ่มอุณหภูมิน้ำในการต้มคอนกรีต | 18 |
| 3.5 | การบ่มตัวอย่างโดยการนำไปแช่น้ำ | 22 |
| 3.6 | Universal Testing Machine | 26 |
| 3.7 | เครื่องมือที่ใช้ในการวัด Autogenous Shrinkage | 27 |
| 3.8 | ลักษณะแกนเหล็กที่ยื่นเข้ามาในเนื้อแบบ | 28 |
| 3.9 | วิธีการวัดระยะห่างระหว่างแกนเหล็กทั้ง 2 ข้าง | 28 |
| 3.10 | การเทซีเมนต์เพสท์ที่ผสมลงในแบบ | 29 |
| 3.11 | วิธีการวัดก้อนตัวอย่าง | 29 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่1
# บทนำ

## 1.1. กล่าวนำ

ในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นงานหรือธุรกิจใดๆก็ตาม สิ่งที่เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือค่าใช้จ่ายและเวลา แต่สำหรับปัจจัยสำคัญในการก่อสร้างคอนกรีต คือวัสดุวิศวกรรม ที่นิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้างต่าง ๆ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ เป็นส่วนผสมของคอนกรีต มีอยู่เป็นจำนวนมากตามธรรมชาติ มีความคงทนสูง และมีราคาไม่สูงมาก เมื่อเทียบกับวัสดุวิศวกรรมก่อสร้างชนิดอื่น ๆ ขณะที่ประโยชน์ที่ได้รับ ยังตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานอื่น ๆ ได้หลายรูปแบบ แต่กระนั้นคอนกรีตยังมีข้อด้อยในด้านระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง เพราะต้องใช้เวลาในการทำแบบหล่อและรอให้คอนกรีตแข็งตัว ซึ่งจุดนี้เองที่ทำให้ในบางครั้งงานก่อสร้างเลือกที่จะใช้วัสดุชนิดอื่นแทนคอนกรีต เพราะถ้างานก่อสร้างนั้นเสร็จรวดเร็วแล้ว จะสามารถดำเนินธุรกิจอื่นตามมาได้ก่อน เช่น งานอาคาร เป็นต้น

## 1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในโครงงานหรืองานก่อสร้างต่างๆ ปัญหาที่พบมากก็คือความล่าช้าของงานและจะส่งผลกระทบไปถึงค่าใช้จ่ายต่างๆด้วย ปัญหาเหล่านี้ส่วนมากหนีไม่พ้นเรื่องงานของคอนกรีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานที่ต้องการความเร่งด่วน ซึ่งคอนกรีตนั้นจะต้องใช้เวลาในการก่อตัวและต้องใช้เวลาอีกหลายวันจนกว่าคอนกรีตจะสามารถรับกำลังตามที่ต้องการเพื่อที่จะรับโครงสร้างอื่นๆได้ และจะทำให้ปัญหาอื่นๆเกิดขึ้นมาภายหลัง อาทิ เช่น การทำงานไม่เสร็จตามแผนที่วางเอาไว้ หรือส่งมอบโครงงานไม่ทันตามกำหนดทำให้ต้องโดนค่าปรับอันเนื่องมาจากความล่าช้าของงานซึ่งเป็นผลทำให้ต้องเสียจ่ายใช้จ่ายต่างโดยไม่จำเป็น

ปัญหาที่มักพบเห็นกันบ่อยๆอันเนื่องมาจากคอนกรีตรับกำลังได้ช้า เช่น งานซ่อมแซมถนน หรือขยายพื้นผิวจราจร งานเหล่านี้เป็นงานที่มีความจำเป็นที่จะต้องปิดกั้นช่องทางจราจรที่มีการซ่อมแซมอยู่ โดยเฉพาะบริเวณที่มีการจราจรคับคั่ง จะก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดตามมา ถึงแม้ว่าจะมีการเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อย หรือคอนกรีตได้มีการก่อตัวหรือแข็งตัวแล้ว ก็ไม่ได้หมายความว่าจะสามารถให้รถวิ่งบนถนนนั้นๆได้ เพราะคอนกรีตนั้นยังต้องใช้เวลาอีกหลายวันจนกว่าคอนกรีตจะสามารถรับน้ำหนักของรถที่วิ่งบนถนนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือปัญหาอีกประการ คือในโรงงานที่ผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง( Pre and Post tensioned Concrete) การดึงถ่ายแรงแล้วปล่อยลวดภายหลังการหล่อชิ้นส่วน จะทำได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตที่หล่อแล้วมีกำลังรับแรงได้สูงเพียงพอที่ได้กำหนดไว้ตามมาตรฐานของโรงงานที่ทำการผลิต ดังนั้นการรอเวลาจึงทำให้เกิดปัญหาต่างๆตามมามากมาย

ด้วยเหตุนี้ถ้ามีการพัฒนาคอนกรีตให้สามารถรับกำลังได้สูงกว่า 210 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร หรือเพียงพอต่อการใช้งานภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว เช่น 6-8 ชั่วโมงหลังการผสมเสร็จ และจะเรียกคอนกรีตประเภทนี้ว่าคอนกรีตกำลังสูงเร็ว ( High Early Strength Concrete) ซึ่งจะเป็นผลดีอย่างมาก เช่นถ้าต้องรอให้คอนกรีตรับกำลังได้สูงภายในเวลา 7 วัน หรือ 14 วัน ก็จะเหลือเพียง 3 วัน หรือไม่ถึง1 วัน ปัญหาต่างๆที่เกิดจากความล่าช้าของคอนกรีตก็จะหมดไป เช่น

- การซ่อมแซมถนนที่จะทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด
- การผลิตชิ้นส่วนของคอนกรีตอัดแรง
- ในงานที่ต้องการถอดแบบอย่างรวดเร็ว
- ยังสามารถช่วยลดเวลาที่สูญเปล่าและค่าใช้จ่ายที่เสียไปกับเวลา

**1.3. วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ**

1. ทดลองหาสัดส่วนการผสมคอนกรีตกำลังรับแรงอัดสูงเร็ว (High Early Strength Concrete) โดยพิจารณากำลังรับแรงอัดในช่วงต้นที่ 8 ชั่วโมง และ 1วัน และทดสอบกำลังรับแรงอัดไปจนถึงตัวอย่างทดสอบมีอายุที่ 28 วัน หลังผสมเสร็จ

2. ศึกษาการประยุกต์ใช้สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixture) เพื่อเพิ่มกำลังรับแรงอัดในช่วงต้น ซึ่งสารผสมเพิ่มที่ใช้ คือ ซิลิกาฟูม

3. เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมสารผสมเพิ่มโดยบ่มที่อุณหภูมิ 25, 40, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส และนำมาทดสอบกำลังอัดตามอายุของคอนกรีตที่อายุ 8 ชั่วโมง1, 3, 7 และ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.4. ขอบเขตของการศึกษา**

1. เลือกใช้ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland cement)

2. ใช้วัสดุมวลรวมที่มีอยู่ในประเทศ เช่น ทรายแม่น้ำ โดยให้มีขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C33

3. ใช้สารผสมเพิ่ม ซิลิกาฟูม อลูมินาซีเมนต์ ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

4. วิธีการผสมใช้โม่ผสมชนิดเอียงมีถังผสมเป็นรูปกรวย

5. ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตสดเมื่อแข็งตัวแล้วด้านกำลังรับแรงอัด

6. การทดสอบที่ใช้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM

7. ศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยการบ่มที่อุณหภูมิต่างกัน ในงานวิจัยนี้บ่มโดยใช้อุณหภูมิการบ่ม 25, 40, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส

**1.5. วิธีการศึกษา**

ขั้นตอนดำเนินงานได้แบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ขั้นตอนการทบทวนวรรณกรรม
   - ศึกษาทฤษฎีของคอนกรีต
2. ขั้นตอนการศึกษางานวิจัยเดิม
   - ศึกษาฐานข้อมูลของวิศวกรรมโยธาที่มีอยู่
   - ศึกษางานวิจัยของงานคอนกรีตที่มีในประเทศไทย
3. ขั้นตอนการปรับปรุงฐานข้อมูลจากที่ศึกษาในข้อ 1 และ ข้อ 2
   - ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตโดยวิธีของ ACI เพื่อทดสอบส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในงานวิจัย
   - ให้สารผสมเพิ่มเป็นตัวที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคอนกรีตโดยศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารผสมเพิ่ม
   - อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ในแต่ละสัดส่วนการผสมเพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติด้านกำลังและความสามารถในการไหลเพื่อความสะดวกในการทำงาน
   - ทำตัวอย่างการทดสอบ
   - ทำการบ่มคอนกรีตโดยใช้อุณหภูมิการบ่มที่ต่างกัน
   - ทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่าที่ต้องการศึกษาได้แก่

- กำลังอัดที่ 8, 24 ชั่วโมง นับจากเวลาการผสม
- กำลังอัดที่ 3, 7, 28 วัน
- เวลาการก่อตัวเริ่มต้นและเวลาก่อตัวสุดท้าย (Initial & Final Setting Time)

5. ตัวแปลที่ทำการศึกษา ได้แก่

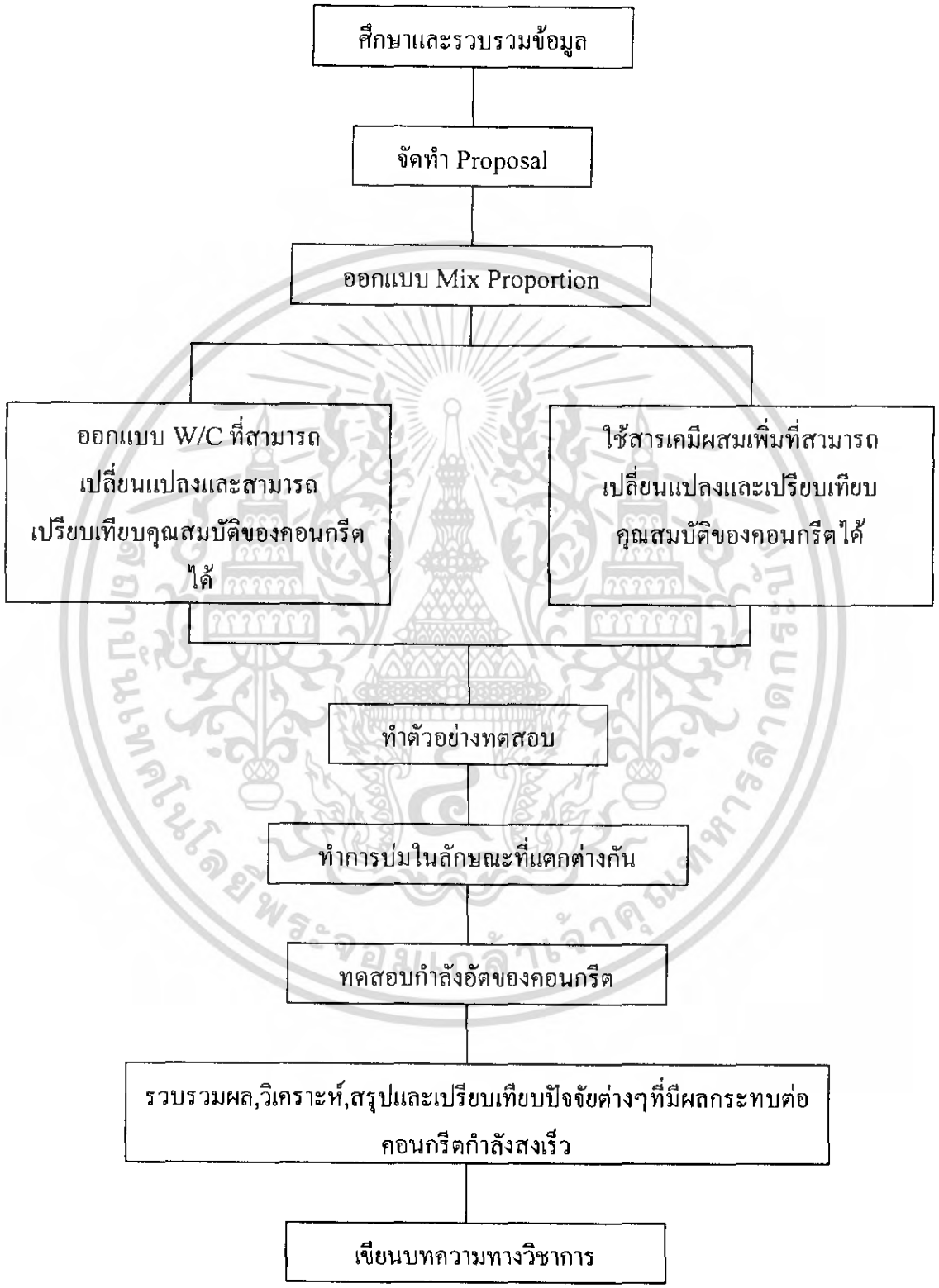
- อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) 0.30, 0.35 และ 0.40
- ชนิดและปริมาณการใช้สารผสมเพิ่ม
- การใช้สารผสมเพิ่มมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไป
- การบ่มคอนกรีตโดยใช้อุณหภูมิการบ่มที่ต่างกัน
- ค่ายุบตัวประมาณ 5 เซนติเมตร

**1.6. ผลที่คาดว่าจะได้รับ**

- กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่สูงขึ้นในช่วงต้นเมื่อผสมสารผสมเพิ่ม
- กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่สูงขึ้นในช่วงต้นเนื่องจากการบ่มด้วยน้ำที่อุณหภูมิสูง
- ผลจากการศึกษาที่ได้จะสามารถนำไปใช้ในการศึกษาอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน**




**รูปที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษา**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# วรรณกรรมปริทัศน์

## 2.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน มีการรวบรวมประเด็นแนวคิด ทฤษฎี หรือเอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆที่ผ่านมา เพื่อให้ผู้ศึกษาได้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ง่ายขึ้น

## 2.2. คุณสมบัติของซีเมนต์ที่มีผลต่อคอนกรีต

**องค์ประกอบของซีเมนต์** สารประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในซีเมนต์ซึ่งจะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติต่างๆ ของซีเมนต์เมื่อนำไปผสมกับน้ำเพื่อทำเป็นมอร์ตาหรือคอนกรีต เช่น อัตราการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่น กำลังรับแรงอัดในระยะแรก (Early strength) และระยะหลัง (Ultimate strength) ความทนทานต่อการกัดกร่อนของซัลเฟต (Sulfate-resistance) มีดังนี้

**ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium Siligate,$C_3S$)** ทำให้เกิดกำลังรับแรงอัดได้เร็วในระยะแรกประมาณ 14 วันหลังการผสม มีอัตราการทำปฏิกิริยากับน้ำปานกลาง ก่อตัวภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง ให้ความร้อนปานกลางประมาณ 120 แคลอรี/กรัม ทนต่อซัลเฟต

**ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium Siligate,$C_2S$)** ทำให้เกิดกำลังรับแรงอัดในระยะหลัง ประมาณ 14-28 วันและเรื่อยไปหลังได้รับการบ่มชื้น ทำปฏิกิริยากับน้ำช้าให้ความร้อนน้อย ประมาณ 60 แคลอรี/กรัม เมื่อเกิดปฏิกิริยามีการทนทานสูงต่อการกัดกร่อนของซัลเฟตและมีการหดตัวน้อย

**ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium Aluminate,$C_3A$)** ทำให้เกิดกำลังรับแรงอัดได้เร็วมากในระยะแรกประมาณ 1 วันหลังการผสมเพราะทำปฏิกิริยากับน้ำทันที ก่อและแข็งตัวเร็วโดยให้ความร้อนมากประมาณ 210 แคลอรี/กรัม เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน แต่ไม่ช่วยเพิ่มกำลังรับแรงในระยะหลัง ทำให้เกิดความไม่คงตัว (Unsoundness) และไม่ทนต่อการกัดกร่อนของซัลเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เตตราแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรท์ (Tetracalcium Aluminoferrite,$C_4AF$)** ไม่มีส่วนในการพัฒนากำลังรับแรงอัดแต่ให้ความร้อนน้อยในปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ประมาณ 100 แคลอรี/กรัม

**อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/cement ratio)** ส่วนผสมของน้ำที่ผสมในคอนกรีตมีหน้าที่สำคัญ 2 อย่างคือ มีหน้าที่ทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับซีเมนต์และช่วยหล่อลื่นระหว่างอนุภาคเพิ่มความสามารถในการเทได้ ปริมาณน้ำที่ผสมจะมีบทบาทมากต่อกำลังของคอนกรีต กำลังของคอนกรีตจะสูงขึ้นเมื่อใช้น้ำผสมลดลง ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะต้องการน้ำจำนวนหนึ่งเท่านั้นโดยมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ประมาณเท่ากับ 0.28

ในการผสมคอนกรีตตามปกติอาจใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มากกว่า 0.35 ขึ้นไป ซึ่งน้ำส่วนนี้จะทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียกและหล่อลื่นให้คอนกรีตเหลวเข้าแบบได้ง่าย น้ำส่วนนี้เรียกว่า "น้ำส่วนเกิน" (Excess water) ถ้ามีมากจะทำให้เกิดการเยิ้ม (Bleeding) การแยกตัว (Segregation) กำลังรับแรงอัดต่ำลง มีการหดตัว (Shrinkage) มากขึ้นและเกิดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตมากขึ้น

## 2.3. คุณสมบัติของวัสดุมวลรวมที่มีผลต่อคอนกรีต

**ขนาดใหญ่สุดของวัสดุมวลรวม (Maximum size of aggregate)** ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมที่ใช้มีผลโดยตรงกับปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่ต้องการและขนาดคละของวัสดุผสม กล่าวคือ มวลรวมที่มีขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ผิวโดยรวมน้อยกว่ามวลรวมที่มีขนาดเล็ก ดังนั้น เมื่อพิจารณาให้น้ำหนักของมวลรวมเท่ากัน มวลรวมขนาดใหญ่จึงต้องการปริมาณน้ำและซีเมนต์น้อยกว่า เพื่อให้มีความสามารถเทได้เท่ากัน หรือถ้าพิจารณาให้ปริมาณซีเมนต์และค่าการยุบตัวเท่ากัน กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้มวลรวมขนาดใหญ่ขึ้น เพราะสามารถลดปริมาณน้ำหรือลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

**ขนาดคละ (Gradation)** คือ การกระจายของขนาดต่างๆของอนุภาควัสดุมวลรวม เป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับการกำหนดประมาณซีเมนต์เพสต์ที่ต้องการสำหรับคอนกรีตสด (Fresh concrete) คือ ถ้าใช้หินและทรายหลายขนาดที่ลดหลั่นกัน มาผสมกันโดยมีขนาดคละที่เหมาะสมแล้วจะทำให้ช่องว่างเหลือน้อยที่สุด ทำให้ปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่ใช้น้อยสุดตามไปด้วย ซึ่งทำให้ประหยัดปูนซีเมนต์ในส่วนผสมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4. คุณสมบัติของสารผสมเพิ่มที่มีผลต่อคอนกรีต**

**สารผสมเพิ่ม (Admixtures)** หมายถึงสารใดๆนอกเหนือจากน้ำ ปูนซีเมนต์ หินและทราย ที่ใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตทั้งก่อนผสมหรือขณะผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตขณะยังเหลวอยู่หรือคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพสิ่งแวดล้อมและสภาพการทำงาน วัตถุประสงค์ทั่วๆไปของการใช้สารผสมเพิ่มคือ ปรับปรุงความสามารถเทได้ เร่งหรือหน่วงเวลาการก่อตัว ควบคุมหรือพัฒนากำลังรับแรงอัด ปรับปรุงคุณสมบัติด้านการต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความร้อน การทนต่อกรดและซัลเฟต หรือเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง แต่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำลายคุณภาพของคอนกรีตทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมทั้งไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารประกอบของซีเมนต์และเหล็กเสริมซึ่งจะทำให้คุณสมบัติเด่นของสารผสมเพิ่มแต่ละตัวเสียไป ประเภทของสารที่ใช้แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 4 กลุ่มคือ

1. สารกระจายกักฟองอากาศ (Air-entraining agents) ใช้เพื่อปรับปรุงความสามารถในการเทโดยเพิ่มปริมาณฟองอากาศเล็กๆ แต่จะมีผลต่อกำลังรับแรงอัด ถ้ามีจำนวนฟองอากาศมากเกินไป

2. สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical admixtures) เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำเติมลงในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการ

3. สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral admixtures) เป็นวัสดุผงละเอียด ใช้ปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน เพิ่มความคงทนทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการก่อตัวดีขึ้น สามารถใช้ทดแทนปริมาณซีเมนต์ได้บางส่วน

4. สารผสมเพิ่มอื่นที่ไม่จัดอยู่ในสามประเภทแรก เช่น สารป้องกันการซึม สารป้องกันเชื้อรา สำหรับสีตกแต่ง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของสารเคมีผสมเพิ่มนั้น อาจแบ่งได้อีกเป็น 7 ประเภทตามมาตรฐาน ASTM C494 (1996) คือ

- ประเภท A สารลดปริมาณน้ำ (Water reducing)
- ประเภท B สารยืดเวลาการก่อตัว (Retarding)
- ประเภท C สารเร่งเวลาการก่อตัวและการแข็งตัว (Accelerating)
- ประเภท D สารลดปริมาณน้ำและยืดการก่อตัว (Water reducing and retarding)
- ประเภท E สารลดปริมาณน้ำและเร่งการก่อตัว (Water reducing and accelerating)
- ประเภท F สารลดปริมาณน้ำจำนวนมาก (High range water reducing)
- ประเภท G สารลดปริมาณน้ำจำนวนมากและยืดเวลาการก่อตัว (High range water reducing and Retarding)

เนื่องจากในการศึกษานี้ ต้องการคอนกรีตที่มีกำลังสูงเร็วซึ่งในมาตรฐาน ASTM ยังไม่มีสารเคมีผสมเพิ่มประเภทใดทำให้มีคุณสมบัติตามต้องการนี้ ดังนั้นจึงเลือกใช้สารเคมีผสมเพิ่ม 2 ประเภทร่วมกัน คือ สารลดปริมาณน้ำเพื่อลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ทำให้คอนกรีตที่ได้มีกำลังสูงขึ้น และสามารถทำงานได้ง่ายเมื่อยังไม่แข็งตัว และในขณะเดียวกันก็ต้องการให้คอนกรีตรับแรงอัดได้เร็วขึ้นด้วย สารเร่งการก่อตัวจึงถูกนำมาใช้ร่วมด้วยเพื่อช่วยในการเร่งการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ดังนั้น จึงเน้นถึงการศึกษากลไกการทำงานและผลที่จะได้รับจากการผสมสารเคมีผสมเพิ่มทั้ง 2 ชนิดนี้ในคอนกรีต ซึ่งคณะผู้ทดลองจะขออธิบายเกี่ยวกับสารเคมีผสมเพิ่มทั้งสองชนิดดังกล่าวอย่างคร่าวๆ ดังนี้

**สารลดปริมาณน้ำ**

**ประโยชน์**

ทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ตามที่ต้องการโดยใช้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมลดลงในขณะที่ปริมาณซีเมนต์คงที่ ซึ่งทำให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลดลง ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ประเภทของสารลดปริมาณน้ำ**

สารลดปริมาณน้ำสามารถจำแนกได้อย่างคร่าวๆ ตามสารประกอบพื้นฐาน (Based components) ดังนี้

1. สารลดปริมาณน้ำที่มีกรดลิกโนซัลโฟนิกเป็นสารประกอบหลัก

2. สารลดปริมาณน้ำที่มีกรดไฮดรอกซีคาร์โบไซลิกเป็นสารประกอบหลัก

3. สารลดปริมาณน้ำที่มีเมลามีนหรือเนฟทาลีนเป็นสารประกอบหลัก

**ผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเหลว**

ผลกระทบโดยตรงคือทำให้คอนกรีตที่ได้มีความสามารถเทได้ดีขึ้น แต่การใช้ปริมาณสารลดปริมาณน้ำประเภทนี้ในการผสมมากเกินไปจะทำให้เกิดการหน่วงตัวขึ้นได้ นอกจากนี้ ยังช่วยเพิ่มฟองอากาศแก่คอนกรีตเหลวเล็กน้อยประมาณ 0.2 ถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้สารลดปริมาณน้ำที่มีกรดลิกโนซัลโฟนิกเป็นสารประกอบหลักเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตเหลวธรรมดา แต่ถ้าใช้สารลดปริมาณน้ำที่มีกรดไฮดรอกซีคาร์โบไซลิกเป็นสารประกอบหลักจะลดปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตเหลวลงเล็กน้อย

**ผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้ว**

เนื่องจากการผสมคอนกรีตต้องการปริมาณน้ำลดลงเพื่อให้ได้ความสามารถเทได้เท่าเดิม ดังนั้นการใช้สารลดปริมาณน้ำจึงเป็นการลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ส่งผลให้การพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรวดเร็วขึ้น นอกจากนี้การใช้สารลดปริมาณน้ำยังช่วยลดปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการใช้ด้วย จึงทำให้คอนกรีตที่ผสมได้มีราคาถูกลง เมื่อพิจารณาผลกระทบทางด้านการหดตัวและความล้า (Shrinkage and creep) เมื่อนำคอนกรีตที่ผสมไปใช้งาน พบว่าไม่มีผลกระทบใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กลไกการทำงาน**

กลไกการทำงานสารเคมีผสมเพิ่มชนิดนี้จะช่วยลดความต้องการน้ำของคอนกรีต ทั้งนี้เพราะมีคุณสมบัติในการช่วยเปลี่ยนคุณสมบัติของผิวต่อระหว่างของแข็งและน้ำในคอนกรีต ปกติอนุภาคซีเมนต์ต่างๆในคอนกรีตจะมีประจุไฟฟ้าเหลือตกค้างบนผิวซึ่งมีทั้งขั้วบวกและลบ ทำให้อาจมีการจับตัวกันเป็นก้อน (Flocculate) ซึ่งสามารถดูดน้ำในคอนกรีตจำนวนมากทำให้เหลือน้ำหล่อลื่นน้อย โมเลกุลของสารผสมเพิ่มชนิดนี้ช่วยทำให้ประจุเป็นกลางหรืออาจทำให้เกิดประจุชนิดเดียวกันก็ได้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการแยกตัวกันในเนื้อซีเมนต์เพสต์ ดังนั้นการใช้สารลดปริมาณน้ำหรือสารลดปริมาณน้ำจำนวนมาก จะช่วยเพิ่มความสามารถเทได้แทนหน้าที่ของน้ำเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีด

**สารเร่งการก่อตัว**

**ประโยชน์**

เป็นสารเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชัน ส่งผลทำให้เร่งการก่อตัวและพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในช่วงต้น

**ประเภทของสารเร่งการก่อตัว**

สารเร่งการก่อตัวที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามสารประกอบพื้นฐาน (Based components) ที่มีอยู่ในสารเร่งการก่อตัวแต่ละตัวดังนี้

1. สารเร่งการก่อตัวชนิดที่มีคลอไรด์เป็นสารประกอบพื้นฐาน

2. สารเร่งการก่อตัวชนิดที่ไม่มีคลอไรด์เป็นสารประกอบพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กลไกการทำงาน**

สารเร่งเวลาการก่อตัวของคอนกรีตทำหน้าที่เหมือนตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี(Catalyst) ระหว่างซีเมนต์กับน้ำ ผลก็คือจะเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ก่อให้เกิดความร้อนและกำลังอัดจะเพิ่มขึ้น ในเวลาอันรวดเร็ว การเร่งปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณสารผสมนี้มากขึ้น

**2.5. ค่าระยะห่างระหว่างมวลรวมที่มีผลต่อคอนกรีต**

จากการศึกษาของ Nanayakara et al. พบว่าระยะห่างระหว่างมวลรวมมีผลอย่างมากต่อความสามารถในการไหลของคอนกรีต เมื่อระยะห่างระหว่างมวลรวมมีค่ามากขึ้นจะเป็นการลดแรงเสียดทานเนื่องจากการชนกันของมวลรวม ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนรูป (Deformability) ของคอนกรีต ในขณะเดียวกันความสามารถในการเคลื่อนตัวเข้าสู่แบบหล่อ (Filling Ability) ก็สูงขึ้นด้วย ทั้งนี้คอนกรีตต้องไม่เกิดการแยกตัว (Segregation) ขณะเคลื่อนที่

ระยะห่างของมวลรวมที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของเพสต์อิสระ (Free Paste or Excess Paste) ในคอนกรีต ซึ่งปริมาณเพสต์อิสระนี้สามารถนิยามได้ว่า คือปริมาณเพสต์ส่วนที่เหลือจากการเติมเต็มในช่องว่างของมวลรวม (Filling Void) และส่วนที่เคลือบผิวของมวลรวม

**2.6. การหดตัว**

โดยทั่วไป จะแบ่งการหดตัวออกเป็นสองชนิด ได้แก่ การหดตัวในคอนกรีตสด และการหดตัวในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว การหดตัวในคอนกรีตสดจะเกิดขึ้นในสองสามชั่วโมงแรกหลังจากเทคอนกรีตสดลงในแบบ ความชื้นในผิวที่สัมผัสกับอากาศแห้งเช่นในบริเวณผิวหน้าของแผ่นพื้น จะระเหยออกอย่างรวดเร็วจนน้ำจากชั้นล่างของคอนกรีตเข้ามาแทนที่ไม่ทัน ในทางตรงกันข้าม การหดตัวในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว จะเกิดหลังจากเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นส่วนใหญ่ไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหดตัวหลังจากแข็งตัวแล้ว เป็นการลดปริมาตรของคอนกรีตเนื่องจากการสูญเสียความชื้นโดยการระเหย ในทางตรงข้าม ถ้าปริมาตรเพิ่มขึ้นโดยการดูดซึมน้ำ จะเรียกว่า การบวมตัว (Swelling) สรุปได้ว่าปรากฏการณ์ทั้งสองเป็น การเคลื่อนที่ของน้ำเข้าออกจากซีเมนต์เจลเนื่องจากความแตกต่างของความชื้นระหว่างองค์อาคารกับสภาวะแวดล้อม โดยไม่ขึ้นอยู่กับน้ำหนักบรรทุกภายนอก

การหดตัวส่วนใหญ่จะไม่สามารถคืนกลับได้ ถ้านำคอนกรีตที่หดตัวเต็มที่แล้วไปแช่ในน้ำ มันจะไม่ขยายตัวกลับสู่สภาพเดิม อัตราการเพิ่มจะลดลงตามเวลา เนื่องจากคอนกรีตที่มีอายุมากขึ้นจะมีกำลังต้านหน่วยแรงมากขึ้น ทำให้เกิดการหดตัวน้อยลง จนเกือบไม่มีการหดตัวเลยเมื่อถึงเวลาช่วงหนึ่ง

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อขนาดของการหดตัวในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีดังต่อไปนี้

1. มวลรวม มวลรวมจะต้านการหดตัวของคอนกรีตสด ดังนั้นคอนกรีตที่มีมวลรวมมากจะเกิดการหดตัวน้อย ปริมาณการต้านจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมวลรวม มวลรวมที่มีโมดูลัสยืดหยุ่นสูงหรือมีผิวที่ผิวขรุขระก็ต้านการหดตัวได้ดี

2. อัตราส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์ การหดตัวจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์มีค่าเพิ่มมากขึ้น

3. ขนาดขององค์อาคาร อัตราการหดตัวและปริมาณการหดตัวทั้งหมดจะแปรผกผันกับปริมาตร ขององค์อาคาร อย่างไรก็ตามการหดตัวจะต้องใช้เวลามากสำหรับองค์อาคารที่มีขนาดใหญ่ เพราะจะต้องใช้เวลามากก่อนที่ความชื้นในเนื้อคอนกรีตส่วนในจะเกิดการระเหย เป็นไปได้ว่า อาจจะต้องใช้เวลาถึงหนึ่งปี ก่อนที่การระเหยจะเกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีตลึก 25 ซม. จากผิวนอก และที่ลึก 60 ซม. อาจจะต้องใช้เวลาถึง 10 ปี

4. สภาวะแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลอย่างมากต่อปริมาณของการหดตัว อัตราการหดตัวจะแปรผกผันกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง โดยที่ การหดตัวจะไม่เกิดที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปริมาณเหล็กเสริม คอนกรีตเสริมเหล็กจะหดตัวน้อยกว่าคอนกรีตล้วน ความแตกต่างจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเหล็กเสริม

6. สารผสมเพิ่ม ผลกระทบจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารผสมเพิ่ม สารเร่งเวลาการก่อตัวและแข็งตัว เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ทำให้การหดตัวเพิ่มขึ้น สารปอซโซลานิดจะเพิ่มการหดตัวในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ในระหว่างที่สารกักฟองอากาศจะมีผลน้อยมากต่อการหดตัว

7. ชนิดของซีเมนต์ ซีเมนต์ชนิดก่อตัวเร็วจะเกิดการหดตัวมากกว่าชนิดอื่น ชนิดที่ต้านการหดตัวจะเกิดการหดตัวน้อยมาก และยังกำจัดรอยร้าวเนื่องจากการหดตัวเมื่อมีการเสริมเหล็กที่เหมาะสม

8. Carbonation การหดตัวแบบนี้ เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศกับคัลเซียมไฮดรอกไซด์ในซีเมนต์เจล ส่งผลให้เกิดการลดของปริมาตรของซีเมนต์เจลและเกิดการหดตัว ปริมาณของการหดตัวทั้งหมดขึ้นอยู่กับขั้นตอนของการเกิดปฏิกิริยา carbonation และขบวนการของการสูญเสียความชื้น ถ้าปรากฏการณ์ทั้งสองเกิดพร้อมกัน จะเกิดการหดตัวน้อย อย่างไรก็ตามปฏิกิริยา Carbonation นี้จะเกิดขึ้นน้อยมากเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการศึกษา

ในการศึกษาและวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสมของซีเมนต์เพสท์ โดยมีการบ่มด้วยตู้อบ และการบ่มน้ำธรรมดา ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 ซม. x 5 ซม. x 5 ซม. หลังจากนั้นได้ทำการหล่อ และทดสอบคุณสมบัติทางด้านการรับกำลังอัดของคอนกรีต โดยมีวิธีการบ่มแบ่งตามอุณหภูมิ ใช้ตัวอย่างทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10 ซม. x 10 ซม. x 10 ซม. และทำการศึกษาพฤติกรรมการหดตัวและขยายตัวของคอนกรีตที่มีอุณหภูมิต่างกัน

**3.1. วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ**

- ปูนซีเมนต์ประเภท 1 (Ordinary Portland cement) โดยใช้ปูนตราช้าง
-น้ำสะอาด
-ทรายแม่น้ำ

| | | |
|---|---|---|
| ค่าความชื้น | 6.01 | % |
| ค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.) | 2.887 | |
| อัตราการดูดซึม | 4.33 | % |
| ค่าความถ่วงจำเพาะ | 2.62 | |

-หิน

| | | |
|---|---|---|
| วัสดุผสมหยาบขนาดโตสุด | 40 | มิลลิเมตร |
| หน่วยน้ำหนักแห้ง | 1597.7 | กิโลกรัมต่อเมตรกำลังสาม |
| ค่าความชื้น | 3.19 | % |
| อัตราการดูดซึม | 1.42 | % |
| ค่าความถ่วงจำเพาะ | 2.68 | |

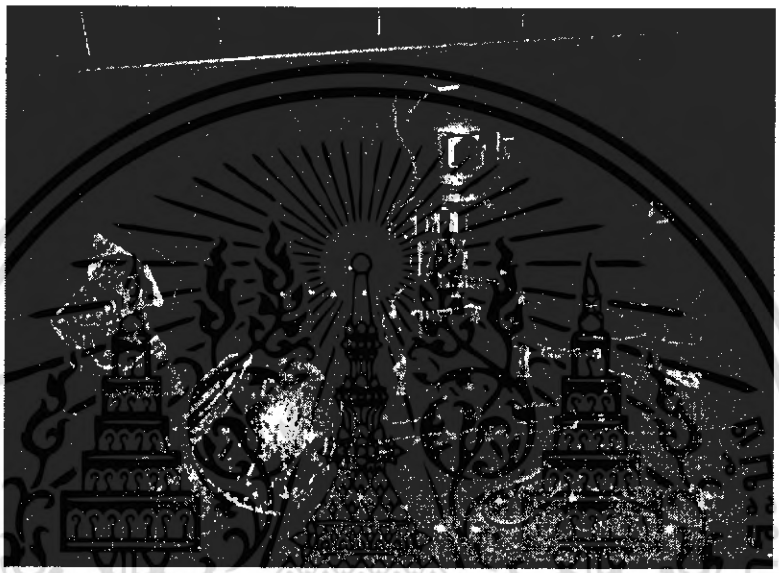
-สารเคมี ซิลิกาฟูม อลูมินาซีเมนต์
-Lithium Carbonate ใช้ 0.1%-0.3%
-Sodium Silicate ใช้ 1%-3%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2. อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

#### 3.2.1. เครื่องผสมคอนกรีต

เป็นเครื่องผสมปูนก่อ (Cement mortars) ซึ่งประกอบด้วย ใบผสม หม้อผสม เครื่องผสมเดินด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 1/6 HP อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 220 โวลท์ 1.67 แอมป์



รูปที่ 3.1 เครื่องผสมCement Paste

รูปที่ 3.2 เครื่องผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2. แบบหล่อตัวอย่างทดสอบ

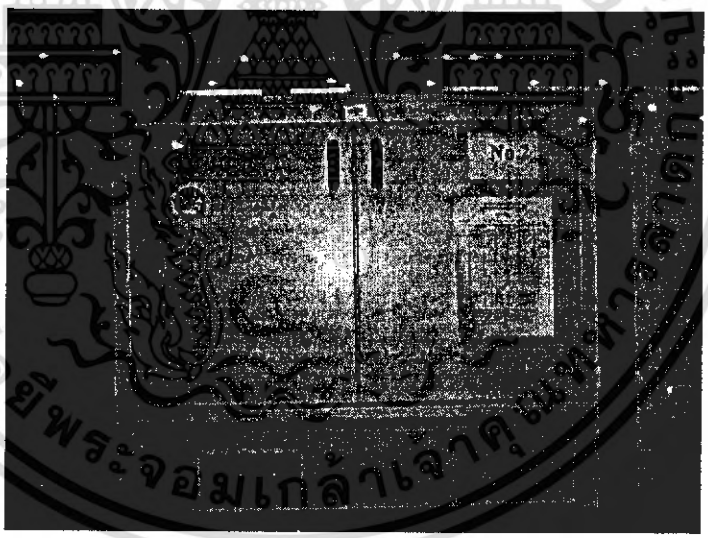
แบบหล่อที่ใช้หล่อซีเมนต์เพสท์ตัวอย่าง เป็นแบบหล่อมาตรฐาน ASTM C450 มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 ซม. X 5 ซม. X 5 ซม.

แบบหล่อที่ใช้หล่อคอนกรีตตัวอย่าง เป็นแบบหล่อมาตรฐาน ASTM C450 มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10 ซม. X 10 ซม. X 10 ซม.

แบบหล่อที่ใช้หล่อซีเมนต์เพสท์ตัวอย่าง เป็นแบบหล่อมาตรฐาน JIS A 1129 มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 40 x 40 x 160 มม.

### 3.2.3. เครื่องอบคอนกรีต

เครื่องอบคอนกรีตเป็นเครื่องที่ใช้ในการบ่มคอนกรีต สามารถปรับอุณหภูมิได้



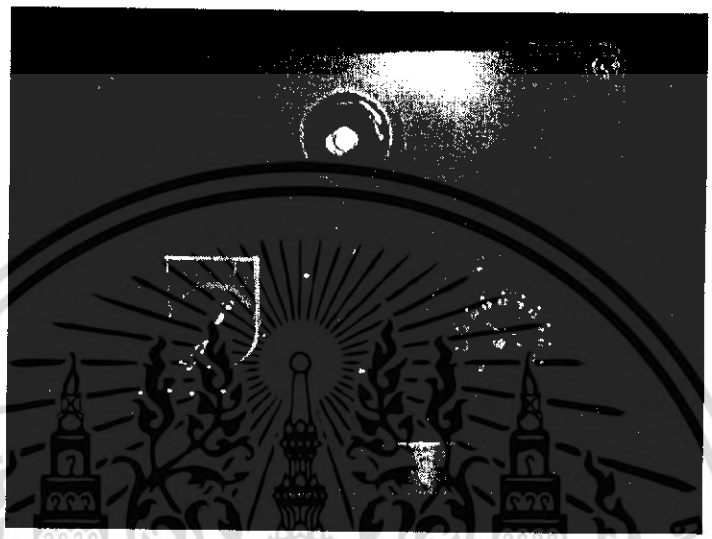
รูปที่ 3.3 เครื่องอบคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

62924

### 3.2.4. เครื่องเพิ่มอุณหภูมิน้ำในการให้ความร้อนแก่คอนกรีต

เครื่องเพิ่มอุณหภูมิน้ำในการต้มคอนกรีตเป็นเครื่องที่ใช้เพิ่มความร้อนให้น้ำในการต้มคอนกรีต สามารถปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 30-120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.4 เครื่องเพิ่มอุณหภูมิน้ำในการบ่มคอนกรีต

## 3.3. การดำเนินการทดสอบ

### 3.3.1. การดำเนินการทดสอบซีเมนต์เพสท์

ทำการทดสอบเพื่อหาอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ รวมทั้งวิธีการบ่มที่เหมาะสม เพื่อจะได้คอนกรีตที่มีกำลังอัดสูงภายในเวลา 1, 3, 7 วัน และนำส่วนผสมที่เหมาะสมที่ได้จากการทดสอบมาทำเป็นคอนกรีตเพื่อหาผลกระทำทางด้านการรับกำรังอัดและการหดตัวในอุณหภูมิที่ต่างกันของคอนกรีตกำลังสูงเร็ว โดยทำการหล่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 ซม. X 5 ซม. X 5 ซม. ตัวแปรที่สำคัญในการทดสอบมีดังนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.30, 0.35, 0.40

**ตาราง 3.1 อัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสท์ w/c ratio 0.30**

| ซีเมนต์ (g) | Alumina cement | สารผสมเพิ่ม | Al (g) | SF (g) | ปริมาณน้ำ (g) | กำลังอัดที่ 1วัน (ksc) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1940 | 3 % | | 60 | 0 | 600 | 540 |
| 1900 | 5 % | | 100 | 0 | 600 | 525 |
| 1860 | 7 % | | 140 | 0 | 600 | 329 |
| 2000 | | SF 10 % | 0 | 200 | 600 | 406 |
| 2000 | | SF 15 % | 0 | 300 | 600 | 340 |
| 2000 | | SF 20 % | 0 | 400 | 600 | 388 |

หมายเหตุ

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -7% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 7 % (ปูนซีเมนต์ 93 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 7 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-15% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม15% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 15 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-20% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม20% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 20 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตาราง 3.2 อัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสท์ w/c ratio 0.35**

| ซีเมนต์ (g) | Alumina cement | สารผสมเพิ่ม | Al (g) | SF (g) | ปริมาณน้ำ (g) | กำลังอัดที่ 1วัน (ksc) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1940 | 3 % | | 60 | 0 | 700 | 362 |
| 1900 | 5 % | | 100 | 0 | 700 | 229 |
| 1860 | 7 % | | 140 | 0 | 700 | 234 |
| 2000 | | SF 10 % | 0 | 200 | 700 | 424 |
| 2000 | | SF 15 % | 0 | 300 | 700 | 242 |
| 2000 | | SF 20 % | 0 | 400 | 700 | 400 |

หมายเหตุ

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -7% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 7 % (ปูนซีเมนต์ 93 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 7 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-15% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม15% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 15 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-20% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม20% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 20 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.3 อัตราส่วนผสมซีเมนต์เพสท์ w/c ratio 0.40

| ซีเมนต์ (g) | Alumina cement | สารผสมเพิ่ม | Al (g) | SF (g) | ปริมาณน้ำ (g) | กำลังอัดที่ 1วัน (ksc) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1940 | 3 % | | 60 | 0 | 800 | 176 |
| 1900 | 5 % | | 100 | 0 | 800 | 284 |
| 1860 | 7 % | | 140 | 0 | 800 | 179 |
| 2000 | | SF 10 % | 0 | 200 | 800 | 326 |
| 2000 | | SF 15 % | 0 | 300 | 800 | 202 |
| 2000 | | SF 20 % | 0 | 400 | 800 | 304 |

หมายเหตุ

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -7% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 7 % (ปูนซีเมนต์ 93 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 7 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-15% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม15% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 15 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-20% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม20% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 20 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชนิดของการบ่ม เมื่อคอนกรีตอายุได้ 6 ชั่วโมง จึงถอดแบบออก และนำตัวอย่างไปทำการบ่มในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

- บ่มโดยการแช่น้ำ 1 วัน และทิ้งไว้ในอากาศให้แห้ง จนกว่าจะถึงกำหนดการทดสอบตัวอย่าง
- บ่มโดยการแช่น้ำ 3 วัน และทิ้งไว้ในอากาศให้แห้ง จนกว่าจะถึงกำหนดการทดสอบตัวอย่าง
- บ่มโดยการแช่น้ำ 7 วัน และทิ้งไว้ในอากาศให้แห้ง จนกว่าจะถึงกำหนดการทดสอบตัวอย่าง

รูปที่ 3.5 บ่มตัวอย่างโดยการนำไปแช่น้ำ

- บ่มโดยการนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 1 วัน จนกว่าจะถึงกำหนดการทดสอบตัวอย่าง
- บ่มโดยการนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 3 วัน จนกว่าจะถึงกำหนดการทดสอบตัวอย่าง
- บ่มโดยการนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 7 วัน จนกว่าจะถึงกำหนดการทดสอบตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2. การดำเนินการทดสอบการรับแรงอัดของคอนกรีต

หลังจากหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวอย่างซีเมนต์เพสท์แล้วจึงนำสัดส่วนที่ได้มาทำการทดสอบตัวอย่างที่เป็นคอนกรีต เพื่อจะได้คอนกรีตที่มีกำลังอัดสูงภายในเวลา 8 ชั่วโมง 1, 3, 7 วัน โดยทำการหล่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10 ซม. x 10 ซม. x 10 ซม. ตัวแปรที่สำคัญในการทดสอบมีดังนี้ คือ

1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.35

2. ชนิดของการบ่ม เมื่อคอนกรีตอายุได้ 6 ชั่วโมง จึงถอดแบบออก และนำตัวอย่างไปทำการบ่มในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.4 อัตราส่วนที่ใช้ในการผสม Concrete, W/C 0.35(ต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร)

| | |
|---|---|
| ปูนซีเมนต์ประเภท 1 (Ordinary Portland cement) | 514 กิโลกรัม |
| น้ำ | 180 กิโลกรัม |
| ทราย | 627.3 กิโลกรัม |
| หิน (¾) | 1134 กิโลกรัม |
| Super plasticizer | 3.084 กิโลกรัม |

ตาราง 3.5 อัตราส่วนที่ใช้ในการผสม Concrete + Alumina Cement, W/C 0.35 (ต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร)

| | |
|---|---|
| ปูนซีเมนต์ประเภท 1 (Ordinary Portland cement) | 498.58 กิโลกรัม |
| น้ำ | 180 กิโลกรัม |
| ทราย | 627.3 กิโลกรัม |
| หิน (¾) | 1134 กิโลกรัม |
| Super plasticizer | 3.084 กิโลกรัม |
| Silica Fume | 51.4 กิโลกรัม |
| Sodium Silicate | 5.14 กิโลกรัม |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.6 อัตราส่วนที่ใช้ในการผสม Concrete + Silica Fume, W/C 0.35

(ต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร)

| | |
|---|---|
| ปูนซีเมนต์ประเภท 1 (Ordinary Portland cement) | 514 กิโลกรัม |
| น้ำ | 180 กิโลกรัม |
| ทราย | 627.3 กิโลกรัม |
| หิน (¾) | 1134 กิโลกรัม |
| Super plasticizer | 3.084 กิโลกรัม |
| Silica Fume | 51.4 กิโลกรัม |
| Lithium Carbonate | 1.542 กิโลกรัม |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4. การทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่าง

การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ (ASTM C 109-73) เลือกตัวอย่างทดสอบด้านเรียบที่สุดมารับแรงกด วัดขนาดหาด้านกว้าง ยาว สูง และนำไปทดสอบโดยเครื่อง Universal testing Machine 2 ตัน จนกระทั่งตัวอย่างทดสอบวิบัติ แล้วบันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดไว้ จากนั้นทำการคำนวณค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีต ดังนี้

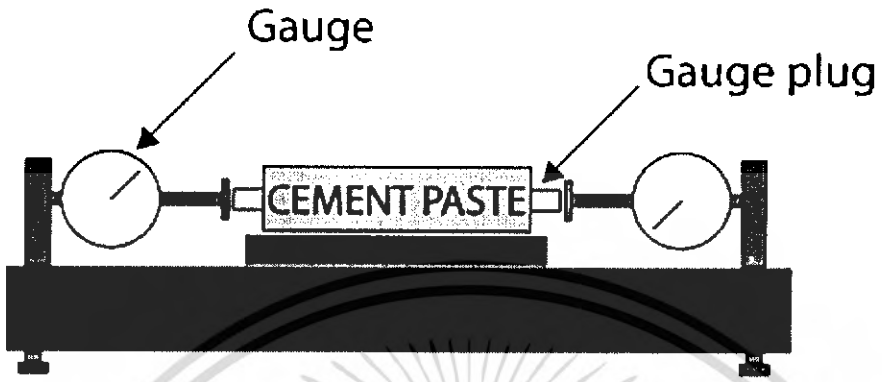
กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต = น้ำหนักบรรทุกสูงสุด / พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างทดสอบ

โดยที่ พื้นที่หน้าตัด = ด้านกว้าง X ด้านยาว

รูปที่ 3.6 Universal testing machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การดำเนินการทดสอบการหดตัวของคอนกรีต (Autogenous Shrinkage)




รูปที่ 3.7 เครื่องมือที่ใช้ในการวัด Autogrnous Shrinkage

ทำการทดสอบเพื่อหาขนาดการขยายตัวและหดตัวของซีเมนต์เพส ที่อุณหภูมิต่างกัน โดยหล่อในแบบขนาด 40 x 40 x 160 มม. ตามมาตรฐาน JIS A 1129

1. ทำการเตรียมแบบที่ใช้หล่อซีเมนต์เพสท์ โดยมีแกนเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์การ 6 มม. ยื่นเข้าไปในเนื้อซีเมนต์เพสท์ 15 ± 5 มม. จากแบบหล่อ

2.ทำการวัดระยะห่างภายในระหว่างแกนเหล็กทั้งสองข้างของแบบหล่อ

3.ทำการหล่อในแบบตัวอย่าง

4. ทำการแกะแบบออกหลังจากผสมเสร็จประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วทำการวัดมาทำการวัดก้อนตัวอย่าง

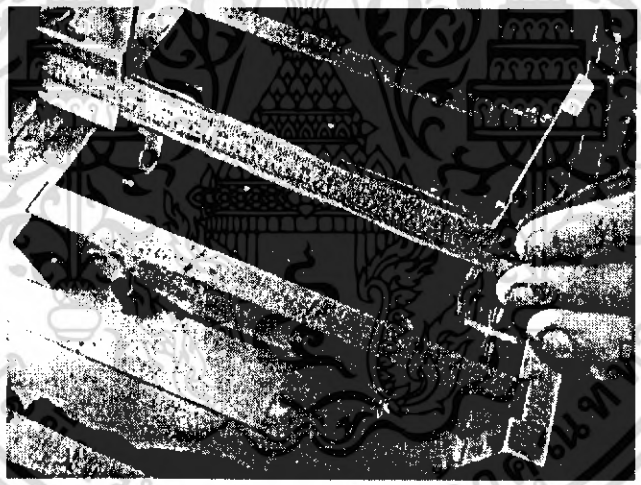
5. ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส กับ 80 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการวัดทุกๆวัน

สูตรที่ใช้ในการหาค่าการยืดตัวและหดตัวของซีเมนต์เพสท์

$$\text{Shrinkage} = \frac{[\triangle x_0 - \triangle x_1]}{L_0} \qquad (4.2)$$

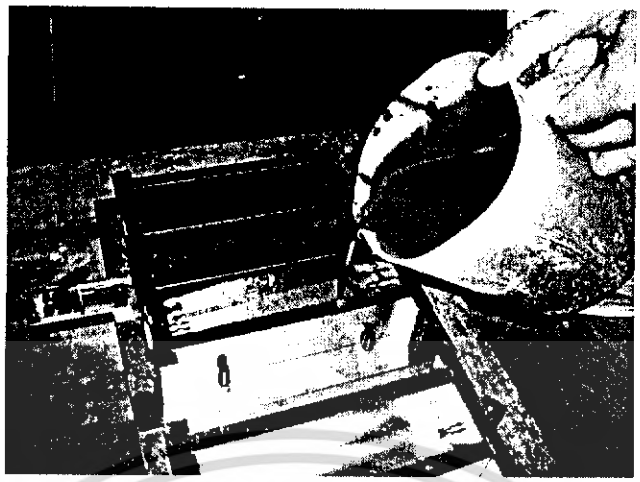
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 ลักษณะแกนเหล็กที่ยื่นเข้ามาในเนื้อแบบ

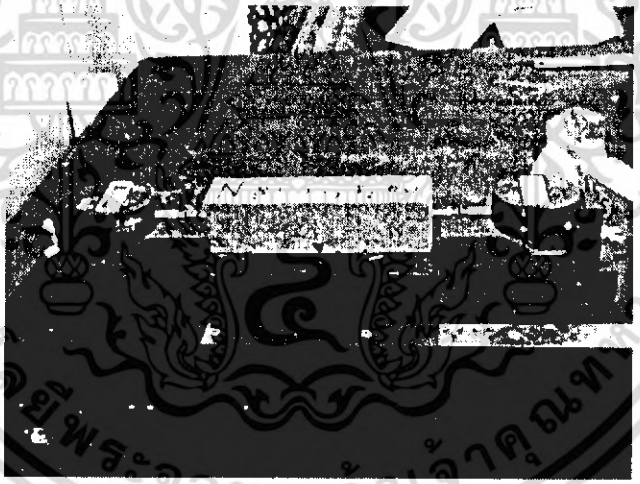


รูปที่ 3.9 วิธีการวัดระยะห่างระหว่างแกนเหล็กทั้งสองข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 เทซีแมนต์เพสท์ที่ผสมลงในแบบ



รูปที่ 3.11 วิธีการวัดก้อนตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่4

# ผลการทดลอง

**ผลการทดสอบ**

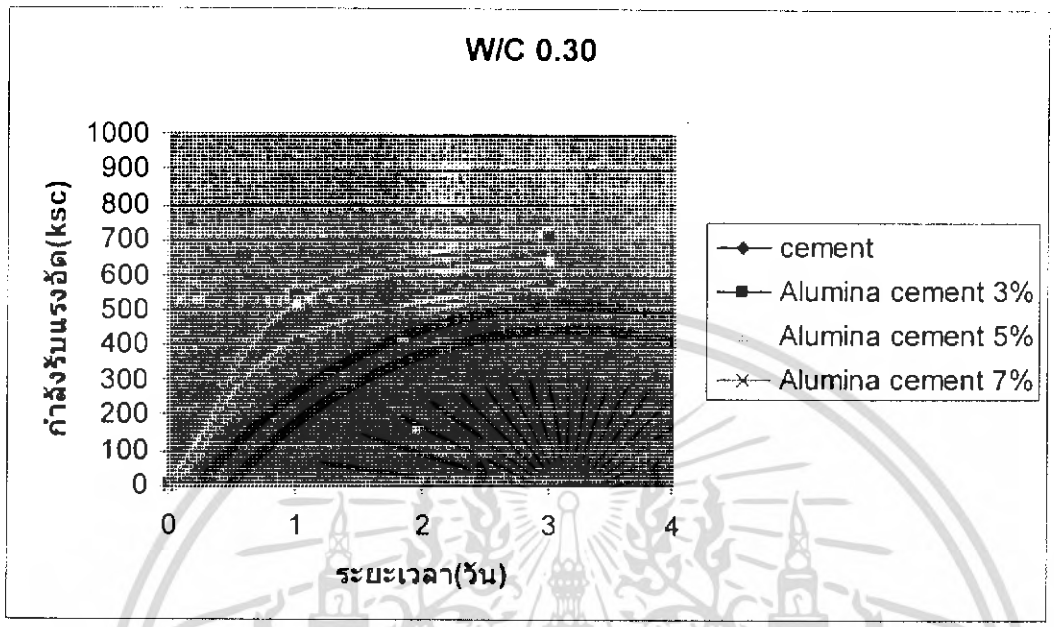
**4.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสท์**

ตาราง 4.1กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสท์

| สารผสมที่ใช้เพิ่ม | W/C Ratio | กำลังรับแรงอัด (ksc) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 วัน | 3 วัน | 7 วัน |
| Cement | 0.30 | 407 | 581 | 921 |
| | 0.35 | 293 | 429 | 647 |
| | 0.40 | 241 | 373 | 547 |
| Alumina cement 3 % | 0.30 | 540 | 705 | - |
| | 0.35 | 362 | 546 | - |
| | 0.40 | 176 | 520 | - |
| Alumina cement 5 % | 0.30 | 525 | 651 | - |
| | 0.35 | 229 | 569 | - |
| | 0.40 | 284 | 420 | - |
| Alumina cement 7 % | 0.30 | 329 | 599 | - |
| | 0.35 | 234 | 680 | - |
| | 0.40 | 179 | 467 | - |
| SF 10 % | 0.30 | 460 | 609 | 610 |
| | 0.35 | 424 | 573 | 660 |
| | 0.40 | 326 | 420 | 366 |
| SF 15 % | 30 | 340 | 630 | 694 |
| | 0.35 | 242 | 465 | 686 |
| | 0.40 | 202 | 472 | 556 |
| SF 20 % | 0.30 | 388 | 607 | 453 |
| | 0.35 | 400 | 548 | 479 |
| | 0.40 | 304 | 505 | 445 |

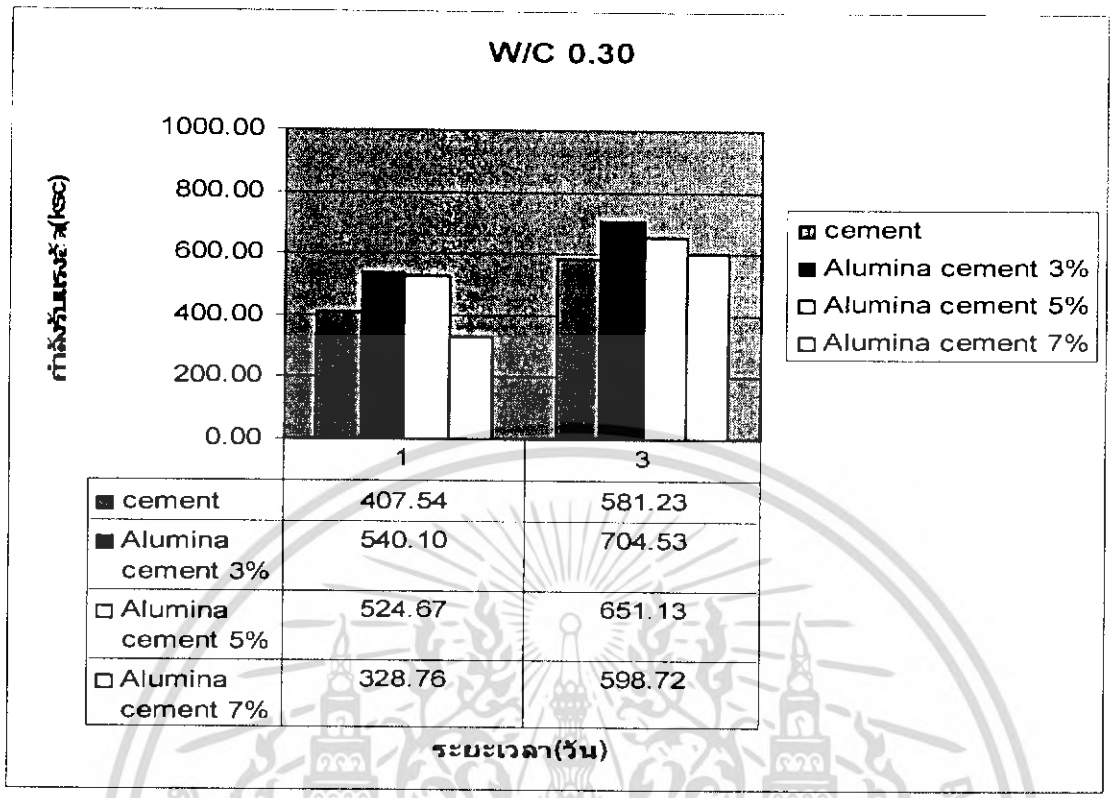
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กราฟที่ได้จากการทดสอบของซีเมนต์เพสท์**




รูปที่ 4.1.1 กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.2 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.30

หมายเหตุ

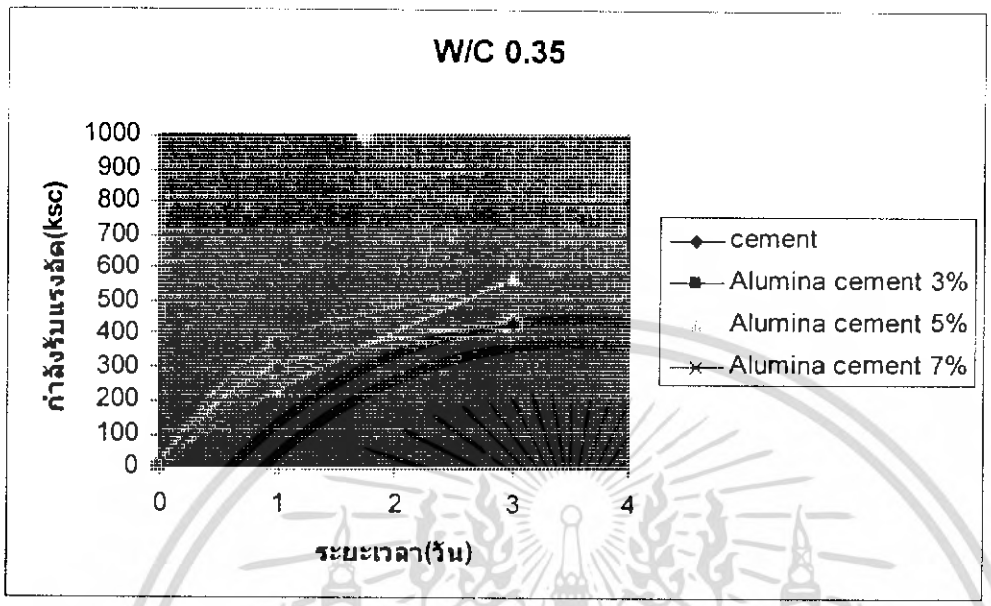
Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -7% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 7 % (ปูนซีเมนต์ 93 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 7 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

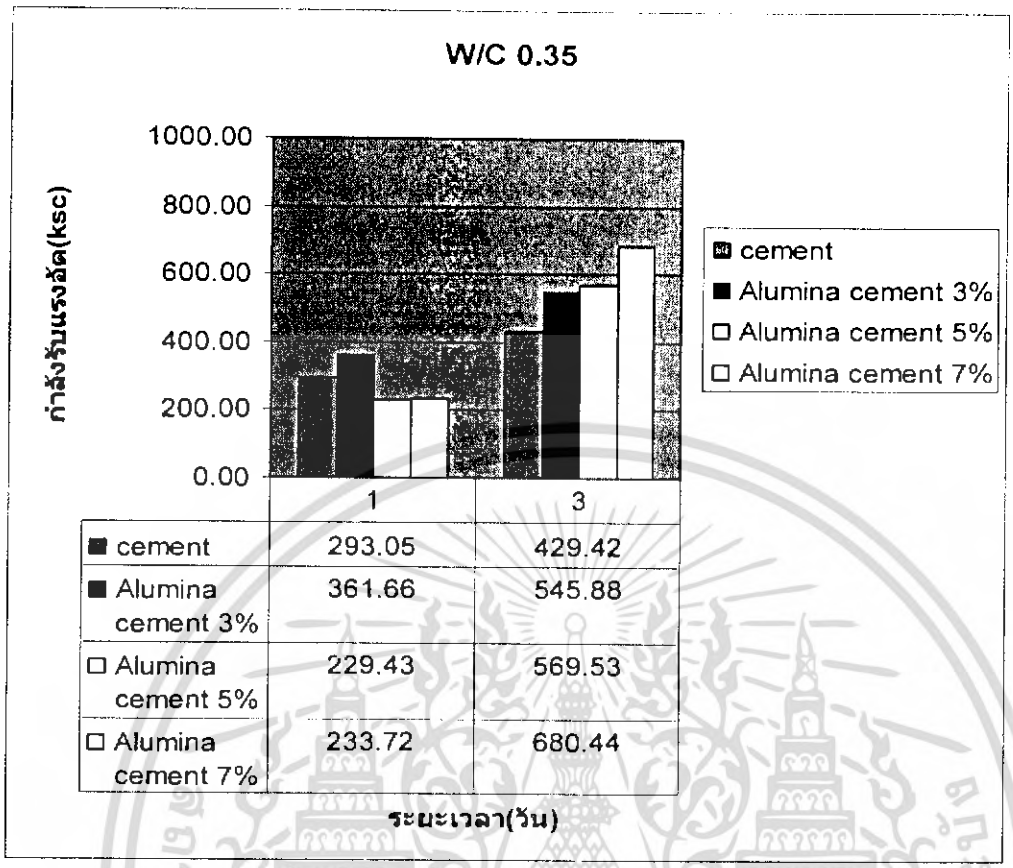
จากความสัมพันธ์ของกราฟที่ได้จากการทดสอบ พบว่าเมื่อใส่สารผสมเพิ่ม Al 3% สามารถรับกำลังอัดในระยะเริ่มแรกได้ดีที่สุด ซึ่งใน 1 วัน สามารถรับกำลังอัดได้สูงถึง 540 ksc ดูจากกราฟความสัมพันธ์ใน 8 ชั่วโมง สามารถรับแรงอัดได้มากกว่า 280 ksc ซึ่งสามารถใช้รับแรงที่เพียงพอในการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.3 กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.4 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.35

หมายเหตุ

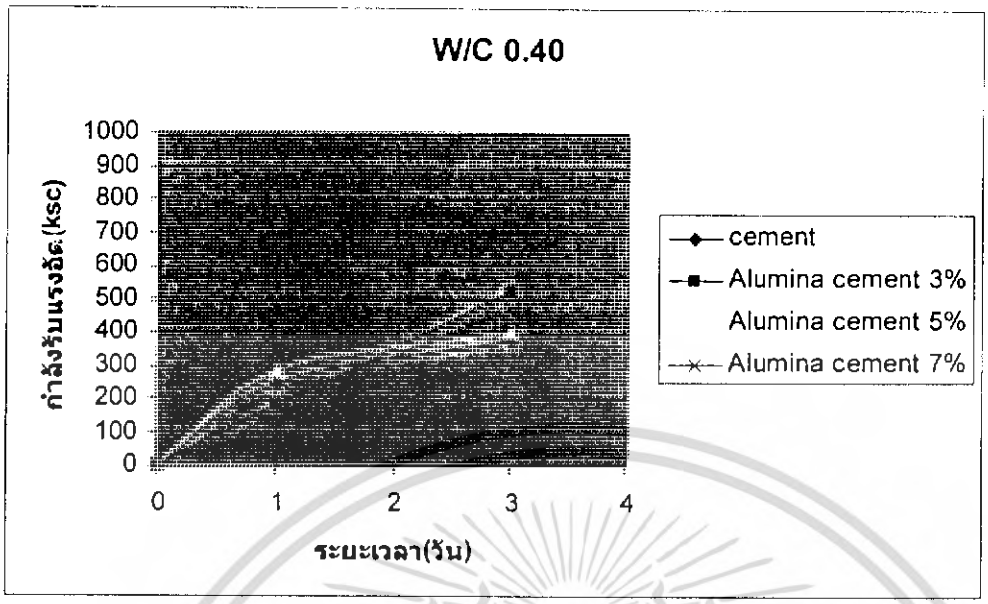
Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -7% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 7 % (ปูนซีเมนต์ 93 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 7 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

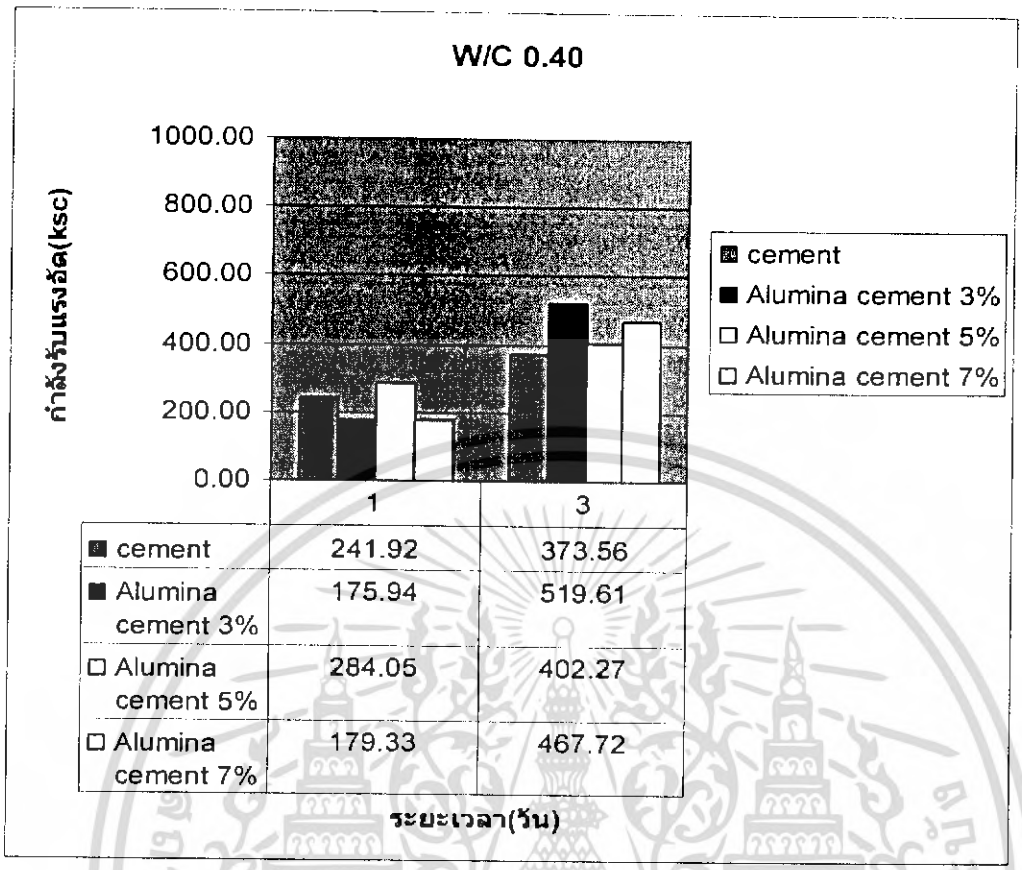
จากกราฟความสัมพันธ์พบว่า alumina cement 3% มีกำลังอัดสูงขึ้นในระยะแรก และค่อย ๆ ลดลง แต่ก็มีค่ากำลังอัดสูงกว่าซีเมนต์เพส และ alumina cement 5% สำหรับ alumina cement 7% ค่ากำลังอัดเริ่มแรกจะไม่สูงมากนักแต่จะสามารถเพิ่มกำลังขึ้นได้เรื่อย ๆ จนสูงกว่า alumina cement 3 % ในเวลา 3 วันขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.5 กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.6 กราฟแท่งความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.40

หมายเหตุ

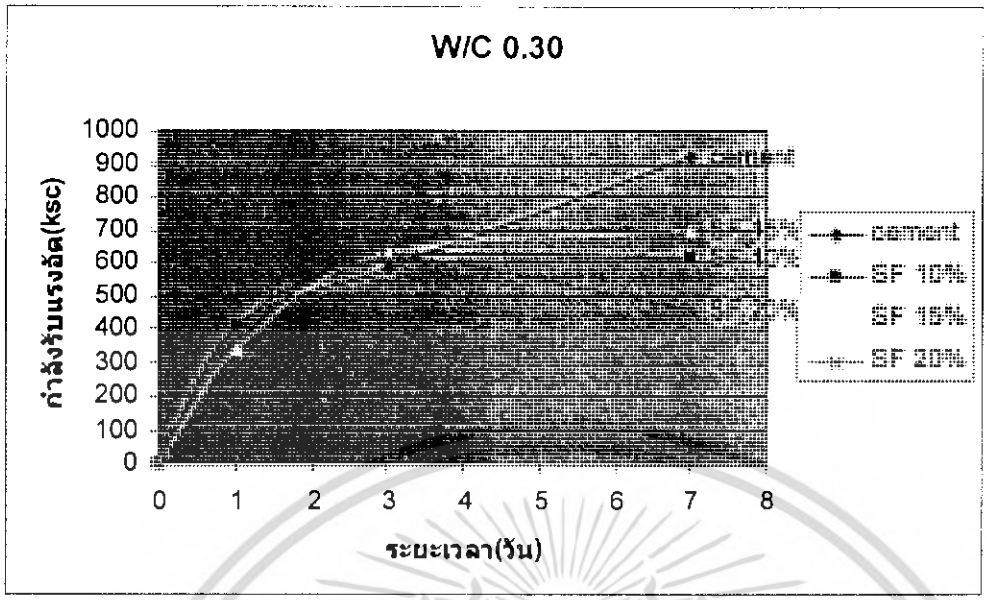
Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

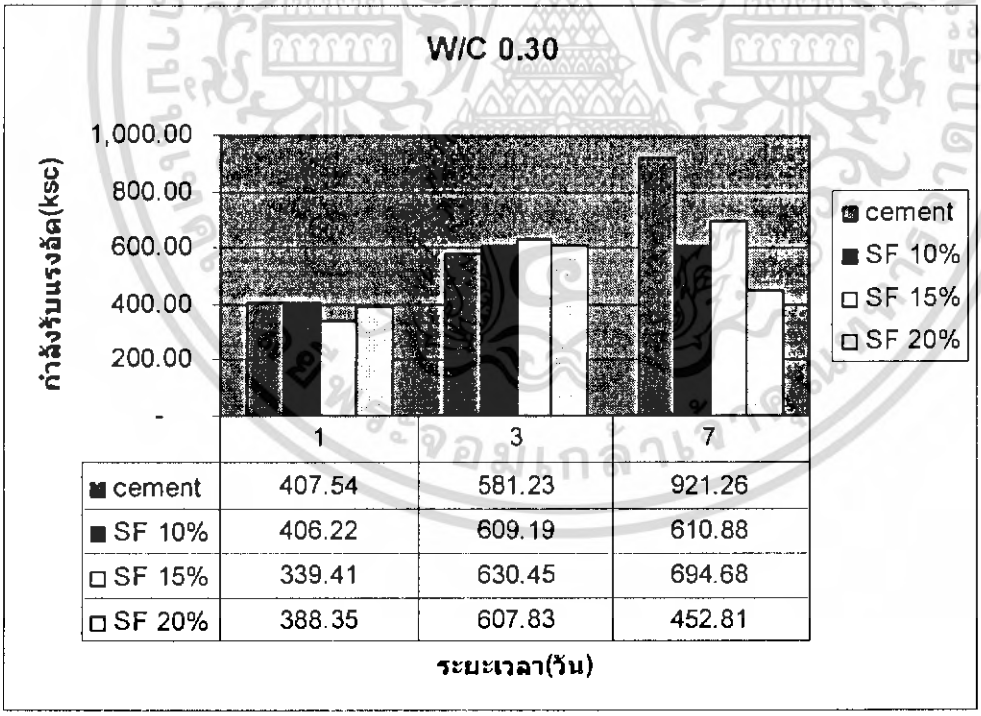
Alumina cement -7% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 7 % (ปูนซีเมนต์ 93 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 7 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

จากกราฟความสัมพันธ์ W/c ratio alumina cement 5 % พบว่ามีกำลังอัดในระยะแรกสูง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่าง alumina กับ cement ที่เกิดขึ้น สำหรับ Al 3% และ 7% กำลังอัดใน 1 วันมีค่าน้อยกว่าซีเมนต์เพส แต่ในช่วงวันที่ 2 -3 กำลังอัดจะเพิ่มมากขึ้น จนทำให้กำลังอัดช่วงนี้สูงกว่าซีเมนต์เพสท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.7 กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูมที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.30




| | 1 | 3 | 7 |
|---|---|---|---|
| cement | 407.54 | 581.23 | 921.26 |
| SF 10% | 406.22 | 609.19 | 610.88 |
| SF 15% | 339.41 | 630.45 | 694.68 |
| SF 20% | 388.35 | 607.83 | 452.81 |

รูปที่ 4.1.8 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูมที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

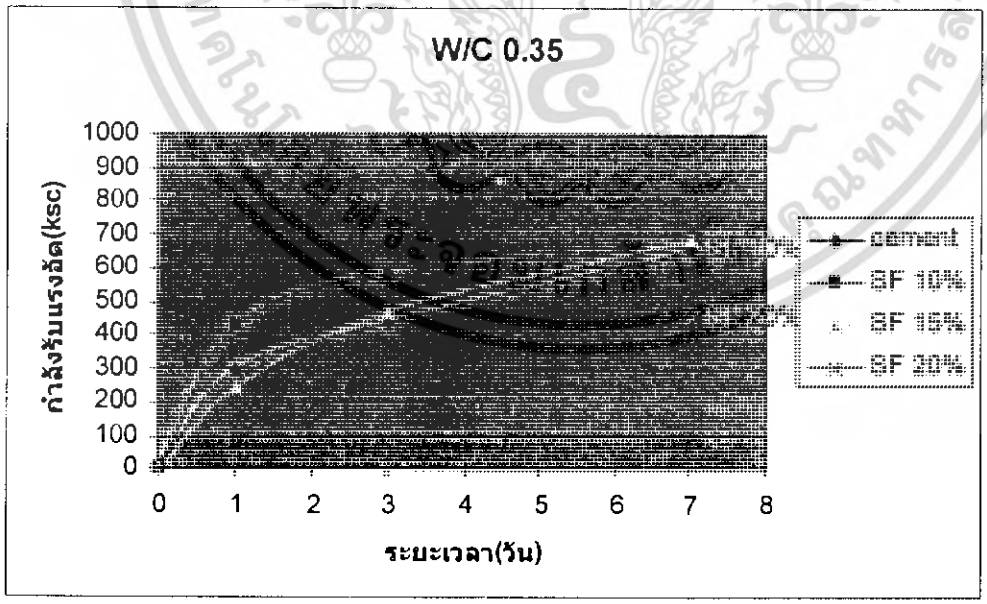
Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-15% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม15% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 15 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

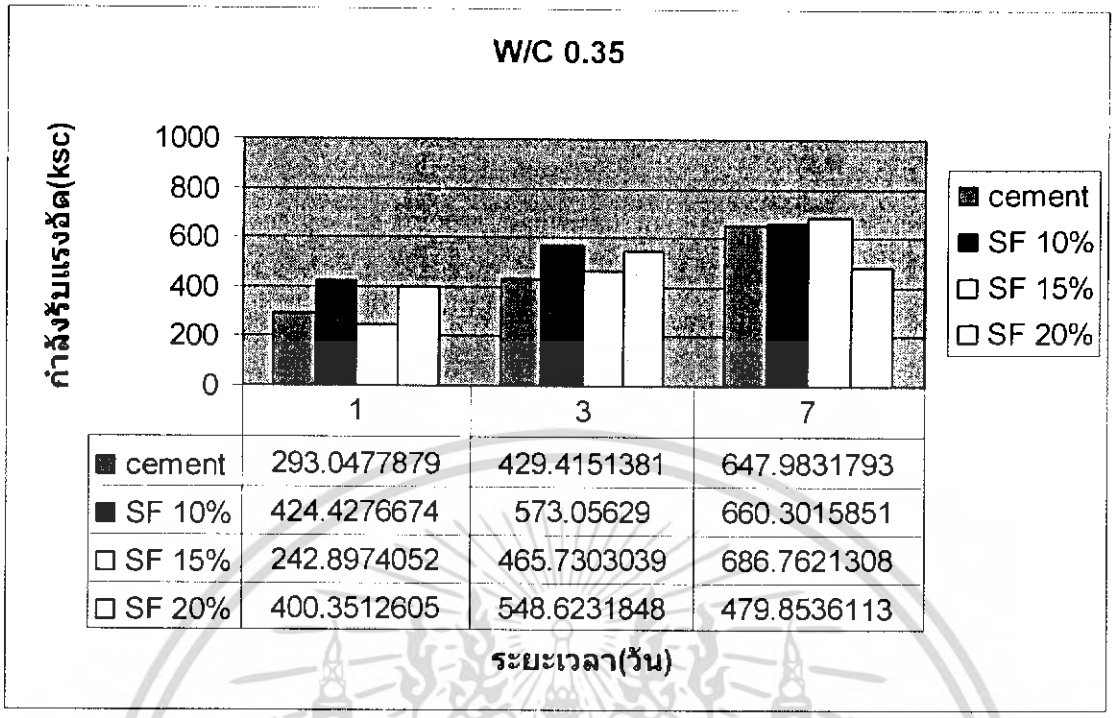
SF-20% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม20% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 20 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

จากกราฟความสัมพันธ์ W/c ratio 0.30 เมื่อเติม silica fume พบว่ามีกำลังอัดเริ่มแรกไม่แตกต่างกันมากนักแต่ในระยะวันที่ 4 กำลังรับแรงอัดจะลดลง อาจมีผลมาจากการใช้ปริมาณน้ำที่น้อยเกินไปจึงทำให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์




รูปที่ 4.1.9 กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




| | 1 | 3 | 7 |
|---|---|---|---|
| cement | 293.0477879 | 429.4151381 | 647.9831793 |
| SF 10% | 424.4276674 | 573.05629 | 660.3015851 |
| SF 15% | 242.8974052 | 465.7303039 | 686.7621308 |
| SF 20% | 400.3512605 | 548.6231848 | 479.8536113 |

รูปที่ 4.1.10 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.35

จากความสัมพันธ์ของกราฟจะพบว่ากำลังรับแรงอัดในระยะเริ่มแรกเพิ่มมากขึ้นและมากกว่าอัตราส่วนผสมที่มี Silica fume, w/c ratio 0.30 เพราะเนื่องมาจากมีปริมาณน้ำที่เพียงพอในการทำปฏิกิริยา จากกราฟเมื่อใส่สารผสมเพิ่ม silica fume 10% พบว่าจะสามารถรับกำลังอัดในระยะเริ่มแรกได้ดีที่สุด

หมายเหตุ

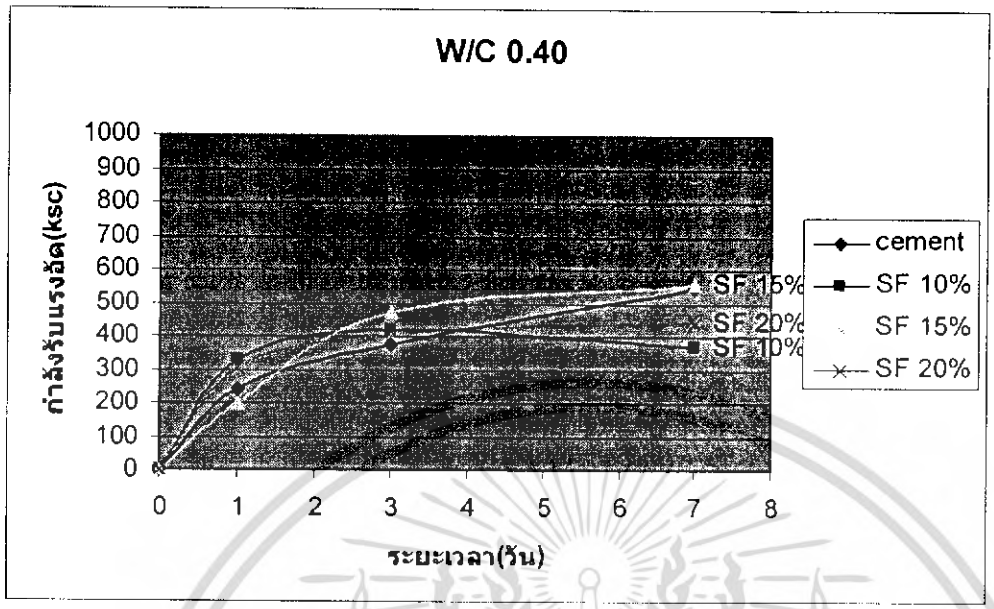
Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

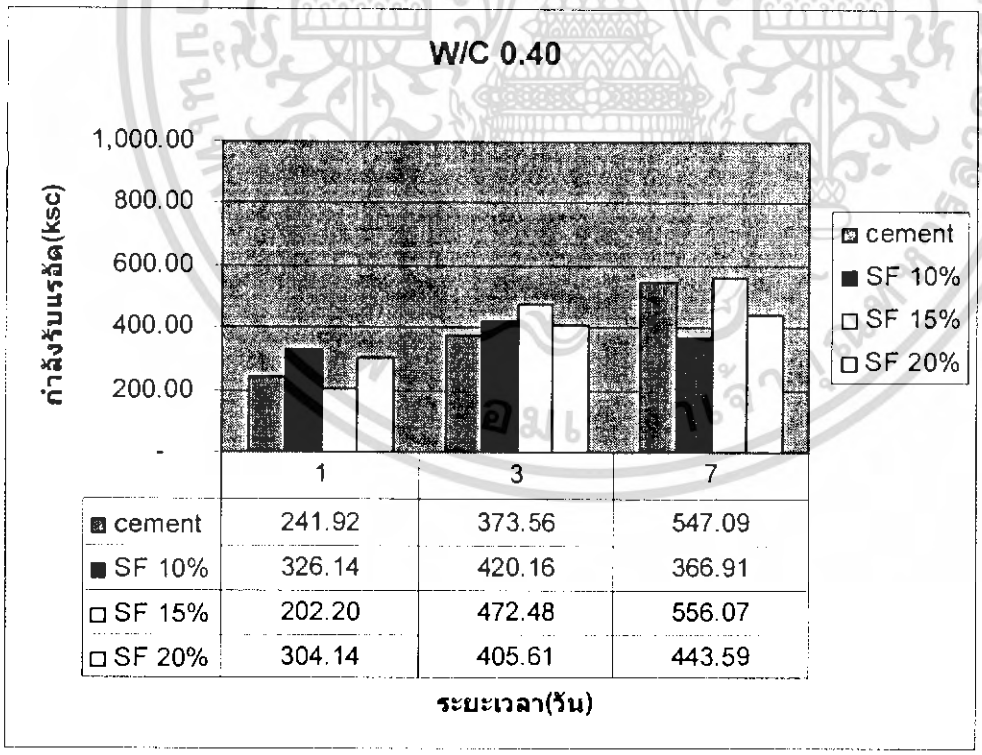
SF-15% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ ผสมซิลิกาฟูม15% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 15 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-20% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม 20% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 20 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.11 กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.40




รูปที่ 4.1.12 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความสัมพันธ์ของกราฟที่ได้จากการทดสอบนี้ เมื่อใส่สารผสมเพิ่ม silica fume 10% จะสามารถรับกำลังอัดในระยะเริ่มแรกได้ดีแต่จะลดลงในช่วงวันที่ 4 และเมื่อใส่สารผสมเพิ่ม silica fume 20% จะให้กำลังอัดในระยะเริ่มแรกได้สูงเช่นกัน แต่กำลังรับแรงอัดจะไม่ลดลงเหมือนใส่สารผสมเพิ่ม silica fume 10% จากกราฟนี้ความสัมพันธ์ของสารผสมเพิ่ม silica fume 15% จะให้กำลังรับแรงอัดในระยะเริ่มแรกไม่สูงมาก แต่กำลังรับแรงอัดจะสูงขึ้นในวันที่ 3

หมายเหตุ

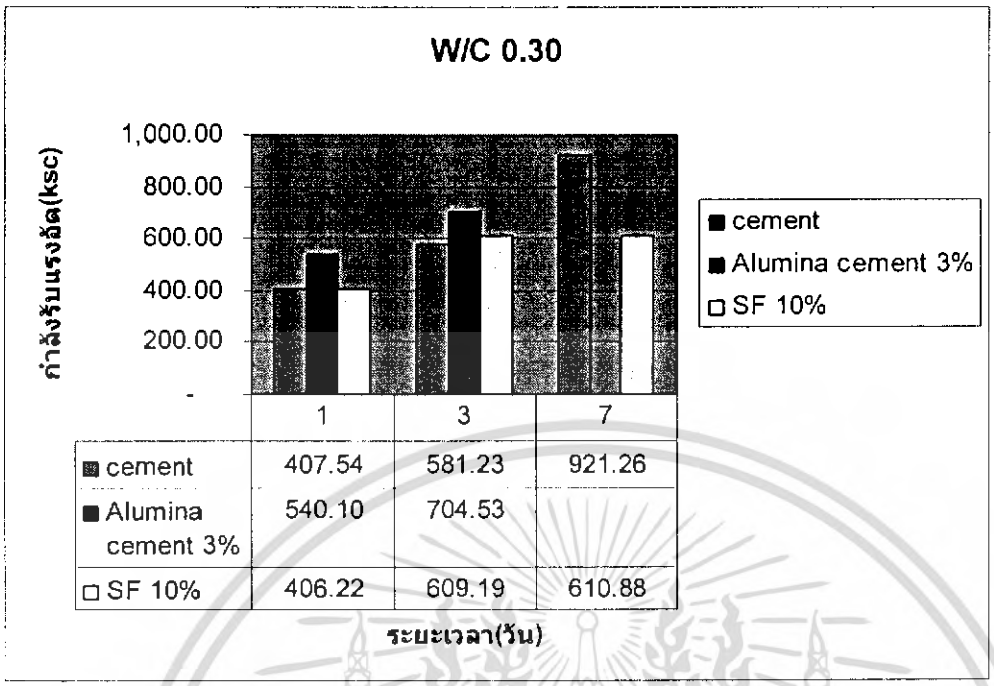
Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-15% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม15% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 15 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-20% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม20% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 20 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.13 กราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.30

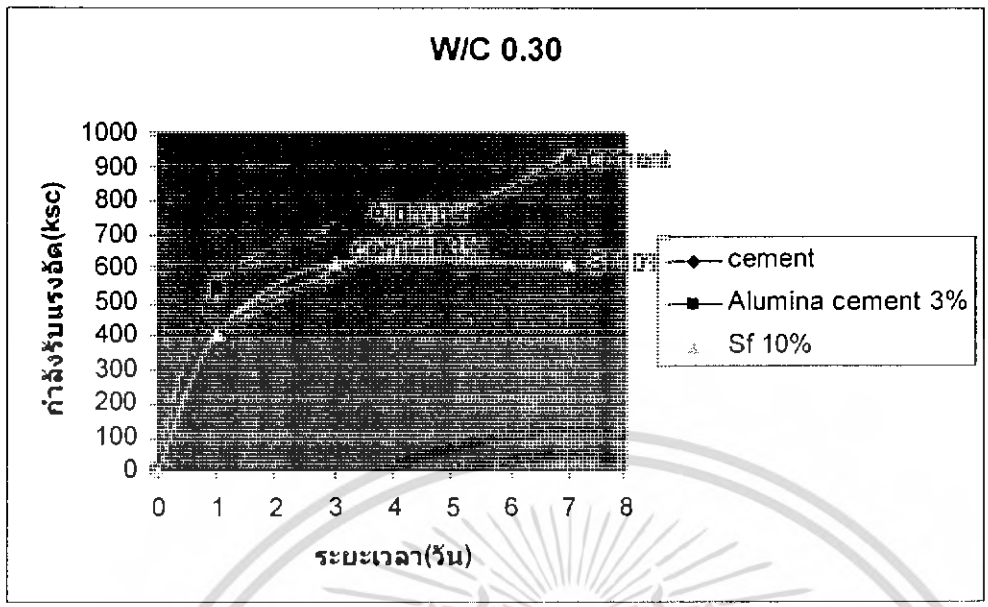
หมายเหตุ

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.14 กราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.30

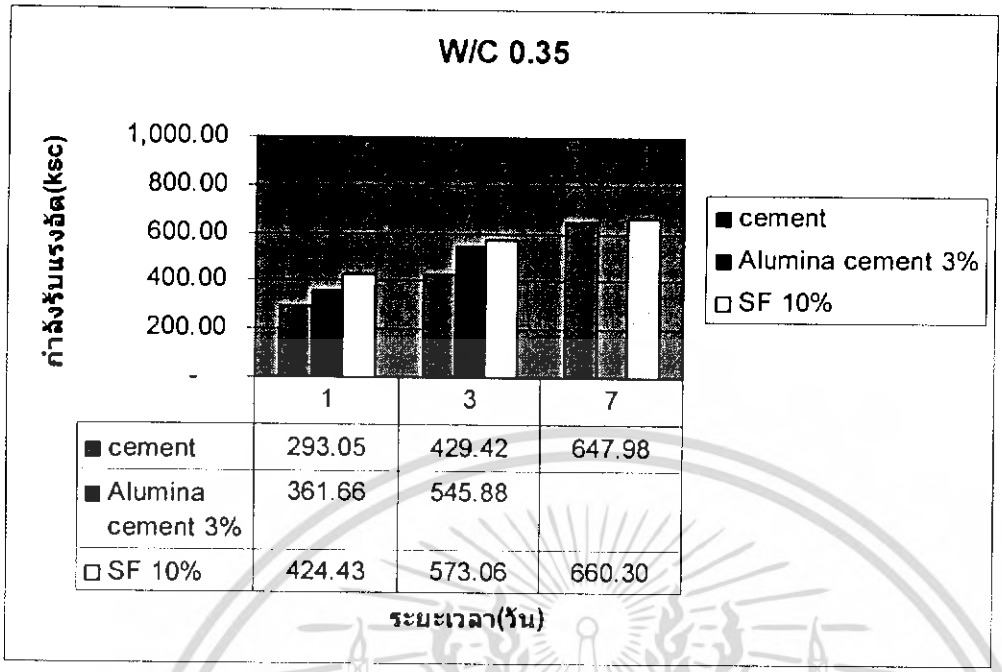
หมายเหตุ

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.15 กราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม ซีเมนต์เพลส์ และซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.35

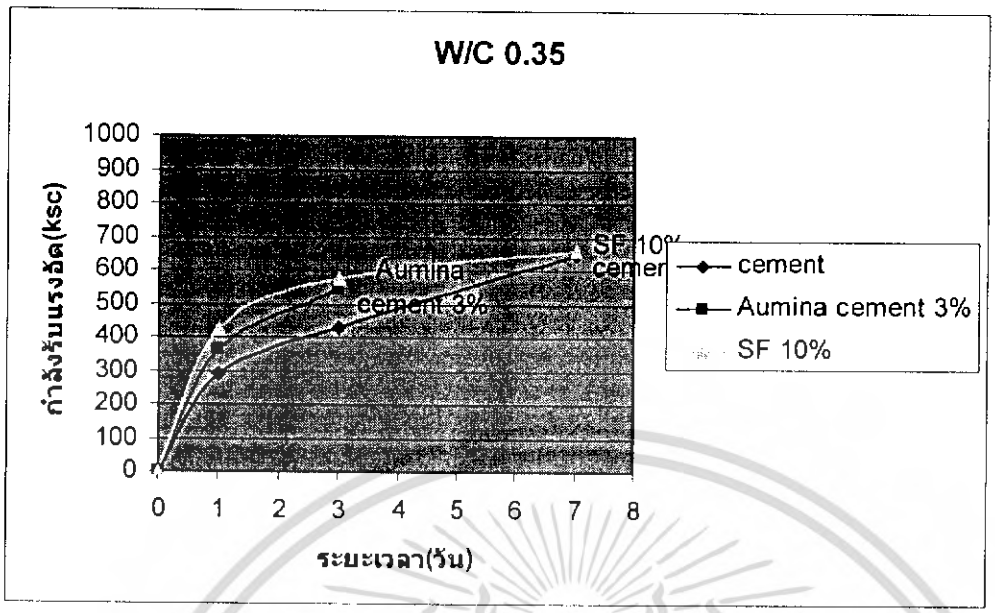
หมายเหตุ

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.16 กราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของ ซีเมนต์เพลส์ ซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม และซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.35

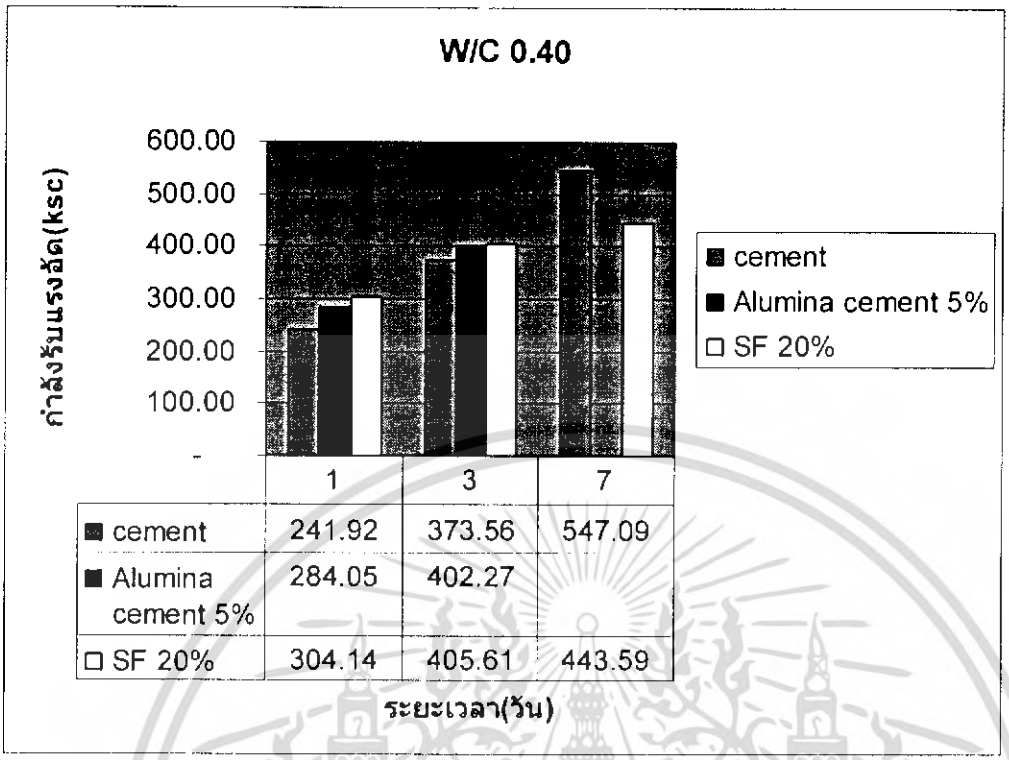
หมายเหตุ

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.17 กราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของ ซีเมนต์เพลส์ ซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม และซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.40

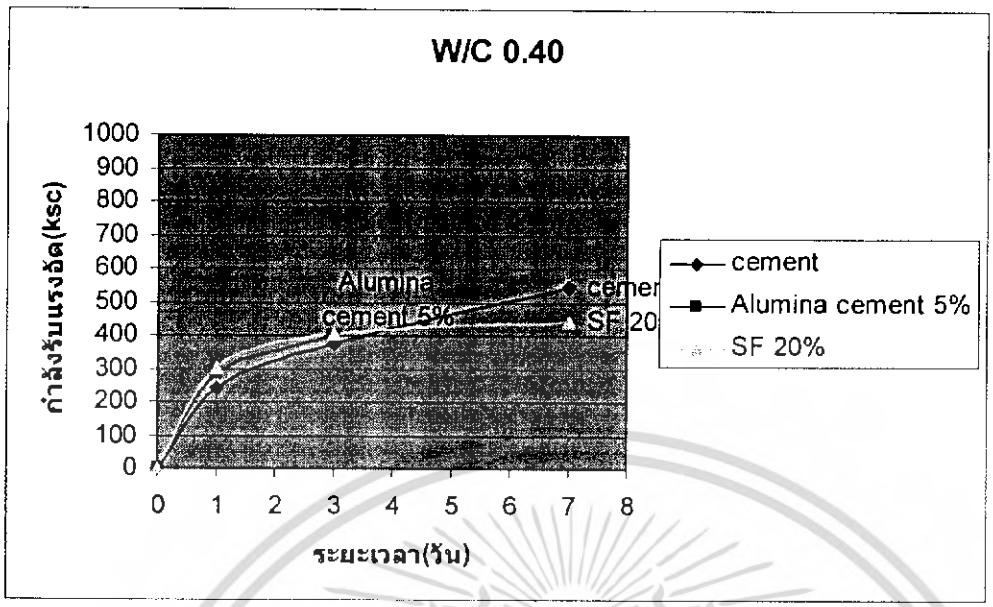
หมายเหตุ

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.18 กราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของ ซีเมนต์เพลส์ ซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม และซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.40

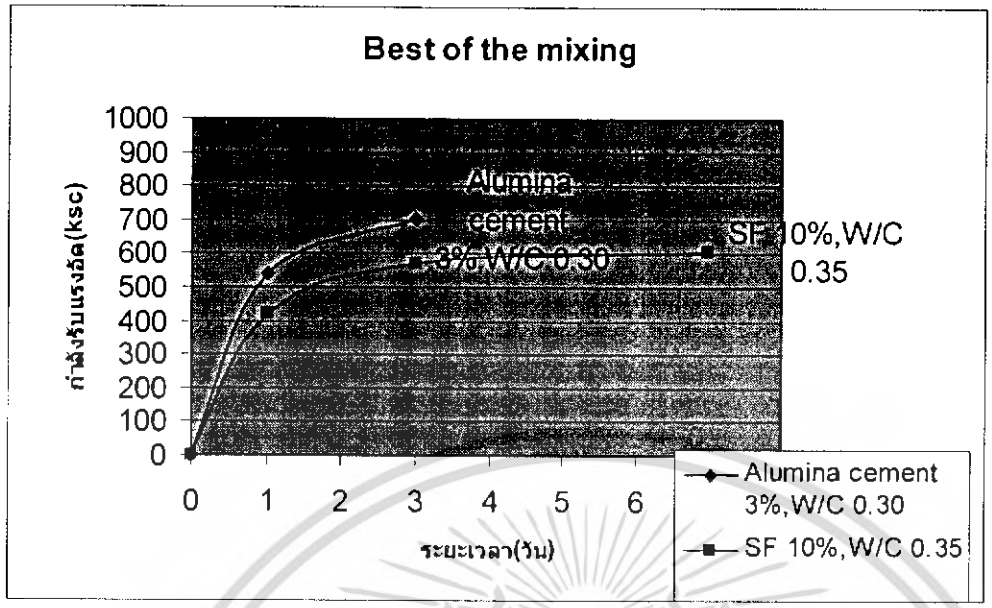
หมายเหตุ

Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1.19 กราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ และซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม ที่กำลังรับแรงอัดดีที่สุดจากการทดสอบ

หมายเหตุ

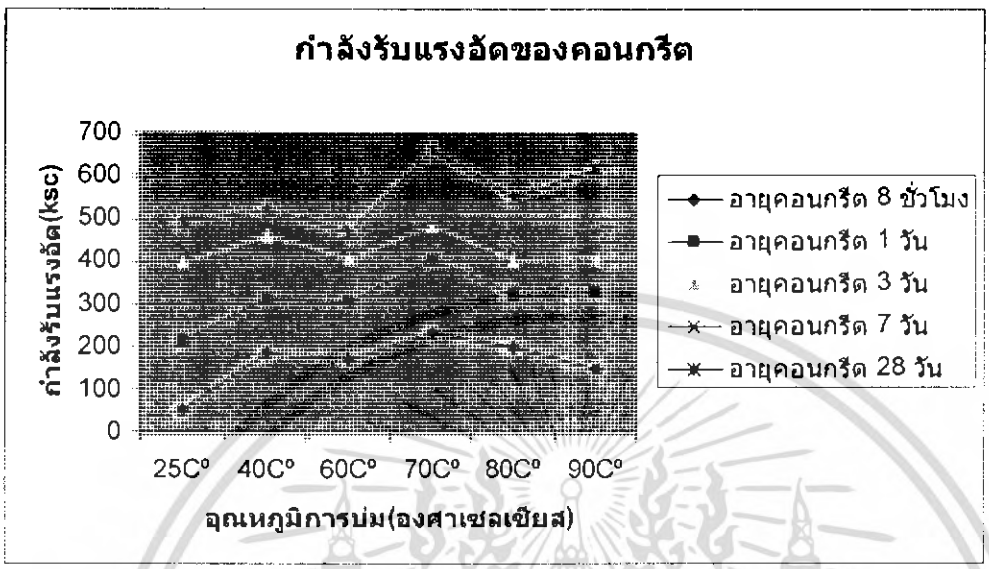
Cement เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

Alumina cement -3% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 % (ปูนซีเมนต์ 97 กรัม อลูมินาซีเมนต์ 3 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

SF-10% เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ที่ผสมซิลิกาฟูม10% (ปูนซีเมนต์ 100 กรัม ซิลิกาฟูม 10 กรัม) เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์ออกจากแบบหล่อ นำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูงเร็วที่อุณหภูมิต่างกัน**




รูปที่ 4.2.1 กราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตามอายุของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่ม

จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่มมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิคอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดสูงขึ้น โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการบ่มคอนกรีตอยู่ในช่วง 70-80 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ

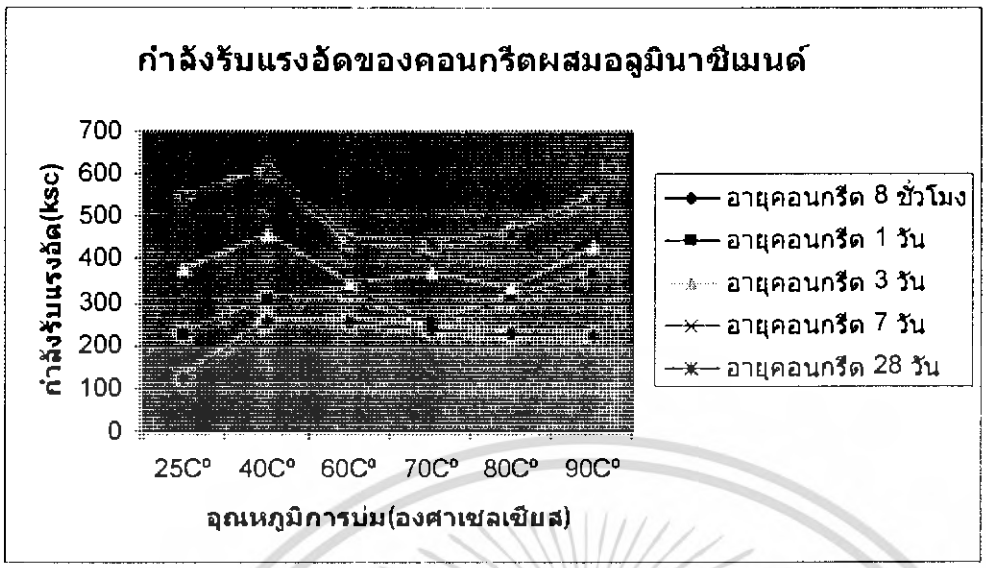
- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีดมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

หมายเหตุ การบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิ 40, 60, 70,80และ90 องศาเซลเซียส บ่มตั้งแต่แกะคอนกรีดออกจากแบบหล่อ จนครบอายุการทดสอบ 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.2.2 กราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ตามอายุของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่ม

จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมอลูมินาซีเมนต์และอุณหภูมิการบ่มมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิคอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงในช่วงอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการบ่มคอนกรีตอยู่ในช่วง 25-40 องศาเซลเซียส

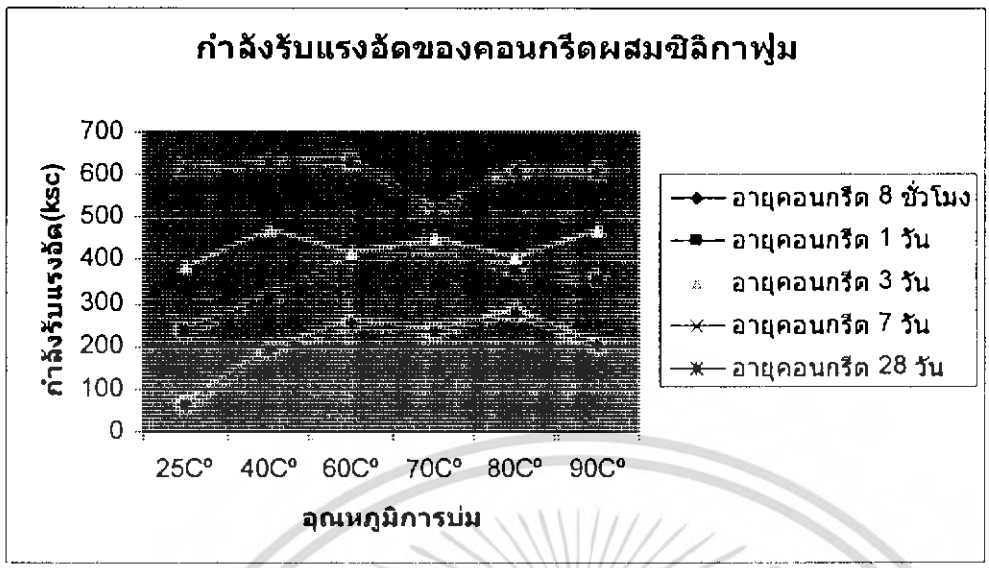
หมายเหตุ

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.2.3 กราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมตามอายุของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่ม

จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมและอุณหภูมิการบ่มมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิคอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงในช่วงอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการบ่มคอนกรีตอยู่ในช่วง 40-60 องศาเซลเซียส

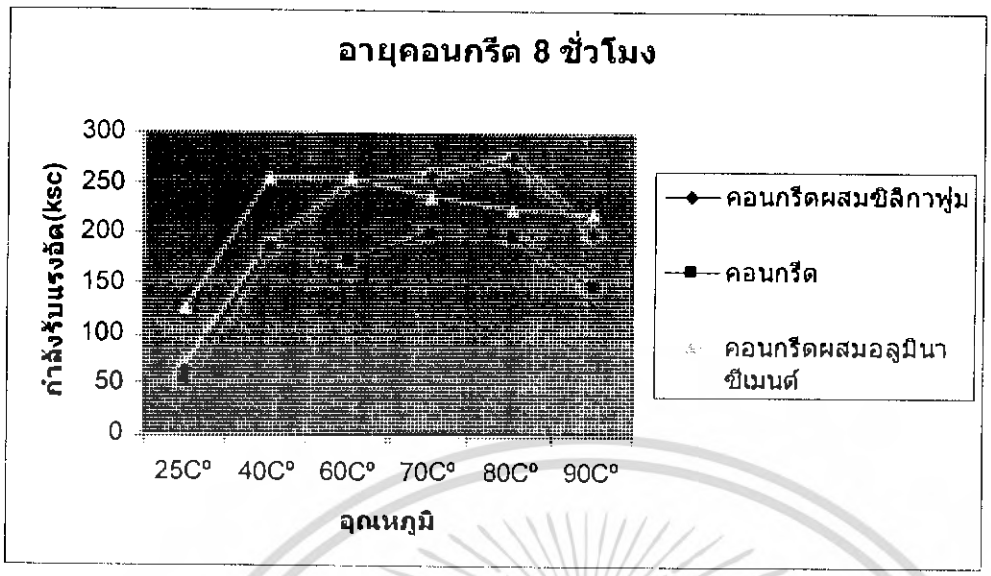
หมายเหตุ

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.2.4 กราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูม คอนกรีต คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อายุ 8 ชั่วโมง ของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่ม

จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและอุณหภูมิของการบ่มคอนกรีต พบว่าคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมสารผสมเพิ่มในการบ่มช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ มีกำลังรับแรงอัดน้อยกว่าคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูม

เช่น กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมที่อายุ 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิของการบ่มคอนกรีต 80 องศาเซลเซียส คอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมมีกำลังรับแรงอัด สูงกว่าคอนกรีตถึง 44%

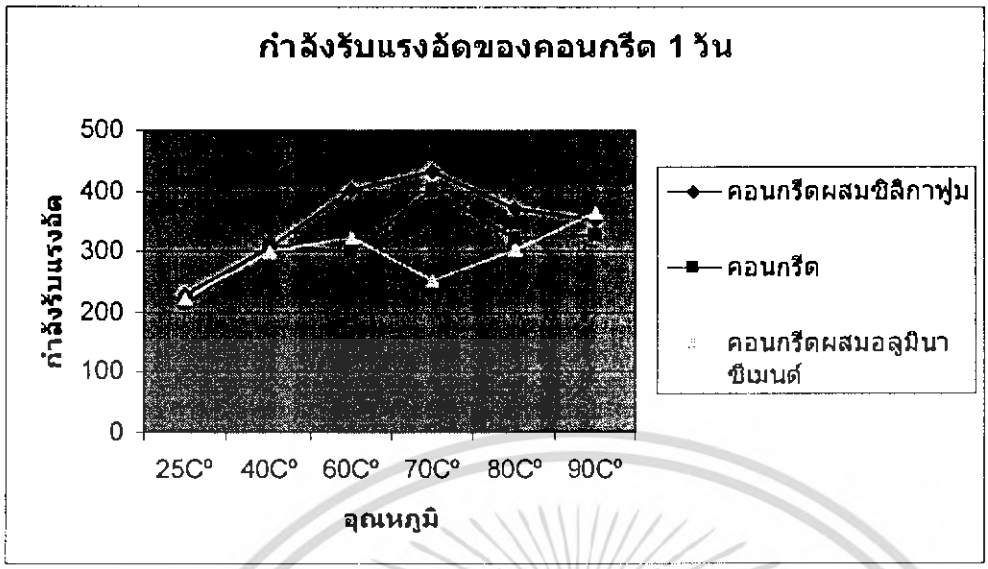
หมายเหตุ

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.2.5 กราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูม คอนกรีต คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อายุ 1 วัน ของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่ม

จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและอุณหภูมิของการบ่มคอนกรีต พบว่าคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมสารผสมเพิ่มในการบ่มช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ มีกำลังรับแรงอัดน้อยกว่าคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมและคอนกรีตที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ คอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูม 10 % และคอนกรีตที่ผสมอลูมินาซีเมนต์

จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและอุณหภูมิของการบ่มคอนกรีต พบว่าคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมสารผสมเพิ่มในช่วงต้นถ้าต้องการเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตการผสมซิลิกาฟูม ผสมอลูมินาซีเมนต์ และบ่มในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมจะช่วยพัฒนากำลังอัดได้เป็นผลดีทีเดียว

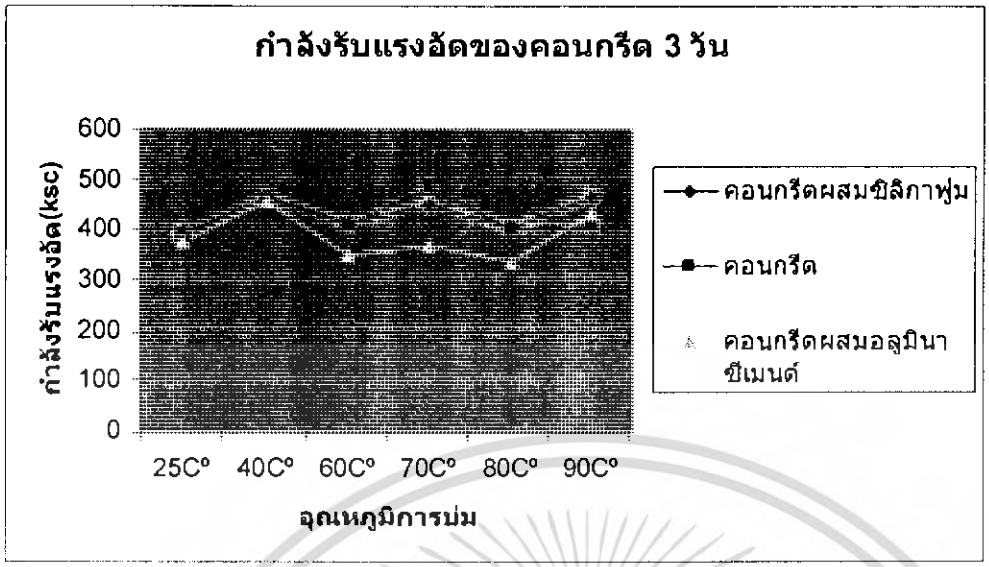
หมายเหตุ

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีดตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.2.6 กราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูม คอนกรีต คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อายุ 3 วัน ของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่ม

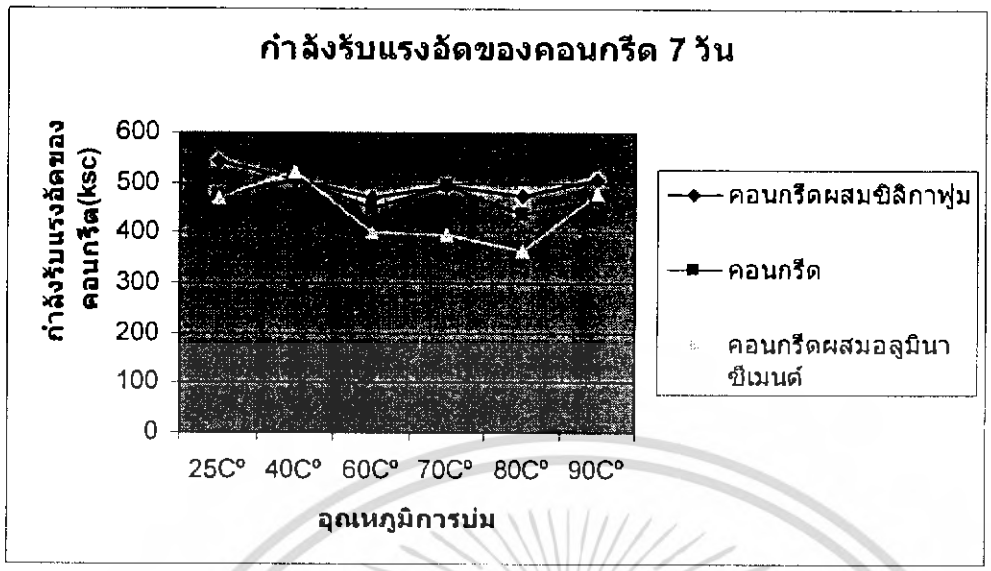
หมายเหตุ

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.2.7 กราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูม คอนกรีต คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อายุ 1 วัน ของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่ม

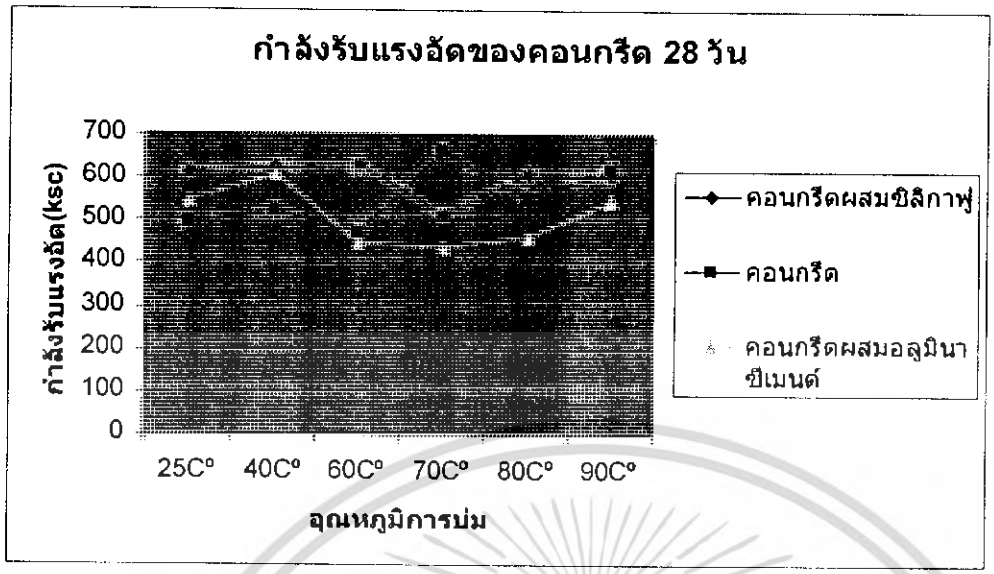
หมายเหตุ

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.2.8 จากกราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูม คอนกรีต คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ ที่อายุ 28 วัน ของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่ม

หมายเหตุ

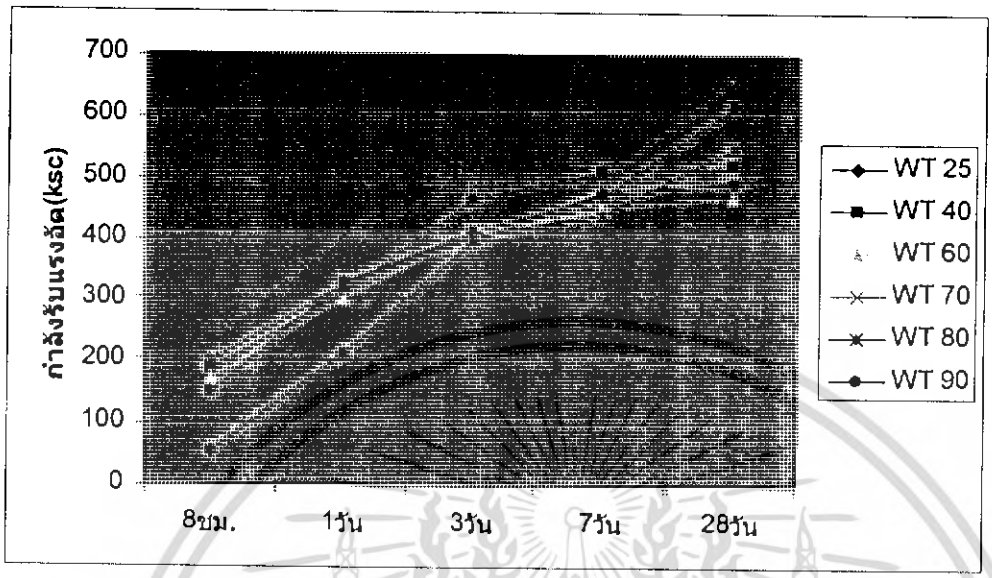
- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยอุณหภูมิที่ต่างกันตามอายุของคอนกรีต**




รูปที่ 4.2.9 จากกราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยอุณหภูมิที่ต่างกันตามอายุของคอนกรีต

จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดตามอายุของคอนกรีตและอุณหภูมิของการบ่มคอนกรีต พบว่าคอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมงบ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด 233 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 348.0769% จากการทดสอบจะเห็นว่าอุณหภูมมีผลต่อการเพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

คอนกรีตที่มีอายุ 1 วันบ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด 402 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีดที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 90%

คอนกรีตที่มีอายุ 28 วันบ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด 657 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 34%

จากแนวโน้มดังกล่าวทำให้เห็นได้ว่าอุณหภูมิการบ่มมีผลต่อค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

-WT 25 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

-WT 40 อุณหภูมิ 40องศาเซลเซียส

-WT 60 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

-WT 70 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

-WT 80 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

-WT 90 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

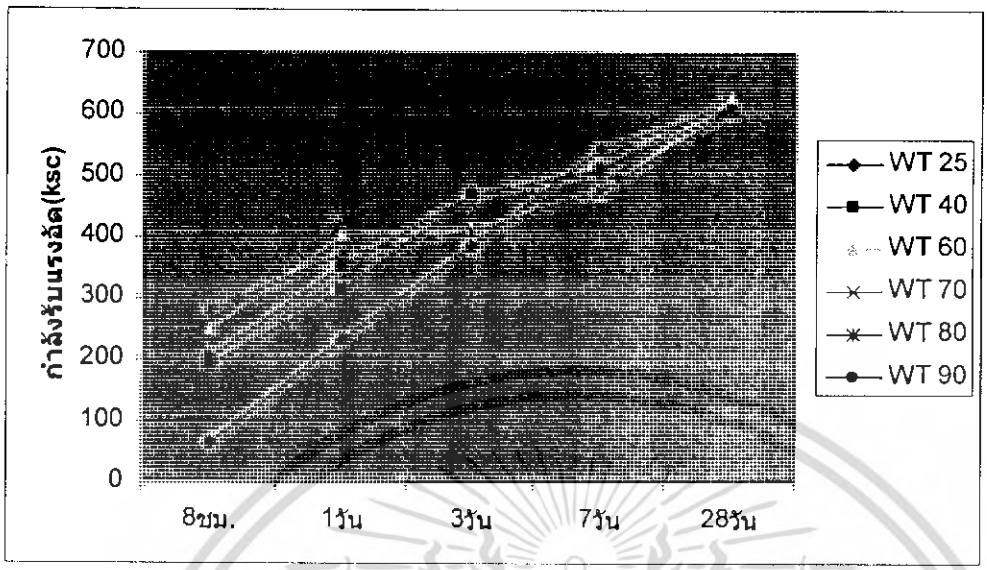
- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมซิลิกาฟูมที่บ่มด้วยอุณหภูมิที่ต่างกันตามอายุของตอนกรีต**




รูปที่ 4.2.10 จากกราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมซิลิกาฟูมที่บ่มด้วยอุณหภูมิที่ต่างกันตามอายุของตอนกรีต

จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดตามอายุของคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์และอุณหภูมิของการบ่มคอนกรีตผสมซิลิกาฟูม พบว่าคอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมงบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ60 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด 255 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีดที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 104%

คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่มีอายุ 1 วันบ่มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด363.6 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 63%

คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่มีอายุ 28 วันบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด 604 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 11%

จากแนวโน้มจะเห็นได้ว่าการบ่มทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต คอนกรีตผสมซิลิกาฟูม และคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ มีกำลังรับแรงอัดที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

-WT 25 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

-WT 40 อุณหภูมิ 40องศาเซลเซียส

-WT 60 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

-WT 70 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

-WT 80 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

-WT 90 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

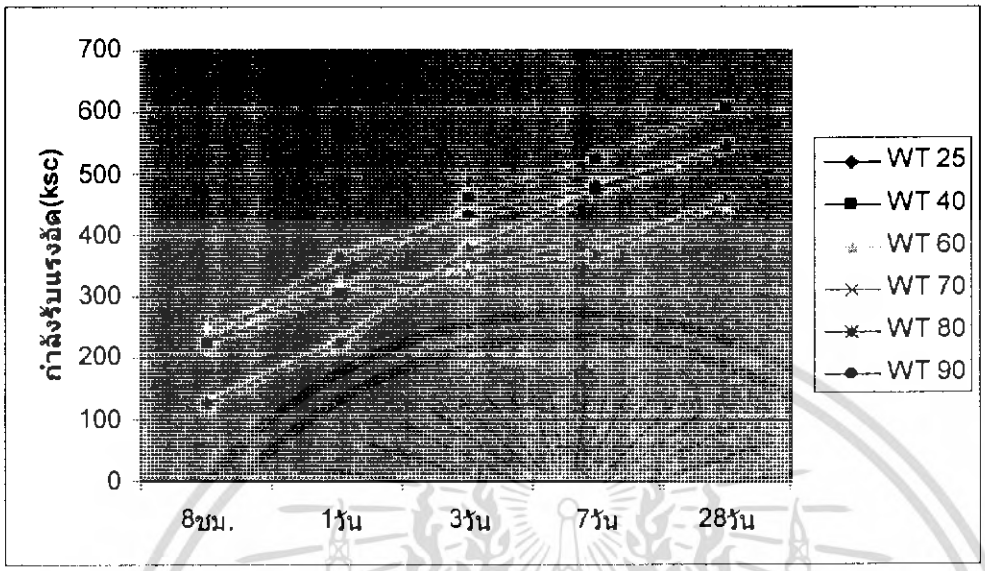
- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มด้วยอุณหภูมิที่ต่างกันตามอายุของตอนกรีต**




รูปที่ 4.2.11 จากกราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มด้วยอุณหภูมิที่ต่างกันตามอายุของตอนกรีต

จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดตามอายุของคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์และอุณหภูมิของการบ่มคอนกรีตผสมซิลิกาฟูม พบว่าคอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมงบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ60 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด 255 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีดที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 104%

คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่มีอายุ 1 วันบ่มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด363.6 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 63%

คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่มีอายุ 28 วันบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด 604 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 11%

จากแนวโน้มจะเห็นได้ว่าการบ่มทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต คอนกรีตผสมซิลิกาฟูม และคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ มีกำลังรับแรงอัดที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

-WT 25 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

-WT 40 อุณหภูมิ 40องศาเซลเซียส

-WT 60 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

-WT 70 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

-WT 80 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

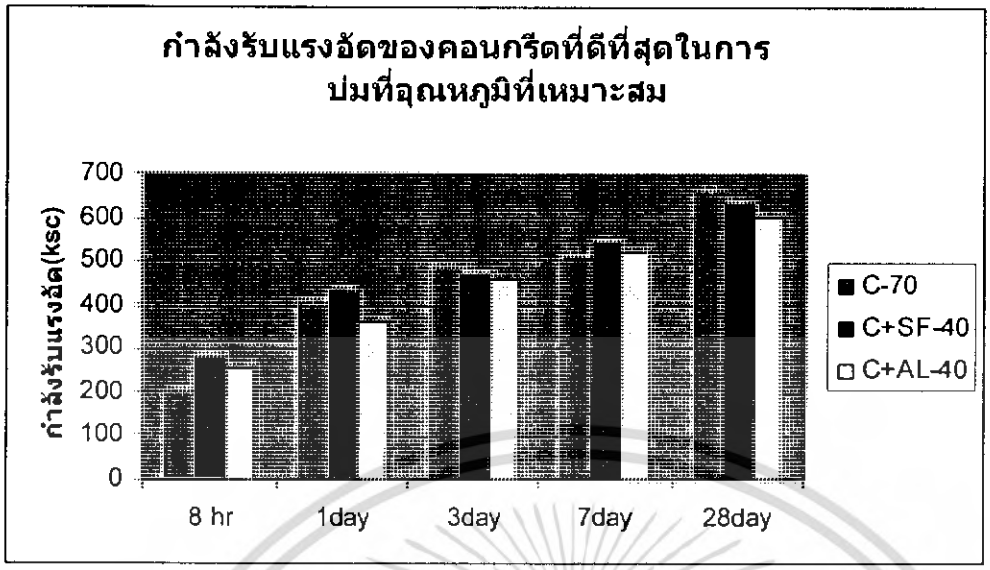
-WT 90 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.2.12 กราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต คอนกรีตผสมซิลิกาฟูม คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ ตามอายุของตอนกรีต

กราฟแสดงความสัมพันธ์ กำลังรับแรงอัดตามอายุของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่มที่เหมาะสมของคอนกรีตแบบต่าง ๆ

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตอายุ 8 ชั่วโมงและอุณหภูมิการบ่มที่40-60 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่มของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูม จะให้กำลังรับแรงอัดสูงสุด จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิการบ่มที่เหมาะสมและสารผสมเพิ่ม (ซิลิกาฟูม) มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในเวลาสั้น

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตอายุ 1 วัน อุณหภูมิการบ่มที่ 40-60 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่มของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูม จะให้กำลังรับแรงอัดสูงสุด เห็นได้ว่าอุณหภูมิการบ่มที่เหมาะสมและสารผสมเพิ่ม (ซิลิกาฟูม) มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในเวลาสั้น

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตอายุ 3 วัน อุณหภูมิการบ่มที่ 70 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่มของคอนกรีต จะให้กำลังรับแรงอัดสูงสุด เห็นได้ว่าอุณหภูมิการบ่มที่เหมาะสม มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตอายุ 28 วัน อุณหภูมิการบ่มที่70 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่มของคอนกรีต จะให้กำลังรับแรงอัดสูงสุด เห็นได้ว่าอุณหภูมิการบ่มที่เหมาะสม มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 2 ชั่วโมง จะได้คอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างที่ 24 ชั่วโมง

- นำคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง มาทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40, 60, 70, 80, 90 องศาเซลเซียส โดยการบ่มแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลา 24 ชั่วโมงหลังผสมเสร็จ พอคอนกรีตอายุครบ 24 ชั่วโมง จึงนำมาบ่มโดยการแช่น้ำธรรมดา และเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 3,7และ28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง

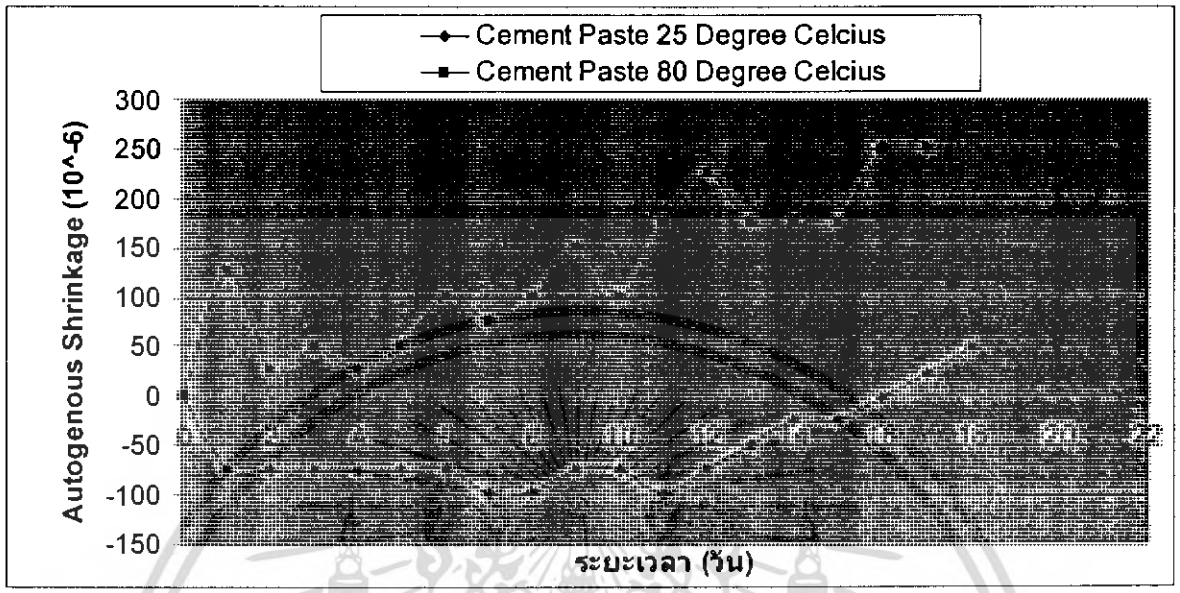
C-70 เป็นสัญลักษณ์ของ คอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสในช่วง 24 ชั่วโมงแรก และนำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

C+SF-40 เป็นสัญลักษณ์ของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสในช่วง 24 ชั่วโมงแรก และนำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

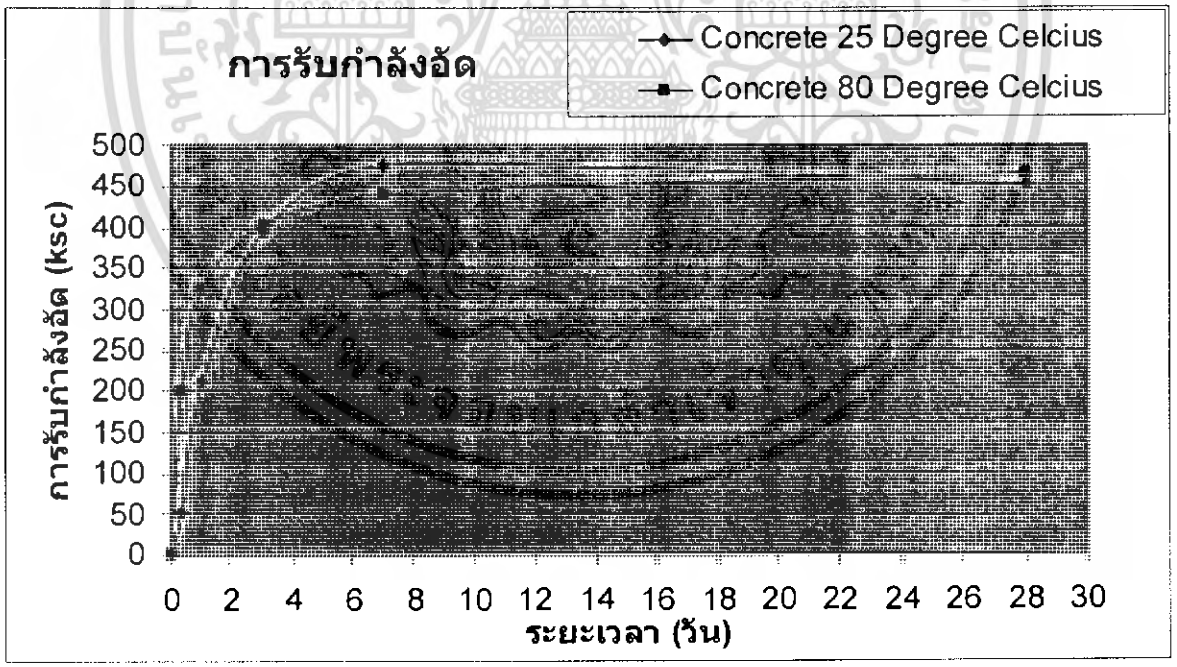
C+AL-40 เป็นสัญลักษณ์ของคอนกรีตที่ผสมอลูมินาซีเมนต์บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสในช่วง 24 ชั่วโมงแรก และนำมาบ่มน้ำธรรมดาจนครบอายุที่จะนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการทดสอบ Autogenous Shrinkage




รูปที่ 4.3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ในการหดตัวเมื่อให้อุณหภูมิที่ต่างกันของซีเมนต์เพสท์




รูปที่ 4.3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

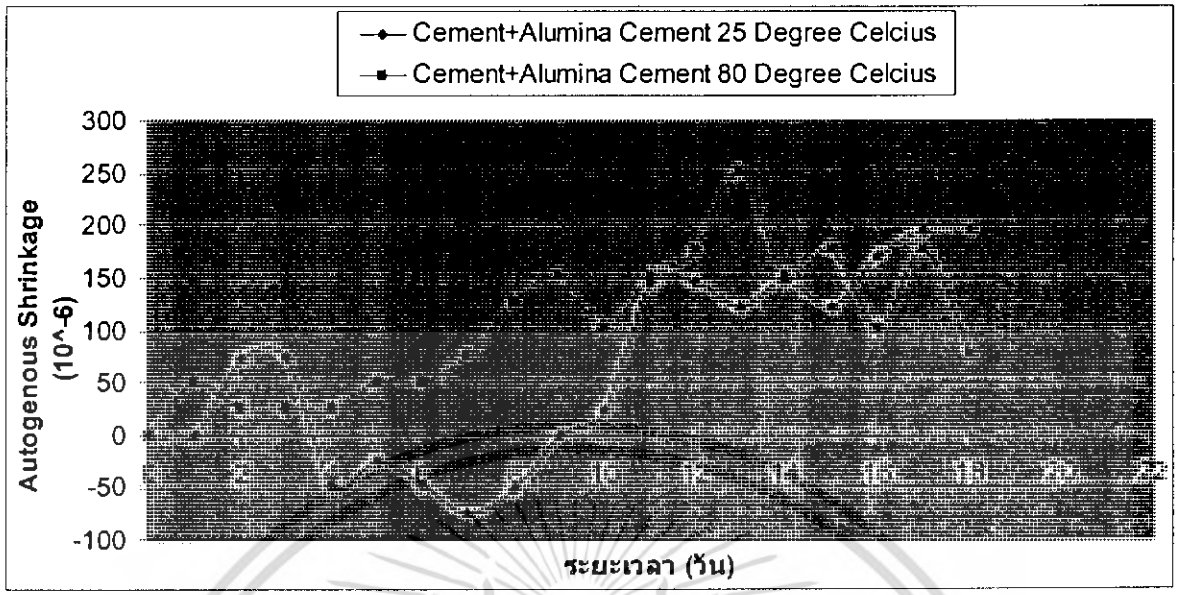
จากกราฟความสัมพันธ์จะพบว่าเริ่มแรกเส้นกราฟที่บ่มด้วยอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกจะมีการหดตัว หลังจากนั้นประมาณวันที่ 12 จะเริ่มมีการขยายตัวเกิดขึ้น ส่วนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนคอนกรีตย่อมมีการขยายตัวเกิดขึ้นแต่หลังจากที่หยุดให้ความร้อนก็จะมีการหดตัวของชิ้นตัวอย่างจากนั้นประมาณวันที่ 5-6 ชิ้นตัวอย่างเริ่มมีการขยายตัวเกิดขึ้น เมื่อนำกราฟความสัมพันธ์ของ Autogenous Shrinkage มาเปรียบเทียบ กราฟกำลังรับแรงอัด จะพบว่าที่คอนกรีตหดตัวเนื่องจากอยู่ในช่วงของอัตราการขึ้นของกำลังรับแรงอัดที่สูง แต่เมื่อถึงช่วงที่อัตราการขึ้นของกำลังที่น้อยลงจะเกิดการขยายตัวของเนื้อคอนกรีต

หมายเหตุ

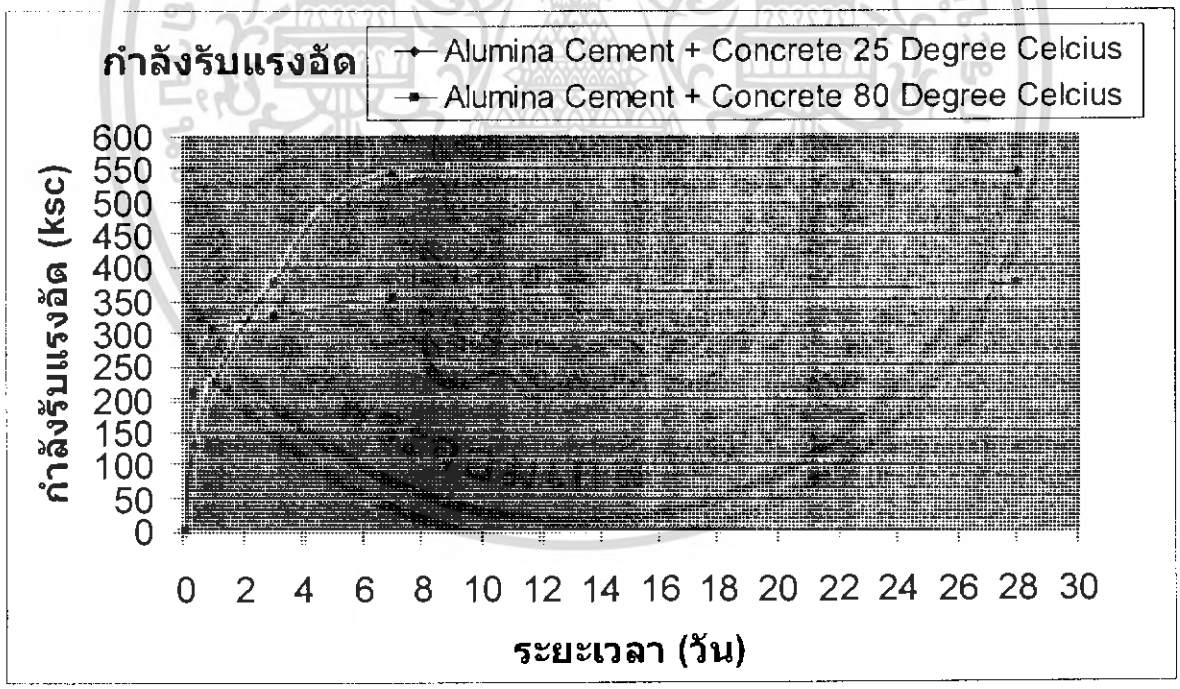
Cement Paste 25 Degree Celcius – เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์และนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดการยืดหดตัวทุกวัน

Cement Paste 80 Degree Celcius – เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสให้คอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและวัดการยืดหดตัวทุกวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ในการหดตัวเมื่อให้อุณหภูมิที่ต่างกันของซีเมนต์เพสท์+อลูมินาซีเมนต์




รูปที่ 4.3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต+อลูมินาซีเมนต์

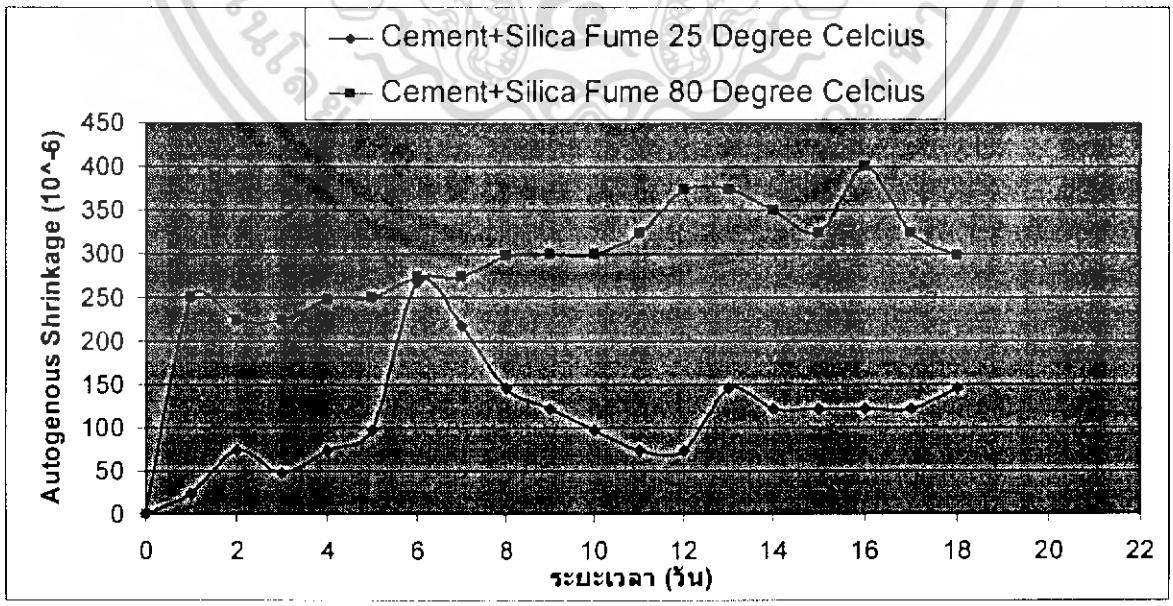
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเมนต์เพสท์ผสมอลูมินาซีเมนต์ จากกราฟความสัมพันธ์จะพบว่าเริ่มแรกเส้นกราฟที่บ่มด้วยอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในช่วงแรกจะมีการขยายตัวเกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากสารเคมีผสมเพิ่ม ประมาณวันที่ 3 จะเริ่มมีการหดตัวและจะขยายตัวอีกครั้งในวันที่ 9-10 ส่วนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนคอนกรีตย่อมมีการขยายตัวเกิดขึ้น แต่จะมีการหดตัวเล็กน้อยในวันที่ 2 และจะค่อยๆขยายตัวในวันต่อมาแต่จะเริ่มขยายตัวมากขึ้นในวันที่ 7 เมื่อนำกราฟความสัมพันธ์ของ Autogenous Shrinkage มาเปรียบเทียบ กราฟกำลังรับแรงอัด จะพบว่าที่คอนกรีตหดตัวเนื่องจากอยู่ในช่วงของอัตราการขึ้นของกำลังรับแรงอัดที่สูง แต่เมื่อถึงช่วงที่อัตราการขึ้นของกำลังที่น้อยลงจะเกิดการขยายตัวของเนื้อคอนกรีต

หมายเหตุ

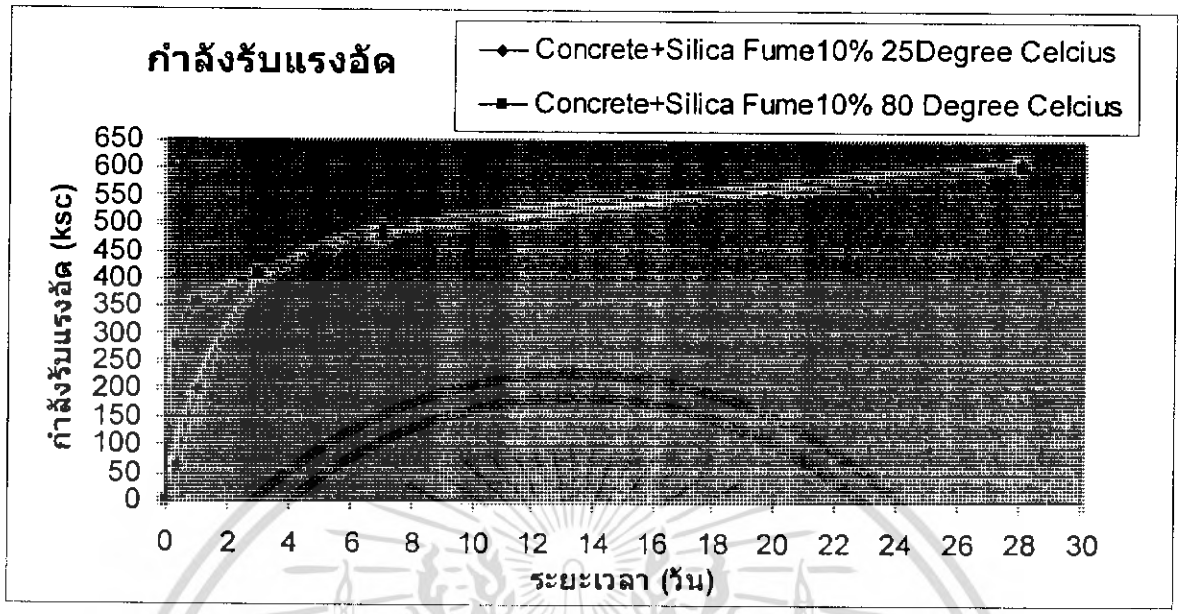
Cement Paste 25 Degree Celcius – เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์และนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดการยืดหดตัวทุกวัน

Cement Paste 80 Degree Celcius – เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสให้คอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและวัดการยืดหดตัวทุกวัน




รูปที่ 4.3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ในการหดตัวเมื่อให้อุณหภูมิที่ต่างกันของซีเมนต์เพสท์+ซิลิกาฟูม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต+อลูมินาซีเมนต์

ซีเมนต์เพสท์ผสมซิลิกาฟูม จากกราฟความสัมพันธ์จะพบว่าเริ่มแรกเส้นกราฟที่บ่มด้วยอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีการขยายตัวเกิดขึ้นและจะขยายตัวสูงสุดในวันที่ 6 อาจเนื่องมาจากการสิ้นสุดปฏิกิริยาเคมีที่ช่วยในการเร่งกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และจะลดการขยายตัวลงและจะไม่มีการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นอีก ส่วนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนคอนกรีตย่อมมีการขยายตัวเกิดขึ้นสูงมาก หลังจากนั้นจะมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

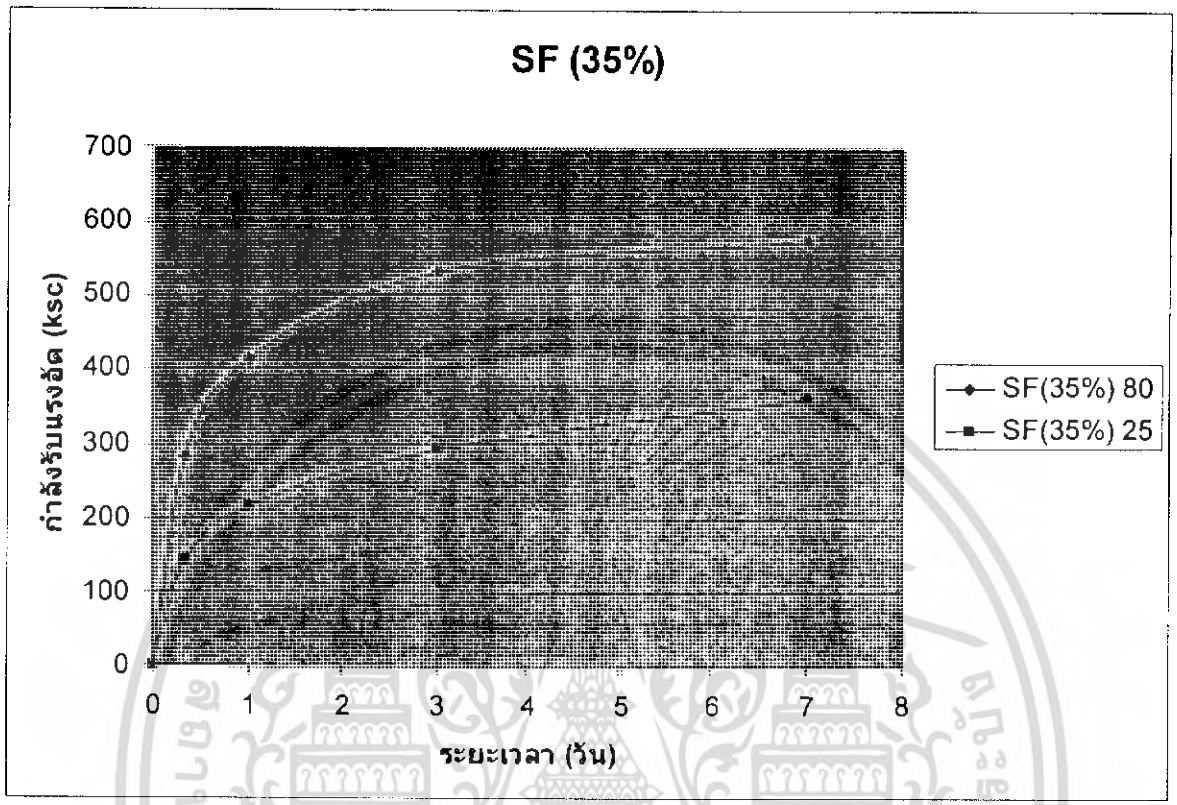
หมายเหตุ

Cement Paste 25 Degree Celcius – เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์และนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดการยือหดตัวทุกวัน

Cement Paste 80 Degree Celcius – เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสให้คอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและวัดการยือหดตัวทุกวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.4ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกำลังสูง**




รูปที่ 4.4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของคอนกรีตกำลังสูง (Concrete + Silica Fume 35%)

หมายเหตุ

Cement Paste 25 Degree Celcius – เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์และนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วัดการยือหดตัวทุกวัน

Cement Paste 80 Degree Celcius – เป็นสัญลักษณ์ของซีเมนต์เพลส์ เมื่อแกะซีเมนต์เพลส์และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสให้คอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและวัดการยือหดตัวทุกวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุป

## 5.1 สรุปการทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์เพสท์

เมื่อทำการทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์เพสท์ จากความสัมพันธ์จะได้ส่วนผสมที่ดีที่สุดในการทดสอบการรับกำรังอัดของซีเมนต์เพสท์ คือ ซีเมนต์ผสมอลูมินาซีเมนต์ 3 %( Cement + alumina cement3%) ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.30 และซีเมนต์ผสมซิลิกาฟูม 10 %( Cement + silica fume10%) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.35 แต่เพื่อต้องการให้ได้ค่ายุบตัวของคอนกรีต ± 5 เซ็นติเมตร จึงทำการทดสอบโดยการผสมคอนกรีตที่ผสม Super plasticizer ลงไป ผลที่ได้คือที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.30 (w/c ratio 0.30) ไม่สามารถผสมให้ได้ค่ายุบตัว ± 5 เซนติเมตร จึงจำเป็นต้องใช้ส่วนผสมที่มี อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.35 (w/c ratio 0.35) ในการทำตัวอย่างที่เป็นคอนกรีต

## 5.2 สรุปผลการทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีต

การบ่มที่อุณหภูมิสูงมีผลต่อกำลังรับแรงอัดจากความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดตามอายุของคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์และอุณหภูมิของการบ่มคอนกรีตผสมซิลิกาฟูม พบว่าคอนกรีตที่มีอายุ 8 ชั่วโมงบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ60 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด 255 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 104%

คอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่มีอายุ 1 วันบ่มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีกำลังรับแรงอัด363.6 ksc ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมอลูมินาซีเมนต์ที่บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 63% จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าเมื่อบ่มที่อุณหภูมิสูงในช่วงต้นทำให้กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นด้วย

การผสมสารผสมเพิ่มมีผลต่อการเพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต เช่นคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมที่อายุ 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิของการบ่มคอนกรีต 80 องศาเซลเซียส คอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมมีกำลังรับแรงอัด สูงกว่าคอนกรีตถึง 44%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและอุณหภูมิการบ่มมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิคอนกรีดจะมีกำลังรับแรงอัดสูงขึ้น โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการบ่มคอนกรีตอยู่ในช่วง 70-80 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มจะมีผลต่อกำรังรับแรงอัดในช่วงต้นและช่วงท้าย

5.2.2 จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมอลูมินาซีเมนต์และอุณหภูมิการบ่มมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิคอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงในช่วงอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ทำให้กำลังรับแรงสูงจะอยู่ในช่วงการบ่มคอนกรีตที่ 25-40 องศาเซลเซียส เนื่องจากการที่ให้อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้ความสามารถในการเพิ่มกำลังรับแรงอัดลดลง ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้การบมคอนกรีตที่ผสมอลูมินาซีเมนต์ไม่จำเป็นต้องเป็นอุณหภูมิที่สูง

5.2.3 จากกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมและอุณหภูมิการบ่มมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิคอนกรีตผสมซิลิกาฟูมจะทำให้มีกำลังรับแรงอัดที่สูงขึ้นในช่วง 8 ชั่วโมง ถึง 1 วัน แต่กำลังรับแรงอัดช่วง 3 วันเป็นต้นไปอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มจะไม่มีผลกับกำลังรับแรงอัด เนื่องจากกำรังรับแรงอัดในช่วง 3 วันเป็นต้นไปจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมจะทำให้กำลังรับแรงอัดที่สูงขึ้นในช่วง 8 ชั่วโมง ถึง 1 วันเท่านั้น

**5.3 สรุปผลการทดสอบ Autogenous Shrinkage**

จากการศึกษาจากผลการทดลองพบว่าเมื่อคอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดที่เพิ่มขึ้นจะเกิดการหดตัวของตัวอย่างคอนกรีต จนกระทั่งไม่มีการเพิ่มของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ก็จะมีการขยายตัวของตัวอย่างคอนกรีดเกิดขึ้น

5.3.1. จากกราฟความสัมพันธ์จะพบว่าเริ่มแรกเส้นกราฟที่บ่มด้วยอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในช่วงแรกจะมีการหดตัว หลังจากนั้นประมาณวันที่ 12 จะเริ่มมีการขยายตัวเกิดขึ้น ส่วนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนคอนกรีดย่อมมีการขยายตัวเกิดขึ้นแต่หลังจากที่หยุดให้ความร้อนก็จะมีการหดตัวของชิ้นตัวอย่างจากนั้นประมาณวันที่ 5-6 ชิ้นตัวอย่างเริ่มมีการขยายตัวเกิดขึ้น เมื่อนำกราฟความสัมพันธ์ของ Autogenous Shrinkage มาเปรียบเทียบ กราฟกำลังรับแรงอัด จะพบว่าที่คอนกรีตหดตัวเนื่องจากอยู่ในช่วงของอัตราการขึ้นของกำลังรับแรงอัดที่สูง แต่เมื่อถึงช่วงที่อัตราการขึ้นของกำลังที่น้อยลงจะเกิดการขยายตัวของเนื้อคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ซีเมนต์เพสท์ผสมอลูมินาซีเมนต์ จากกราฟความสัมพันธ์จะพบว่าเริ่มแรกเส้นกราฟที่บ่มด้วยอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในช่วงแรกจะมีการขยายตัวเกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากสารเคมีผสมเพิ่ม ประมาณวันที่ 3 จะเริ่มมีการหดตัวและจะขยายตัวอีกครั้งในวันที่ 9-10 ส่วนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนคอนกรีตย่อมมีการขยายตัวเกิดขึ้น แต่จะมีการหดตัวเล็กน้อยในวันที่ 2 และจะค่อยๆขยายตัวในวันต่อมาแต่จะเริ่มขยายตัวมากขึ้นในวันที่ 7 เมื่อนำกราฟความสัมพันธ์ของ Autogenous Shrinkage มาเปรียบเทียบ กราฟกำลังรับแรงอัด จะพบว่าที่คอนกรีตหดตัวเนื่องจากอยู่ในช่วงของอัตราการขึ้นของกำลังรับแรงอัดที่สูง แต่เมื่อถึงช่วงที่อัตราการขึ้นของกำลังที่น้อยลงจะเกิดการขยายตัวของเนื้อคอนกรีต

5.3.3 ซีเมนต์เพสท์ผสมซิลิกาฟูม จากกราฟความสัมพันธ์จะพบว่าเริ่มแรกเส้นกราฟที่บ่มด้วยอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีการขยายตัวเกิดขึ้นและจะขยายตัวสูงสุดในวันที่ 6 อาจเนื่องมาจากการสิ้นสุดปฏิกิริยาเคมีที่ช่วยในการเร่งกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และจะลดการขยายตัวลงและจะไม่มีการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นอีก ส่วนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อให้ความร้อนคอนกรีตย่อมมีการขยายตัวเกิดขึ้นสูงมาก หลังจากนั้นจะมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

**5.4 สรุปผลการทดสอบคอนกรีตกำลังสูง**

จากการศึกษาผลการทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีตกำลังสูงจะพบว่าเมื่อให้อุณหภูมิกับคอนกรีต จะทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าสูงมากในช่วงต้นและส่งผลทำให้กำลังรับแรงอัดในช่วงปลายนั้นสูงขึ้นตามไปด้วย

**สรุปปัญหา**

การบ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ ถังที่ใช้ในการบ่มมีความสูงและอุณหภูมิไม่คงที่ทั่วถัง ส่วนที่อยู่ใกล้แกนให้ความร้อนก็จะมีอุณหภูมิสูงกว่าส่วนที่ไกลกว่าแกนให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้