

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของปุ่นเพื่อใช้ในงานสถาปัตยกรรม



นางสาวนิตยาพร ศิริวัน  
นางสาวรสริน เตโชวิศาล

ป.พ.

ศ 23211

2539

เลขหม.....

เลขทะเบียน..... 32018

วัน, เดือน, ปี..... - ๘ ก.พ. 2542

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**STUDIES ON PROPERTIES OF MORTARS FOR  
ARCHITECTURE**



**MISS CHATAPORN SIRIWAN  
MISS ROSARIN TECHOWISAN**

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of  
the Requirement for the Degree of Bachelor of Science**

**Department of Chemistry**

**Faculty of Science**

**King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**

**1996**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาคูสมบัดิจของปูนเพื่อใช้ในงานสถาปัตยกรรม  
โดย นางสาวนัทรฐพร ศิริวัน  
นางสาวรสริน เตโชวิศาล  
ภาควิชา เคมี  
อาจารย์ที่ปรึกษา คร.ศิริชัย หวังเจริญตระกูล  
ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

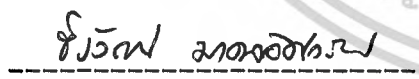
  
( ผศ. นงนuch เกตราณูวัฒน์ )

หัวหน้าภาควิชาเคมี

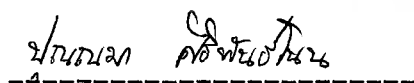
คณะกรรมการสอบโครงการ

  
( ผศ.ดร. สักดา ไตรศักดิ์ )

ประธานกรรมการ

  
( ผศ.ดร. ธีรวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์ )

กรรมการ

  
( อาจารย์ปุ่นณมา ศิริพันธ์โนน )

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                    |  |
|--------------------|--|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | การศึกษาคูสมบัติของปูนเพื่อใช้ในงานสถาปัตยกรรม             |
| นักศึกษาผู้จัดทำ   | นางสาวฉัตรฐพร ศิริวัน<br>นางสาวรสริน เตโชวิศาล             |
| อาจารย์ที่ปรึกษา   | ดร.ศิริชัย หวังเจริญตระกูล<br>ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์ |
| ภาควิชา            | เคมี   |
| ปีการศึกษา         | 2539   |

### บทคัดย่อ

ปูนซีเมนต์ขาวเป็นปูนที่นำมาใช้ในงานตกแต่งภายนอกที่ต้องการความสวยงามทางด้านสถาปัตยกรรม อีกทั้งยังให้ความแข็งแรงใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์เทา โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายที่ดีที่สุดแล้วเติมพอลิเมอร์ทางการค้า 5 ชนิดในปริมาณต่างๆกัน เพื่อทดสอบสมบัติต่างๆอันได้แก่ ความต้านทานกำลังอัด อัตราการดูดซึมน้ำ ปริมาณของแข็ง และปริมาณความชื้น นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ไอออนที่ละลายในน้ำแก่ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายสูตรต่างๆด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปคโตรโฟโตเมทรี และวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์โดยใช้เทคนิคอินฟราเรด สเปคโตรโฟโตเมทรี

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่า ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายสูตร 3.5 : 6.5 มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดและเมื่อนำมาเติมพอลิเมอร์ทางการค้าแล้ว พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำต่ำสุดและความต้านทานกำลังอัดสูงสุดเกิดจากการใช้ 7.5% ของ ROC-SP200 ในขณะที่ปริมาณความชื้นต่ำสุดและปริมาณของแข็งสูงสุดโดยรวมเกิดจากการใช้ 7.5% ของ ROC-SP100 จึงสรุปได้ว่า ROC-SP200 ในปริมาณ 7.5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาวเหมาะสำหรับงานที่ต้องการกำลังอัดสูงและมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ ส่วน ROC-SP100 7.5% เหมาะกับงานที่ต้องการปริมาณความชื้นต่ำในขณะเดียวกับที่ปริมาณของแข็งสูง

จากผลการศึกษาไอออนที่ละลายออกมาในน้ำแก่ปูน พบว่าปริมาณไอออนจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของปูนซีเมนต์ขาว สำหรับการศึกษาหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์พบว่า ROC-BOND ST มีหมู่ฟังก์ชันใกล้เคียงกับ POLYVINYL ACETATE EMULSION ส่วนพอลิเมอร์อีก 4 ชนิดนั้น แสดงหมู่ ฟังก์ชันว่าเป็นของ POLYALKYLIDENE SULPHONATE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Special Project Title**        **Studies on Properties of Mortars for Architecture**

**Name**                                **Miss Chataporn Siriwan**  
**Miss Rosarin Techowisan**

**Special Project Advisor**       **Dr. Sirichai Wangchareontrakul**  
**Asst.Prof.Dr. Teerawat Mongkolassawarat**

**Department**                       **Chemistry**

**Academic Year**                    **1996**

### Abstract

White cement is used for exterior decoration on the purpose of architectural artistry and also gives the strength equal portland cement. The objective of this project is to find out the best ratio of white cement and sand with various ratios of 5 commercial polymers. The physical properties of prepared mortar were studied in terms of compressive strength, water absorption, solid content and moisture content. Additionally, water soluble ions of mortar was analysed by atomic absorption spectrophotometry and analysis of functional groups of polymers was analysed by infrared spectrophotometry.

The results showed that the mixing of white cement and sand in ratio of 3.5:6.5 gave the best properties. ROC-SP200 gave the lowest water absorption and the highest compressive strength while ROC-SP100 gave the lowest moisture content and the highest solid content.

The analysis of water soluble ions indicated that concentration of ions are increased proportionally to white cement content. The functional groups in ROC-BOND ST is found to be the same as in polyvinyl acetate while the other polymers are found to be the same as in polyalkylidene sulphonate.

## กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ทางผู้วิจัยโครงการพิเศษจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ ดร.ศิริชัย หวังเจริญตระกูล ผศ.ธีรวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์ และคุณสมถวิล นิลวิไล ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณบริษัท ร็อคโค-ไทยที่กรุณาอนุเคราะห์สารพอลิเมอร์สำหรับใช้ในโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่กรุณาอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องทดสอบกำลังอัดของปูน

สุดท้ายขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่าน รุ่นน้อง อีกทั้งเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกๆด้านตลอดมา

ฉัตรฐพร ศิริวัน  
รสริน เตโชวิศาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย  | ก    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ   | ข    |
| กิตติกรรมประกาศ  | ค    |
| สารบัญ   | ง    |
| สารบัญตาราง  | ช    |
| สารบัญแผนภูมิ  | ฉ    |
| อธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ  | ฎ    |
| บทที่ 1 บทนำ   |      |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการวิจัย   | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์   | 2    |
| 1.3 ขอบข่ายของโครงการวิจัย   | 2    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย   | 2    |
| 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย   | 2    |
| บทที่ 2 ทฤษฎี  |      |
| 2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาว  | 3    |
| 2.2 ทฤษฎี  | 8    |
| 2.3 ซีเมนต์มอร์ต้า   | 9    |
| 2.4 การปรับปรุงคุณสมบัติของซีเมนต์มอร์ต้าด้วยพอลิเมอร์อิมัลชัน                           | 12   |
| บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินการ  |      |
| 3.1 แผนการดำเนินการวิจัย   |      |
| 3.1.1 การผสมปูนซีเมนต์ขาวกับทรายในอัตราส่วนต่างๆ (ตอนที่ 1)                              | 16   |
| 3.1.2 การผสมปูนซีเมนต์ขาวกับทรายในอัตราส่วน 3.5:6.5 ด้วยพอลิเมอร์<br>ทางการค้า(ตอนที่ 2) | 17   |
| 3.2 วัสดุที่ใช้  | 19   |
| 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้   | 19   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 วิธีการทดสอบ

|  |    |
|--|----|
| 3.4.1 การทดสอบหาค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนแต่ละสูตร  | 20 |
| 3.4.2 การทดสอบหาค่าอัตราการคูดซึมน้ำของปูนแต่ละสูตร  | 21 |
| 3.4.3 การทดสอบหาค่าปริมาณของแข็งของปูนแต่ละสูตร  | 22 |
| 3.4.4 การทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นของปูนแต่ละสูตร   | 23 |
| 3.4.5 การวิเคราะห์ไอออนที่ละลายในน้ำแข็งปูนด้วยเทคนิคอะตอมมิก<br>แอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมทรี | 24 |
| 3.4.6 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด<br>สเปกโตรโฟโตเมทรี            | 25 |

### บทที่ 4 ผลการวิจัย

|   |    |
|---|----|
| 4.1 ผลการทดสอบทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่างๆ<br>(ตอนที่ 1)                                  |    |
| 4.1.1 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานกำลังอัด  | 26 |
| 4.1.2 ผลการทดสอบหาค่าอัตราการคูดซึมน้ำ  | 30 |
| 4.1.3 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณของแข็ง  | 32 |
| 4.1.4 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้น   | 34 |
| 4.2 ผลการทดสอบทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5<br>เมื่อเติมพอลิเมอร์ในปริมาณต่างๆ (ตอนที่ 2) |    |
| 4.2.1 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานกำลังอัด  | 36 |
| 4.2.2 ผลการทดสอบหาค่าอัตราการคูดซึมน้ำ  | 41 |
| 4.2.3 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณของแข็ง  | 51 |
| 4.2.4 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้น   | 56 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์ไอออนที่ละลายในน้ำแข็งปูนด้วยเทคนิคอะตอมมิก<br>แอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมทรี                  | 61 |
| 4.4 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด<br>สเปกโตรโฟโตเมทรี                             | 62 |

### บทที่ 5 วิจารณ์ผลการวิจัย

|   |  |
|---|--|
| 5.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย<br>ในอัตราส่วนต่างๆ |  |
|---|--|

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ผลการศึกษาวินิจฉัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์  
63  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|   |    |
|---|----|
| 5.1.2 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ   | 65 |
| 5.1.3 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณของแข็ง   | 66 |
| 5.1.4 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณความชื้น  | 67 |
| 5.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย<br>อัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP100 ในปริมาณต่างๆ  |    |
| 5.2.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด   | 68 |
| 5.2.2 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ   | 70 |
| 5.2.3 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณของแข็ง   | 71 |
| 5.2.4 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณความชื้น  | 72 |
| 5.3 ผลการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย<br>อัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติมROC-SP150 ในปริมาณต่างๆ   |    |
| 5.3.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด   | 73 |
| 5.3.2 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ   | 75 |
| 5.3.3 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณของแข็ง   | 76 |
| 5.3.4 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณความชื้น  | 77 |
| 5.4 ผลการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย<br>อัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติมROC-SP200 ในปริมาณต่างๆ   |    |
| 5.4.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด   | 78 |
| 5.4.2 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ   | 80 |
| 5.4.3 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณของแข็ง   | 81 |
| 5.4.4 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณความชื้น  | 82 |
| 5.5 ผลการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย<br>อัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติมROCCO-100RT ในปริมาณต่างๆ |    |
| 5.5.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด   | 83 |
| 5.5.2 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ   | 85 |
| 5.5.3 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณของแข็ง   | 86 |
| 5.5.4 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณความชื้น  | 87 |
| 5.6 ผลการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย<br>อัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติมROC-BOND ST ในปริมาณต่างๆ |    |
| 5.6.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด   | 88 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|  |     |
|--|-----|
| 5.6.2 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ  | 90  |
| 5.6.3 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณของแข็ง  | 91  |
| 5.6.4 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณความชื้น   | 92  |
| 5.7 ผลการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย<br>อัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์และไม่เติมพอลิเมอร์ |     |
| 5.7.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด  | 93  |
| 5.7.2 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ  | 95  |
| 5.7.3 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณของแข็ง  | 96  |
| 5.7.4 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าปริมาณความชื้น   | 97  |
| 5.8 วิจัยผลการศึกษาวิเคราะห์ไอออนที่ละลายในน้ำแช่ปูนด้วยเทคนิค<br>อะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมทรี                      | 98  |
| 5.9 วิจัยผลการศึกษาวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ด้วยเทคนิค<br>อินฟราเรดสเปกโตรโฟโตเมทรี                                | 99  |
| บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ  |     |
| 6.1 สรุปผลการวิจัย   |     |
| 6.1.1 ตอนที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติในด้านต่างๆ ของปูนซีเมนต์ขาว<br>ผสมทรายในอัตราส่วนต่างๆ                                    | 100 |
| 6.1.2 ตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติในด้านต่างๆ ของปูนซีเมนต์ขาว<br>3.5 ส่วน ผสมทราย 6.5 ส่วน เมื่อเติมพอลิเมอร์               | 101 |
| 6.2 ข้อเสนอแนะ   | 102 |
| เอกสารอ้างอิง  | 103 |
| ภาคผนวก ก คุณลักษณะของพอลิเมอร์เชิงการค้าที่ใช้ในการทดลอง  |     |
| ภาคผนวก ข กราฟมาตรฐานจากการวิเคราะห์ด้วย AA  |     |
| ภาคผนวก ค อินฟราเรดสเปกตรัม  |     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

|   | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 3.1.1 : แสดงสูตรปูนที่มีอัตราส่วนซีเมนต์ขาวต่อทรายในปริมาณต่างๆ                        | 16   |
| ตารางที่ 3.1.2 : แสดงชนิดและปริมาณพอลิเมอร์ที่เติมลงในปูนอัตราส่วน 3.5:6.5                      | 17   |
| ตารางที่ 4.1.1.1 : แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ ณ สภาวะเปียก | 26   |
| ตารางที่ 4.1.1.2 : แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ ณ สภาวะแห้ง  | 28   |
| ตารางที่ 4.1.2 : แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ                  | 30   |
| ตารางที่ 4.1.3 : แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ                      | 32   |
| ตารางที่ 4.1.4 : แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ                     | 34   |
| ตารางที่ 4.2.1.1 : แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5 : 6.5 ที่เติมพอลิเมอร์ ณ สภาวะเปียก | 36   |
| ตารางที่ 4.2.1.2 : แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5 : 6.5 ที่เติมพอลิเมอร์ ณ สภาวะแห้ง  | 41   |
| ตารางที่ 4.2.2 : แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตร 3.5:6.5 ที่ผสมพอลิเมอร์                     | 46   |
| ตารางที่ 4.2.3 : แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตร 3.5:6.5 ที่ผสมพอลิเมอร์                         | 51   |
| ตารางที่ 4.2.4 : แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนสูตร 3.5:6.5 ที่ผสมพอลิเมอร์                        | 56   |
| ตารางที่ 4.3 : แสดงผลการวิเคราะห์ไอออนที่ละลายในน้ำแขวน โดยเทคนิค AAS                           | 61   |
| ตารางที่ 4.4 : แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างของพอลิเมอร์ โดยเทคนิค IR                             | 62   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สารบัญแนภูมิ**

|                      | <b>หน้า</b>   |    |
|----------------------|---|----|
| <b>แผนภูมิที่ 1</b>  | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ<br>ณ สภาวะเปียก | 63 |
| <b>แผนภูมิที่ 2</b>  | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ<br>ณ สภาวะแห้ง  | 64 |
| <b>แผนภูมิที่ 3</b>  | แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ                   | 65 |
| <b>แผนภูมิที่ 4</b>  | แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ                       | 66 |
| <b>แผนภูมิที่ 5</b>  | แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ                      | 67 |
| <b>แผนภูมิที่ 6</b>  | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP100<br>ณ สภาวะเปียก      | 68 |
| <b>แผนภูมิที่ 7</b>  | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP100<br>ณ สภาวะแห้ง       | 69 |
| <b>แผนภูมิที่ 8</b>  | แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP100                        | 70 |
| <b>แผนภูมิที่ 9</b>  | แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP100                            | 71 |
| <b>แผนภูมิที่ 10</b> | แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP100                           | 72 |
| <b>แผนภูมิที่ 11</b> | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP150<br>ณ สภาวะเปียก      | 73 |
| <b>แผนภูมิที่ 12</b> | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP150<br>ณ สภาวะแห้ง       | 74 |
| <b>แผนภูมิที่ 13</b> | แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP150                        | 75 |
| <b>แผนภูมิที่ 14</b> | แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP150                            | 76 |
| <b>แผนภูมิที่ 15</b> | แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP150                           | 77 |
| <b>แผนภูมิที่ 16</b> | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP200<br>ณ สภาวะเปียก      | 78 |
| <b>แผนภูมิที่ 17</b> | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP200<br>ณ สภาวะแห้ง       | 79 |
| <b>แผนภูมิที่ 18</b> | แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP200                        | 80 |
| <b>แผนภูมิที่ 19</b> | แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP200                            | 81 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และเผยแพร่โดยไม่牟利โดยไม่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                      |  |    |
|----------------------|--|----|
| <u>แผนภูมิที่ 20</u> | แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-SP200  | 82 |
| <u>แผนภูมิที่ 21</u> | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROCCO-100RT<br>ณ สภาวะเปียก                                 | 83 |
| <u>แผนภูมิที่ 22</u> | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROCCO-100RT<br>ณ สภาวะแห้ง                                  | 84 |
| <u>แผนภูมิที่ 23</u> | แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROCCO-100RT   | 85 |
| <u>แผนภูมิที่ 24</u> | แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROCCO-100RT   | 86 |
| <u>แผนภูมิที่ 25</u> | แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROCCO-100RT  | 87 |
| <u>แผนภูมิที่ 26</u> | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-BOND ST<br>ณ สภาวะเปียก                                 | 88 |
| <u>แผนภูมิที่ 27</u> | แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-BOND ST<br>ณ สภาวะแห้ง                                  | 89 |
| <u>แผนภูมิที่ 28</u> | แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-BOND ST   | 90 |
| <u>แผนภูมิที่ 29</u> | แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-BOND ST   | 91 |
| <u>แผนภูมิที่ 30</u> | แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนสูตร 3.5:6.5 ผสม ROC-BOND ST  | 92 |
| <u>แผนภูมิที่ 31</u> | แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5<br>ที่ผสมพอลิเมอร์และไม่ผสมพอลิเมอร์ ณ สภาวะเปียก | 93 |
| <u>แผนภูมิที่ 32</u> | แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตร 3.5:6.5<br>ที่ผสมพอลิเมอร์และไม่ผสมพอลิเมอร์ ณ สภาวะแห้ง  | 94 |
| <u>แผนภูมิที่ 33</u> | แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตร 3.5:6.5<br>ที่ผสมพอลิเมอร์และไม่ผสมพอลิเมอร์                | 95 |
| <u>แผนภูมิที่ 34</u> | แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตร 3.5:6.5<br>ที่ผสมพอลิเมอร์และไม่ผสมพอลิเมอร์                    | 96 |
| <u>แผนภูมิที่ 35</u> | แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นของปูนสูตร 3.5:6.5<br>ที่ผสมพอลิเมอร์และไม่ผสมพอลิเมอร์                   | 97 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

|                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| °C              | องศาเซลเซียส           |
| %               | เปอร์เซ็นต์            |
| AV              | ค่าเฉลี่ย              |
| cm <sup>2</sup> | ตารางเซนติเมตร         |
| g               | กรัม                   |
| kgf             | kilogram force         |
| vs              | very strong            |
| s               | strong                 |
| m               | medium                 |
| br              | broad                  |
| v               | wave number (เลขคลื่น) |
| max             | maximum                |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการวิจัย

วัสดุที่นำมาใช้ในงานด้านสถาปัตยกรรมมีอยู่มากมายหลายชนิด แต่วัสดุที่มีความสำคัญและมักพบเห็นในงานด้านนี้ส่วนใหญ่ คือ ปูน ซึ่งปูนที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรมสามารถแบ่งตามสมบัติและลักษณะการใช้งานออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 3 ประเภท คือ ปูนขาว ปูนซีเมนต์เทา และปูนซีเมนต์ขาว โดยปูนขาวนี้มักใช้ในงานตกแต่งทางสถาปัตยกรรมโบราณ เนื่องจากมีความอ่อนช้อยและยืดหยุ่นในตัวเอง แต่ทว่าขาดความต้านทานกำลังอัดที่ดี นอกจากนี้การใช้งานปัจจุบันยังค่อนข้างยุ่งยาก เพราะต้องทำการหมักปูนดังกล่าวเป็นระยะเวลาานพอสมควร เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีในการใช้งานถึงแม้ว่าทุกวันนี้ได้มีการผลิตปูนขาวหมักสูตรสำเร็จเพื่อสะดวกต่อการใช้งานโดยไม่ต้องเสียเวลาหมักนานก็ตามแต่ปูนขาวหมักสูตรสำเร็จดังกล่าวมีคุณภาพไม่ดีนักซึ่งทำให้งานด้านสถาปัตยกรรมมีคุณภาพแย่ตามไปด้วย จึงไม่เหมาะจะนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมทั่วไปที่ต้องการความแข็งแรงสูง ผนวกกับคุณภาพที่ดีขึ้น ในขณะที่เดียวกับที่ใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว

สำหรับปูนซีเมนต์เทานั้นนับเป็นปูนที่มีความแข็งแรงและความต้านทานกำลังอัดที่ดีมาก อีกทั้งการใช้งานก็ค่อนข้างสะดวก แต่ว่าลักษณะงานที่ได้จะขาดความยืดหยุ่นในตัวเอง นั่นคือมีลักษณะค่อนข้างแข็งกระด้างซึ่งไม่เหมาะสำหรับงานตกแต่ง ทางด้านสถาปัตยกรรมที่ต้องการเน้นความสวยงามและความละเอียดอ่อนของชิ้นงาน

ปูนซีเมนต์ขาวเป็นปูนที่มีความเหมาะสมสำหรับงานทางด้านสถาปัตยกรรมตกแต่งมากที่สุด เนื่องจากมีความต้านทานกำลังอัดและความแข็งแรงใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์เทา ในขณะที่เดียวกันปูนประเภทนี้ก็มีคุณสมบัติสูง ซึ่งทำให้งานทางด้านสถาปัตยกรรมที่ได้มีลักษณะค่อนข้างอ่อนช้อยและสวยงาม อีกทั้งการใช้งานก็เป็นไปอย่างสะดวกและง่ายดาย โครงการจึงมีแนวความคิดที่จะนำปูนซีเมนต์ขาวมาทำการผสมกับทรายในอัตราส่วนต่างๆ แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพในด้านความต้านทานกำลังอัดทั้งในสภาวะเปียกและสภาวะแห้ง การดูดซึมน้ำ ปริมาณของแข็ง และปริมาณความชื้น เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน

นอกจากนี้ โครงการวิจัยนี้ยังได้ทำการปรับปรุงคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมดังกล่าว โดยทำการผสมสารพอลิเมอร์ทางการค้าอันได้แก่ ROC-SP100 ROC-SP120 ROC-SP200 ROCCO-100RT และROC-BOND ST ลงไป เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ดีสำหรับการใช้งานในแต่ละสภาวะ ซึ่งจะส่งผลให้งานทางสถาปัตยกรรมมีความก้าวหน้าอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่างๆสำหรับใช้ในงานสถาปัตยกรรม
2. เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของปูน โดยผสมพอลิเมอร์ทางการค้าในอัตราส่วนที่เหมาะสม

### 1.3 ขอบข่ายของโครงการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติในด้านความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength)
2. ศึกษาคุณสมบัติในด้านอัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorption)
3. ศึกษาคุณสมบัติในด้านปริมาณของแข็ง (Solid content)
4. ศึกษาคุณสมบัติในด้านปริมาณความชื้น (Moisture content)
5. หาปริมาณพอลิเมอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เติมลงในปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย

1. จะได้สูตรปูนที่เหมาะสมสำหรับงานสถาปัตยกรรม
2. ผลจากการปรับปรุงคุณภาพของปูน โดยผสมพอลิเมอร์ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้ได้ปูนผสมพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าเดิมมาใช้ในการงานด้านสถาปัตยกรรม

### 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2. ทำการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ
3. สรุปผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการศึกษาดทดลอง
4. เขียนรายงานและเสนอผลงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

งานสถาปัตยกรรมถือเป็นงานที่แสดงออกถึงชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ อีกทั้งยังสามารถบ่งบอกถึงอารมณ และอุปนิสัยของมนุษย์ในชนชาติต่างๆกันได้ด้วย วัสดุที่นำมาใช้ก่อสร้างเป็นงานสถาปัตยกรรมมีอยู่หลากหลายชนิด แต่วัสดุที่มีความสำคัญและมักพบเห็นในงานด้านนี้ส่วนใหญ่คือ ปูน ซึ่งในปัจจุบันปูนที่ใช้ในการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมส่วนใหญ่มักจะเป็นปูนซีเมนต์ โดยอาจแบ่งเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เทา และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาว ซึ่งปูนทั้ง 2 ประเภทมีความสามารถในการรับกำลังได้เท่าเทียมกัน แต่มีสมบัติเฉพาะอย่างบางประการที่ต่างกัน โดยทั่วไปมักใช้ปูนซีเมนต์เทาในงานก่อ ในขณะที่ปูนซีเมนต์ขาวในงานฉาบที่เน้นความสวยงามด้านสถาปัตยกรรม สาเหตุที่ทำให้การใช้งานแตกต่างกันนี้เนื่องจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาวมีความละเอียดมากกว่า และมีสีขาวบริสุทธิ์กว่า จึงเหมาะสำหรับใช้กับงานที่ต้องการเน้นความสวยงามและความละเอียดของผิวงาน นอกจากนี้การปรับปรุงคุณสมบัติ โดยผสมสารพอลิเมอร์ลงในปูนดังกล่าวจะทำให้การรับกำลังดีขึ้น ซึ่งหมายความว่างานด้านสถาปัตยกรรมจะสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย

#### 2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาว ( WHITE PORTLAND CEMENT )

เป็นผลผลิตกัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ขาวซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนต่าง ๆ จนรวมตัวผสมกันพอดี มีส่วนประกอบเคมีที่สำคัญคือ ไฮดรอลิกคัลเซียมซิลิเกต (HYDRAULIC CALCIUM SILICATE) ปูนซีเมนต์ขาวต้องมียอกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสปนอยู่ในปริมาณต่ำ เนื่องจากองค์ประกอบดังกล่าวนี้เป็นตัวก่อให้เกิดสีดำน้ำขึ้นในซีเมนต์ โดยทั่วไปในซีเมนต์ขาวจะมีปริมาณ  $Fe_2O_3$  อยู่จำกัดคือไม่เกิน 0.5% ในขณะที่ซีเมนต์เทาTYPE I มีอยู่ถึง 3.5 %

##### 2.1.1 องค์ประกอบโดยทั่วไปในซีเมนต์ขาว

|   |      |
|---|------|
| TRICALCIUM SILICATE ( $3CaO \cdot SiO_2$ หรือ $C_3S$ )    | 51 % |
| DICALCIUM SILICATE ( $2CaO \cdot SiO_2$ หรือ $C_2S$ )     | 26 % |
| TRICALCIUM ALUMINATE ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ หรือ $C_3A$ ) | 11 % |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|  |        |
|--|--------|
| TETRACALCIUM ALUMINOFERRITE ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ หรือ $\text{C}_4\text{AF}$ ) | 1 %    |
| $\text{SO}_3$  | 2.6 %  |
| ALKALIS  | 0.25 % |

โดยแต่ละองค์ประกอบดังกล่าวมีหน้าที่ดังนี้

- $\text{C}_3\text{S}$  : ให้ความแข็งแรงในระยะเริ่มต้น
- $\text{C}_2\text{S}$  : ให้ความแข็งแรงในระยะสุดท้าย
- $\text{C}_3\text{A}$  : เกิด HYDRATION ทันทีเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อการก่อตัวและกระจายความร้อนในระยะเริ่มต้น
- $\text{C}_4\text{AF}$  : ทำหน้าที่เป็นสารประกอบเฉื่อย ( INERT COMPOUND )

### 2.1.2 กระบวนการผลิต

โดยทั่วไปซีเมนต์ขาวมักผลิตจาก CHINA CLAY ผสมกับ CHALK หรือหินปูน ซึ่งปราศจากสิ่งเจือปนหรืออาจมีบ้างในปริมาณเล็กน้อย และใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในการเผาเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการปนเปื้อนจากแร่ธาตุอินทรีย์ IRON ทำให้เกิดการไหลในปูนที่เผาใหม่ ซึ่งการมีสิ่งเจือปนดังกล่าวอยู่ ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิในเตาเผาสูงขึ้น แต่บางครั้งจะใส่ CRYOLITE ( SODIUM ALUMINIUM FLUORIDE ) ลงไป ซึ่งเป็นวัตถุที่ทำให้การหลอมโลหะเป็นไปได้ง่ายขึ้นในขณะเผา

#### ขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์ขาว

1. CRUSHING OR PRIMARY REDUCTION : หินปูนเกล็ดหินไนต์ และยิปซัมซึ่งมีขนาดใหญ่จะถูกสับเสียดแยกส่วนเข้าเครื่องย่อยให้มีขนาดเล็กลง เหมาะแก่การลำเลียงเข้าสู่การผลิตขั้นต่อไป

2. PROPORTIONING : กระบวนการจัดอัตราส่วนของหินปูนเกล็ดหินไนต์ และทรายให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสม

3. GRINDING OR FINE REDUCTION : กระบวนการบดผสมให้ได้วัตถุดิบผง

4. HOMOGENIZING : วัตถุดิบผงที่ได้จะถูกส่งเข้าสู่ระบบการหมุนเวียนผสมเพื่อให้ได้ RAW MEAL ซึ่งมีส่วนผสมที่คงที่สม่ำเสมอ

5. CLINKERING : RAW MEAL จะถูกลำเลียงเข้าสู่เตาเผาที่มีอุณหภูมิประมาณ 1500

องศาเซลเซียส ผลที่ได้คือออกมาเป็นปูนเม็ด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. COOLING AND DRYING : ปูนเม็ดที่ได้มีอุณหภูมิสูงและร้อนจัดจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการทำให้เย็น และกระบวนการอบไล่ความชื้น

7. PROPORTIONING : กระบวนการจัดอัตราส่วนของปูนเม็ด และยิปซัมให้ได้สัดส่วนที่ถูกต้อง

8. FINISH GRINDING AND HOMOGENIZING : ส่วนผสมของปูนเม็ด และยิปซัมจะถูกลำเลียงเข้าสู่กระบวนการบดละเอียดและกระบวนการหมุนเวียนผสมเพื่อให้ได้ปูนซีเมนต์ขาวที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอ จากนั้นจึงทำการบรรจุลงถุง

### 2.1.3 คุณสมบัติที่ควรคำนึงถึงสำหรับปูนซีเมนต์ขาว

#### 1. ความละเอียด ( FINENESS )

น้ำเริ่มทำปฏิกิริยาที่ผิวหน้าของอนุภาคซีเมนต์ โดยถ้าพื้นที่ผิวมีปริมาณมาก ( อนุภาคเล็กหรือ ละเอียดมาก ) จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดความแข็งแรงเร็วขึ้น ความละเอียดของอนุภาคไม่ได้เปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนที่ปลดปล่อยออกมา แต่มันจะเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดความร้อนซึ่งเกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิว ความละเอียดมีผลทำให้พื้นที่ผิวกลมกลืนและราบเรียบ โดยทั่วไปซีเมนต์ขาวมักมีความละเอียดประมาณ  $3,750 \text{ cm}^2/\text{g}$

#### 2. ระยะเวลาการก่อตัว ( SETTING TIME )

เกิดจากการที่องค์ประกอบหลักในปูนซีเมนต์ขาว ซึ่งได้แก่  $C_3A$ ,  $C_3S$  และ  $C_2S$ ,  $C_4A$  ทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างรวดเร็วเพื่อเกิดสารประกอบที่มีลักษณะเหมือนวุ้น ( JELLY - LIKE COMPOUND ) จากนั้น CEMENT PASTE เริ่มแข็งตัวเนื่องจากปฏิกิริยาของ  $C_3A$  และ  $C_2S$  กับน้ำ โดยในช่วง 2 - 3 นาทีแรก การก่อตัวจะเกิดก่อนจากนั้นการแข็งตัวจึงเกิดตามมา

ในทางปฏิบัติมักต้องการให้การแข็งตัวหรือการสูญเสียการไหลตัวเป็นไปอย่างช้าๆ เพื่อให้สามารถทำงานได้ทันเวลาก่อนปูนก่อตัว ซึ่งการหน่วงการก่อตัวสามารถทำได้โดยเติมยิปซัมในระหว่างขั้นตอนการบด ยิปซัมมีสูตรทางเคมีเป็น  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  จะทำปฏิกิริยากับ  $C_3A$  เกิด TRICALCIUM SULPHO-ALUMINATE ซึ่งจะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำโดยทันที จึงทำให้เวลาในการก่อตัวขยายออกไป

#### 3. ความอยู่ตัว ( SOUNDNESS )

เมื่อเกิดการแข็งตัวจะต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางปริมาตรซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะส่งผลถึงการยืหดหรือขยายตัว เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะทำให้เกิดรอยแตกร้าวในชิ้นงาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ความแข็งแรง ( STRENGTH )

ในระยะเริ่มต้น  $C_3A$  จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิด HYDRATED CALCIUM ALUMINO SILICATES ซึ่งก่อให้เกิดความแข็งแรงเพียงเล็กน้อย แต่จะมีผลต่อการสูญเสียการไหลตัวเนื่องจากการสูญเสียน้ำ ในระหว่างปฏิกิริยาและระหว่างการเกิดเจล ในขั้นตอนนี้เรียกว่าระยะการก่อตัว

จากนั้น CEMENT PASTE จะทำปฏิกิริยาต่อกับน้ำโดยผ่าน  $C_3S$  และ  $C_2S$  ซึ่งขั้นนี้จะก่อให้เกิดความแข็งแรงทางเชิงกลขึ้นอย่างมาก เรียกขั้นนี้ว่า ระยะการแข็งตัว

ความแข็งแรงที่กล่าวถึงมากที่สุดคือความต้านทานกำลังอัด ( COMPRESSIVE STRENGTH ) ซึ่งซีเมนต์ขาวจะต้องมีกำลังสูง สามารถต้านทานแรงเสียดสี แรงกระแทก หรือแรงกดได้มาก

#### 5. ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ( HEAT OF HYDRATION )

ความร้อนที่ปลดปล่อยออกภายในชิ้นงานจะไม่เท่ากับความร้อนที่ผิวงานเนื่องจากที่ผิวงานมีการสัมผัสกับบรรยากาศตลอดเวลา จึงทำให้การระบายความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็วกว่าด้วยความแตกต่างของอุณหภูมิเอง จึงส่งผลให้เกิดรอยแตกร้าวในชิ้นงาน ดังนั้นเพื่อป้องกันผลดังกล่าว ควรทำระบบ ให้ความเย็นแก่ชิ้นงาน เพื่อขจัดความร้อนจากภายใน โดยทำให้อุณหภูมิเท่ากันทั่วทั้งชิ้นงาน

#### 2.1.4 การใช้งาน

- ใช้ในงานทางสถาปัตยกรรมหรืองานตกแต่งประดับต่าง ๆ เช่น ฉาบผนังอาคารทั้งภายในและภายนอก ทำหินเทียม หินล้าง หินซีเมนต์บล็อกลีตต่าง ๆ พื้นหินเทียม ติดกระเบื้องและติดเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ ทรายน้ำ และอื่น ๆ

- ใช้ในการทำเครื่องหมายจราจรต่าง ๆ เพื่อต้องการให้สังเกตเห็นอย่างเด่นชัด ทั้งบนทางหลวง สนามบิน และ ถนนในเมือง

- ใช้ทำสีซีเมนต์ ให้สีมีคุณภาพทนทานไม่หลุดออกและทนต่อการใช้งานได้ดี

#### ข้อกำหนดในการใช้ปูนซีเมนต์ขาว

เมื่อต้องการให้สีซีเมนต์ขาวเกิดเป็นสีต่าง ๆ จะสามารถทำได้โดยผสมรงควัตถุ ( PIGMENT ) ลงไปในคอนกรีตขาวภายในเครื่องผสม แต่ต้องพึงระวังไว้ว่าเม็ดสีที่ใส่จะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์และไม่มีผลต่อความแข็งแรงของซีเมนต์ หรือต่อโพรงอากาศ ( AIR ENTRAINMENT ) ซึ่งจะทำให้ปริมาณโพรงอากาศของสารผสมลดลง ในการทำให้สีของคอนกรีตที่ผสมกับรงควัตถุออกมาเป็นเนื้อเดียวกันนี้ทำได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นจึงทำการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการค้าเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจายของรงควัตถุโดยใช้พลาสติกไซเซออร์ ในกรณีที่ต้องการลดความยุ่งยากในการผสมคอนกรีตกับรงควัตถุอาจใช้ปูนซีเมนต์สีแทนได้ ซึ่งซีเมนต์ประเภทนี้ประกอบด้วยซีเมนต์ขาวที่มีรงควัตถุปนอยู่ประมาณ 2-10% ซีเมนต์ที่ผสมรงควัตถุแล้วจะใช้ในงานตกแต่ง

การใช้ซีเมนต์ขาวจะต้องเอาใจใส่พอควร ในด้านความสะอาดของบริเวณที่จะทำงาน การใช้น้ำมัน และตัวบ่ม ( CURING MEDIA ) ควรเป็นชนิดที่ไม่ทำให้สีเปลี่ยน ในกรณีที่ต้องการให้ผิวหน้างานเป็นเนื้อเดียวกันจะต้องกำหนดอัตราส่วนผสม เวลาในการผสม สถานที่ และขั้นตอนการตกแต่งในแต่ละครั้งของการผลิต ( BATCHES ) อย่างละเอียด

\* AIR-ENTRAINED ( PLASTICIZED ) มอร์ต้า: เพื่อปรับปรุงคุณภาพของ CEMENT-SAND MORTAR โดยอากาศที่เข้าไปในมอร์ต้าจะทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซออร์ ซึ่งจะทำให้เกิดฟองอากาศเล็กน้อย ซึ่งจะส่งผลให้การไหลและการทำงานดีขึ้น ฟองอากาศจะเพิ่มปริมาตรของตัวยึดติด และทำให้เกิดช่องว่างในทราย นอกจากนี้โพรงอากาศยังทำให้มอร์ต้ามีน้ำหนักเบา เป็นฉนวนกันความร้อนและคงรูปดีขึ้น

### 2.1.5 ข้อแตกต่างระหว่างปูนซีเมนต์ขาว กับปูนซีเมนต์เทา

| ซีเมนต์ขาว   | ซีเมนต์เทา   |
|--|--|
| 1. มีปริมาณเหล็ก และแมงกานีสปนอยู่เพียงเล็กน้อย ( เช่น $Fe_2O_3$ ไม่เกิน 0.5% )    | 1. มีปริมาณเหล็ก และแมงกานีสปนอยู่มากกว่าในซีเมนต์ขาว ( เช่น $Fe_2O_3$ ประมาณ 3.5% ) |
| 2. มีสีขาวบริสุทธิ์ แต่สามารถทำให้เกิดสีได้โดยผสมเม็ดสีลงไป                        | 2. มีสีเทา ( เกิดจากเหล็ก และแมงกานีสที่ปนอยู่ )                                     |
| 3. มักใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในการเผาเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการปนเปื้อนจากเต้าถ่านหิน | 3. สามารถใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงโดยไม่ต้องคำนึงถึงการปนเปื้อนจากเต้าถ่านหิน         |
| 4. ทำการเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า  | 4. ทำการเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า  |
| 5. ราคาแพงกว่า   | 5. ราคาถูกกว่า   |
| 6. มีความละเอียดมากกว่า แต่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า                                 | 6. มีความละเอียดน้อยกว่า แต่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า                                  |
| 7. มักใช้ในงานตกแต่งทางสถาปัตยกรรม เช่น งานฉาบผิว                                  | 7. มักใช้ในงานก่อ  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ทราย ( SAND )

ทรายเป็นวัสดุที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง และเป็นส่วนผสมประเภทมวลรวมละเอียด ( FINE AGGREGATE ) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง และเป็นตัวแทรกในเนื้อปูน นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความเสถียรทางปริมาตรและก่อให้เกิดความคงทนมากกว่า CEMENT PASTE เปล่า ๆ

ทรายประกอบไปด้วย  $SiO_2 > 98 \%$  มีความแข็งแรง นำไฟฟ้าต่ำและเฉื่อยต่อสารเคมี นอกจากนี้ยังไม่ละลายในน้ำและในสารละลายน้ำของกรดแร่ทั่วไป แต่จะถูกบกรบวณโดยสารละลายเจือจางของอัลคาไลน์

### 2.2.1 สมบัติต่าง ๆ ของทรายที่มีผลต่อสมบัติของมอร์ต้า ได้แก่

- \* ขนาด
- \* รูปทรงและผิวหน้า
- \* ความแข็งแรง
- \* ความถ่วงจำเพาะ และความหนาแน่น
- \* การดูดซึมน้ำและความชื้น
- \* ความอยู่ตัว และความคงทน รวมทั้งปฏิกิริยาระหว่างอัลคาไลน์กับทราย
- \* สารที่เป็นอันตรายต่อทราย

ขนาด รูปทรง และลักษณะผิวหน้ามีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้เกิดการไหลตัวที่พอเหมาะสำหรับใช้งาน ส่วนคุณสมบัติด้านอื่นๆ จะมีผลต่อความแข็งแรงและความคงทนในระหว่างขั้นตอนการแข็งตัว

### 2.2.2 เหตุผลที่นำทรายมาเป็นส่วนผสมในมอร์ต้า

1. ทรายเป็นหินแข็งเม็ดเล็ก ซึ่งสามารถแทรกตัวเข้าไปในระหว่างส่วนผสมต่าง ๆ โดยการเคลือบคลุมและยึดประสานด้วยปูนซีเมนต์ขาว
2. ทรายต้านทานการยึดหดได้ดี เป็นเครื่องช่วยผ่อนคลายความแตกร้าว หรือรอยปริ อันเกิดจากการที่ปูนสลายตัวหรือหดตัวตามผิว เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็นร้อนหรือเย็นก็ตามทรายจะช่วยถ่ายเทความร้อนและเฉลี่ยแรงยึดหดที่ได้รับอย่างรวดเร็ว จึงสามารถช่วยต้านทานอยู่ได้
3. ทรายจะช่วยให้เกิดช่องเล็ก ๆ ขึ้นภายในเนื้อปูน ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไป ช่วยให้การแข็งตัวของปูนเป็นไปได้เร็วยิ่งขึ้น
4. ช่วยเพิ่มปริมาณของส่วนผสม ซึ่งทรายมีราคาถูกกว่าวัสดุอื่นทั้งยังหาง่ายและมีความแข็งแรงดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.8 ในงานก่อสร้างนิยมใช้ทรายแม่น้ำ

หรือเรียกว่า " ทรายน้ำจืด " มี 3 ชนิด ดังนี้

1. ทรายหยาบ ที่เรียกว่า ทรายราชบุรี เป็นทรายเม็ดใหญ่ มีเหลี่ยมแฉกมุมและแข็งแรงดี มาก เหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีต ที่ต้องการต้านทานกำลังเช่น โครงของอาคารที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หล่อฐานราก เทพื้นคอนกรีต หล่อตอม่ออาคาร เทเขื่อนกันน้ำ เป็นต้น ทรายชนิดนี้มักจะปนด้วยเปลือกหอยและเศษหินก้อนเล็กๆเสมอ เวลาใช้ต้องมีการร่อน โดยผ่านลวดตาข่ายตา 1/2 นิ้ว ชั้น 2 ชั้นสลับตากัน เรียกว่าการสาดทราย

2. ทรายกลาง ที่เรียกว่า ทรายอ่างทอง เป็นทรายที่มีขนาดปานกลางไม่หยาบและละเอียดนัก เป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับงานปูนทั่ว ๆ ไป เช่น นำมาใช้เป็นส่วนผสมของปูนก่อสำหรับก่ออิฐ และวัสดุแท่งอื่น ๆ หรือจะใช้เทพื้นคอนกรีตที่ไม่ต้องรับกำลังมากนัก เช่น พื้นบ้านหรือทางเท้า เป็นต้น ทรายชนิดนี้มักจะมีใบไม้แห้ง เปลือกไม้ติดมาด้วยเสมอ ก่อนใช้ควรต้องทำการร่อนด้วย ตะแกรงลวดตาข่ายตาเล็กเช่นเดียวกัน

3. ทรายละเอียด ที่เรียกว่า ทรายอยุธยา เป็นทรายเม็ดเล็กมาก นำมาใช้ในงานที่ไม่ต้องรับกำลัง เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นปูนฉาบผิวหน้าของกำแพงอิฐ ใช้ทำบัวประดับลวดลายชั้นงานฝีมือ งานปูนพื้น ก่อนนำมาใช้ต้องร่อนด้วยตะแกรงละเอียด ถ้าเป็นการใช้กับปูนฉาบทำลวดลายต่าง ๆ ควรใช้ตะแกรงชนิดละเอียดมาก ๆ ที่ใช้ร่อนแป้งทำขนมก็ได้

### 2.3 ซีเมนต์มอร์ต้า ( CEMENT MORTAR )

ซีเมนต์มอร์ต้าประกอบด้วยซีเมนต์ซึ่งทำหน้าที่เป็นวัสดุยึดประสาน ทรายและน้ำใช้ก่อผนังที่ต้องการกำลังสูง สามารถต้านแรงได้ทางด้านข้างและน้ำหนักบรรทุก ก่อผนังห้องน้ำ ห้องใต้ดิน กำแพงกันดิน และผนังอ่างเก็บน้ำได้ เป็นมอร์ต้าที่ต้านทานน้ำ นอกจากนี้ ยังใช้ก่อในงานตกแต่ง เช่นปูกระเบื้อง ก่อหิน ซ่อมแซมท่อน้ำ ยึดประสานแผ่นพื้นกระเบื้อง

#### 2.3.1 การเตรียมซีเมนต์มอร์ต้า

1. นำทรายที่ผ่านการตากแห้งและทำความสะอาดแล้วมาเทลงบนกระเบาะผสมพื้นเรียบตามสัดส่วนที่กำหนด จากนั้นจึงนำปูนซีเมนต์ผสมกับทรายตามสัดส่วน คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน

2. ใส่ น้ำลงไปบนตอนกลางของส่วนผสมจนเป็นแอ่ง พอประมาณ ( โดยทั่วไปมักใช้น้ำประมาณ 30 % โดยน้ำหนักของปูนที่ใช้ ) ปล่อยให้ส่วนผสมที่แห้งคุดน้ำจนอึดตัว และทั่วถึงแล้วทำการคลุกเคล้าให้เข้ากัน จะได้มอร์ต้าที่พร้อมจะใช้งานได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### \*ข้อควรระวัง

ในขณะที่หมักน้ำควรมั่นตรวจดูเพื่อไม่ให้ส่วนที่หมักแห้ง โดยจะต้องคอยเติมน้ำตลอด ในกรณีที่ต้องการใช้ มอร์ต้าในปริมาณมาก ๆ อาจเตรียมโดยผสมในเครื่องผสมเชิงกลซึ่งเดินเครื่องโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า รายละเอียดศึกษาได้จากหนังสือ CONCRETE TECHNOLOGY

### 2.3.2 สมบัติของมอร์ต้า

สมบัติของมอร์ต้าขึ้นกับอัตราส่วน ระหว่างซีเมนต์กับทราย โดยถ้าใช้ซีเมนต์ในปริมาณน้อยเกินไปจะทำให้มอร์ต้าที่ได้มีความแข็งแรงต่ำ ซึ่งไม่ต้องการ การลดปริมาณซีเมนต์นี้จะนำไปสู่การลดสมบัติในการทำงาน ทำให้ผิวงานหยาบกระด้าง และยังทำให้การเชื่อมประสานลดลง ซีเมนต์มอร์ต้าที่ใช้เป็นปูนฉาบมีสมบัติในการต้านทานน้ำและสารต่าง ๆ จากอากาศได้ดี นอกจากนี้ยังต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิด้วยเช่นกัน

จากคุณสมบัติที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซีเมนต์มอร์ต้ายังมีคุณสมบัติอื่น ๆ อีกดังนี้

1. ยึดติดด้วยมอร์ต้า (MORTAR BOND) พยายามทำให้มอร์ต้ายึดติดแผ่นอิฐหรือวัสดุ ก่อแน่น ไม่ให้น้ำรั่วซึมผ่านตามรอยต่อได้ แสดงว่ายึดติดอย่างสมบูรณ์ น้ำที่ใส่ในมอร์ต้าต้อง เพียงพอที่จะทำการผสม ให้เกิดความเหนียวพอเหมาะกับการใช้งานและยึดติดวัสดุก่อไว้ การนำวัสดุ ประสาน เช่นปูนซีเมนต์ เข้ายึดเกาะเม็ดทรายไว้ เท่ากับทำให้เกิดเป็นมอร์ต้าที่รับกำลังได้

2. กำลังและการคงทน (STRENGTH AND DURABILITY) หมายถึงมอร์ต้าสามารถ ทรงตัวอยู่ได้แม้จะมีแรงดึงและแรงอัดมากกระทำ แต่ความคงทน หมายถึง การต้านทานภัยจาก ธรรมชาติ และปฏิกิริยาเคมี รวมทั้งให้คงอยู่ด้วยเวลานาน มอร์ต้าที่มีกำลังสูง จะมีความคงทน น้อย และทางกลับกันถ้าความคงทนมากจะมีกำลังน้อยลง

3. ความเหลวที่สามารถทำงานได้ (WORKABILITY) หมายถึงการจัดอัตราส่วนผสม อาจเพิ่มตัวที่ทำให้เหนียว (PLASTICIZING PIGRNT) หรือการลดจำนวนทรายลง เพื่อให้ นำไปใช้งานได้ โดยยอมให้กำลังและความคงทนเสียไป เป็นไปไม่ได้ที่จะทำมอร์ต้าให้มีความแข็งแรง คงทน และใช้งานได้ดีพร้อม ๆ กัน จะต้องกำหนดความเหลว ตามจุดประสงค์ของงาน เพื่อ จะได้มอร์ต้าที่พอเหมาะ

4. น้ำที่ใส่อย่างเพียงพอ (WATER RETENTIVITY) เพื่อเป็นการป้องกันการสูญหาย ของน้ำในการที่วัสดุก่อคูดูดซึมไปและป้องกันน้ำทะเล (BLEEDING) ในเมื่อมอร์ต้าสัมผัสกับ ก้อนวัสดุก่อ ส่วนการบ่มที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้รอยต่อเป็นส่วนที่อ่อนแอ และจะทำให้ น้ำซึมออก ได้ในส่วนนี้ การใส่น้ำให้มากไว้จะทำให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 ลักษณะที่ต้องการของมอร์ต้า

1. มีความแข็งแรงเพียงพอตามจุดประสงค์ ไม่ควรมีความแข็งแรงกว่า อิฐ และวัสดุก่อที่วางบนมอร์ต้านั้น
2. ส่วนผสมและความเหลว ต้องสามารถก่อก้อนวัสดุก่อด้วยมือได้
3. ให้การเกาะยึดได้ดีกับอิฐ และวัสดุก่อ ซึ่งจะต้องก่อวางบนมอร์ต้า
4. มีความคงทน และ ต้านทานน้ำที่ไหลตามพื้นดินได้ และต้านทานต่อปฏิกิริยาเคมีด้วย

### 2.3.4 การใช้งาน

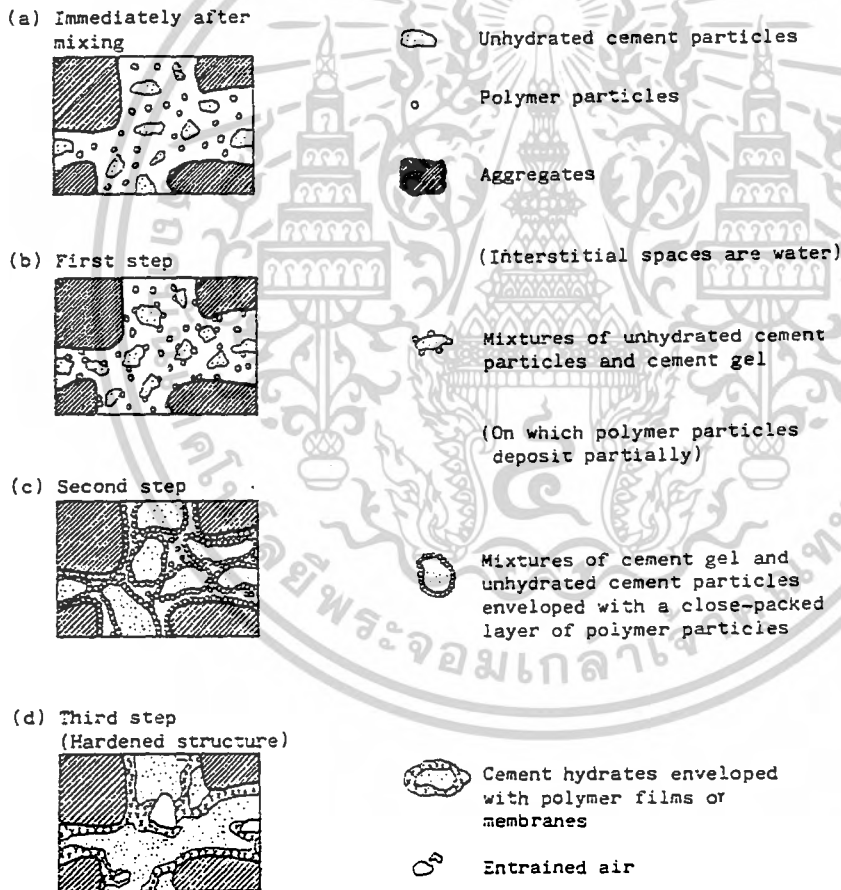
มักใช้ในงานก่อผนังและราวสะพาน งานก่อสร้างที่ต้องการกำลังรับสูง นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานในงานก่ออิฐปูน ใช้เป็นปูนฉาบผิวผนังงานก่ออิฐเพื่อปกป้องแนวอิฐจากอากาศ และเพื่อให้เกิดผิวหน้าที่เรียบสวยงาม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การปรับปรุงคุณสมบัติของซีเมนต์มอร์ต้าด้วยพอลิเมอร์อิมัลชัน

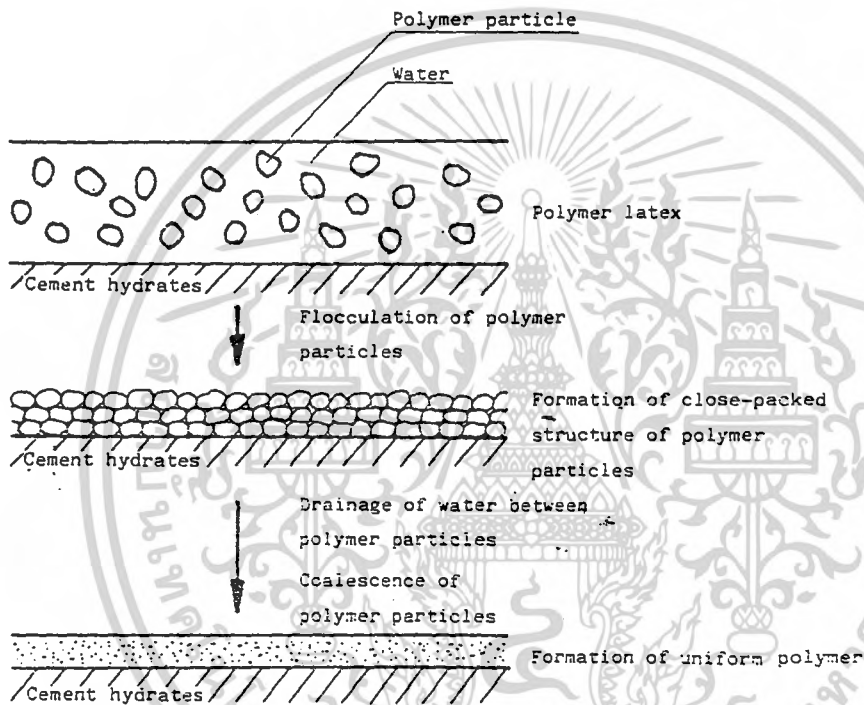
การปรับปรุงสมบัติของซีเมนต์มอร์ต้า โดยใช้ลาเท็กซ์ ( อิมัลชัน ) ถูกควบคุมโดยกระบวนการไฮเดรชันของซีเมนต์ และกระบวนการเกิดฟิล์มของพอลิเมอร์ ในวัฏภาคที่ยึดติด ( BINDER PHASE ) ระหว่างซีเมนต์ และพอลิเมอร์ โดยทั่วไปกระบวนการไฮเดรชันของซีเมนต์ จะเกิดก่อนกระบวนการเกิดฟิล์มของพอลิเมอร์ ซึ่งบ่งชี้ว่าในวัฏภาคนี้ประกอบด้วย CEMENT GEL และ POLYMER HYDRATES FILM ซึ่งเกิดการยึดติดได้ตามรูป



รูปที่ 1 แบบจำลองการเกิด Polymer-cement comatrix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ กระบวนการเกิดฟิล์มพอลิเมอร์บน POLYMER HYDRATES ยังสามารถแสดงอย่างละเอียดได้ตามรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 2 แบบจำลองกระบวนการเกิดฟิล์มพอลิเมอร์บน Cement Hydrates

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.1 การเกิดฟิล์มพอลิเมอร์บน POLYMER HYDRATES

#### 1. ชั้นปฐมภูมิ

เมื่อพอลิเมอร์อิมัลชัน ( หรือลาเท็กซ์ ) ถูกผสมให้เข้ากับซีเมนต์มอร์ตาร์แล้วอนุภาคของพอลิเมอร์จะกระจายใน CEMENT PASTE อย่างสม่ำเสมอ จะได้ POLYMER - CEMENT PASTE จากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์ซึ่งทำให้เกิด CEMENT GEL ที่ละน้อย ส่วนในวัฏภาคของน้ำจะอิมัลชันไปด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับซิลิกาบนผิวของมวลรวมเพื่อเกิดชั้นของแคลเซียมซิลิเกต ในขณะที่อนุภาคของพอลิเมอร์จะฝังบนผิวหน้าของ CEMENT GEL - UNHYDRATED CEMENT PARTICLE MIXTURES

#### 2. ชั้นทุติยภูมิ

เมื่อปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์ดำเนินต่อไป ปริมาณน้ำจะลดลงอนุภาคของพอลิเมอร์จะตกลงสู่ผิวหน้าของอนุภาคของซีเมนต์เกิดเป็น ชั้นที่ติดกันแน่นของอนุภาคพอลิเมอร์ บนผิวหน้าของ CEMENT GEL - UNHYDRATED CEMENT PARTICLE MIXTURES พร้อมกับยึดประสาน MIXTURES ดังกล่าวเข้ากับชั้นซิลิกาบนผิวหน้าของมวลรวม ในกรณีนี้รูพรุนขนาดใหญ่ใน MIXTURES จะเต็มไปด้วยอนุภาคของพอลิเมอร์ ซึ่งรูพรุนใน CEMENT PASTE นี้อาจมีขนาดอยู่ระหว่าง 2-3 แองสตรอม จนถึงหลายพันแองสตรอม ในขณะที่อนุภาคของพอลิเมอร์ประเภทลาเท็กซ์มีขนาด 500-5000 แองสตรอม ในชั้นนี้อาจจะมีปฏิกิริยาเคมีระหว่างผิวหน้าของอนุภาคพอลิเมอร์กับผิวหน้าซิลิกาบนมวลรวมมาเกี่ยวข้องด้วยก็ได้

3. ชั้นตติยภูมิ : เมื่อทำการไล่น้ำออกจากช่องว่างระหว่างอนุภาคพอลิเมอร์ โดยผ่านกระบวนการไฮเดรชันของซีเมนต์แล้ว ผลที่ได้คือจะเกิดฟิล์มหรือเยื่อเมมเบรนอย่างต่อเนื่องของพอลิเมอร์บน CEMENT HYDRATES และฟิล์มหรือเยื่อเมมเบรนนี้จะยึด CEMENT HYDRATES เข้าด้วยกันเพื่อเกิดเป็นโครงร่างแหประสานเป็นแผ่นเดียวกันทั่วชิ้นงาน ซึ่งโครงร่างดังกล่าวจะทำหน้าที่เป็น MATRIX PHASE ยึดประสานมวลรวมเข้าด้วยกัน ทำให้มอร์ตาร์แข็งขึ้นกลายเป็นมอร์ตาร์ที่ผ่านการปรับปรุงด้วยพอลิเมอร์

### 2.4.2 สมบัติทางกายภาพและทางเชิงกล

ถ้าพิจารณาซีเมนต์ที่ไม่ผ่านการปรับปรุงโดยพอลิเมอร์จะพบว่ากลุ่มโครงสร้างของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จะยึดกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งจะทำให้เกิดการแตกร้าวในระดับจุลภาคได้อย่างง่ายดาย เมื่อได้รับแรงเข้าไป เป็นเหตุให้มีความสามารถในการรับกำลังได้ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางตรงกันข้าม สำหรับมอร์ต้าที่ปรับปรุงโดยลาเทกซ์นั้นจะป้องกันรอยแตกร้าวในระดับจุลภาค โดยฟิล์มหรือเยื่อเมมเบรนของพอลิเมอร์จะทำการเชื่อมประสานรอยแยก ซึ่งเป็นการป้องกันการแพร่ขยายของรอยร้าวที่อาจเกิดขึ้นต่อไป ในขณะที่เดียวกันจะทำให้ CEMENT HYDRATES และมวลรวมยึดติดกันได้ดีขึ้น ก่อให้เกิดความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

ผลดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของพอลิเมอร์ที่ใช้ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณพอลิเมอร์และโพรงอากาศที่มากเกินไป จะก่อให้เกิดรอยโหว่ภายในโครงสร้างแห ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงลดลง ผลจากการประสานด้วยพอลิเมอร์จะเพิ่มการต้านน้ำหรือ การกันน้ำ ความต้านทานการแพร่ผ่านของความชื้นและความต้านทานต่อสารเคมี ซึ่งผลดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การวิจัยและการดำเนินการ

#### 3.1 แผนการดำเนินการวิจัย

3.1.1 การผสมปูนซีเมนต์ขาวกับทรายในอัตราส่วนต่างๆ 10 สูตร (ตอนที่1)

##### ส่วนผสม

- 1.ปูนซีเมนต์ขาว
- 2.ทราย
- 3.น้ำ

##### วิธีผสม

1. ทำการผสมปูนซีเมนต์ขาวทรายลือ 1 ส่วน ทราย 9 ส่วน น้ำ 4-6 ส่วน ผสมจนมีลักษณะเป็นเลน
  2. จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 1 เทลงในแม่พิมพ์ขนาด 2\*2\*2 ลูกบาศก์นิ้ว ใช้เกรียงเหล็กปาดที่ผิวหน้า ทิ้งไว้ 20 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบ
- \*สูตรปูนอัตราส่วนที่เหลือก็ทำการผสมเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 3.1.1 แสดงสูตรปูนที่มีอัตราส่วนซีเมนต์ขาวต่อทรายในปริมาณต่างๆ

| ปูนสูตรที่ | ซีเมนต์ขาว(ส่วน) | ทราย(ส่วน) |
|------------|------------------|------------|
| 1          | 1.0              | 9.0        |
| 2          | 1.5              | 8.5        |
| 3          | 2.0              | 8.0        |
| 4          | 2.5              | 7.5        |
| 5          | 3.0              | 7.0        |
| 6          | 3.5              | 6.5        |
| 7          | 4.0              | 6.0        |
| 8          | 4.5              | 5.5        |
| 9          | 5.0              | 5.0        |
| 10         | 10.0             | 0.0        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การผสมปูนซีเมนต์ขาว 3.5 ส่วน กับทราย 6.5 ส่วน ด้วยพอลิเมอร์เชิงการค้า (ตอนที่ 2)

ส่วนผสม

- 1.ปูนซีเมนต์ขาว 3.5 ส่วน
- 2.ทราย 6.5 ส่วน
- 3.พอลิเมอร์เชิงการค้า 5 ตัว ได้แก่ ROC-SP100 ROC-SP150 ROC-SP200  
ROCCO-100RT และ ROC-BOND ST

\*หมายเหตุ รายละเอียดของพอลิเมอร์แต่ละชนิดอยู่ในภาคผนวก

วิธีผสม

1. ทำการผสมปูนซีเมนต์ขาว 3.5 ส่วน ทราย 6.5 ส่วน พอลิเมอร์ 1.0% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาว น้ำ 4-6 ส่วน ผสมจนมีลักษณะเป็นเลน
2. จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 1 เทลงในแม่พิมพ์ขนาด 2\*2\*2 ลูกบาศก์นิ้ว ใช้เกรียงเหล็กปาดที่ผิวหน้า ทิ้งไว้ 20 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบ

\*ทำการผสมพอลิเมอร์แต่ละตัว ในอัตราส่วนต่างๆ 5 ค่า ดังตาราง  
ตารางที่ 3.1.2 แสดงชนิดและปริมาณพอลิเมอร์ที่เติมลงในปูนที่มีอัตราส่วนของซีเมนต์ขาวต่อทรายเท่ากับ 3.5:6.5

| สูตรปูน | พอลิเมอร์   | % โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ |
|---------|-------------|--------------------------|
| 11      | ROC - SP100 | 1.0                      |
| 12      |             | 2.5                      |
| 13      |             | 5.0                      |
| 14      |             | 7.5                      |
| 15      |             | 10.0                     |
| 16      | ROC - SP150 | 1.0                      |
| 18      |             | 2.5                      |
| 17      |             | 5.0                      |
| 19      |             | 7.5                      |
| 20      |             | 10.0                     |
| 21      | ROC - SP200 | 1.0                      |
| 22      |             | 2.5                      |
| 23      |             | 5.0                      |
| 24      |             | 7.5                      |
| 25      |             | 10.0                     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ปูนสูตรที่ | พอลิเมอร์       | % โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ |
|------------|-----------------|--------------------------|
| 26         | ROCCO - 100RT   | 1.0                      |
| 27         |                 | 2.5                      |
| 28         |                 | 5.0                      |
| 29         |                 | 7.5                      |
| 30         |                 | 10.0                     |
| 31         | ROC - BOND - ST | 1.0                      |
| 32         |                 | 2.5                      |
| 33         |                 | 5.0                      |
| 34         |                 | 7.5                      |
| 35         |                 | 10.0                     |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 วัสดุที่ใช้

#### 1. ปูนซีเมนต์ขาว

ปูนซีเมนต์ขาวที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยเป็นปูนซีเมนต์ขาวเกรดการค้า ตรีตราเสื่อ

#### 2. ทราช

ทราชที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยเป็นทราชแม่น้ำ ผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 30 เมช

#### 3. น้ำ

น้ำที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยเป็นน้ำกลั่น

#### 4. พอลิเมอร์

พอลิเมอร์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยเป็นพอลิเมอร์เชิงการค้า 5 ตัว ได้แก่ ROC-SP100

ROC-SP150 ROC-SP200 ROCCO-100RT และ ROC-BOND ST

### 3.3 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องทดสอบกำลังอัด (UNIVERSAL TESTING MACHINE)

2. เครื่องอินฟราเรด (IR) สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ JASCO IR-810 JASCO Co.,Ltd

3. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER)

4. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 1 ตำแหน่ง บริษัท SATORIOUS

5. เครื่องร่อน (RETCH)

6. ตะแกรงมาตรฐานขนาด 30 เมช

7. เทอร์โมมิเตอร์อุณหภูมิในช่วง 0-100°C

8. ภาชนะสำหรับแช่ชิ้นงาน

9. โถกั้นความชื้น

10. บีกเกอร์

11. ขวดวัดปริมาตร

12. บีเปต

13. กระบอกรตวง

14. ถาด

15. เกรียงเหล็ก

16. เวอร์เนียร์

17. กระจกฟอยล์

18. แม่พิมพ์รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ทำด้วยแผ่นพลาสติกแข็งขนาด 2\*2\*2 ลูกบาศก์นิ้ว

#### 19. คู่มือ

เอกสารและเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 วิธีการทดสอบ

3.4.1 การทดสอบหาค่าความต้านทานกำลังอัด (COMPRESSIVE STRENGTH) ของปูนใน แต่ละสูตร ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM : C170-90

#### การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาทดสอบเป็นชิ้นงานที่ได้จากการผสมปูนในแต่ละสูตร และควรใช้ ชิ้นงานอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

#### การทดสอบ

ในการทดสอบความต้านทานกำลังอัดจะแบ่งออกเป็น 2 สภาวะคือ

ก.สภาวะเปียก (WET CONDITION)

นำชิ้นงานตัวอย่างของปูนแต่ละสูตรแช่ในภาชนะที่มีน้ำโดยให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-24 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างออกจากภาชนะที่แช่ ชุบที่ผิวหน้าแล้วทำการวัด ขนาดแล้วนำไปทดสอบทันที

ข.สภาวะแห้ง (DRY CONDITION)

นำชิ้นงานตัวอย่างของปูนแต่ละสูตรเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 58-62°C เป็นเวลา 48 ชม. ทำการ วัดอุณหภูมิที่ 46 ชม., 47ชม. และ 48ชม. ให้ได้น้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน แต่ถ้าน้ำหนักลดลงเรื่อยๆ ไม่คงที่ ทำการอบชิ้นงานต่อไปจนได้น้ำหนักคงที่ นำชิ้นงานใส่โถกันความชื้นให้อุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างไปทดสอบความต้านทานกำลังอัด แล้วนำค่าต่างๆมาคำนวณหาค่าความต้านทานกำลังอัดต่อไปนี้

กำหนดให้  $C$  = ค่าความต้านทานกำลังอัดของชิ้นงานตัวอย่าง ( $\text{kgf/cm}^2$ )

$W$  = แรงกระทำสูงสุดต่อชิ้นงานตัวอย่าง ( $\text{kgf}$ )

$A$  = พื้นที่หน้าตัดที่วัดตั้งฉากกับแรงที่กระทำต่อชิ้นงานตัวอย่าง ( $\text{cm}^2$ )

= กว้าง\*ยาว

เมื่อ  $C = W/A$

ตัวอย่างการคำนวณ ปูนซีเมนต์ขาว 1 ส่วน ต่อทราย 9 ส่วน ที่สภาวะแห้งชิ้นที่ 1

$W = 195 \text{ kgf}$

$A = 23.28 \text{ cm}^2$

$C = 8.38 \text{ kgf/cm}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2 การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ (WATER ABSORPTION) ของปูนในแต่ละสูตร ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM : C 140-75

#### การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาทดสอบเป็นตัวอย่างที่ได้จากการผสมปูนในแต่ละสูตรและควรรใช้ชิ้นงานตัวอย่างอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

#### การทดสอบ

นำชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากการผสมในแต่ละสูตร แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง ( 15.6 - 26.7 °c ) เป็นเวลา 48 ชม. นำชิ้นงานตัวอย่างออกจากภาชนะที่แช่ ชั่งน้ำหนัก และบันทึกแทนด้วยค่า A จากนั้นนำชิ้นงานเข้าตู้อบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 62 °C เป็นเวลา 48 ชม. แล้วจึงนำใส่โถกั้นความชื้น เพื่อให้ชิ้นงานเย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้องจึงนำไปชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าแทนด้วย B จากนั้นให้นำค่าต่าง ๆ มาคำนวณหาอัตราการดูดซึมน้ำ ดังต่อไปนี้

กำหนดให้  $W$  = ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (%)

$A$  = น้ำหนักของชิ้นงานหลังแช่น้ำ (g)

$B$  = น้ำหนักของชิ้นงานหลังอบ (g)

เมื่อ  $W = \{(A-B)/B\} * 100$

ตัวอย่างการคำนวณ ปูนซีเมนต์ขาว 1 ส่วน ต่อทราย 9 ส่วน ชั้นที่ 1

$$A = 241.9 \text{ g}$$

$$B = 174.1 \text{ g}$$

$$W = \{(241.9 - 174.1) / 174.1\} * 100$$

$$= 0.1800 * 100$$

$$= 18.00\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.3 การทดสอบหาปริมาณของแข็ง (SOLID CONTENT) ของปูนแต่ละสูตร

#### การทดสอบ

นำชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากการผสมในแต่ละสูตรซึ่งน้ำหนักบันทึกแทนด้วยค่า P จากนั้นนำไปแช่ลงในน้ำเป็นเวลา 48 ชม. ทำการกรองและชั่งน้ำหนักเก็บเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็งไว้ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 62°C เป็นเวลา 48 ชม. นำชิ้นงานใส่โถกั้นความชื้นทิ้งให้เย็นตัวลงถึงอุณหภูมิห้องทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกแทนด้วย D จากนั้นให้นำค่าต่างๆมาคำนวณหาปริมาณของแข็งดังต่อไปนี้

กำหนดให้ S = ค่าปริมาณของแข็ง (%)

D = น้ำหนักชิ้นงานตัวอย่างหลังอบไล่ความชื้น (g)

P = น้ำหนักชิ้นงานตัวอย่างก่อนอบไล่ความชื้น (g)

เมื่อ  $S = (D/P) * 100$

ตัวอย่างการคำนวณ ปูนซีเมนต์ขาว 1 ส่วน ต่อทราย 9 ส่วน ชั้นที่ 1

D = 197.3 g

P = 198.8 g

$S = \{197.3/198.8\} * 100$

= 99.24%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การทดสอบหาปริมาณความชื้น (MOISTURE CONTENT) ของปูนในแต่ละสูตร ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM : C140-75

#### การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาทดสอบเป็นชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากการผสมปูนในแต่ละสูตร และควรใช้ชิ้นงานตัวอย่างของแต่ละอัตราส่วนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

#### การทดสอบ

นำชิ้นงานตัวอย่างที่ได้ ชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าแทนด้วยค่า A จากนั้นนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชม. นำชิ้นงานตัวอย่างออกจากภาชนะที่แช่แล้วทำการซับที่ผิวหน้า ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย C จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 100-110° C เป็นเวลา 24 ชม. นำชิ้นงานใส่โถกั้นความชื้นทิ้งลงให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย B จากนั้นนำค่าต่างๆมาคำนวณหาปริมาณความชื้น ดังต่อไปนี้

กำหนดให้  $M =$  ปริมาณความชื้น (%)

$A =$  น้ำหนักชิ้นงานตัวอย่างก่อนแช่น้ำ (g)

$B =$  น้ำหนักชิ้นงานตัวอย่างหลังอบ (g)

$C =$  น้ำหนักชิ้นงานตัวอย่างในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ (g)

เมื่อ  $M = \{(A-B)/(C-B)\} * 100$

ตัวอย่างการคำนวณ ปูนซีเมนต์ขาว 1 ส่วนต่อทราย 9 ส่วน ชั้นที่ 1

$A = 193.7 \text{ g}$

$B = 191.4 \text{ g}$

$C = 225.8 \text{ g}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M = \{(193.7-191.4)/(225.8-191.4)\} * 100$$

$$= 0.0669 * 100$$

$$= 6.69\%$$

### 3.4.5 การวิเคราะห์ไอออนที่ละลายในน้ำแขวน

#### การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ปูนที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ขาวกับทราย ในอัตราส่วนต่างๆ 10 สูตร

#### การทดสอบ

นำชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากแต่ละสูตรแช่น้ำเป็นเวลา 48 ชม. เพื่อให้ส่วนที่ละลายในน้ำละลายออกมา จากนั้นทำการกรองสารละลายด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมครอน เก็บไว้ในขวดพลาสติกที่มีฝาปิด ไอออนที่วิเคราะห์หาจากสารละลายได้แก่ โพแทสเซียมไอออน ( $K^{2+}$ ) แคลเซียมไอออน ( $Ca^{2+}$ ) เหล็กไอออน ( $Fe^{3+}$ ) แมงกานีสไอออน ( $Mn^{2+}$ ) และโซเดียมไอออน ( $Na^+$ ) เตรียมสารละลายมาตรฐานของไอออนที่ต้องการวิเคราะห์ด้วยความเข้มข้นต่างๆ 5 ค่า ในช่วงอยู่ในช่วงที่ให้กราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรง จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER (AAS) และตามด้วยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างของปูนแต่ละสูตรมาวัดการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.6 การวิเคราะห์สารพอลิเมอร์

#### พอลิเมอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ROC-SP100 ROC-SP150 ROC-SP200 ROCCO-100RT ROC-BOND ST

และPolyvinyl acetate

#### การทดลอง

นำสารละลายพอลิเมอร์มาอบจนแห้ง จากนั้นนำมาบดรวมกับโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) แล้ววัดค่าการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดในช่วง  $4000-625 \text{ cm}^{-1}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### 4.1 ตอนที่ 1 ผลการทดลองทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่างๆ

4.1.1 ผลการทดลองการหาค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่างๆ 10 สูตร

ตารางที่ 4.1.1.1 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์แต่ละสูตร ณ สภาวะเปียก

( Wet Condition )

| สูตรปูนซีเมนต์ขาว : ทราย | จำนวน (ชิ้น) | พื้นที่หน้าตัด ( cm <sup>2</sup> ) | แรงกระทำสูงสุด ( kgf ) | ความต้านทานกำลังอัด ( kgf / cm <sup>2</sup> ) | เฉลี่ย |
|--------------------------|--------------|------------------------------------|------------------------|---|--------|
| 10 : 0                   | 1            | 26.16                              | 5640                   | 215.60  | 197.89 |
|                          | 2            | 28.89                              | 5205                   | 180.17  |        |
| 1.0 : 9.0                | 1            | 25.90                              | 180                    | 6.95  | 6.25   |
|                          | 2            | 23.67                              | 150                    | 6.34  |        |
|                          | 3            | 27.54                              | 150                    | 5.45  |        |
| 1.5 : 8.5                | 1            | 27.04                              | 375                    | 13.87   | 13.21  |
|                          | 2            | 24.55                              | 270                    | 11.00   |        |
|                          | 3            | 23.37                              | 345                    | 14.76   |        |
| 2.0 : 8.0                | 1            | 26.16                              | 675                    | 25.80   | 29.55  |
|                          | 2            | 26.14                              | 990                    | 37.87   |        |
|                          | 3            | 23.42                              | 585                    | 24.98   |        |
| 2.5 : 7.5                | 1            | 26.06                              | 1500                   | 57.56   | 55.22  |
|                          | 2            | 24.92                              | 1410                   | 56.58   |        |
|                          | 3            | 26.21                              | 1350                   | 51.51   |        |
| 3.0 : 7.0                | 1            | 25.65                              | 2160                   | 84.21   | 75.27  |
|                          | 2            | 26.37                              | 1875                   | 71.10   |        |
|                          | 3            | 25.96                              | 1830                   | 70.49   |        |
| 3.5 : 6.5                | 1            | 26.52                              | 2610                   | 98.42   | 104.65 |
|                          | 2            | 25.70                              | 2895                   | 112.65  |        |
|                          | 3            | 24.06                              | 2475                   | 102.87  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน<br>ซีเมนต์ขาว : ทราย | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( $\text{cm}^2$ ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( $\text{kgf}$ ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( $\text{kgf} / \text{cm}^2$ ) | เฉลี่ย |
|------------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|--------|
| 4.0 : 6.0                    | 1               | 28.75                               | 2820                               | 97.98   | 92.65  |
|                              | 2               | 24.81                               | 1845                               | 74.37   |        |
|                              | 3               | 26.42                               | 2790                               | 105.60  |        |
| 4.5 : 5.5                    | 1               | 25.81                               | 3465                               | 134.25  | 121.47 |
|                              | 2               | 26.63                               | 3210                               | 120.54  |        |
|                              | 3               | 23.67                               | 2595                               | 109.63  |        |
| 5.0 : 5.0                    | 1               | 26.37                               | 3750                               | 142.21  | 150.59 |
|                              | 2               | 23.38                               | 3960                               | 169.39  |        |
|                              | 3               | 26.11                               | 3660                               | 140.18  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1.1.2 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์แต่ละสูตร ณ สภาพแห้ง  
( Dry Condition )

| สูตรปูน<br>ซีเมนต์ขาว : ทราย | จำนวน<br>(ชิ้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( $\text{cm}^2$ ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( kgf ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( $\text{kgf} / \text{cm}^2$ ) | เฉลี่ย |
|------------------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------|---|--------|
| 10 : 0                       | 1               | 26.11                               | 5775                      | 221.18  | 202.52 |
|                              | 2               | 25.86                               | 4755                      | 183.87  |        |
| 1.0 : 9.0                    | 1               | 23.28                               | 195                       | 8.38  | 9.42   |
|                              | 2               | 23.22                               | 225                       | 9.69  |        |
|                              | 3               | 23.57                               | 240                       | 10.18   |        |
| 1.5 : 8.5                    | 1               | 23.18                               | 525                       | 22.65   | 18.19  |
|                              | 2               | 26.47                               | 390                       | 14.73   |        |
|                              | 3               | 26.16                               | 450                       | 17.20   |        |
| 2.0 : 8.0                    | 1               | 29.98                               | 1545                      | 51.53   | 46.83  |
|                              | 2               | 26.59                               | 1260                      | 47.39   |        |
|                              | 3               | 23.81                               | 990                       | 41.58   |        |
| 2.5 : 7.5                    | 1               | 26.59                               | 1800                      | 67.69   | 68.48  |
|                              | 2               | 25.96                               | 1950                      | 75.12   |        |
|                              | 3               | 26.11                               | 1635                      | 62.62   |        |
| 3.0 : 7.0                    | 1               | 25.30                               | 2880                      | 113.83  | 107.41 |
|                              | 2               | 26.68                               | 2775                      | 104.01  |        |
|                              | 3               | 26.01                               | 2715                      | 104.38  |        |
| 3.5 : 6.5                    | 1               | 26.00                               | 3285                      | 126.35  | 120.61 |
|                              | 2               | 25.35                               | 3225                      | 127.22  |        |
|                              | 3               | 23.14                               | 2505                      | 108.25  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน<br>ซีเมนต์ขาว : ทราย | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( $\text{cm}^2$ ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( $\text{kgf}$ ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( $\text{kgf} / \text{cm}^2$ ) | เฉลี่ย |
|------------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|--------|
| 4.0 : 6.0                    | 1               | 25.55                               | 3060                               | 119.77  | 103.07 |
|                              | 2               | 23.62                               | 2250                               | 95.26   |        |
|                              | 3               | 25.96                               | 2445                               | 94.18   |        |
| 4.5 : 5.5                    | 1               | 23.28                               | 3900                               | 167.52  | 151.9  |
|                              | 2               | 25.94                               | 3720                               | 143.41  |        |
|                              | 3               | 23.52                               | 3405                               | 144.77  |        |
| 5.0 : 5.0                    | 1               | 26.06                               | 4800                               | 184.19  | 174.90 |
|                              | 2               | 23.52                               | 4080                               | 173.47  |        |
|                              | 3               | 22.90                               | 3825                               | 167.03  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดลองการหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย ในอัตราส่วน  
ต่างๆ 10 สูตร

ตารางที่ 4.1.2 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์แต่ละสูตร

| สูตรปูน<br>ซีเมนต์ขาว : ทราย | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักหลังแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | อัตราการดูดซึมน้ำ<br>( % ) | เฉลี่ย |
|------------------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|--------|
| 10 : 0                       | 1               | 228.2                      | 194.5                  | 17.33                      | 17.07  |
|                              | 2               | 242.4                      | 207.4                  | 16.92                      |        |
|                              | 3               | 219.8                      | 219.8                  | 16.97                      |        |
| 1.0 : 9.0                    | 1               | 241.9                      | 205.0                  | 18.00                      | 17.99  |
|                              | 2               | 244.8                      | 207.9                  | 17.75                      |        |
|                              | 3               | 225.7                      | 190.9                  | 18.23                      |        |
| 1.5 : 2.0                    | 1               | 261.2                      | 222.4                  | 17.45                      | 17.67  |
|                              | 2               | 250.4                      | 212.7                  | 17.72                      |        |
|                              | 3               | 240.6                      | 204.2                  | 17.83                      |        |
| 2.0 : 8.0                    | 1               | 269.4                      | 231.2                  | 16.52                      | 16.45  |
|                              | 2               | 249.9                      | 214.2                  | 16.67                      |        |
|                              | 3               | 259.3                      | 223.2                  | 16.17                      |        |
| 2.5 : 7.5                    | 1               | 269.7                      | 234.4                  | 15.06                      | 14.88  |
|                              | 2               | 268.4                      | 234.1                  | 14.65                      |        |
|                              | 3               | 272.5                      | 237.1                  | 14.93                      |        |
| 3.0 : 7.0                    | 1               | 243.0                      | 212.8                  | 14.19                      | 13.95  |
|                              | 2               | 267.9                      | 235.4                  | 13.81                      |        |
|                              | 3               | 265.3                      | 233.0                  | 13.86                      |        |
| 3.5 : 6.5                    | 1               | 270.1                      | 238.8                  | 13.11                      | 13.21  |
|                              | 2               | 248.1                      | 219.2                  | 13.18                      |        |
|                              | 3               | 243.7                      | 215.0                  | 13.35                      |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน<br>ซีเมนต์ขาว : ทราย | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักแห้งน้ำ<br>( g ) | น้ำหนักแห้งอบ<br>( g ) | อัตราการดูดซึมน้ำ<br>( % ) | เฉลี่ย |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|--------|
| 4.0 : 6.0                    | 1               | 242.5                   | 214.5                  | 13.05                      | 12.97  |
|                              | 2               | 259.0                   | 229.3                  | 12.95                      |        |
|                              | 3               | 270.5                   | 239.6                  | 12.90                      |        |
| 4.5 : 5.5                    | 1               | 276.0                   | 243.3                  | 13.44                      | 13.37  |
|                              | 2               | 273.0                   | 241.4                  | 13.09                      |        |
|                              | 3               | 271.1                   | 238.7                  | 13.57                      |        |
| 5.0 : 5.0                    | 1               | 279.1                   | 247.5                  | 12.77                      | 12.96  |
|                              | 2               | 284.3                   | 252.1                  | 12.77                      |        |
|                              | 3               | 252.5                   | 222.8                  | 13.33                      |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.1.3 ผลการทดลองการหาค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย ในอัตราส่วนต่างๆ

10 สูตร

ตารางที่ 4.1.3 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์แต่ละสูตร

| สูตรปูน<br>ซีเมนต์ขาว : ทราย | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | ปริมาณของแข็ง<br>( % ) | เฉลี่ย |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| 10 : 0                       | 1               | 210.3                   | 192.8                  | 91.68                  | 91.60  |
|                              | 2               | 226.9                   | 207.2                  | 91.32                  |        |
|                              | 3               | 204.6                   | 187.8                  | 91.79                  |        |
| 1.0 : 9.0                    | 1               | 198.8                   | 197.3                  | 99.24                  | 99.24  |
|                              | 2               | 209.1                   | 207.5                  | 99.23                  |        |
|                              | 3               | 209.3                   | 207.7                  | 99.24                  |        |
| 1.5 : 8.5                    | 1               | 215.0                   | 212.9                  | 99.02                  | 98.95  |
|                              | 2               | 216.9                   | 214.6                  | 98.94                  |        |
|                              | 3               | 223.4                   | 220.9                  | 98.88                  |        |
| 2.0 : 8.0                    | 1               | 217.7                   | 213.4                  | 98.02                  | 98.09  |
|                              | 2               | 216.2                   | 212.2                  | 98.15                  |        |
|                              | 3               | 220.4                   | 216.2                  | 98.09                  |        |
| 2.5 : 7.5                    | 1               | 229.1                   | 223.8                  | 97.69                  | 97.62  |
|                              | 2               | 215.8                   | 210.7                  | 97.64                  |        |
|                              | 3               | 237.7                   | 231.8                  | 97.52                  |        |
| 3.0 : 7.0                    | 1               | 235.4                   | 228.4                  | 97.03                  | 97.00  |
|                              | 2               | 220.7                   | 214.0                  | 96.96                  |        |
|                              | 3               | 240.9                   | 233.7                  | 97.01                  |        |
| 3.5 : 6.5                    | 1               | 232.1                   | 224.1                  | 96.55                  | 96.55  |
|                              | 2               | 225.8                   | 218.2                  | 96.63                  |        |
|                              | 3               | 235.4                   | 227.1                  | 96.47                  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน<br>ซีเมนต์ขาว : ทราย | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | ปริมาณของแข็ง<br>( % ) | เฉลี่ย |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| 4.0 : 6.0                    | 1               | 229.1                   | 220.7                  | 96.33                  | 96.29  |
|                              | 2               | 251.4                   | 242.0                  | 96.26                  |        |
|                              | 3               | 241.4                   | 232.4                  | 96.27                  |        |
| 4.5 : 5.5                    | 1               | 233.2                   | 223.6                  | 95.88                  | 95.98  |
|                              | 2               | 241.7                   | 231.8                  | 95.90                  |        |
|                              | 3               | 225.6                   | 216.3                  | 95.88                  |        |
| 5.0 : 5.0                    | 1               | 231.0                   | 220.7                  | 95.54                  | 95.55  |
|                              | 2               | 277.3                   | 264.6                  | 95.42                  |        |
|                              | 3               | 232.4                   | 222.4                  | 95.70                  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลการทดลองการหาค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย ในอัตราส่วน  
ต่างๆ 10 สูตร

ตารางที่ 4.1.4 แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์แต่ละสูตร

| สูตรปูน<br>ซีเมนต์ขาว : ทราย | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนัก<br>ก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนัก<br>อิมตัวด้วยน้ำ<br>( g ) | น้ำหนัก<br>หลังอบ<br>( g ) | ปริมาณความชื้น<br>( % ) | เฉลี่ย |
|------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|
| 10 : 0                       | 1               | 209.4                          | 232.0                             | 187.9                      | 48.75                   | 47.33  |
|                              | 2               | 230.4                          | 256.9                             | 207.1                      | 46.79                   |        |
|                              | 3               | 213.0                          | 237.9                             | 191.4                      | 46.45                   |        |
| 1.0 : 9.0                    | 1               | 193.7                          | 225.8                             | 191.4                      | 6.69                    | 6.75   |
|                              | 2               | 208.0                          | 243.2                             | 205.4                      | 6.88                    |        |
|                              | 3               | 210.5                          | 244.0                             | 208.1                      | 6.69                    |        |
| 1.5 : 8.5                    | 1               | 201.5                          | 233.7                             | 198.4                      | 8.78                    | 8.42   |
|                              | 2               | 220.0                          | 257.2                             | 216.7                      | 8.15                    |        |
|                              | 3               | 202.4                          | 235.4                             | 199.4                      | 8.33                    |        |
| 2.0 : 8.0                    | 1               | 207.1                          | 237.3                             | 203.0                      | 11.95                   | 12.63  |
|                              | 2               | 240.1                          | 273.5                             | 234.9                      | 13.47                   |        |
|                              | 3               | 225.2                          | 257.5                             | 220.6                      | 12.47                   |        |
| 2.5 : 7.5                    | 1               | 218.6                          | 246.4                             | 212.7                      | 17.51                   | 19.02  |
|                              | 2               | 225.7                          | 254.8                             | 219.7                      | 22.47                   |        |
|                              | 3               | 239.3                          | 269.4                             | 233.1                      | 17.08                   |        |
| 3.0 : 7.0                    | 1               | 225.9                          | 252.1                             | 219.2                      | 20.36                   | 20.12  |
|                              | 2               | 236.8                          | 263.6                             | 230.0                      | 20.24                   |        |
|                              | 3               | 229.4                          | 255.8                             | 222.9                      | 19.76                   |        |
| 3.5 : 6.5                    | 1               | 232.5                          | 255.5                             | 224.0                      | 27.87                   | 25.80  |
|                              | 2               | 254.1                          | 279.7                             | 245.2                      | 25.80                   |        |
|                              | 3               | 223.9                          | 247.7                             | 216.5                      | 23.72                   |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน<br>ซีเมนต์ขาว : ทราย | จำนวน<br>(ชั้น) | น้ำหนัก<br>ก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนัก<br>อิมตัวด้วยน้ำ<br>( g ) | น้ำหนัก<br>หลังอบ<br>( g ) | ปริมาณความชื้น<br>( % ) | เฉลี่ย |
|------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|
| 4.0 : 6.0                    | 1               | 227.6                          | 249.1                             | 219.9                      | 26.37                   | 27.63  |
|                              | 2               | 224.4                          | 245.2                             | 216.4                      | 27.78                   |        |
|                              | 3               | 247.8                          | 271.1                             | 238.4                      | 28.75                   |        |
| 4.5 : 5.5                    | 1               | 222.8                          | 245.6                             | 213.8                      | 28.30                   | 26.45  |
|                              | 2               | 226.1                          | 248.7                             | 218.0                      | 26.38                   |        |
|                              | 3               | 223.3                          | 246.5                             | 215.7                      | 24.68                   |        |
| 5.0 : 5.0                    | 1               | 243.6                          | 268.3                             | 232.6                      | 30.81                   | 30.48  |
|                              | 2               | 231.2                          | 256.3                             | 220.9                      | 29.10                   |        |
|                              | 3               | 251.4                          | 275.3                             | 240.4                      | 31.52                   |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ตอนที่ 2 ผลการทดลองทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 3.5 : 6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์ในปริมาณต่างๆ

### 4.2.1 ผลการทดลองการหาค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 3.5 : 6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์

ตารางที่ 4.2.1.1 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์แต่ละสูตร ณ สภาวะเปียก ( Wet Condition )

| สูตรปูน          | จำนวน (ชิ้น) | พื้นที่หน้าตัด ( cm <sup>2</sup> ) | แรงกระทำสูงสุด ( kgf ) | ความต้านทานกำลังอัด ( kgf / cm <sup>2</sup> ) | เฉลี่ย |
|------------------|--------------|------------------------------------|------------------------|---|--------|
| ROC-SP100<br>1 % | 1            | 25.90                              | 2130                   | 82.24   | 95.13  |
|                  | 2            | 24.89                              | 2385                   | 95.82   |        |
|                  | 3            | 23.62                              | 2535                   | 107.32  |        |
| 2.5 %            | 1            | 25.91                              | 1770                   | 68.31   | 68.87  |
|                  | 2            | 23.96                              | 1815                   | 75.75   |        |
|                  | 3            | 26.62                              | 1665                   | 62.55   |        |
| 5.0 %            | 1            | 25.04                              | 1755                   | 70.09   | 68.17  |
|                  | 2            | 23.57                              | 1605                   | 68.10   |        |
|                  | 3            | 26.01                              | 1725                   | 66.32   |        |
| 7.5 %            | 1            | 26.01                              | 600                    | 23.07   | 24.41  |
|                  | 2            | 26.14                              | 660                    | 25.25   |        |
|                  | 3            | 28.89                              | 720                    | 24.92   |        |
| 10.0 %           | 1            | 26.61                              | 300                    | 11.27   | 10.04  |
|                  | 2            | 24.65                              | 225                    | 9.13  |        |
|                  | 3            | 23.18                              | 225                    | 9.71  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน          | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( cm <sup>2</sup> ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( kgf ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( kgf / cm <sup>2</sup> ) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------|--|--------|
| ROC-SP150<br>1 % | 1               | 25.91                                 | 1731                      | 66.81  | 72.27  |
|                  | 2               | 25.50                                 | 1872                      | 73.41  |        |
|                  | 3               | 24.99                                 | 1914                      | 76.59  |        |
| 2.5 %            | 1               | 23.38                                 | 1972                      | 84.34  | 86.09  |
|                  | 2               | 26.00                                 | 2185                      | 84.04  |        |
|                  | 3               | 22.94                                 | 2062                      | 89.89  |        |
| 5.0 %            | 1               | 23.18                                 | 1864                      | 80.41  | 91.87  |
|                  | 2               | 22.85                                 | 2081                      | 91.07  |        |
|                  | 3               | 23.81                                 | 2479                      | 104.12   |        |
| 7.5 %            | 1               | 23.33                                 | 1947                      | 83.45  | 80.31  |
|                  | 2               | 22.80                                 | 1734                      | 76.05  |        |
|                  | 3               | 22.56                                 | 1837                      | 81.43  |        |
| 10.0 %           | 1               | 25.96                                 | 890                       | 34.28  | 33.77  |
|                  | 2               | 23.14                                 | 770                       | 33.27  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน          | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( cm <sup>2</sup> ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( kgf ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( kgf / cm <sup>2</sup> ) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------|--|--------|
| ROC-SP200<br>1 % | 1               | 23.67                                 | 2430                      | 102.66   | 116.83 |
|                  | 2               | 23.28                                 | 2880                      | 123.71   |        |
|                  | 3               | 25.62                                 | 3180                      | 124.12   |        |
| 2.5 %            | 1               | 23.23                                 | 2400                      | 103.31   | 110.11 |
|                  | 2               | 25.65                                 | 2970                      | 115.79   |        |
|                  | 3               | 26.16                                 | 2910                      | 111.24   |        |
| 5.0 %            | 1               | 25.34                                 | 3060                      | 120.76   | 118.91 |
|                  | 2               | 24.50                                 | 2670                      | 108.98   |        |
|                  | 3               | 23.86                                 | 3030                      | 126.99   |        |
| 7.5 %            | 1               | 26.32                                 | 3390                      | 128.80   | 127.47 |
|                  | 2               | 25.01                                 | 2940                      | 117.55   |        |
|                  | 3               | 5.91                                  | 3525                      | 136.05   |        |
| 10.0 %           | 1               | 23.52                                 | 2730                      | 116.07   | 122.05 |
|                  | 2               | 26.83                                 | 3195                      | 119.08   |        |
|                  | 3               | 25.65                                 | 3360                      | 130.99   |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน              | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( $\text{cm}^2$ ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( $\text{kgf}$ ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( $\text{kgf} / \text{cm}^2$ ) | เฉลี่ย |
|----------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|--------|
| ROCCO-100RT<br>1.0 % | 1               | 26.01                               | 2445                               | 94.00   | 86.95  |
|                      | 2               | 25.80                               | 2100                               | 81.40   |        |
|                      | 3               | 23.52                               | 2010                               | 85.46   |        |
| 2.5 %                | 1               | 26.64                               | 1515                               | 56.87   | 69.68  |
|                      | 2               | 22.84                               | 1680                               | 73.55   |        |
|                      | 3               | 23.09                               | 1815                               | 78.61   |        |
| 5.0 %                | 1               | 24.70                               | 360                                | 14.57   | 13.89  |
|                      | 2               | 23.86                               | 315                                | 13.20   |        |
| 7.5 %                | 1               | 25.91                               | 255                                | 9.84  | 8.17   |
|                      | 2               | 25.76                               | 225                                | 8.73  |        |
|                      | 3               | 25.24                               | 150                                | 5.94  |        |
| 10.0 %               | 1               | 28.36                               | 195                                | 6.88  | 5.40   |
|                      | 2               | 25.10                               | 90                                 | 3.59  |        |
|                      | 3               | 26.24                               | 150                                | 5.72  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน              | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( $\text{cm}^2$ ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( $\text{kgf}$ ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( $\text{kgf} / \text{cm}^2$ ) | เฉลี่ย |
|----------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|--------|
| ROC-BOND-ST<br>1.0 % | 1               | 28.94                               | 2400                               | 82.93   | 73.55  |
|                      | 2               | 26.73                               | 1545                               | 57.80   |        |
|                      | 3               | 23.27                               | 1860                               | 79.93   |        |
| 2.5 %                | 1               | 23.23                               | 1515                               | 65.22   | 65.49  |
|                      | 2               | 23.38                               | 1395                               | 59.67   |        |
|                      | 3               | 23.47                               | 1680                               | 71.58   |        |
| 5.0 %                | 1               | 23.09                               | 1305                               | 56.52   | 58.90  |
|                      | 2               | 23.56                               | 1770                               | 75.13   |        |
|                      | 3               | 24.64                               | 1110                               | 45.05   |        |
| 7.5 %                | 1               | 25.39                               | 1500                               | 59.08   | 54.79  |
|                      | 2               | 23.43                               | 1305                               | 55.70   |        |
|                      | 3               | 26.31                               | 1305                               | 49.60   |        |
| 10.0 %               | 1               | 26.75                               | 2055                               | 76.82   | 79.12  |
|                      | 2               | 23.57                               | 1905                               | 80.82   |        |
|                      | 3               | 25.78                               | 2055                               | 79.71   |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.1.2 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์แต่ละสูตร ณ สภาวะแห้ง  
( Dry Condition )

| สูตรปูน          | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( cm <sup>2</sup> ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( kgf ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( kgf / cm <sup>2</sup> ) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------|--|--------|
| ROC-SP100<br>1 % | 1               | 25.95                                 | 2580                      | 99.42  | 104.02 |
|                  | 2               | 25.55                                 | 2775                      | 108.61   |        |
| 2.5 %            | 1               | 25.55                                 | 2865                      | 110.79   | 98.33  |
|                  | 2               | 25.90                                 | 2310                      | 89.19  |        |
|                  | 3               | 25.58                                 | 2430                      | 95.00  |        |
| 5.0 %            | 1               | 24.75                                 | 1785                      | 72.12  | 80.16  |
|                  | 2               | 24.49                                 | 2160                      | 88.20  |        |
| 7.5 %            | 1               | 23.57                                 | 1335                      | 56.64  | 32.21  |
|                  | 2               | 26.21                                 | 390                       | 14.88  |        |
|                  | 3               | 26.27                                 | 660                       | 25.12  |        |
| 10.0 %           | 1               | 25.94                                 | 255                       | 9.83   | 10.45  |
|                  | 2               | 24.80                                 | 255                       | 10.28  |        |
|                  | 3               | 25.35                                 | 285                       | 11.24  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน          | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( $\text{cm}^2$ ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( $\text{kgf}$ ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( $\text{kgf} / \text{cm}^2$ ) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|--------|
| ROC-SP150<br>1 % | 1               | 23.47                               | 2010                               | 85.64   | 88.84  |
|                  | 2               | 23.96                               | 2205                               | 92.03   |        |
| 2.5 %            | 1               | 25.40                               | 2325                               | 91.54   | 99.64  |
|                  | 2               | 25.35                               | 2430                               | 95.96   |        |
|                  | 3               | 25.15                               | 2805                               | 111.53  |        |
| 5.0 %            | 1               | 23.47                               | 3135                               | 133.57  | 133.20 |
|                  | 2               | 23.04                               | 3180                               | 138.02  |        |
|                  | 3               | 22.85                               | 2925                               | 128.01  |        |
| 7.5 %            | 1               | 22.65                               | 2355                               | 103.97  | 95.32  |
|                  | 2               | 24.65                               | 1935                               | 78.50   |        |
|                  | 3               | 24.35                               | 2520                               | 103.49  |        |
| 10.0 %           | 1               | 25.45                               | 780                                | 30.65   | 35.25  |
|                  | 2               | 25.60                               | 1020                               | 39.84   |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน          | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( cm <sup>2</sup> ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( kgf ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( kgf / cm <sup>2</sup> ) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------|--|--------|
| ROC-SP200<br>1 % | 1               | 24.26                                 | 3690                      | 152.10   | 132.66 |
|                  | 2               | 25.65                                 | 2655                      | 103.51   |        |
|                  | 3               | 25.60                                 | 3645                      | 142.38   |        |
| 2.5 %            | 1               | 26.73                                 | 3090                      | 115.60   | 128.22 |
|                  | 2               | 23.47                                 | 3000                      | 127.82   |        |
|                  | 3               | 23.47                                 | 3315                      | 141.24   |        |
| 5.0 %            | 1               | 24.45                                 | 5145                      | 210.43   | 172.44 |
|                  | 2               | 25.85                                 | 3750                      | 145.07   |        |
|                  | 3               | 24.01                                 | 3885                      | 161.81   |        |
| 7.5 %            | 1               | 24.95                                 | 4140                      | 165.93   | 166.29 |
|                  | 2               | 25.45                                 | 4320                      | 169.74   |        |
|                  | 3               | 24.45                                 | 3990                      | 163.19   |        |
| 10.0 %           | 1               | 25.60                                 | 3795                      | 148.24   | 153.77 |
|                  | 2               | 23.52                                 | 3420                      | 145.41   |        |
|                  | 3               | 26.75                                 | 4485                      | 167.66   |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน              | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( $\text{cm}^2$ ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( $\text{kgf}$ ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( $\text{kgf} / \text{cm}^2$ ) | เฉลี่ย |
|----------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|--------|
| ROCCO-100RT<br>1.0 % | 1               | 25.81                               | 2610                               | 101.12  | 101.25 |
|                      | 2               | 23.18                               | 1905                               | 82.18   |        |
|                      | 3               | 26.40                               | 3180                               | 120.45  |        |
| 2.5 %                | 1               | 25.91                               | 2250                               | 86.84   | 79.98  |
|                      | 2               | 25.78                               | 2265                               | 87.86   |        |
|                      | 3               | 22.99                               | 1500                               | 65.25   |        |
| 5.0 %                | 1               | 23.18                               | 450                                | 19.41   | 17.91  |
|                      | 2               | 25.60                               | 420                                | 16.41   |        |
| 7.5 %                | 1               | 27.14                               | 330                                | 12.16   | 12.21  |
|                      | 2               | 26.72                               | 330                                | 12.35   |        |
|                      | 3               | 25.96                               | 315                                | 12.13   |        |
| 10.0 %               | 1               | 25.70                               | 150                                | 5.84  | 6.08   |
|                      | 2               | 25.25                               | 165                                | 6.53  |        |
|                      | 3               | 25.55                               | 150                                | 5.87  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน              | จำนวน<br>(ชั้น) | พื้นที่หน้าตัด<br>( $\text{cm}^2$ ) | แรงกระทำสูงสุด<br>( $\text{kgf}$ ) | ความต้านทานกำลังอัด<br>( $\text{kgf} / \text{cm}^2$ ) | เฉลี่ย |
|----------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|--------|
| ROC-BOND-ST<br>1.0 % | 1               | 25.35                               | 1800                               | 71.01   | 78.77  |
|                      | 2               | 26.01                               | 2100                               | 80.74   |        |
|                      | 3               | 25.90                               | 2190                               | 84.56   |        |
| 2.5 %                | 1               | 23.09                               | 1965                               | 85.10   | 83.28  |
|                      | 2               | 23.23                               | 1755                               | 75.55   |        |
|                      | 3               | 23.38                               | 2085                               | 89.18   |        |
| 5.0 %                | 1               | 24.31                               | 1740                               | 71.58   | 93.24  |
|                      | 2               | 22.99                               | 2220                               | 96.56   |        |
|                      | 3               | 22.99                               | 2565                               | 111.57  |        |
| 7.5 %                | 1               | 27.60                               | 2760                               | 105.91  | 100.99 |
|                      | 2               | 25.96                               | 2625                               | 101.12  |        |
|                      | 3               | 23.14                               | 2220                               | 95.94   |        |
| 10.0 %               | 1               | 24.80                               | 3870                               | 156.05  | 138.09 |
|                      | 2               | 25.70                               | 3255                               | 126.65  |        |
|                      | 3               | 28.73                               | 3780                               | 131.57  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลองการหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย ในอัตราส่วน  
3.5 : 6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์

ตารางที่ 4.2.2.1 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนแต่ละสูตร

| สูตรปูน          | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักหลังแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | อัตราการดูดซึมน้ำ<br>( % ) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|--------|
| ROC-SP100<br>1 % | 1               | 292.9                      | 262.3                  | 11.67                      | 11.75  |
|                  | 2               | 270.6                      | 242.4                  | 11.63                      |        |
|                  | 3               | 262.2                      | 234.2                  | 11.96                      |        |
| 2.5 %            | 1               | 249.0                      | 221.4                  | 12.47                      | 12.34  |
|                  | 2               | 259.2                      | 230.7                  | 12.35                      |        |
|                  | 3               | 253.1                      | 225.6                  | 12.19                      |        |
| 5.0 %            | 1               | 292.6                      | 262.5                  | 11.47                      | 12.63  |
|                  | 2               | 232.1                      | 203.5                  | 14.05                      |        |
|                  | 3               | 258.7                      | 230.2                  | 12.38                      |        |
| 7.5 %            | 1               | 253.8                      | 221.7                  | 14.48                      | 14.55  |
|                  | 2               | 264.9                      | 231.3                  | 14.53                      |        |
|                  | 3               | 245.3                      | 214.0                  | 14.63                      |        |
| 10.0 %           | 1               | 230.4                      | 201.2                  | 14.51                      | 14.65  |
|                  | 2               | 255.4                      | 223.1                  | 14.48                      |        |
|                  | 3               | 256.7                      | 223.3                  | 14.96                      |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน          | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักหลังแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | อัตราการดูดซึมน้ำ<br>( % ) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|--------|
| ROC-SP150<br>1 % | 1               | 264.3                      | 236.3                  | 11.85                      | 12.00  |
|                  | 2               | 253.0                      | 225.8                  | 12.05                      |        |
|                  | 3               | 272.1                      | 242.7                  | 12.11                      |        |
| 2.5 %            | 1               | 256.8                      | 231.4                  | 10.98                      | 11.32  |
|                  | 2               | 263.9                      | 236.7                  | 11.49                      |        |
|                  | 3               | 261.8                      | 234.8                  | 11.50                      |        |
| 5.0 %            | 1               | 254.3                      | 231.1                  | 10.04                      | 10.24  |
|                  | 2               | 250.6                      | 228.4                  | 9.72                       |        |
|                  | 3               | 241.1                      | 217.3                  | 10.95                      |        |
| 7.5 %            | 1               | 241.4                      | 217.4                  | 11.04                      | 10.92  |
|                  | 2               | 218.4                      | 197.1                  | 10.81                      |        |
|                  | 3               | 234.1                      | 211.1                  | 10.90                      |        |
| 10.0 %           | 1               | 221.9                      | 198.0                  | 12.07                      | 12.20  |
|                  | 2               | 231.9                      | 205.7                  | 12.74                      |        |
|                  | 3               | 224.8                      | 201.1                  | 11.79                      |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน          | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักหลังแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | อัตราการดูดซึมน้ำ<br>( % ) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|--------|
| ROC-SP200<br>1 % | 1               | 265.2                      | 239.1                  | 10.92                      | 10.88  |
|                  | 2               | 269.5                      | 242.5                  | 11.13                      |        |
|                  | 3               | 248.6                      | 224.8                  | 10.59                      |        |
| 2.5 %            | 1               | 325.2                      | 299.2                  | 8.69                       | 8.87   |
|                  | 2               | 311.2                      | 285.4                  | 9.04                       |        |
| 5.0 %            | 1               | 303.3                      | 281.0                  | 7.94                       | 8.04   |
|                  | 2               | 318.9                      | 295.5                  | 7.92                       |        |
|                  | 3               | 302.5                      | 279.4                  | 8.27                       |        |
| 7.5 %            | 1               | 314.2                      | 293.2                  | 7.16                       | 7.38   |
|                  | 2               | 309.6                      | 288.5                  | 7.31                       |        |
|                  | 3               | 312.9                      | 290.6                  | 7.67                       |        |
| 10.0 %           | 1               | 294.6                      | 274.2                  | 7.44                       | 7.41   |
|                  | 2               | 280.1                      | 261.5                  | 7.11                       |        |
|                  | 3               | 303.0                      | 281.4                  | 7.68                       |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน            | จำนวน<br>(ชั้น) | น้ำหนักหลังแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | อัตราการดูดซึมน้ำ<br>( % ) | เฉลี่ย |
|--------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|--------|
| ROCCO-100RT<br>1 % | 1               | 251.4                      | 222.0                  | 13.24                      | 12.93  |
|                    | 2               | 330.9                      | 293.6                  | 12.70                      |        |
|                    | 3               | 332.2                      | 294.4                  | 12.84                      |        |
| 2.5 %              | 1               | 319.2                      | 288.1                  | 10.79                      | 10.66  |
|                    | 2               | 299.4                      | 270.8                  | 10.56                      |        |
|                    | 3               | 333.4                      | 301.4                  | 10.62                      |        |
| 5.0 %              | 1               | 301.3                      | 266.8                  | 12.93                      | 12.54  |
|                    | 2               | 306.3                      | 272.8                  | 12.28                      |        |
|                    | 3               | 301.6                      | 268.3                  | 12.41                      |        |
| 7.5 %              | 1               | 315.6                      | 275.8                  | 14.43                      | 14.46  |
|                    | 2               | 318.1                      | 276.8                  | 14.92                      |        |
|                    | 3               | 313.1                      | 274.6                  | 14.02                      |        |
| 10.0 %             | 1               | 259.7                      | 228.8                  | 13.50                      | 14.13  |
|                    | 2               | 301.9                      | 263.6                  | 14.53                      |        |
|                    | 3               | 313.1                      | 273.8                  | 14.35                      |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรปูน            | จำนวน<br>(ชั้น) | น้ำหนักหลังแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | อัตราการดูดซึมน้ำ<br>( % ) | เฉลี่ย |
|--------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|--------|
| ROC-BOND-ST<br>1 % | 1               | 252.1                      | 221.5                  | 13.81                      | 13.80  |
|                    | 2               | 268.1                      | 235.5                  | 13.84                      |        |
|                    | 3               | 268.2                      | 235.8                  | 13.74                      |        |
| 2.5 %              | 1               | 238.7                      | 210.0                  | 13.67                      | 13.80  |
|                    | 2               | 246.0                      | 216.4                  | 13.68                      |        |
|                    | 3               | 240.4                      | 210.8                  | 14.04                      |        |
| 5.0 %              | 1               | 253.9                      | 222.7                  | 14.01                      | 12.93  |
|                    | 2               | 237.2                      | 211.4                  | 12.20                      |        |
|                    | 3               | 286.3                      | 254.3                  | 12.58                      |        |
| 7.5 %              | 1               | 246.9                      | 218.0                  | 13.26                      | 13.47  |
|                    | 2               | 245.1                      | 215.6                  | 13.68                      |        |
|                    | 3               | 255.0                      | 224.7                  | 13.48                      |        |
| 10.0 %             | 1               | 239.9                      | 214.6                  | 11.79                      | 12.25  |
|                    | 2               | 238.1                      | 211.7                  | 12.47                      |        |
|                    | 3               | 256.5                      | 228.0                  | 12.50                      |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3 ผลการทดลองหาค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาว ผสมทรายอัตราส่วน 3.5 : 6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์

ตารางที่ 4.2.3 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนแต่ละสูตร

| สูตร                           | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | ปริมาณของแข็ง<br>(%) | เฉลี่ย |
|--------------------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------|--------|
| <b>ROC-SP100</b><br><b>1 %</b> | 1               | 233.4                      | 227.0                  | 97.26                | 97.17  |
|                                | 2               | 236.7                      | 230.4                  | 97.34                |        |
|                                | 3               | 243.2                      | 235.7                  | 96.92                |        |
| <b>2.5 %</b>                   | 1               | 238.7                      | 232.8                  | 97.53                | 97.67  |
|                                | 2               | 228.1                      | 223.0                  | 97.76                |        |
|                                | 3               | 219.0                      | 214.0                  | 97.72                |        |
| <b>5.0 %</b>                   | 1               | 234.6                      | 229.0                  | 97.16                | 97.80  |
|                                | 2               | 222.1                      | 216.9                  | 97.66                |        |
|                                | 3               | 218.9                      | 214.8                  | 98.13                |        |
| <b>7.5 %</b>                   | 1               | 246.2                      | 246.2                  | 100                  | 99.91  |
|                                | 2               | 221.7                      | 221.5                  | 99.91                |        |
|                                | 3               | 213.4                      | 213.0                  | 99.81                |        |
| <b>10 %</b>                    | 1               | 239.6                      | 221.1                  | 99.28                | 99.24  |
|                                | 2               | 229.0                      | 204.6                  | 99.22                |        |
|                                | 3               | 246.5                      | 200.1                  | 99.21                |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตร      | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | ปริมาณของแข็ง<br>(%) | เฉลี่ย |
|-----------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------|--------|
| ROC-SP150 | 1               | 229.0                      | 217.8                  | 95.113               | 98.13  |
|           | 2               | 246.5                      | 244.4                  | 99.15                |        |
| 2.5 %     | 1               | 234.7                      | 226.3                  | 96.42                | 97.76  |
|           | 2               | 240.3                      | 237.3                  | 98.75                |        |
|           | 3               | 238.6                      | 234.1                  | 98.11                |        |
| 5.0 %     | 1               | 235.1                      | 212.7                  | 90.51                | 91.76  |
|           | 2               | 232.3                      | 213.4                  | 91.86                |        |
|           | 3               | 220.1                      | 204.5                  | 92.91                |        |
| 7.5 %     | 1               | 219.9                      | 206.8                  | 94.04                | 94.26  |
|           | 2               | 219.1                      | 199.7                  | 91.15                |        |
|           | 3               | 219.2                      | 213.9                  | 97.58                |        |
| 10 %      | 1               | 195.8                      | 210.7                  | 107.61               | 105.38 |
|           | 2               | 203.5                      | 206.0                  | 101.23               |        |
|           | 3               | 199.0                      | 213.5                  | 107.23               |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตร             | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | ปริมาณของแข็ง<br>(%) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------|--------|
| ROC-SP200<br>1 % | 1               | 256.2                      | 248.3                  | 96.92                | 96.92  |
|                  | 2               | 265.8                      | 257.6                  | 96.91                |        |
|                  | 3               | 272.3                      | 263.9                  | 96.92                |        |
| 2.5 %            | 1               | 254.8                      | 247.5                  | 97.14                | 97.09  |
|                  | 2               | 239.8                      | 233.0                  | 97.16                |        |
|                  | 3               | 241.0                      | 233.7                  | 96.97                |        |
| 5.0 %            | 1               | 238.0                      | 231.0                  | 97.05                | 96.94  |
|                  | 2               | 255.4                      | 247.4                  | 96.87                |        |
|                  | 3               | 255.4                      | 247.5                  | 96.91                |        |
| 7.5 %            | 1               | 231.6                      | 238.8                  | 96.93                | 96.62  |
|                  | 2               | 260.0                      | 251.3                  | 96.65                |        |
|                  | 3               | 260.3                      | 251.4                  | 96.58                |        |
| 10 %             | 1               | 243.8                      | 235.3                  | 96.51                | 96.57  |
|                  | 2               | 268.6                      | 259.5                  | 96.61                |        |
|                  | 3               | 254.3                      | 245.6                  | 96.58                |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตร              | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | ปริมาณของแข็ง<br>(%) | เฉลี่ย |
|-------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------|--------|
| ROCO-100RT<br>1 % | 1               | 244.7                      | 217.4                  | 97.75                | 97.82  |
|                   | 2               | 247.9                      | 217.0                  | 97.92                |        |
|                   | 3               | 275.4                      | 225.3                  | 97.79                |        |
| 2.5 %             | 1               | 222.4                      | 217.4                  | 97.75                | 97.82  |
|                   | 2               | 221.6                      | 217.0                  | 97.92                |        |
|                   | 3               | 230.4                      | 225.3                  | 97.79                |        |
| 5.0 %             | 1               | 229.9                      | 231.6                  | 100.74               | 100.63 |
|                   | 2               | 203.0                      | 204.1                  | 100.54               |        |
|                   | 3               | 200.7                      | 201.9                  | 100.60               |        |
| 7.5 %             | 1               | 226.2                      | 223.4                  | 98.76                | 98.82  |
|                   | 2               | 214.5                      | 212.1                  | 98.88                |        |
|                   | 3               | 212.6                      | 210.1                  | 98.82                |        |
| 10 %              | 1               | 219.7                      | 219.6                  | 99.95                | 98.83  |
|                   | 2               | 207.7                      | 207.4                  | 99.86                |        |
|                   | 3               | 214.0                      | 213.7                  | 96.67                |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตร               | จำนวน(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | ปริมาณของแข็ง<br>(%) | เฉลี่ย |
|--------------------|-------------|----------------------------|------------------------|----------------------|--------|
| ROC-BOND-ST<br>1 % | 1           | 244.2                      | 237.0                  | 97.05                | 97.02  |
|                    | 2           | 246.8                      | 239.2                  | 96.92                |        |
|                    | 3           | 236.6                      | 229.9                  | 97.09                |        |
| 2.5 %              | 1           | 217.2                      | 210.7                  | 97.01                | 96.98  |
|                    | 2           | 218.1                      | 211.4                  | 96.93                |        |
|                    | 3           | 219.6                      | 213.0                  | 96.99                |        |
| 5.0 %              | 1           | 216.6                      | 210.4                  | 97.14                | 97.07  |
|                    | 2           | 223.9                      | 217.3                  | 97.05                |        |
|                    | 3           | 218.0                      | 211.5                  | 97.02                |        |
| 7.5 %              | 1           | 241.5                      | 234.4                  | 97.06                | 97.09  |
|                    | 2           | 238.6                      | 231.6                  | 97.07                |        |
|                    | 3           | 224.4                      | 218.0                  | 97.15                |        |
| 10 %               | 1           | 223.8                      | 215.9                  | 96.47                | 96.62  |
|                    | 2           | 244.1                      | 235.9                  | 96.64                |        |
|                    | 3           | 218.6                      | 211.5                  | 96.75                |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการทดลองหาค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5 : 6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์

ตารางที่ 4.2.4 แสดงค่าปริมาณความชื้นในปูนแต่ละสูตร

| สูตร             | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักอ้อมตัว<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | ปริมาณความชื้น<br>(%) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------|
| ROC-SP100<br>1 % | 1               | 252.0                      | 276.2                   | 242.7                  | 27.76                 | 25.43  |
|                  | 2               | 243.6                      | 268.6                   | 235.7                  | 24.01                 |        |
|                  | 3               | 239.1                      | 263.6                   | 231.2                  | 24.53                 |        |
| 2.5 %            | 1               | 231.3                      | 255.7                   | 224.5                  | 21.79                 | 21.81  |
|                  | 2               | 239.7                      | 265.4                   | 232.8                  | 21.17                 |        |
|                  | 3               | 242.8                      | 268.0                   | 235.5                  | 22.46                 |        |
| 5.0 %            | 1               | 215.1                      | 238.0                   | 210.2                  | 17.63                 | 18.73  |
|                  | 2               | 212.7                      | 236.2                   | 207.6                  | 17.83                 |        |
|                  | 3               | 202.1                      | 223.9                   | 196.4                  | 20.83                 |        |
| 7.5 %            | 1               | 215.7                      | 247.8                   | 213.7                  | 5.87                  | 6.14   |
|                  | 2               | 203.9                      | 234.0                   | 201.8                  | 6.52                  |        |
|                  | 3               | 208.2                      | 239.4                   | 206.2                  | 6.02                  |        |
| 10 %             | 1               | 202.7                      | 231.4                   | 200.0                  | 8.60                  | 8.64   |
|                  | 2               | 217.8                      | 248.8                   | 214.9                  | 8.55                  |        |
|                  | 3               | 198.7                      | 226.8                   | 196.0                  | 8.77                  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตร             | จำนวน<br>(ชั้น) | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักอิมตัว<br>( g ) | น้ำหนักหลังอบ<br>( g ) | ปริมาณความชื้น<br>( % ) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------|
| ROC-SP150<br>1 % | 1               | 244.8                      | 267.8                  | 235.8                  | 28.13                   | 25.71  |
|                  | 2               | 225.5                      | 248.4                  | 218.3                  | 23.92                   |        |
|                  | 3               | 244.4                      | 268.8                  | 236.3                  | 25.08                   |        |
| 2.5 %            | 1               | 240.1                      | 262.5                  | 232.0                  | 26.56                   | 25.97  |
|                  | 2               | 218.7                      | 238.8                  | 211.4                  | 26.64                   |        |
|                  | 3               | 216.4                      | 236.8                  | 209.7                  | 24.72                   |        |
| 5.0 %            | 1               | 204.3                      | 222.5                  | 197.7                  | 26.61                   | 25.45  |
|                  | 2               | 215.4                      | 234.8                  | 208.7                  | 25.67                   |        |
|                  | 3               | 213.1                      | 233.3                  | 206.7                  | 24.06                   |        |
| 7.5 %            | 1               | 212.9                      | 231.9                  | 206.2                  | 26.07                   | 16.07  |
|                  | 2               | 218.5                      | 237.5                  | 211.6                  | 26.64                   |        |
|                  | 3               | 213.9                      | 232.9                  | 207.4                  | 25.49                   |        |
| 10 %             | 1               | 197.4                      | 222.3                  | 196.0                  | 5.32                    | 5.66   |
|                  | 2               | 200.3                      | 225.4                  | 198.6                  | 6.34                    |        |
|                  | 3               | 194.8                      | 219.7                  | 193.4                  | 5.32                    |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตร             | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักอิมตัว<br>( g ) | น้ำหนักหลัง<br>อบ<br>( g ) | ปริมาณความชื้น<br>(%) | เฉลี่ย |
|------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|--------|
| ROC-SP200<br>1 % | 1               | 298.3                      | 323.4                  | 287.2                      | 30.66                 | 35.08  |
|                  | 2               | 300.6                      | 323.4                  | 287.1                      | 37.19                 |        |
|                  | 3               | 299.3                      | 321.4                  | 286.1                      | 37.39                 |        |
| 2.5 %            | 1               | 237.5                      | 253.5                  | 228.1                      | 37.01                 | 36.84  |
|                  | 2               | 284.3                      | 304.0                  | 273.5                      | 35.41                 |        |
|                  | 3               | 300.1                      | 319.6                  | 288.1                      | 38.10                 |        |
| 5.0 %            | 1               | 289.5                      | 307.2                  | 278.6                      | 38.11                 | 38.80  |
|                  | 2               | 302.8                      | 321.6                  | 290.8                      | 38.96                 |        |
|                  | 3               | 210.7                      | 223.6                  | 202.6                      | 39.32                 |        |
| 7.5 %            | 1               | 289.0                      | 306.1                  | 277.2                      | 40.83                 | 41.69  |
|                  | 2               | 307.8                      | 324.7                  | 295.3                      | 42.52                 |        |
|                  | 3               | 157.1                      | 165.2                  | 151.3                      | 41.73                 |        |
| 10 %             | 1               | 289.0                      | 305.3                  | 276.8                      | 42.81                 | 42.19  |
|                  | 2               | 263.1                      | 277.7                  | 252.3                      | 42.52                 |        |
|                  | 3               | 273.4                      | 288.5                  | 262.8                      | 41.25                 |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตร                   | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักอิมคิว<br>( g ) | น้ำหนักหลัง<br>อบ<br>( g ) | ปริมาณความชื้น<br>(%) | เฉลี่ย |
|------------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|--------|
| ROCCO-<br>100RT<br>1 % | 1               | 305.0                      | 334.5                  | 293.4                      | 28.22                 | 27.86  |
|                        | 2               | 315.9                      | 347.0                  | 303.9                      | 27.84                 |        |
|                        | 3               | 309.9                      | 340.4                  | 297.9                      | 27.53                 |        |
| 2.5 %                  | 1               | 232.0                      | 250.8                  | 225.5                      | 25.69                 | 25.00  |
|                        | 2               | 311.7                      | 337.0                  | 302.3                      | 27.09                 |        |
|                        | 3               | 287.2                      | 313.1                  | 279.8                      | 22.22                 |        |
| 5.0 %                  | 1               | 270.9                      | 305.6                  | 268.4                      | 6.72                  | 6.31   |
|                        | 2               | 283.0                      | 318.7                  | 280.4                      | 6.79                  |        |
|                        | 3               | 265.2                      | 300.1                  | 263.2                      | 5.42                  |        |
| 7.5 %                  | 1               | 267.5                      | 301.5                  | 262.9                      | 11.92                 | 7.55   |
|                        | 2               | 273.1                      | 307.9                  | 268.5                      | 11.68                 |        |
|                        | 3               | 262.4                      | 297.8                  | 258.0                      | 11.06                 |        |
| 10 %                   | 1               | 254.0                      | 289.8                  | 251.1                      | 7.49                  | 7.43   |
|                        | 2               | 266.9                      | 304.5                  | 264.0                      | 7.16                  |        |
|                        | 3               | 254.4                      | 289.5                  | 251.5                      | 7.63                  |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตร     | จำนวน<br>(ชิ้น) | น้ำหนักก่อนแช่น้ำ<br>( g ) | น้ำหนักอิมตัว<br>( g ) | น้ำหนักหลัง<br>อบ<br>( g ) | ปริมาณความชื้น<br>(%) | เฉลี่ย |
|----------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|--------|
| ROC-BOND | 1               | 228.0                      | 252.4                  | 218.4                      | 28.24                 |        |
| ST       | 2               | 237.3                      | 263.9                  | 229.3                      | 23.12                 | 24.55  |
| 1 %      | 3               | 221.6                      | 246.7                  | 214.4                      | 22.29                 |        |
| 2.5 %    | 1               | 236.7                      | 318.8                  | 276.3                      | 24.47                 |        |
|          | 2               | 249.2                      | 178.2                  | 240.5                      | 23.08                 | 24.49  |
|          | 3               | 298.1                      | 330.4                  | 286.8                      | 25.92                 |        |
| 5.0 %    | 1               | 220.1                      | 245.3                  | 212.6                      | 22.94                 |        |
|          | 2               | 284.8                      | 315.6                  | 274.3                      | 25.42                 | 18.73  |
|          | 3               | 276.3                      | 306.5                  | 266.1                      | 25.25                 |        |
| 7.5 %    | 1               | 287.5                      | 317.8                  | 276.9                      | 25.92                 |        |
|          | 2               | 285.5                      | 316.5                  | 275.3                      | 24.76                 | 25.65  |
|          | 3               | 293.1                      | 323.1                  | 282.4                      | 26.29                 |        |
| 10 %     | 1               | 283.8                      | 311.1                  | 272.3                      | 29.64                 |        |
|          | 2               | 288.1                      | 315.7                  | 276.2                      | 30.13                 | 29.61  |
|          | 3               | 275.7                      | 302.8                  | 264.6                      | 29.16                 |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์ไอออนที่ละลายในน้ำแขวนแต่ละสูตร

จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY ( AAS ) พบว่าไอออนที่ละลายออกมาจากน้ำแขวนสูตรต่าง ได้แก่  $\text{Na}^+$   $\text{K}^+$  และ  $\text{Ca}^{2+}$  ส่วน  $\text{Fe}^{3+}$  และ  $\text{Mn}^{2+}$  ไม่ปรากฏพบในสารละลายดังกล่าว

| สูตรปูน<br>ซีเมนต์ขาว : ทราย | ความเข้มข้น ( PPM ) |       |                  |                  |                  |
|------------------------------|---------------------|-------|------------------|------------------|------------------|
|                              | Na+                 | K+    | Ca <sup>2+</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Mn <sup>2+</sup> |
| 1:9                          | 4.57                | 1.85  | 5.987            | -                | -                |
| 1.5: 8.5                     | 5.759               | 2.022 | 6.151            | -                | -                |
| 2 : 8                        | 9.275               | 3.266 | 6.613            | -                | -                |
| 2.5:7.5                      | 9.668               | 3.52  | 8.45             | -                | -                |
| 3:7                          | 10.16               | 3.668 | 10.57            | -                | -                |
| 3.5:6.5                      | 10.47               | 6.016 | 16.57            | -                | -                |
| 4:6                          | 10.55               | 6.393 | 18.45            | -                | -                |
| 4.5:5.5                      | 10.57               | 11.08 | 24.82            | -                | -                |
| 5:5                          | 10.66               | 11.58 | 50.47            | -                | -                |
| 10:0                         | 10.86               | 12.58 | 124.3            | -                | -                |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการวิเคราะห์ โครงสร้างของพอลิเมอร์ที่ใช้ผสมปูนโดยใช้เทคนิคอินฟราเรด ( IR )  
สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

| พอลิเมอร์            | $V_{max}$ (cm <sup>-1</sup> )  |
|----------------------|--|
| 1. ROC -SP100        | 3600-3200(br), 2950(m), 1600(s), 1250-1150(br), 1050(s)  |
| 2. ROC -SP150        | 3600-3200(br), 2950(m), 1600(s), 1250-1000(br)   |
| 3. ROC -SP200        | 3600-3200(br), 1650(vs), 1200(s), 1050(vs), 825(m), 680(m)   |
| 4. ROCCO-100RT       | 3600-3100(br), 1650(m), 1250-1150(br), 1050(m)   |
| 5. ROC-BOND ST       | 3000(vs), 2850(s), 1740(m), 1300-1200(br), 1150-1000(br), 800(vs), 600(vs)                             |
| 6. Polyvinyl acetate | 3600-3200(br), 2900(vs), 1750(vs), 1450-1350(br), 1300-1200(br), 1150-1000(br), 950(s), 800(s), 600(s) |

หมายเหตุ  $V_{max}$  อ้างอิงจาก IR Spectrum ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการวิจัย

#### 5.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่างๆ

##### 5.1.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด ( COMPRESSIVE STENGTH ) ของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่าง ๆ ณ สภาวะเปียก



\*หมายเหตุ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ขาว (ส่วน) : ทราย (ส่วน)

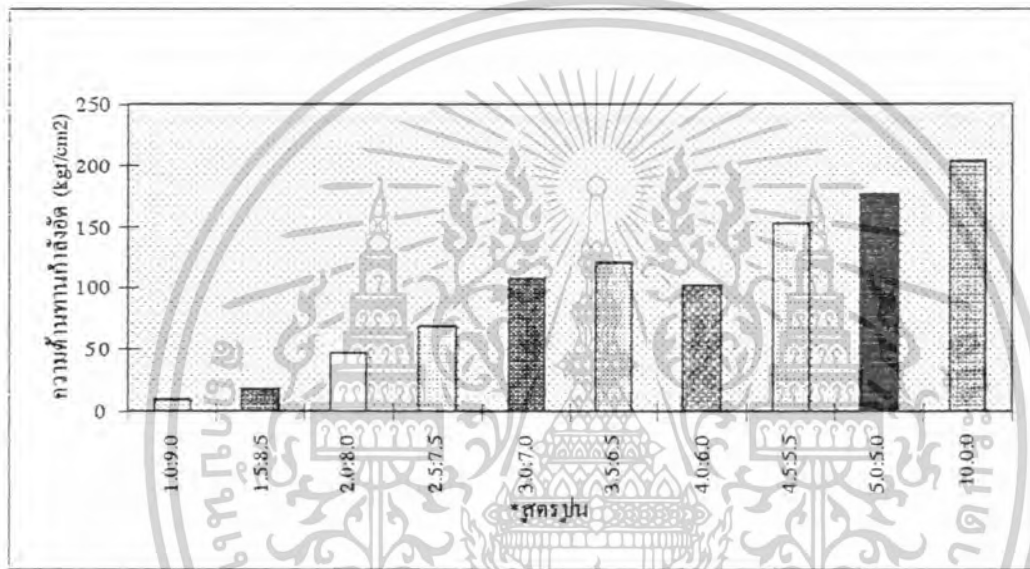
รูปที่ 1 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด- ณ สภาวะเปียกของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 5 : 5 มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ 150.59 kgf/cm<sup>2</sup> แต่มีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ขาวล้วน
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 1 : 9 มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ 6.25 kgf/cm<sup>2</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ฉ. สภาวะแห้ง



\*หมายเหตุ อัตราส่วนปูนซีเมนต์: ทราย (ส่วน) : ทราย (ส่วน)

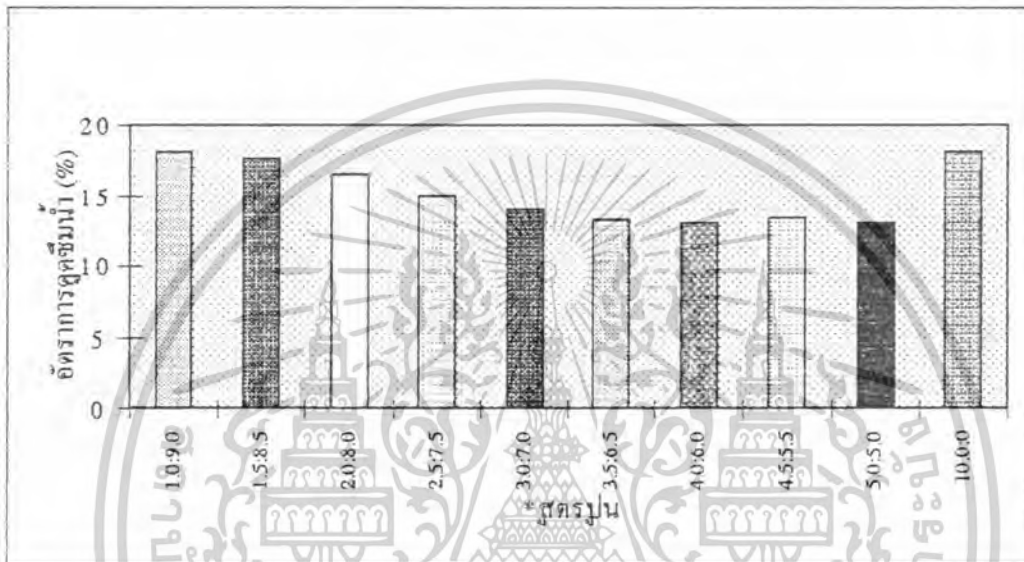
รูปที่ 2 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ฉ. สภาวะแห้งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 5: 5 มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ 174.90 kgf/cm<sup>2</sup> แต่มีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ขาวล้วน
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 1: 9 มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ 9.42 kgf/cm<sup>2</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ผลการศึกษาการดูดซึมน้ำ ( WATER ABSORPTION ) ของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่าง ๆ



\*หมายเหตุ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ขาว (ส่วน) : ทราย (ส่วน)

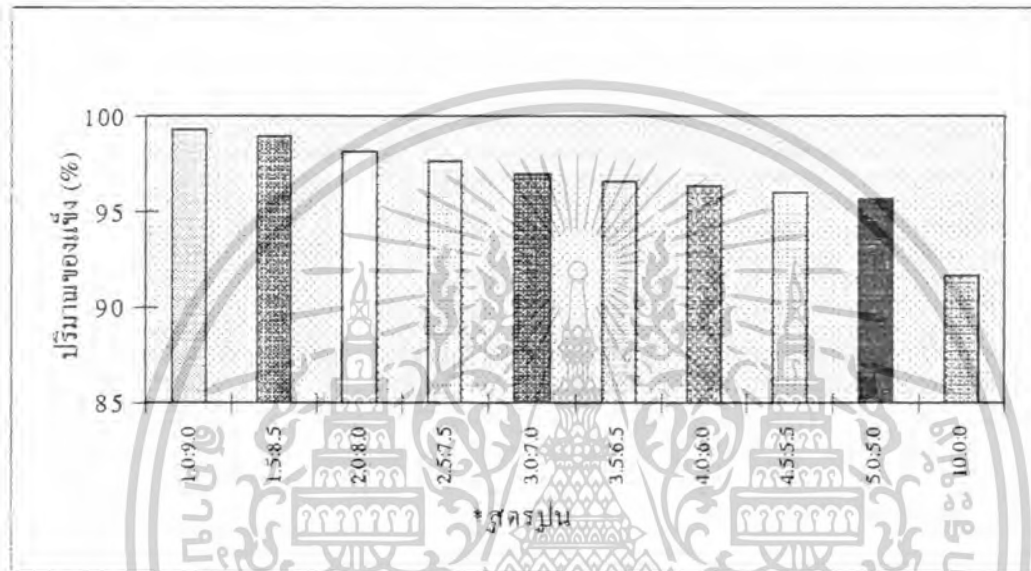
รูปที่ 3 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 1: 9 มีอัตราการดูดซึมน้ำมากที่สุดเท่ากับ 17.99% ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวล้วน
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 5: 5 มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 12.96%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1.3 ผลการศึกษาค่าปริมาณของแข็ง ( SOLID CONTENT ) ของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่าง ๆ



\*หมายเหตุ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ขาว (ส่วน) : ทราย (ส่วน)

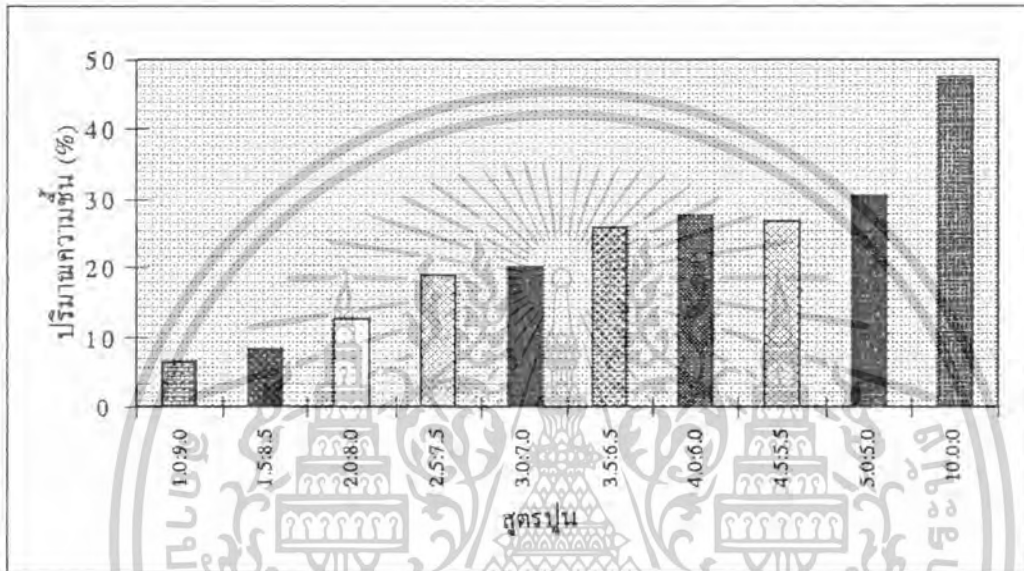
รูปที่ 4 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 1: 9 มีค่าปริมาณของแข็งมากที่สุดเท่ากับ 99.24% ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวล้วน
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 5: 5 มีค่าปริมาณของแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 95.55% แต่มีค่ามากกว่าค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวล้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 ผลการศึกษาการหาค่าปริมาณความชื้น ( MOISTURE CONTENT ) ของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่าง ๆ



\*หมายเหตุ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ขาว (ส่วน) : ทราย (ส่วน)

รูปที่ 5 แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

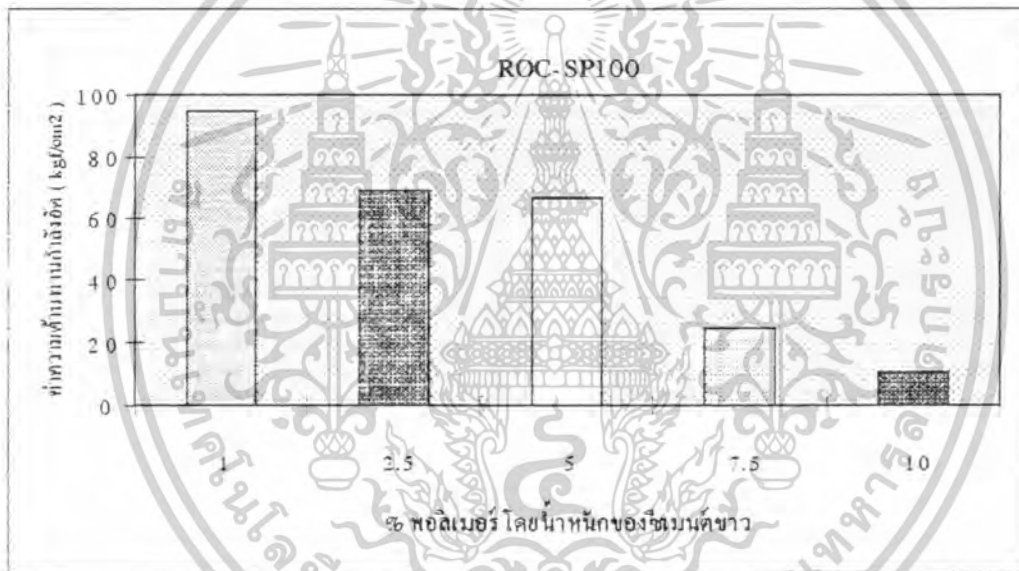
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 5 : 5 มีค่าปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 30.48% แต่มีค่าน้อยกว่าค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวล้วน
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 1 : 9 มีค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 6.75%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC - SP100 ในปริมาณต่าง ๆ

### 5.2.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด ( COMPRESSIVE STRENGTH ) ของปูนผสม ROC-SP100 ในปริมาณต่าง ๆ

ณ สภาวะเปียก



รูปที่ 6 แสดงแสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะเปียกของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP100 ในปริมาณต่าง ๆ

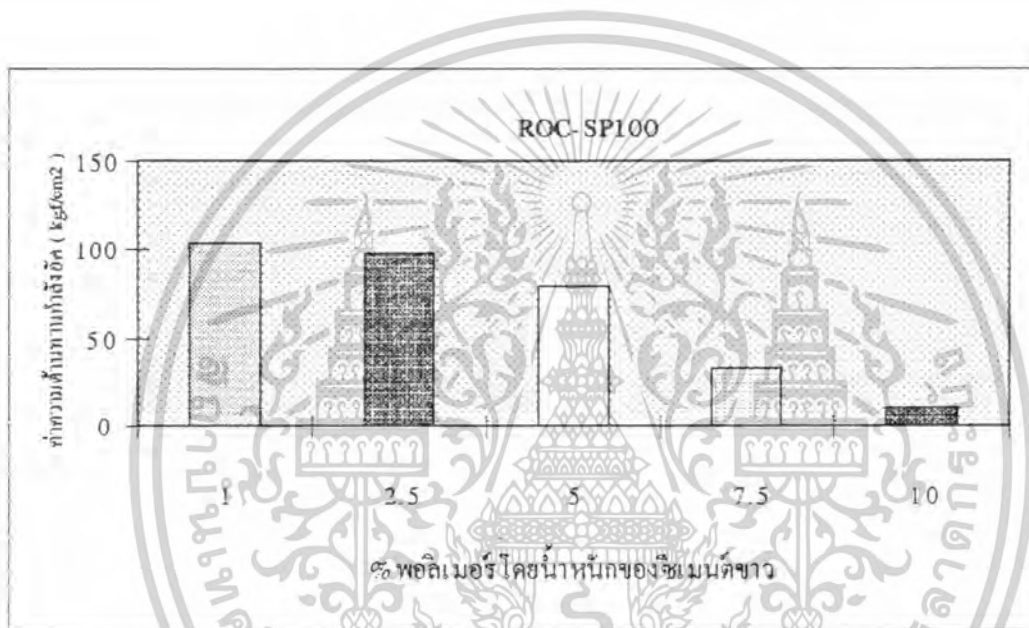
จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนที่เติม ROC-SP100 1% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ  $95.13 \text{ kgf/cm}^2$  แต่มีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC - SP100

- ปูนที่เติม ROC-SP100 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ  $10.04 \text{ kgf/cm}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ฉ. สภาวะแห้ง



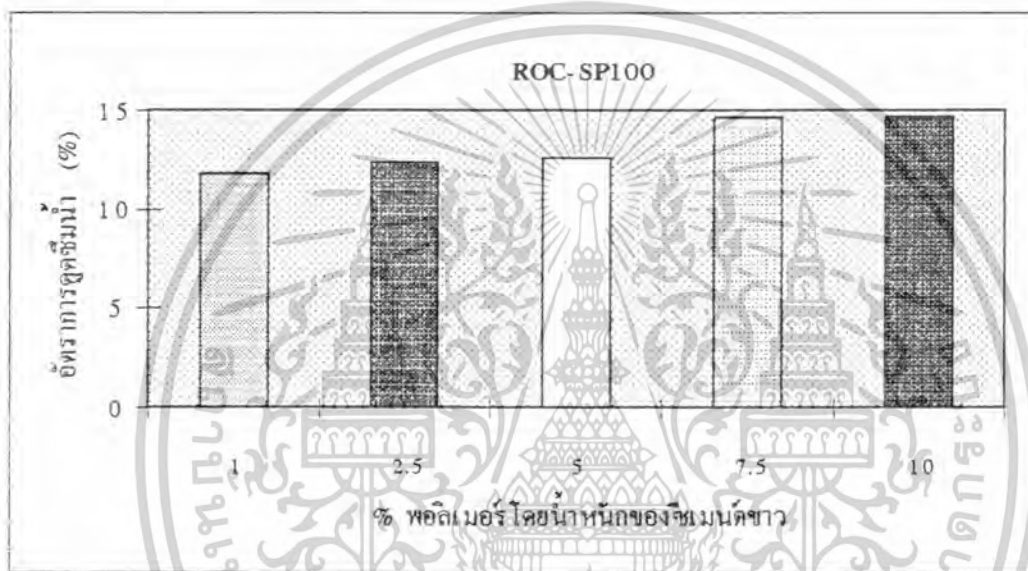
รูปที่ 7 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ฉ. สภาวะแห้งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP100 ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อผสม ROC-SP100 1.0% โดชน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ  $104.02 \text{ kgf/cm}^2$  ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP100
- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อผสม ROC-SP100 10% โดชน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ  $10.45 \text{ kgf/cm}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ผลการศึกษาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ ( WATER ABSORPTION ) ของปูนเมื่อเติม ROC-SP100 ในปริมาณต่าง ๆ



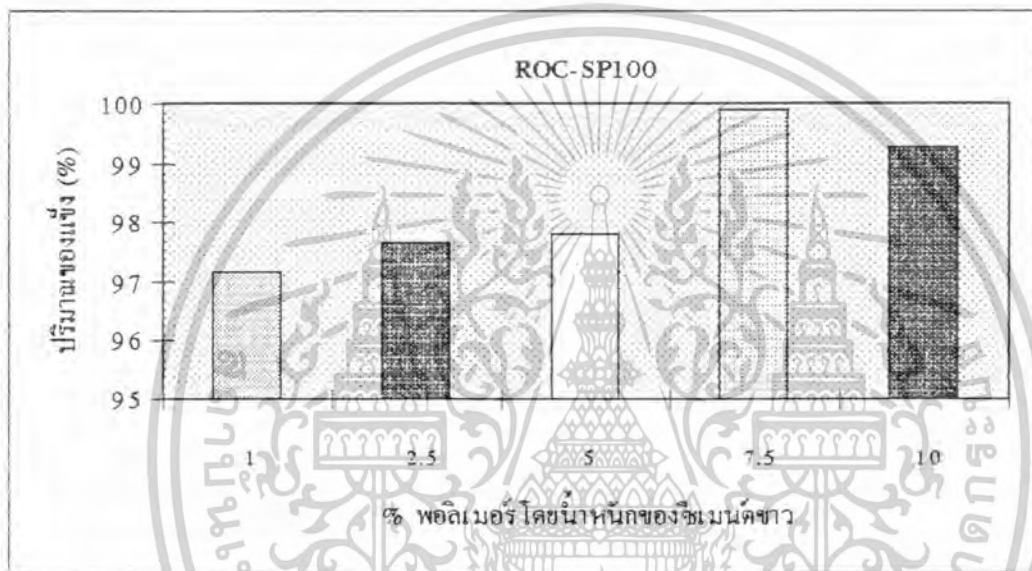
รูปที่ 8 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP100 ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสม ROC-SP100 10% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาวมีอัตราการดูดซึมน้ำมากที่สุดเท่ากับ 14.65 % ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนเมื่อยังไม่ได้ผสม ROC-SP100
- ปูนซีเมนต์ขาวผสม ROC-SP100 1% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาวมีอัตราการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 11.75 % ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนเมื่อยังไม่ได้ผสม ROC-SP100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.2.3 ผลการศึกษาค่าปริมาณของแข็ง ( SOLID CONTENT ) ของปูนเมื่อเติม ROC-SP100 ในปริมาณต่าง ๆ



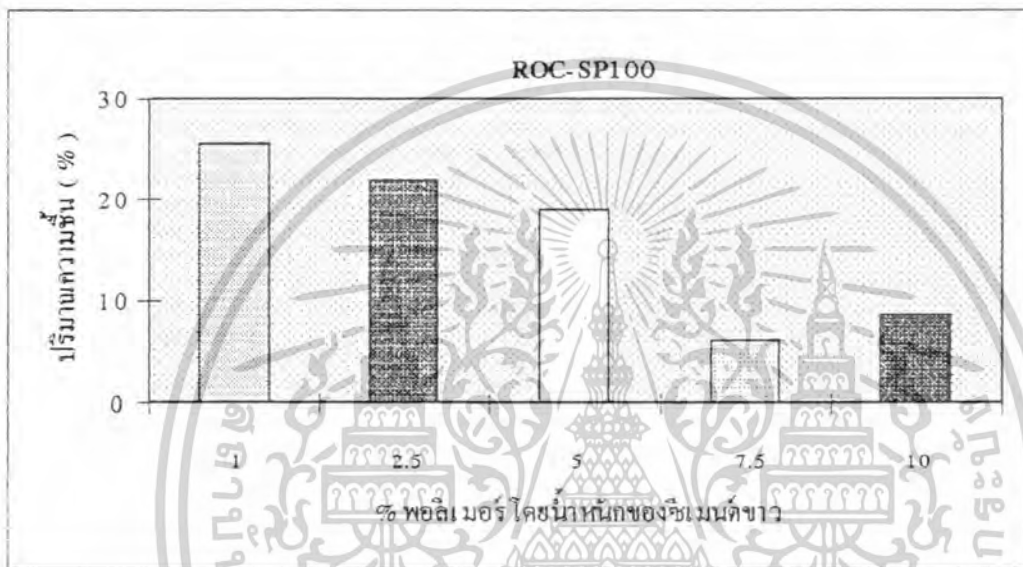
รูปที่ 9 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP100 ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า

- ค่าปริมาณของแข็งของปูนเมื่อผสม ROC-SP100 7.5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาว มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 99.91% ซึ่งมีค่ามากกว่าเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-SP100
- ค่าปริมาณของแข็งของปูนเมื่อผสม ROC-SP100 1% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาว มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 97.17% แต่มีค่ามากกว่าค่าเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-SP100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 ผลการศึกษาการหาค่าปริมาณความชื้น ( MOISTURE CONTENT ) ของปูนเมื่อเติม ROC-SP100 ในปริมาณต่าง ๆ



รูปที่ 10 แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP100 ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า

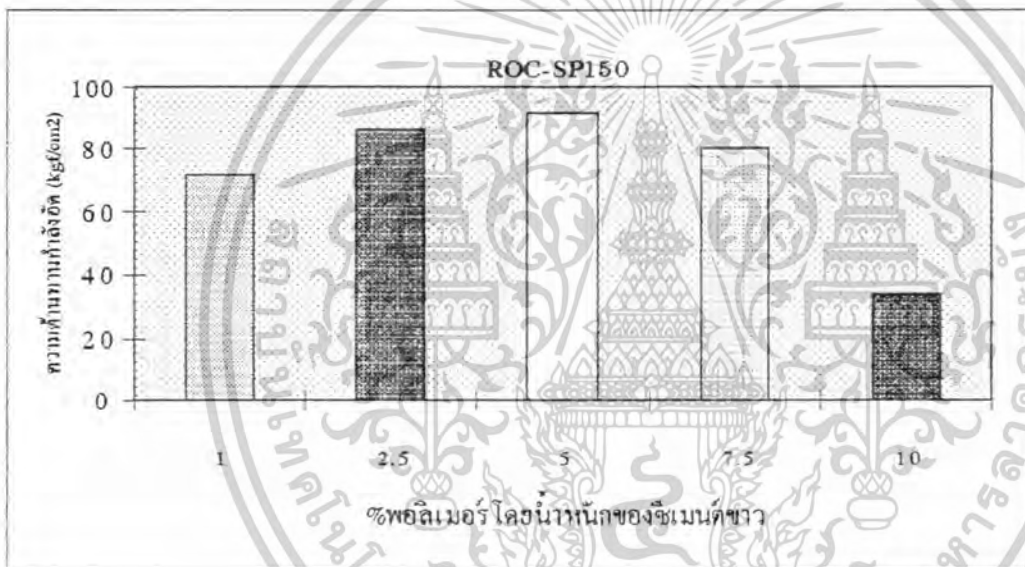
- ปูนซีเมนต์ขาวผสม ROC-SP100 1% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาวมีค่าปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 25.43 % แต่มีค่าน้อยค่าปริมาณความชื้นของปูนเมื่อยังไม่ได้ผสม ROC-SP100
- ปูนซีเมนต์ขาวผสม ROC-SP100 7.5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาวมีค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 6.14% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าปริมาณความชื้นของปูนเมื่อยังไม่ได้ผสม ROC - SP100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP150

5.3.1 ผลการศึกษาวินิจฉัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด ( COMPRESSIVE STRENGTH ) ของปูนเมื่อเติม ROC-SP0150 ในปริมาณต่าง ๆ

ณ สภาวะเปียก



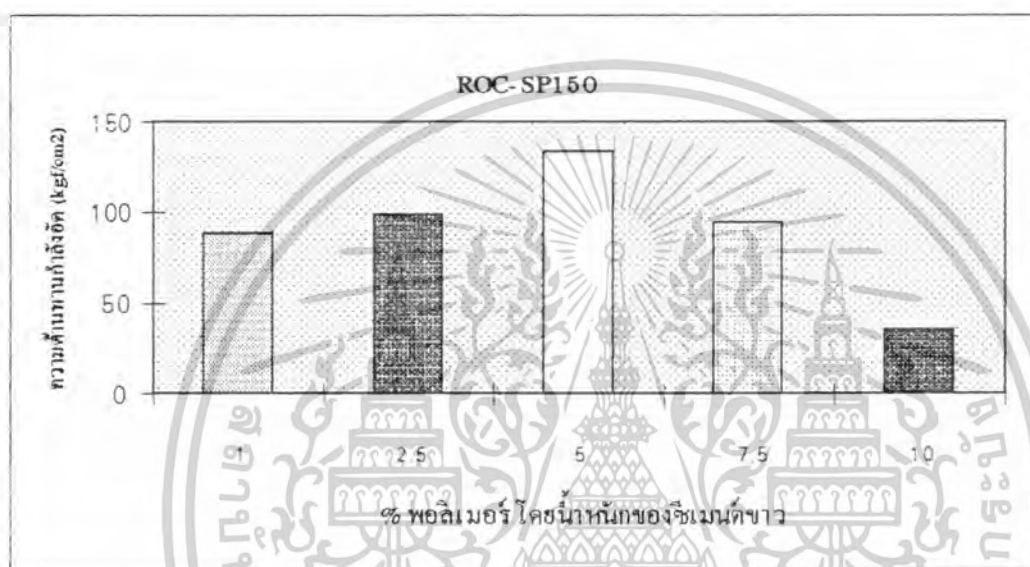
รูปที่ 11 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะเปียกของปูนเมื่อเติม ROC-SP150 ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนที่เติม ROC-SP150 5% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ  $91.86 \text{ kgf/cm}^2$  แต่มีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP150
- ปูนที่เติม ROC-SP150 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ  $33.77 \text{ kgf/cm}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ฉ. สภาวะแห้ง



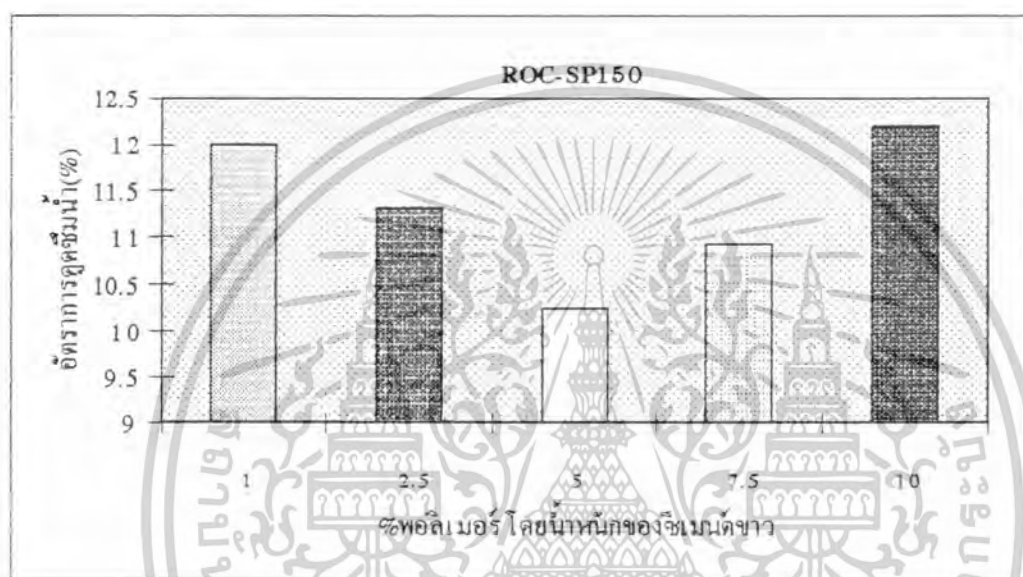
รูปที่ 12 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ฉ. สภาวะแห้งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP150 ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อผสม ROC-SP150 5% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ  $91.86 \text{ kgf/cm}^2$  แต่มีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP150
- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อผสม ROC-SP150 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ  $35.25 \text{ kgf/cm}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3.2 ผลการศึกษาค่าการดูดซึมน้ำ ( WATER ABSORPTION ) ของปูนเมื่อเติม ROC - SP150 ในปริมาณต่าง ๆ



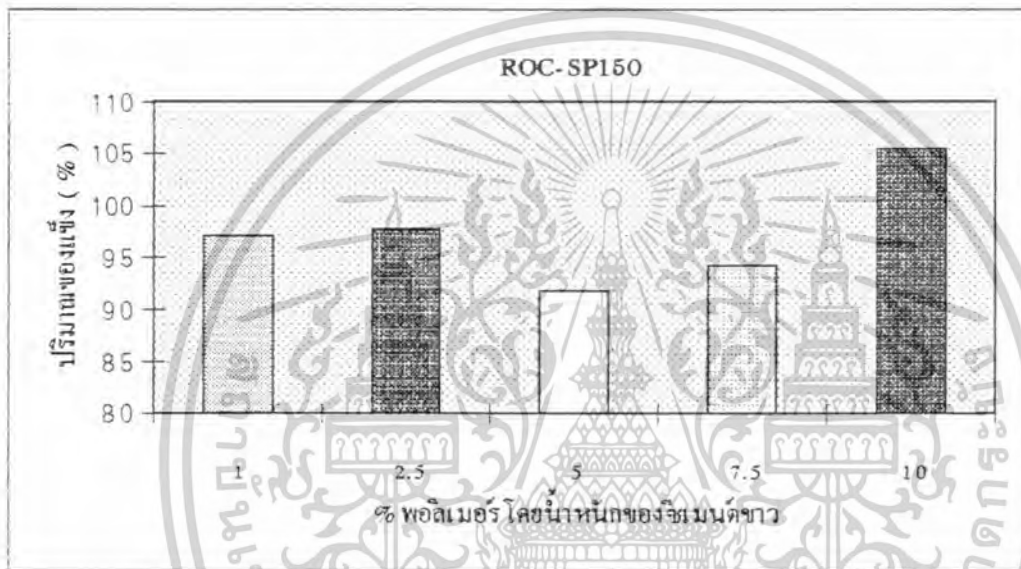
รูปที่ 13 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP150 ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสม ROC-SP150 10% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาวมีอัตราการดูดซึมน้ำมากที่สุดเท่ากับ 12.20% แต่มีค่าน้อยกว่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนเมื่อยังไม่ได้ผสม ROC-SP150
- ปูนซีเมนต์ขาวผสม ROC-SP150 5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาวมีอัตราการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 10.24% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนเมื่อยังไม่ได้ผสม ROC-SP150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.2.3 ผลการศึกษาค่าปริมาณของแข็ง ( SOLID CONTENT ) ของปูนผสม ROC-SP150 ในปริมาณต่าง ๆ



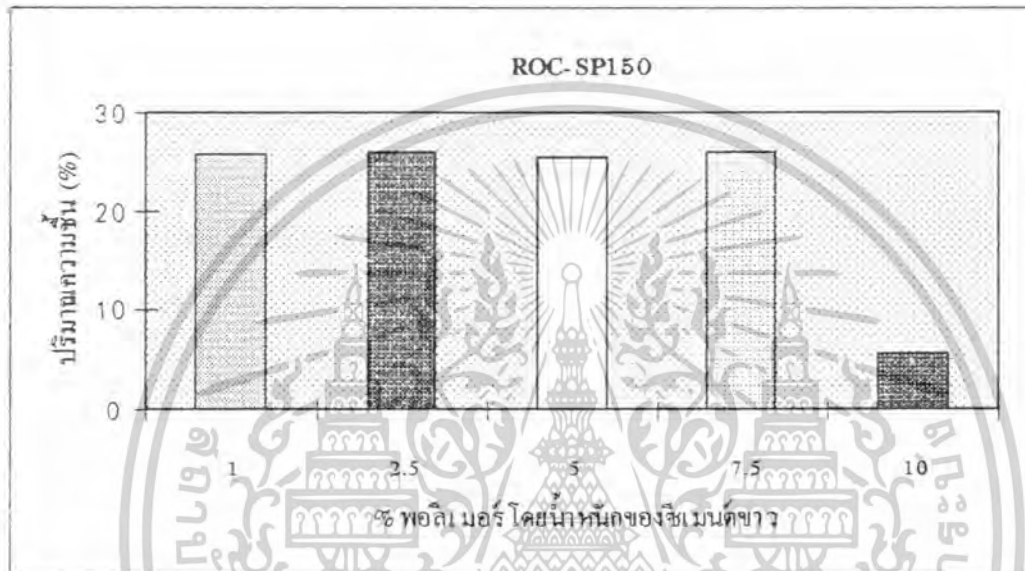
รูปที่ 14 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP150 ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า

- ค่าปริมาณของแข็งของปูนเมื่อผสม ROC-SP150 2.5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาว มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 97.76 % ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-SP150
- ค่าปริมาณของแข็งของปูนเมื่อผสม ROC-SP150 5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาว มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 91.76 % แต่มีค่ามากกว่าค่าเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-SP150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4 ผลการศึกษาการหาค่าปริมาณความชื้น ( MOISTURE CONTENT ) ของปูนเมื่อผสม ROC-SP150 ในปริมาณต่าง ๆ



รูปที่ 15 แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP150 ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า

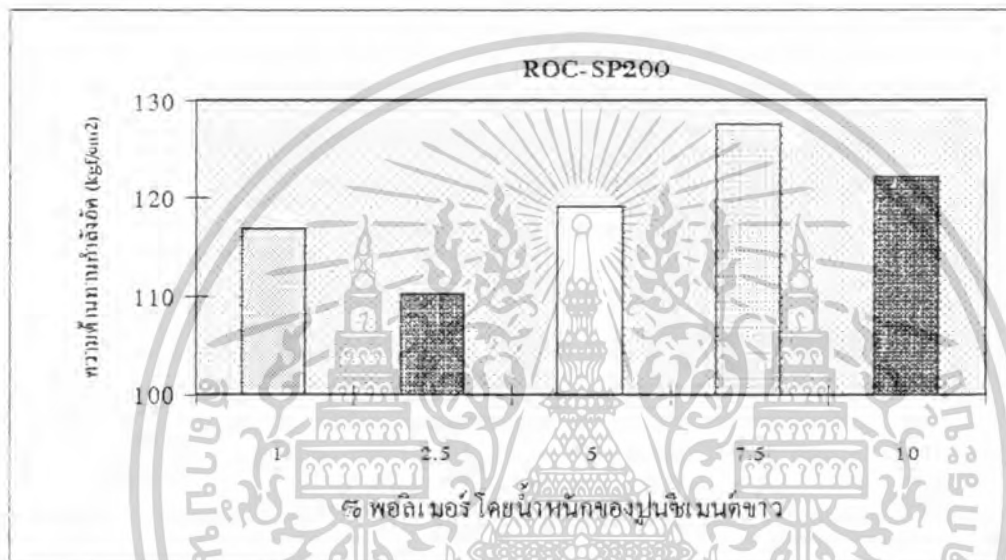
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายเมื่อเติม ROC-SP150 7.5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาวมีค่าปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 26.07% ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณความชื้นของปูนเมื่อยังไม่ได้ผสม ROC-SP150
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายเมื่อเติม ROC-SP150 10% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาวมีค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 5.66% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าปริมาณความชื้นของปูนเมื่อยังไม่ได้ผสม ROC-SP150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC - SP200 ในปริมาณต่าง ๆ

5.4.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด ( COMPRESSIVE STRENGTH ) ของปูนผสม ROC-SP200 ในปริมาณต่าง ๆ

ณ สภาวะเปียก



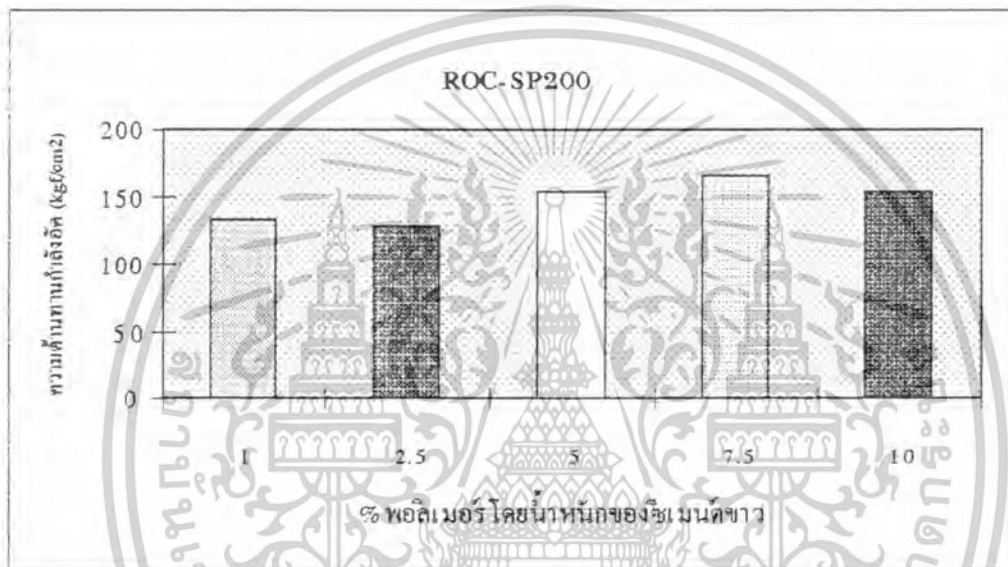
รูปที่ 16 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะเปียกของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP200 ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 7.5 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ  $127.47 \text{ kgf/cm}^2$  ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC - SP200
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 2.5 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ  $110.11 \text{ kgf/cm}^2$  ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ฉ. สภาวะแห้ง



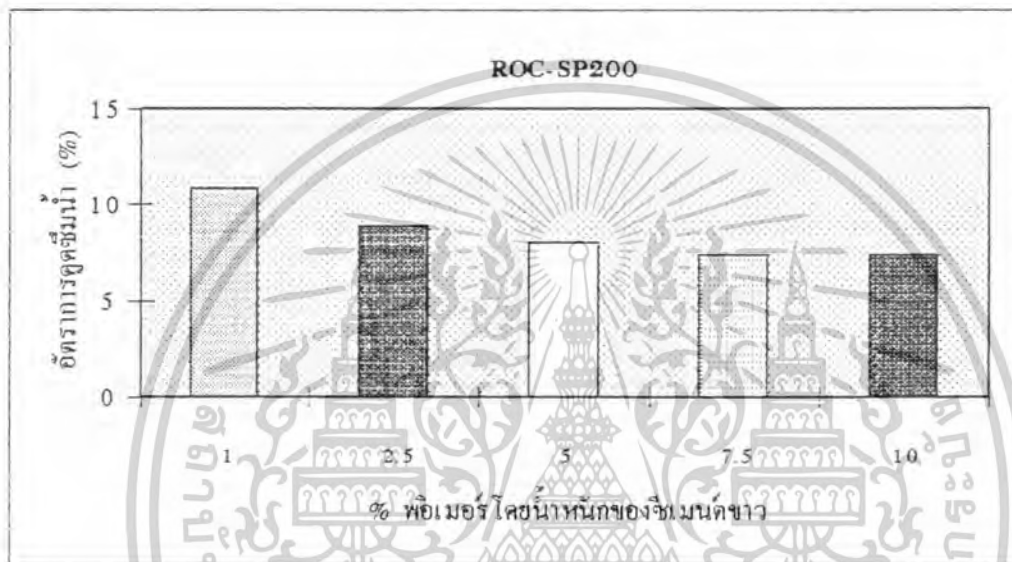
รูปที่ 17 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ฉ. สภาวะแห้งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP200 ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 5 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ 153.44 kgf/cm<sup>2</sup> ซึ่งมียค่ามากกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP200
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 2.5 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ 128.22 kgf/cm<sup>2</sup> แต่มีค่ามากกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4.2 ผลการศึกษาการดูดซึมน้ำ ( WATER ABSORPTION ) ของปูนผสม ROC-SP200 ในปริมาณต่าง ๆ



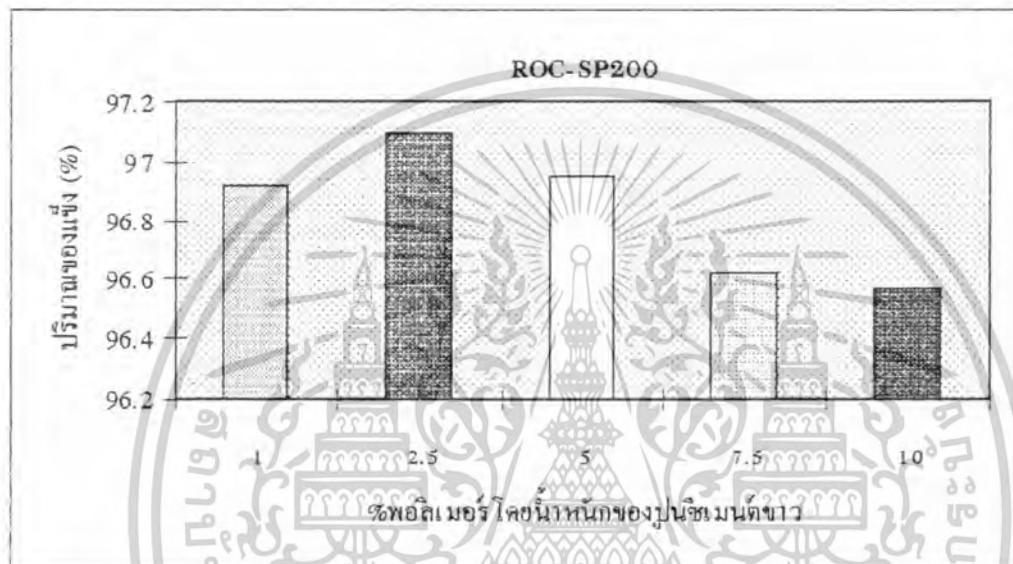
รูปที่ 18 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP200 ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 1 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำมากที่สุดเท่ากับ 10.88 % แต่มีค่าน้อยกว่าค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP200
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 7.5 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 7.38 % ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.4.3 ผลการศึกษาค่าปริมาณของแข็ง ( SOLID CONTENT ) ของปูนผสม ROC-SP200 ใน ปริมาณต่าง ๆ



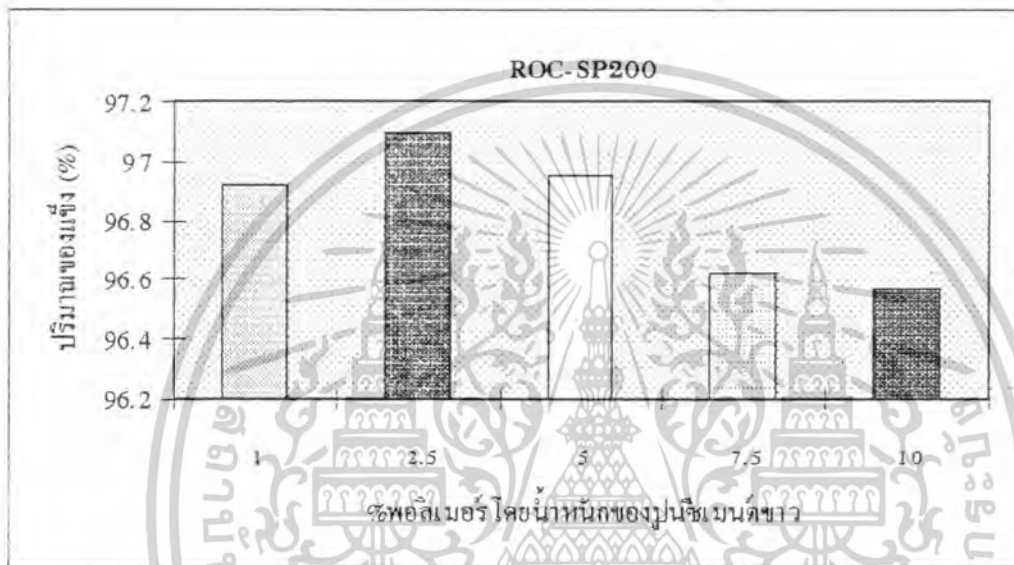
รูปที่ 19 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP200 ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 2.5 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าปริมาณของแข็งมากที่สุดเท่ากับ 97.09 % ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าปริมาณของแข็งของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP200
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 10 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าปริมาณของแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 96.57 % แต่มีค่ามากกว่าค่าปริมาณของแข็งของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.4 ผลการศึกษาค่าปริมาณความชื้น ( MOISTURE CONTENT ) ของปูนผสม ROC-SP200 ในปริมาณต่าง ๆ



รูปที่ 20 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-SP200 ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

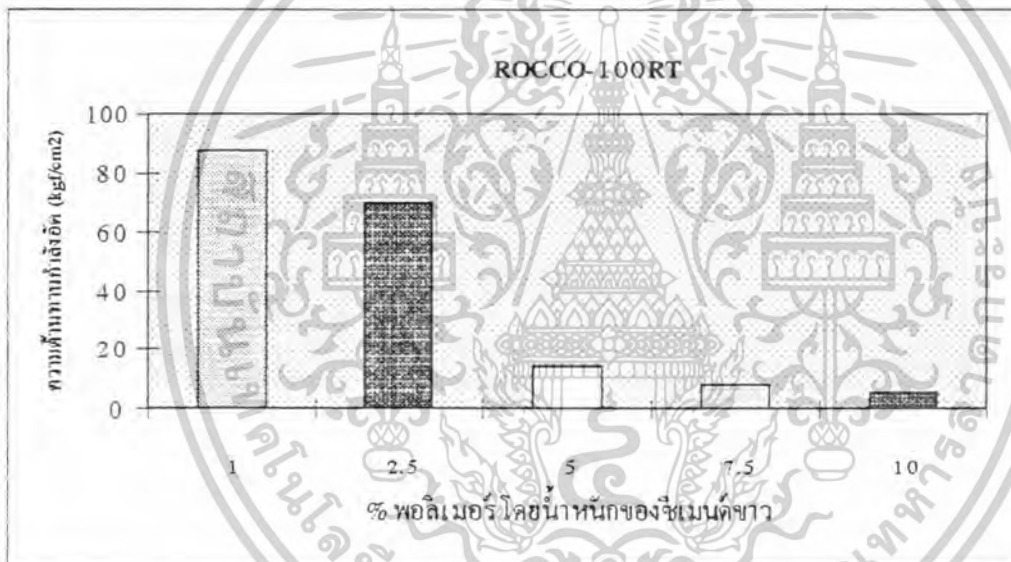
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 10 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 42.19 % ซึ่งมีความมากกว่าค่าปริมาณความชื้นของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP200
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 1 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 35.08 % แต่มีความมากกว่าค่าปริมาณความชื้นของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROC-SP200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.5 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROCCO-100RT ในปริมาณต่าง ๆ

### 5.5.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด ( COMPRESSIVE STRENGTH ) ของปูนผสม ROCCO-100RT ในปริมาณต่าง ๆ

#### ฉ สภาวะเปียก

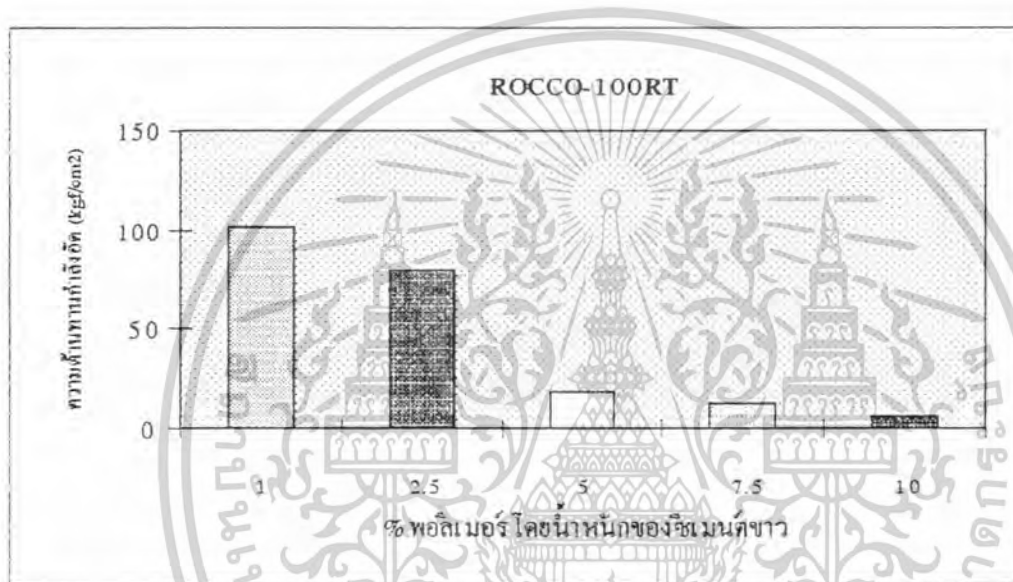


รูปที่ 21 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ฉ สภาวะเปียกของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROCCO-100RT ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROCCO-100RT 1 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ  $86.95 \text{ kgf/cm}^2$  แต่มีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROCCO-100RT
  - ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROCCO-100RT 10 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ  $5.40 \text{ kgf/cm}^2$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROCCO-100RT
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ฉ. สภาวะแห้ง



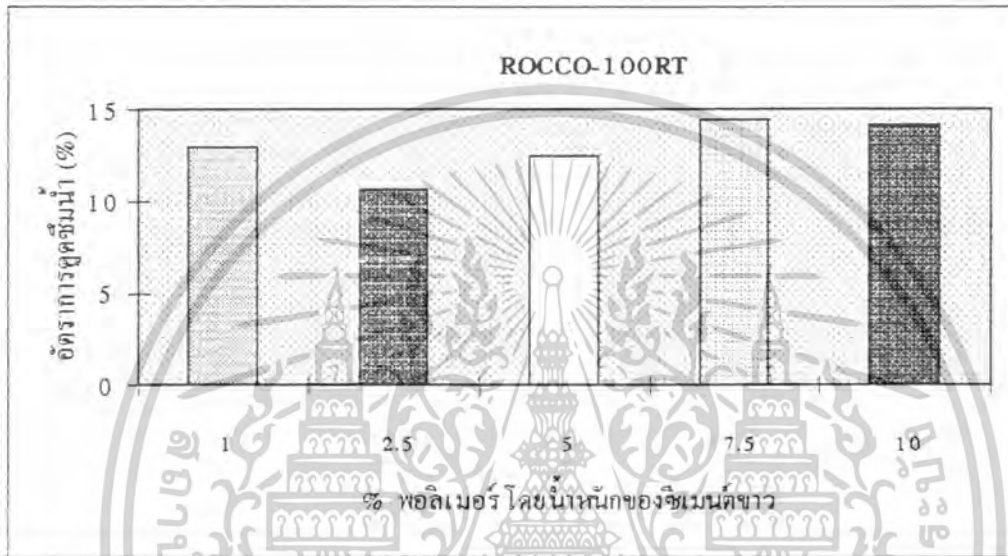
รูปที่ 22 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ฉ. สภาวะแห้งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROCCO-100RT ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROCCO-100RT 1% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ  $101.25 \text{ kgf/cm}^2$  แต่มีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROCCO-100RT
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROCCO-100RT 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ  $6.08 \text{ kgf/cm}^2$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROCCO - 100 RT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.2 ผลจากการศึกษาการดูดซึมน้ำ ( WATER ABSORPTION ) ของปูนผสม ROCCO-100RT ในปริมาณต่าง ๆ



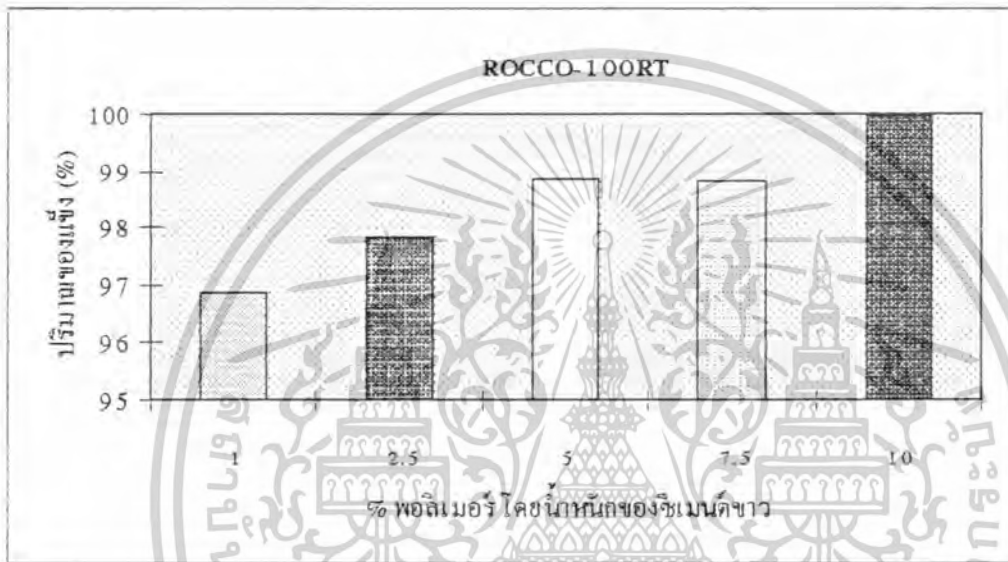
รูปที่ 23 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROCCO-100RT ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROCCO-100RT 7.5% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าอัตราการดูดน้ำมากที่สุดเท่ากับ 14.46% ซึ่งมีความมากกว่าค่าอัตราการดูดน้ำของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROCCO-100RT
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROCCO-100RT 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าอัตราการดูดน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 10.66 % ซึ่งมีความน้อยกว่าค่าอัตราการดูดน้ำของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROCCO-100RT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.3 ผลจากการศึกษาค่าปริมาณของแข็ง ( SOLID CONTENT ) ของปูนผสม ROCCO-100 RT ในปริมาณต่าง ๆ



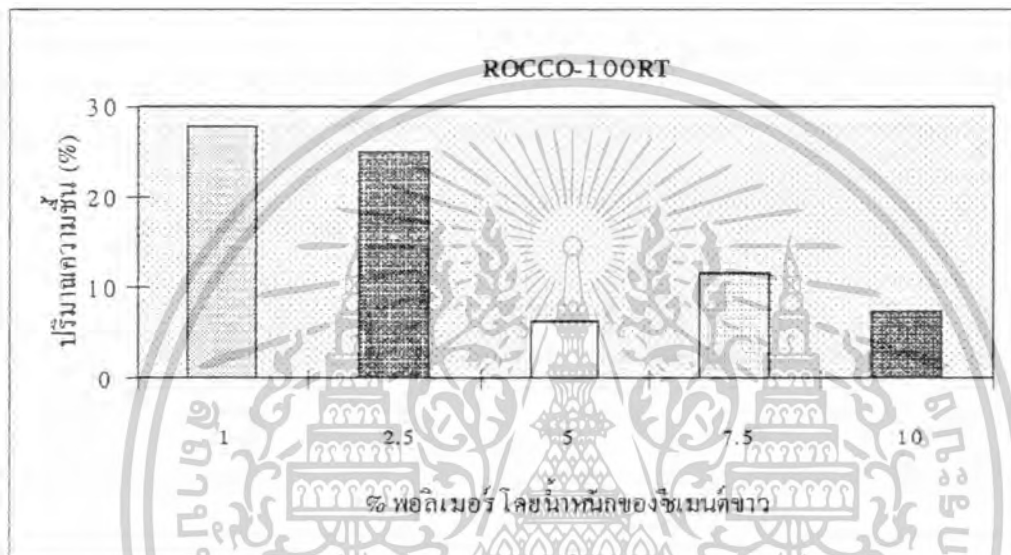
รูปที่ 24 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROCCO-100RT ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROCCO-100RT 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าปริมาณของแข็งมากที่สุดเท่ากับ 99.95 % ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าปริมาณของแข็งของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROCCO-100RT
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROCCO-100RT 1% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าปริมาณของแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 96.85% แต่มีค่ามากกว่าค่าปริมาณของแข็งของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROCCO-100RT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.4 ผลจากการศึกษาหาค่าปริมาณความชื้น ( MOISTURE CONTENT ) ของปูนผสม ROCCO - 100 RT ในปริมาณต่าง ๆ



รูปที่ 25 แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROCCO-100RT ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROCCO-100RT 1% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 27.86 % ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าปริมาณความชื้น ของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROCCO-100RT
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROCCO-100RT 5% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาว มีค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 6.31% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าปริมาณความชื้น ของปูนเมื่อยังไม่ผสม ROCCO-100RT

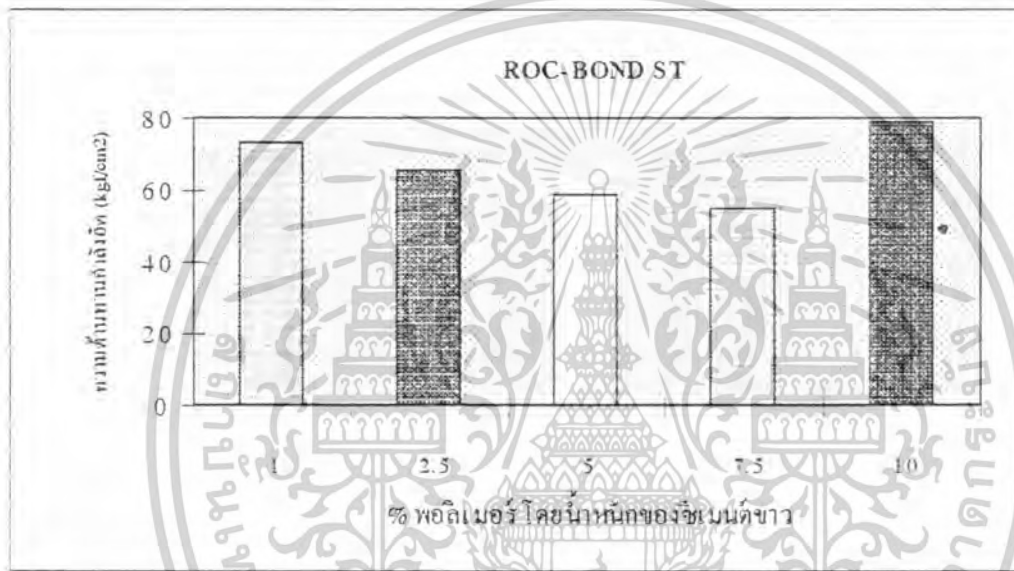
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.6 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายในอัตราส่วน 3.5:6.5

### เมื่อเติม ROC-BOND ST ในปริมาณต่างๆ

#### 5.6.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด (COMPRESSIVE STRENGTH) ของปูนผสม ROC-BOND ST ในปริมาณต่างๆ

ณ สภาวะเปียก



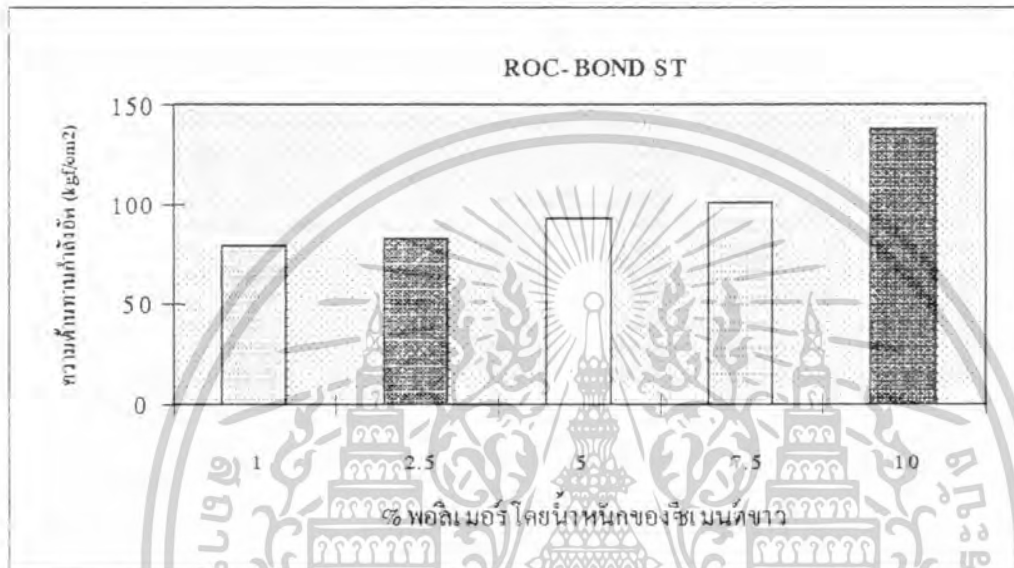
รูปที่ 26 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะเปียกของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-BOND ST ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อผสม ROC-BOND ST 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ  $79.12 \text{ kgf/cm}^2$  แต่มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยกว่าปูนเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-BOND ST
- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อผสม ROC-BOND ST 7.5% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ  $54.79 \text{ kgf/cm}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ณ สภาวะแห้ง



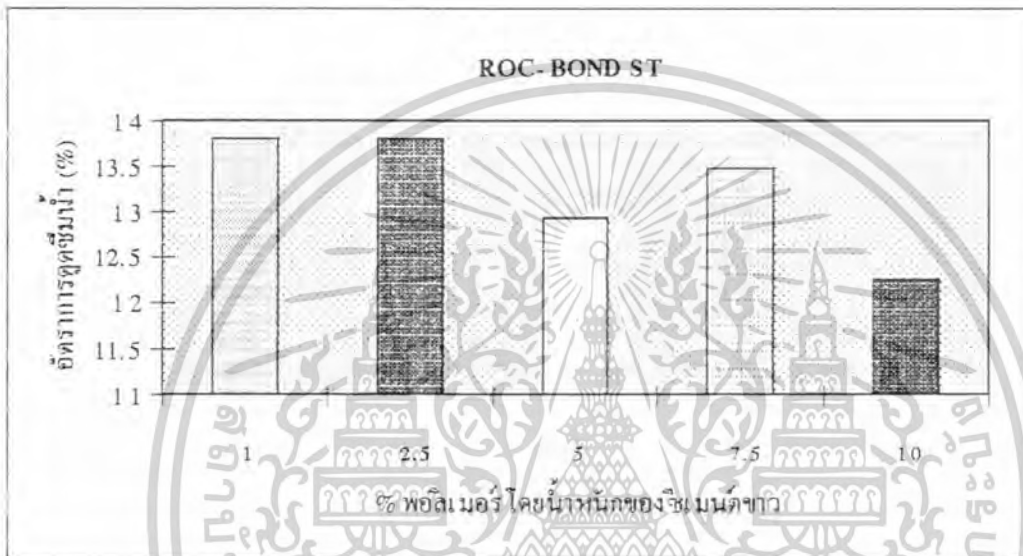
รูปที่ 27 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะแห้งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-BOND ST ในปริมาณต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อผสม ROC-BOND ST 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ  $138.09 \text{ kgf/cm}^2$  ซึ่งมีค่าความต้านทานกำลังอัดมากกว่าปูนเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-BOND ST
- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อผสม ROC-BOND ST 1.0% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ  $78.77 \text{ kgf/cm}^2$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-BOND ST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.6.2 ผลการศึกษาการดูดซึมน้ำ (WATER ABSORPTION) ของปูนผสม ROC-BOND ST ในปริมาณต่างๆ



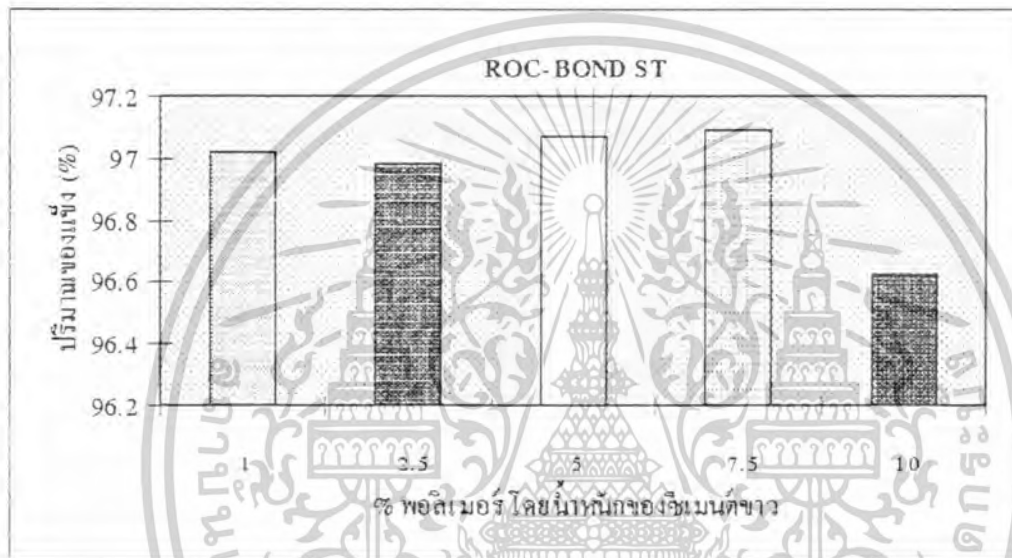
รูปที่ 28 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-BOND ST ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-BOND ST 1% และ 2.5% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 13.80% ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-BOND ST
- ค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-BOND ST 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 12.25% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปูนเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-BOND ST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.6.3 ผลการศึกษาค่าปริมาณของแข็ง (SOLID CONTENT) ของปูนผสม ROC-BOND ST ใน ปริมาณต่างๆ



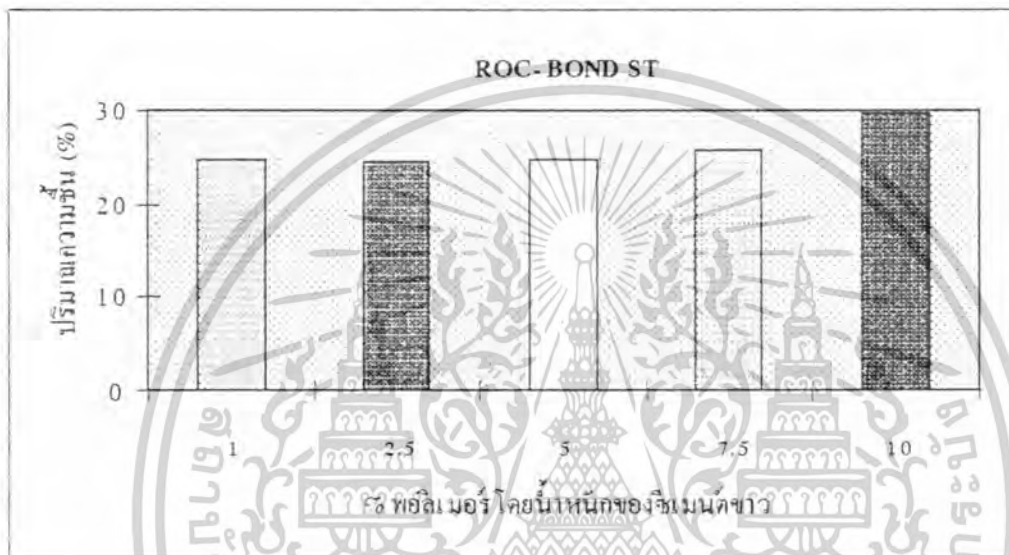
รูปที่ 29 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-BOND ST ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ค่าปริมาณของแข็งของปูนผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-BOND ST 7.5% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 97.09% ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-BOND ST
- ค่าปริมาณของแข็งของปูนเมื่อผสม ROC-BOND ST 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 96.62% แต่มีค่ามากกว่าปูนเมื่อยังไม่ได้เติม ROC-BOND ST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.4 ผลการศึกษาหาค่าปริมาณความชื้น (MOISTURE CONTENT) ของปูนผสม ROC-BOND ST ในปริมาณต่างๆ



รูปที่ 30 แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-BOND ST ในปริมาณต่างๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

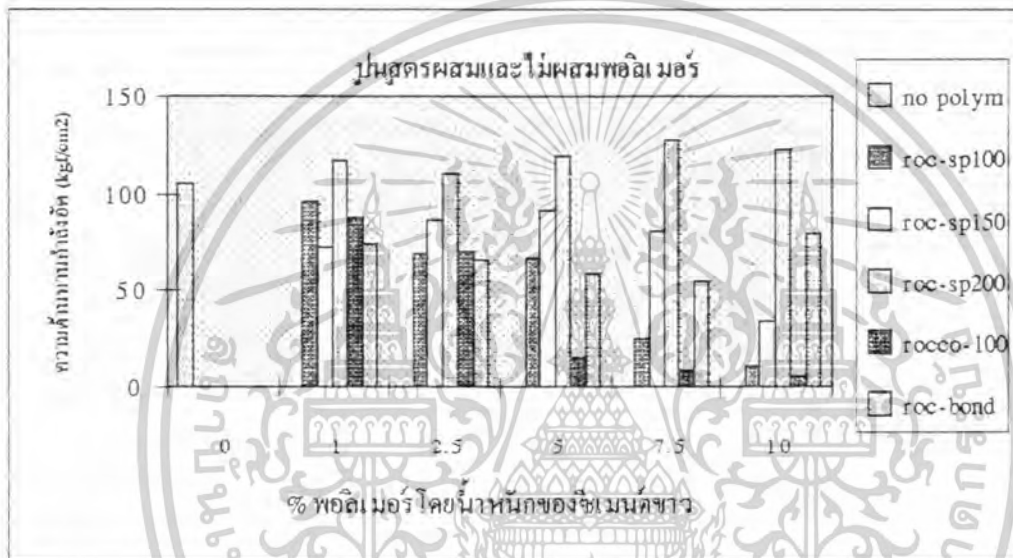
- ค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-BOND ST 10% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 29.61% ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนเมื่อยังไม่ได้ผสม ROC-BOND ST
- ค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 เมื่อเติม ROC-BOND ST 2.5% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ขาวมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 24.49% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปูนเมื่อยังไม่ได้ผสม ROC-BOND ST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.7 ผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5: 6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์และไม่เติมพอลิเมอร์

### 5.7.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความต้านทานกำลังอัด (COMPRESSIVE STRENGTH)

#### ณ สภาวะเปียก



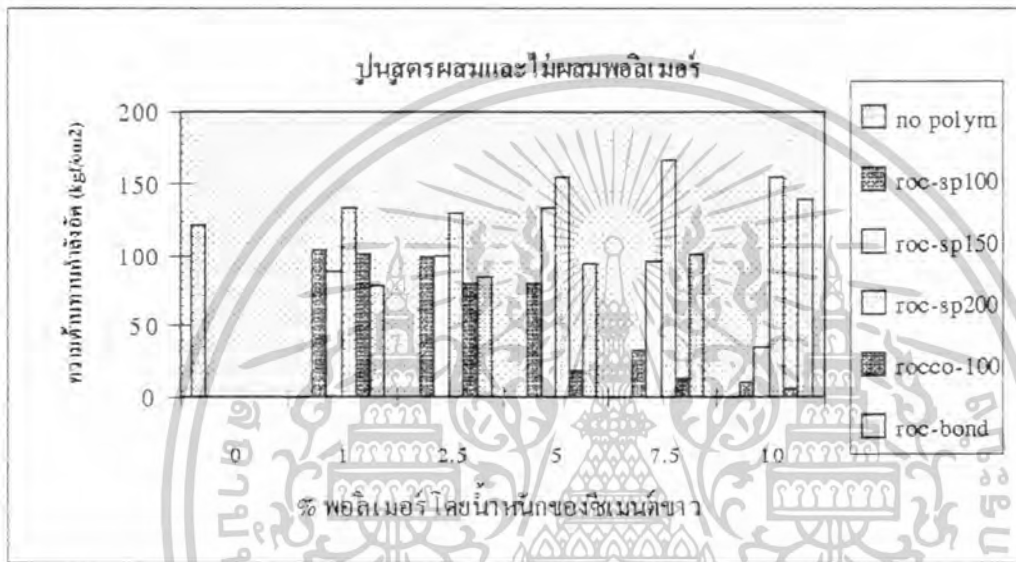
รูปที่ 31 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะเปียกของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5 : 6.5เมื่อเติมพอลิเมอร์และไม่เติมพอลิเมอร์

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP200 จะให้ค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดสำหรับทุกๆปริมาณการเติม และยังให้ค่าความต้านทานกำลังอัดมากกว่าในกรณีที่ไม่เติมพอลิเมอร์
- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติม ROC-SP100 ROC-SP150 ROCCO-100RT และROC-BOND ST จะให้ค่าความต้านทานกำลังอัดต่ำกว่าในกรณีไม่เติมพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ. สภาวะแห้ง



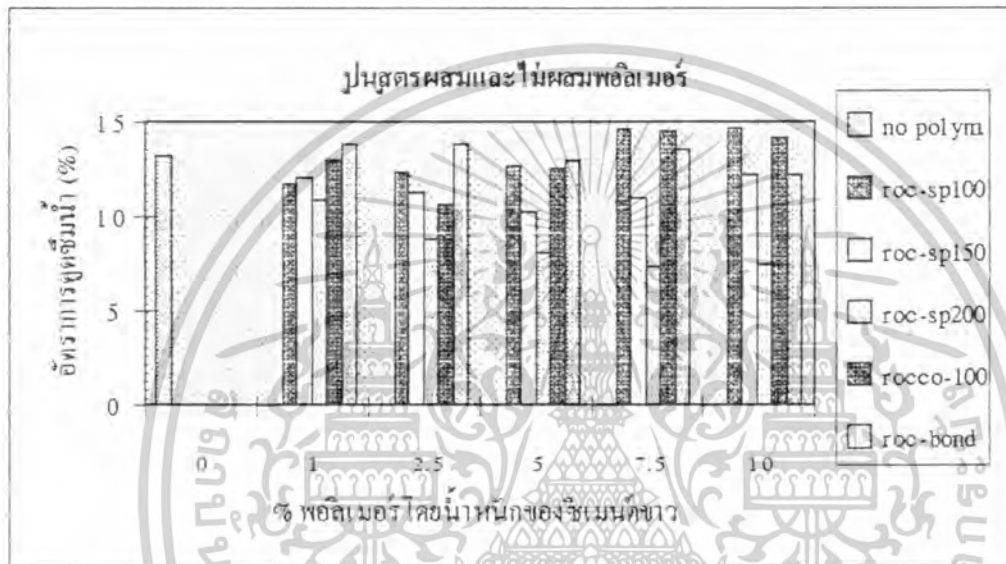
รูปที่ 32 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานอัด ฉ. สภาวะแห้งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5 : 6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์และไม่เติมพอลิเมอร์

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5 : 6.5 ที่เติม ROC-SP200 จะให้ค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดสำหรับทุกๆปริมาณการเติม นอกจากนี้ยังมี 5% ของ ROC-SP150 และ 10% ของ ROC-BOND ST ซึ่งจะให้ค่าความต้านทานกำลังอัดมากกว่าในกรณีที่ไม่เติมพอลิเมอร์
- สำหรับพอลิเมอร์ตัวอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ จะให้ค่าความต้านทานกำลังอัดต่ำกว่าในกรณีที่ยังไม่เติมพอลิเมอร์ทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.7.2 ผลการเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำ (WATER ABSORPTION)



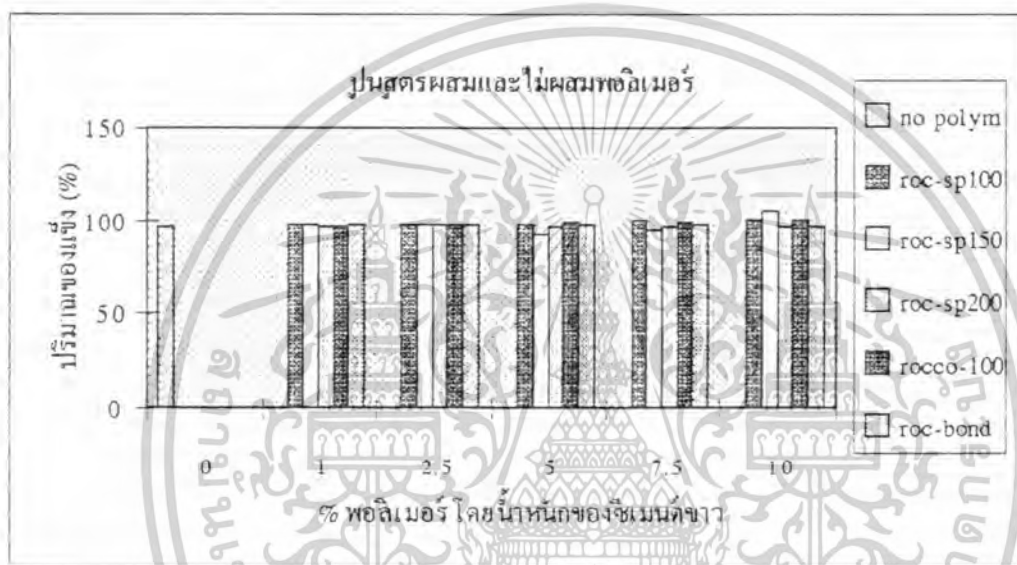
รูปที่ 33 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5 : 6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์และไม่เติมพอลิเมอร์

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5:6.5 ที่เติมพอลิเมอร์ทุกตัวจะให้ค่าอัตราการดูดซึมน้ำโดยรวมต่ำกว่าในกรณีไม่เติมพอลิเมอร์ โดยเฉพาะ ROC-SP200 ซึ่งให้ค่าอัตราการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.7.3 ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็ง (SOLID CONTENT)



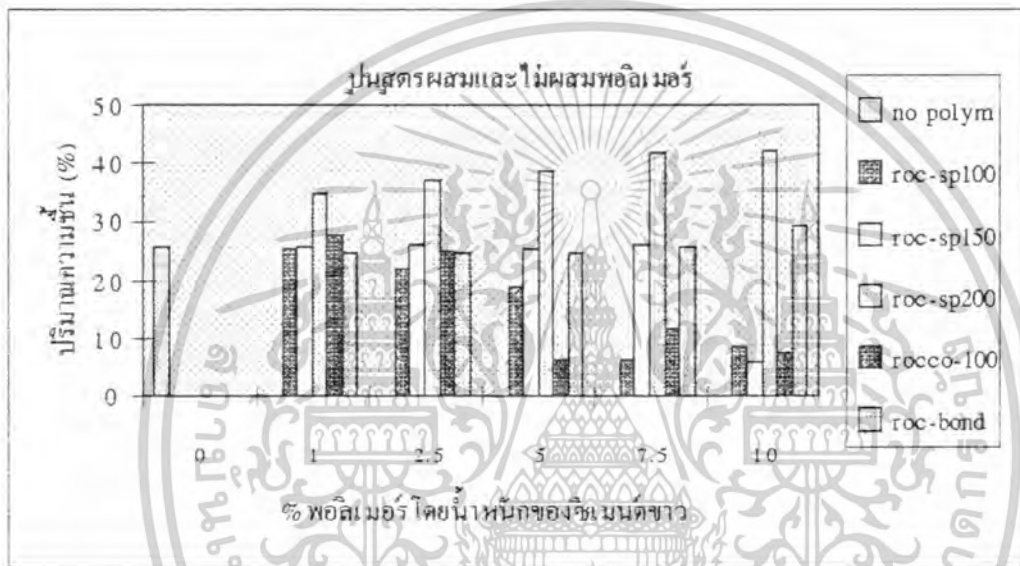
รูปที่ 34 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5 : 6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์และไม่เติมพอลิเมอร์

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5 : 6.5 ที่เติมพอลิเมอร์ทุกตัวจะให้ค่าปริมาณของแข็งโดยรวมสูงกว่าในกรณีไม่เติมพอลิเมอร์ โดยเฉพาะ ROCCO-100RT ซึ่งให้ค่าปริมาณของแข็งสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.7.4 ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้น (MOISTURE CONTENT)



รูปที่ 35 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นของปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5 : 6.5 เมื่อเติมพอลิเมอร์และไม่เติมพอลิเมอร์

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า

- ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 3.5 : 6.5 ที่เติม ROC-SP200 จะให้ค่าปริมาณความชื้นสูงสุดสำหรับทุกๆ ปริมาณการเติม และยังให้ค่าสูงกว่าในกรณีไม่เติมพอลิเมอร์
- สำหรับพอลิเมอร์ตัวอื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ จะให้ค่าปริมาณความชื้นโดยรวมต่ำกว่าในกรณีที่ไม่เติมพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 วิจารณ์ผลการวิเคราะห์ไอออนที่ละลายในน้ำแข็งปูนสูตรต่างๆโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของอะตอม(ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER)

ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วน 5:5 จะให้ปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$   $\text{K}^+$  และ  $\text{Ca}^{2+}$  ที่ละลายออกมามากที่สุด ในขณะที่อัตราส่วน 1:9 จะให้ปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$   $\text{K}^+$  และ  $\text{Ca}^{2+}$  ที่ละลายออกมาน้อยที่สุด สำหรับปูนซีเมนต์ขาวล้วนจะให้ปริมาณความเข้มข้นของไอออนดังกล่าวมากกว่าปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายทุกอัตราส่วน เนื่องจากมีปริมาณเนื้อปูนอยู่มากที่สุด

5.9 วิจารณ์ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของสารพอลิเมอร์โดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ROC-SP100

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของพอลิเมอร์ตัวนี้ซึ่งแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ 3600-3200 $\text{cm}^{-1}$  2950  $\text{cm}^{-1}$  1600  $\text{cm}^{-1}$  1250 $\text{cm}^{-1}$  และ1050 $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ O-H C-H C=C และ S=O แสดงว่าพอลิเมอร์นี้มีหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นองค์ประกอบภายในโครงสร้าง

ROC-SP150

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของพอลิเมอร์ตัวนี้ซึ่งแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่3600-3200 $\text{cm}^{-1}$  1600  $\text{cm}^{-1}$  และ1250-1000 $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ O-H C=C และ S=O แสดงว่าพอลิเมอร์นี้มีหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นองค์ประกอบภายในโครงสร้าง

ROC-SP200

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของพอลิเมอร์ตัวนี้ซึ่งแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่3600-3200  $\text{cm}^{-1}$  1650  $\text{cm}^{-1}$  1200  $\text{cm}^{-1}$  และ1050  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ O-H C=C และ S=O แสดงว่าพอลิเมอร์นี้มีหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นองค์ประกอบภายในโครงสร้าง

ROCCO-100RT

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของพอลิเมอร์ตัวนี้ซึ่งแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ 3600-3100  $\text{cm}^{-1}$  1650  $\text{cm}^{-1}$  1250-1150  $\text{cm}^{-1}$  และ1050  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ O-H C=C และ S=O แสดงว่าพอลิเมอร์นี้มีหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นองค์ประกอบภายในโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ROC-BOND ST

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของพอลิเมอร์ตัวนี้ซึ่งแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่  $3000 \text{ cm}^{-1}$   $2850 \text{ cm}^{-1}$   $1740 \text{ cm}^{-1}$   $1300-1200 \text{ cm}^{-1}$  และ  $1150-1000 \text{ cm}^{-1}$  ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ C-H C=O และ C-O แสดงว่าพอลิเมอร์นี้มีหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นองค์ประกอบภายในโครงสร้าง

### POLYVINYL ACETATE EMULTION

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของพอลิเมอร์ตัวนี้ซึ่งแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่  $3600-3200 \text{ cm}^{-1}$   $2900 \text{ cm}^{-1}$   $1750 \text{ cm}^{-1}$   $1450-1350 \text{ cm}^{-1}$   $1300-1200 \text{ cm}^{-1}$  และ  $1150-1000 \text{ cm}^{-1}$  ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ O-H C-H C=O และ C-O แสดงว่าพอลิเมอร์นี้มีหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นองค์ประกอบภายในโครงสร้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปผลการวิจัย

##### 6.1.1 ตอนที่ 1 ( ปูนซีเมนต์ขาวผสมทราย )

###### 6.1.1.1 คุณสมบัติในด้านความต้านทานกำลังอัด ( COMPRESSIVE STRENGTH )

จากผลการวิจัยพบว่า ปูนที่มีอัตราส่วนของซีเมนต์ขาวต่อทรายเท่ากับ 5:5 ให้ค่าความต้านทานกำลังอัดทั้งในสภาวะเปียก และสภาวะแห้งมากที่สุด แต่มีค่าน้อยกว่าสูตรที่มีปูนซีเมนต์ขาวล้วน ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อวัสดุสามารถเกาะตัวกันแน่นมีช่องว่างระหว่างอนุภาคน้อยกว่าอัตราส่วนอื่นที่มีปริมาณทรายเพิ่มมากขึ้น สังเกตได้จากกราฟว่า ค่าความต้านทานกำลังอัดแปรตามปริมาณซีเมนต์ขาว ฉะนั้นชิ้นงานจึงไม่เสียรูปทรงมากนัก ทำให้มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากกว่าปูนสูตรอื่น

###### 6.1.1.2 คุณสมบัติในด้านอัตราการดูดซึมน้ำ ( WATER ABSORPTION )

จากผลการวิจัยพบว่า ปูนที่มีอัตราส่วนของซีเมนต์ขาวต่อทรายเท่ากับ 5:5 4:6 และ 3.5:6.5 มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำน้อยมาก จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมและก่อสร้าง เนื่องจากความชื้นที่อยู่ในอากาศ และในชิ้นงานเป็นสาเหตุให้ชิ้นงานเสื่อมสภาพหรือเกิดการชำรุดเสียหายได้ ดังนั้นปูนสูตรที่มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำสูง เช่น ปูนที่มีอัตราส่วน 10:0 1:9 2:8 และ 2.5:7.5 ซึ่งมีอัตราการดูดซึมน้ำสูงมาก จึงมีโอกาสที่ชิ้นงานจะเสื่อมสภาพสูงมากด้วย

###### 6.1.1.3 คุณสมบัติในด้านปริมาณของแข็ง ( SOLID CONTENT )

จากผลการวิจัยพบว่า ปูนที่มีอัตราส่วนของซีเมนต์ขาวต่อทรายเท่ากับ 1:9 มีปริมาณของแข็งมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากส่วนผสมเป็นทรายถึง 90% จึงทำให้ชิ้นงานที่ได้มีส่วนที่เป็นของแข็งมากที่สุด และชิ้นงานจะมีการยุบตัวน้อยมากเมื่อเทียบกับชิ้นงานตัวอย่างจากปูนที่มีอัตราส่วนอื่นๆ คือ ปริมาณของแข็งจะแปรตามปริมาณทรายที่เป็นองค์ประกอบ

###### 6.1.1.4 คุณสมบัติในด้านปริมาณความชื้น ( MOISTURE CONTENT )

จากผลการวิจัยพบว่า ปูนที่มีอัตราส่วนของซีเมนต์ขาวต่อทรายต่ำ ๆ จะมีปริมาณความชื้นน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของเนื้อวัสดุ คือ ซีเมนต์ขาวจะดูดซึมน้ำในอากาศได้ดีทำให้ปริมาณความชื้นสูงที่สุด

จากผลการวิจัยที่ได้ตอนที่ 1 พบว่าปูนที่เหมาะสมจะนำไปปรับปรุงคุณสมบัติโดยการเติมพอลิเมอร์ลงไป คือ ปูนที่มีอัตราส่วนของซีเมนต์ขาวต่อทรายเท่ากับ 3.5:6.5 เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพดังกล่าวมาแล้วข้างต้นเหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้ปูนสูตรนี้มาทำการผสมพอลิเมอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางการค้าอันได้แก่ ROC-SP100 ROC-SP150 ROC-SP200 ROCCO-100RT และROC-BOND ST เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้น

#### 6.1.2 ตอนที่ 2 ( ซีเมนต์ขาว 3.5 ส่วน ผสมทราย 6.5 ส่วน และพอลิเมอร์ )

##### 6.1.2.1 คุณสมบัติในด้านความต้านทานกำลังอัด ( COMPRESSIVE STRENGTH )

จากผลการวิจัยพบว่า คุณสมบัติด้านความต้านทานกำลังอัดของปูนเมื่อเติม ROC-SP200 ลงไปจะมีค่าสูงกว่าเมื่อเติมพอลิเมอร์ตัวอื่น และมีค่าสูงกว่าเมื่อยังไม่ได้เติมพอลิเมอร์ทั้งในสภาวะเปียก และสภาวะแห้ง ดังนั้นปูนเมื่อผสม ROC-SP200 แล้วเหมาะที่จะนำไปใช้งานที่ต้องการการรับกำลังอัดมากที่สุด โดยเฉพาะที่ปริมาณ 7.5 % โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาวจะให้ค่าความต้านทานกำลังอัดสูงสุด เพราะฉะนั้นการเติมในปริมาณมากกว่านี้จะไม่ส่งผลดีใดๆ อีกทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์

##### 6.1.2.2 คุณสมบัติในด้านอัตราการดูดซึมน้ำ ( WATER ABSORPTION )

จากผลการวิจัยพบว่า ปูนเมื่อผสม ROC-SP200 แล้วจะมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดโดยเฉพาะที่ปริมาณการใช้ 7.5 % โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาว ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในงานที่ต้องการให้มีสภาวะอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ

##### 6.1.2.3 คุณสมบัติในด้านปริมาณของแข็ง ( SOLID CONTENT )

จากผลการวิจัยพบว่า ปูนเมื่อผสมพอลิเมอร์ทุกตัวกเว้น ROC-SP150 จะมีค่าปริมาณของแข็งเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณีที่ไม่เติมพอลิเมอร์ ซึ่งส่งผลดีต่อการคงรูปของชิ้นงานโดยไม่ก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร

##### 6.1.2.4 คุณสมบัติในด้านปริมาณความชื้น ( MOISTURE CONTENT )

จากผลการวิจัยพบว่า ปูนเมื่อผสม ROC-SP100 มีปริมาณความชื้นโดยรวมต่ำสุด โดยเฉพาะที่ปริมาณการใช้ 7.5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ขาว ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในงานสถาปัตยกรรมที่ไม่ต้องการให้ชิ้นงานมีปริมาณความชื้นสูง

#### 6.1.3 การวิเคราะห์ไอออนที่ละลายในน้ำแก่ปูนซีเมนต์ขาวผสมทรายอัตราส่วนต่างๆ

จากผลการวิจัยพบว่า ไอออนที่ละลายน้ำออกมาได้แก่  $\text{Na}^+$   $\text{K}^+$  และ  $\text{Ca}^{2+}$

#### 6.1.4 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ทางการค้าที่ใช้ในการทดลอง

พบว่าสารพอลิเมอร์ ROC-BOND ST แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่  $1740 \text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของหมู่  $\text{C}=\text{O}$  ของเอสเทอร์ นอกจากนี้ยังแสดงค่าที่  $1300-1200 \text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของหมู่  $\text{C}-\text{O}$  ของอีเธอร์ด้วย ซึ่งหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นหมู่ฟังก์ชันที่แสดงค่าอินฟราเรดสเปกตรัมเช่นเดียวกับที่ทำการวิเคราะห์ POLYVINYACETATE EMULSION ด้วยวิธีเดียวกัน จึงสรุปว่า ROC-

BOND ST น่าจะเป็น พอลิเมอร์ในกลุ่มของ POLYVINYLACETATE

นุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับพอลิเมอร์ตัวอื่นซึ่งได้แก่ ROC-SP100 ROC-SP150 ROC-SP200 และ ROCCO-100RT แสดงค่าการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่  $1600\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของหมู่  $\text{C}=\text{C}$  ในวงแหวนอะโรมาติก นอกจากนี้ยังแสดงค่าที่  $1250\text{-}1150\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของหมู่  $\text{S}=\text{O}$  อีกด้วยซึ่งหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นหมู่ฟังก์ชันที่แสดงค่าอินฟราเรดสเปกตรัมเช่นเดียวกับ POLYALKYLIDENE SULPHONYL NAPHTHALENE ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสารพอลิเมอร์ทางการค้าที่นำมาใช้เหล่านี้น่าจะเป็นพอลิเมอร์ในกลุ่มของ POLYALKYLIDENE SULPHONYL NAPHTHALENE เช่นกัน

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการผสมปูนแต่ละครั้งควรให้ความหนักที่พอเหมาะแก่การฉาบปูน และควรมีค่าความหนักใกล้เคียงกันสำหรับการผสมปูนแต่ละสูตร
2. แม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองควรทำจากวัสดุที่สามารถทนต่อการกัดกร่อนของปูนได้ เช่น พลาสติก ไม่ควรใช้แผ่นอะลูมิเนียมบางในการทำแม่พิมพ์เนื่องจากเกิดการกัดกร่อน ระหว่างผิวของชิ้นงานกับแม่พิมพ์ ส่งผลให้ผิวของชิ้นงานขรุขระไม่สวยงาม
3. ชิ้นงานที่จะนำมาทดสอบด้านความต้านทานกำลังอัดควรมีผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอ เพื่อจะได้รับแรงอัดเท่าๆกันทั่วทั้งชิ้นงาน
4. ควรที่จะทำการศึกษาปรับปรุงคุณสมบัติของปูนโดยทดลองใช้สารพอลิเมอร์ตัวอื่นๆ เพื่อให้ปูนมีคุณสมบัติดียิ่งขึ้น และคุ้มค่าต่อการนำไปใช้งานทางสถาปัตยกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. ประจต กุลสูตร , เทคนิคงานปูน-คอนกรีต, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 28-33, กรุงเทพฯ:เอ็ม.พี.พับลิชชิง,2535
2. ขวัญชัย ชูปริศาและคณะ, ทำเนียบวัสดุก่อสร้าง, หน้า 38, กรุงเทพฯ:เอเชียเพรส,2531-32
3. พงศ์พันธ์ วรสุนทรโรสด, วัสดุก่อสร้าง, หน้า (17-19) , กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดยูเคชั่น,2532
4. มอก., มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ขาว, 133(2518)
5. รุ่งรัตน์ ยี่มละม้าย และตักขมา สุระมรรคา, การศึกษาคูสมบัติของปูนสูตรโบราณ, โครงการพิเศษปริญญาบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า - เจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2538
6. Caleb Hornbostel, Construction Materials:Types, Uses and Applications, 2<sup>nd</sup> ed., pp.189-197, 533-539, New York:John Wiley & Son,1991
7. Shan Somayaji, Civil Engineering Materials, pp.47-48, 159-161, Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall,1995
8. Neil Jackson and Ravindra K. Dhir, Civil Engineering Materials, 4<sup>th</sup> ed., pp.123-139, London :Macmillan Press,1977
9. Shandor Popovics, Concrete Materials Properties, Specifications and Testing, 2<sup>nd</sup> ed., pp.171-172, Noyes Publications
10. Neville , A.M. in Properties of Concrete, 3<sup>rd</sup> ed., pp.81-83, Essex:EL/BS with Longman,1991
- 11.Dorel Feldman, Polymeric Building Materials, pp.233-250, Elsevier Applied Science, London and New York,1989
12. Technical Teacher's Training Institute, Civil Engineering Materials, pp.93-104, 118-120, New Delhi:Tata Mcgraw Hill,1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ROC - SP 100

#### น้ำยาเร่ง และ ลดปริมาณน้ำที่ใช้

รีอค - เอสพี 100 เป็นน้ำยาผสมคอนกรีต เพื่อเร่งการก่อตัวให้เร็วขึ้น ลดปริมาณน้ำที่ใช้ผสมปูนซีเมนต์ ช่วยเพิ่มความสามารถในการเท ช่วยทำให้คอนกรีตมีความหนาแน่น และ มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

รีอค - เอสพี 100 ช่วยเพิ่มกำลังรับแรงของคอนกรีตให้สูงขึ้นทั้งในระยะเริ่มต้น และ ระยะสุดท้ายช่วยลดเวลาในการถอดแบบให้เร็วขึ้น ช่วยลดเวลาในการทำงาน และ ช่วยประหยัดแบบก่อสร้าง

รีอค - เอสพี 100 สามารถลดระยะเวลาในการแข็งตัวได้ 15-50 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นจะสามารถถอดแบบได้เร็วขึ้นถึงเท่าตัว การใช้ รีอค - เอสพี 100 ผสมในคอนกรีตจะช่วยลดอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ผสมได้มากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ โดยคอนกรีตจะมีความสามารถในการเทได้คงเดิม

รีอค - เอสพี 100 สามารถช่วยเพิ่มค่าการพองตัวของคอนกรีต โดยทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเสมอ และความสำเร็จ ที่ต้องการกำลังการรับแรงสูง

รีอค-เอสพี 100 เหมาะสำหรับใช้งานหล่อคอนกรีต คอนกรีตอัดแรง แผ่นพื้น

#### คุณลักษณะ

องค์ประกอบทางเคมี : สารพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

ลักษณะทางกายภาพ : สารละลายสีน้ำตาล

ความถ่วงจำเพาะ : 1.20 ถึง 1.25

ความเป็นกรด - เบส : 9.5 + - 1.0

#### อัตราการใช้งาน

รีอค - เอสพี 100 เป็นน้ำยาเร่งการก่อตัวของคอนกรีต สามารถใช้ในอัตราส่วน ตั้งแต่ 0.5 % ถึง 2.5 % ต่อน้ำหนักของคอนกรีต โดยทั่วไปจะใช้ในอัตราส่วน 0.5 ลิตร ต่อ ปูนซีเมนต์ 50 กิโลกรัม ( 1 ถุง )

#### คุณสมบัติ

รีอค - เอสพี 100 เป็นน้ำยาเร่งการก่อตัวของคอนกรีต ที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน ASTM C - 494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ROC-SP 150

## น้ำยาเพิ่มการไหลตัวและเพิ่มกำลังสำหรับคอนกรีต

## Superplasticizer and High Range Water Reducing Concrete Admixtures

ร็อก-เอสพี150 เป็นน้ำยาเพิ่มการไหลตัวและมีผลในการเพิ่มกำลังรับแรงสำหรับคอนกรีตที่ต้องการกำลังสูงตามมาตรฐาน ASTM-494 Type A, C, D และ F มาตรฐานอังกฤษ BS 5075

ร็อก-เอสพี150 เป็นน้ำยาที่ประกอบด้วยสารโพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ผลผลิตขึ้นมาให้มีความเหมาะสมสำหรับผลิตคอนกรีตที่ต้องการกำลังสูงมากกว่า 90 MPa

ร็อก-เอสพี150 เป็นน้ำยาที่มีคุณสมบัติเพิ่มการไหลตัวของคอนกรีตสดชนิดพิเศษ มีความสามารถในการลดปริมาณน้ำที่ใช้ในคอนกรีต ได้มากกว่า 25% ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำยาร็อก-เอสพี 150 ที่ใช้

ร็อก-เอสพี150 เป็นน้ำยาที่ประกอบด้วยสารโพลีเมอร์ ที่มีคุณสมบัติช่วยทำให้อิออนภาคซีเมนต์กระจายตัวอย่างทั่วถึง สามารถใช้กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ทุกประเภท

## คุณสมบัติทางกายภาพ และ คุณลักษณะพิเศษของ ร็อก-เอสพี 150

|                    |   |   |
|--------------------|---|---|
| คุณลักษณะทางกายภาพ | : | เป็นของเหลวสีน้ำตาลดำ                           |
| ส่วนประกอบทางเคมี  | : | สารโพลีเมอร์ของ Alkyldine sulphonyl naphthalene |
| ความต้วงจำเพาะ     | : | มากกว่า 1.20                                    |
| ปริมาณของแข็ง      | : | มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์                          |
| ค่าความเป็นกรด-เบส | : | 9.5 + - 1.0                                     |

## ประสิทธิภาพและคุณสมบัติของ ร็อก-เอสพี 150

ร็อก-เอสพี 150 มีประสิทธิภาพช่วยในการลดน้ำได้มากถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีประโยชน์ช่วยในการผลิตคอนกรีตอัดแรงที่มีกำลังสูง โดยจะมีประสิทธิภาพทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงได้ภายใน 24 ชั่วโมง มีค่ามากกว่า 50 MPa เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในปริมาณ 450 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ 0.32 โดยให้กำลังรับแรงค้ำที่มีค่ามากกว่า 90 MPa จากผลที่ทดสอบได้ พบว่าเมื่อใช้ ร็อก-เอสพี 150 จะให้คอนกรีตที่มีค่าแรงค้ำที่ค่าเฉลี่ย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงในช่วงคืนได้อย่างชัดเจน ดังนั้นรีอค-เอสพี 150 มีคุณสมบัติช่วยลดเวลาในระหว่างการผลิตคอนกรีตเพิ่มมากขึ้น รีอค-เอสพี 150 มีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้ได้กับปูนซีเมนต์ทุกประเภท เพื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำหรับงานหล่อแบบทุกลักษณะทั้งที่มีรูปร่างยากๆ สามารถทำการผลิตคอนกรีตให้มีความหนาแน่นสูง คอนกรีตที่ผลิตได้มีความคงทนมาก

รูปที่ 2 แสดงผลความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมรีอค-เอสพี 150 เปรียบเทียบกับคอนกรีตมาตรฐานที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 1

ปริมาณ 450 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

อัตราส่วนน้ำ/ซีเมนต์

ปริมาณผลมรีอค-เอสพี 150

ค่าความยุบตัว

คอนกรีตมาตรฐาน

คอนกรีตผสมรีอค-เอสพี 150

0.45

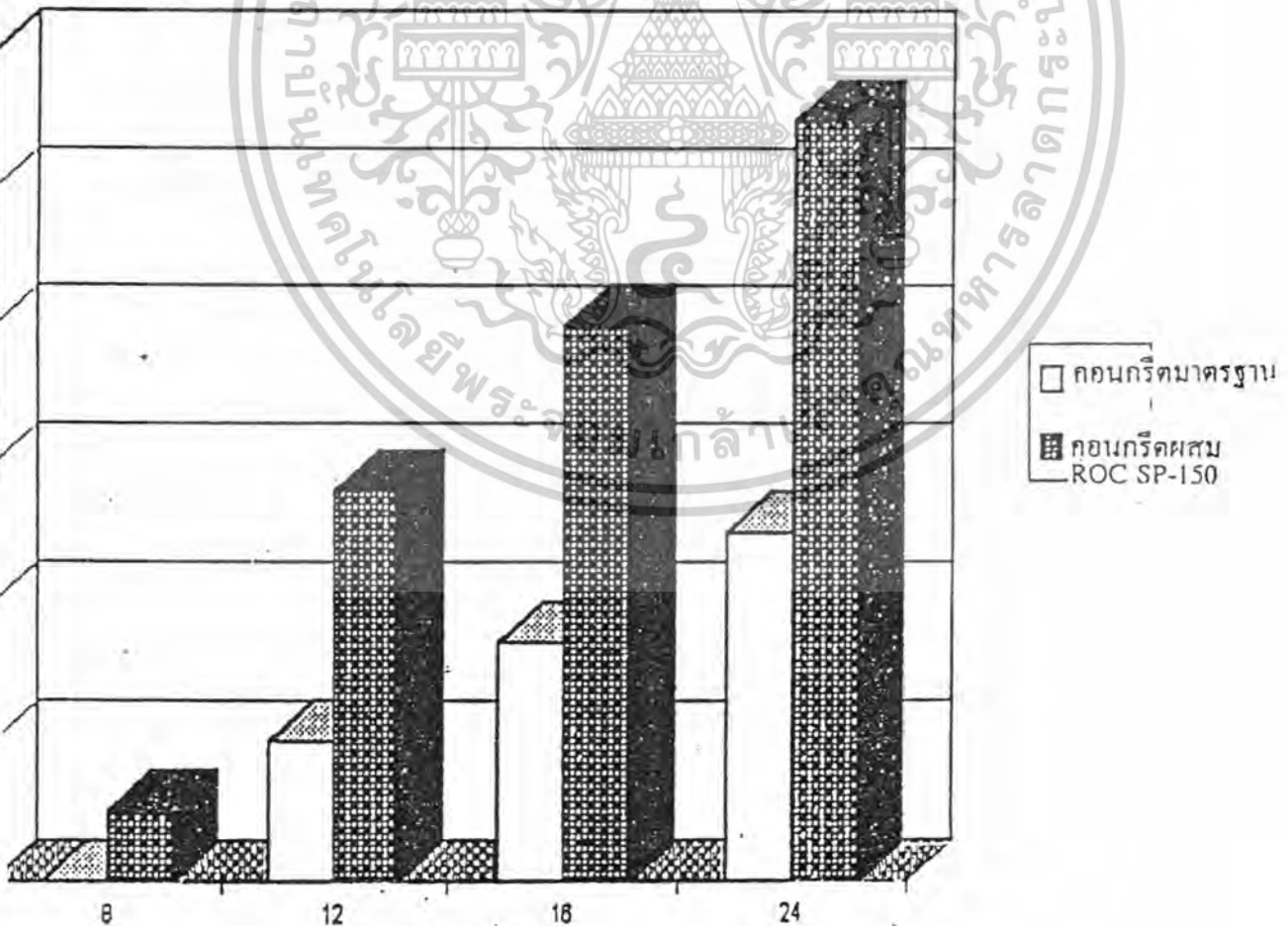
0.32

0

120 ซีซี/ 100 กิโลกรัมซีเมนต์

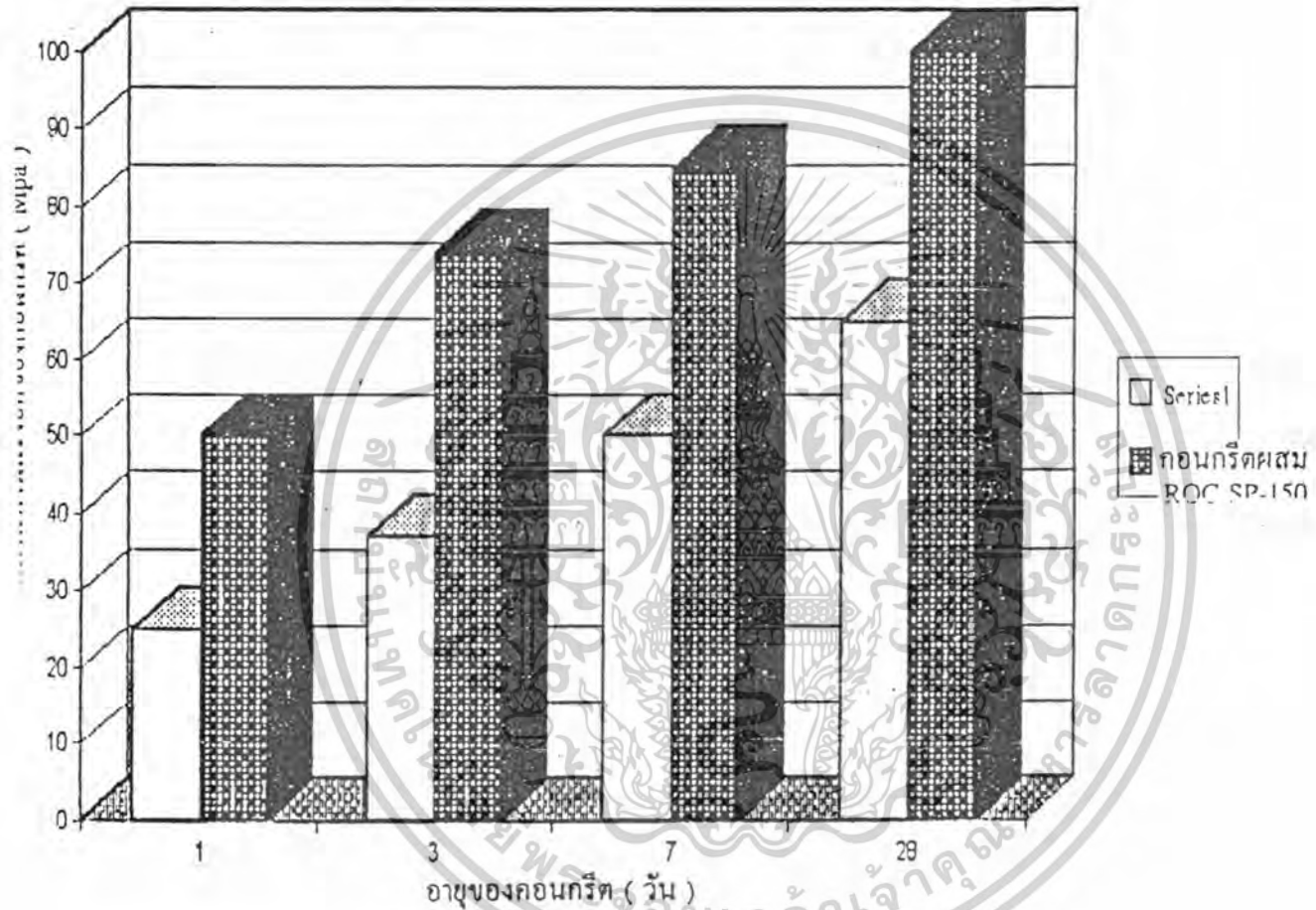
10.5 ซม.

13.5 ซม.



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของรีอคโคไทย (ซึ่งไม่มี) เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8 แสดงผลความต้านทานของคอนกรีตที่ผสมร็อค-เอสพี 150 เปรียบเทียบกับคอนกรีตมาตรฐาน หลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 1,3,7 และ 28 วัน



### ข้อเสนอแนะในการใช้งาน

ปริมาณการใช้งานของร็อค-เอสพี 150 จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องการผลิตโดยทั่วไปจะใช้ร็อค-เอสพี 150 ในอัตราส่วนปริมาณ ระหว่าง 0.6 % ถึง 2.4 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ที่ใช้ บริษัทผู้ผลิตคอนกรีตควรตรวจสอบปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ร็อค-เอสพี 150 เพื่อที่จะทำการผลิตให้ได้มาตรฐาน ASTM C-494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานต่อแรงอัดที่ต้องการ

ปริมาณ ร็อค-เอสที 150 ที่ใช้

(Mpa)

(เปอร์เซ็นต์)

30-60

0.5-1.2

60-80

1.2-1.8

80-100

1.8-2.4

### ขนาดบรรจุ

ร็อค-เอสที 150 บรรจุในถังเหล็ก ขนาด 200 ลิตร น้ำหนัก 240 กิโลกรัม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ROC SP - 200

### Superplasticizer and High Strength Concrete

#### น้ำยาเร่งและเพิ่มกำลังของคอนกรีต

ROC SP- 200 เป็นน้ำยาเร่งและเพิ่มกำลังของคอนกรีต ที่มีความสามารถในการลดปริมาณน้ำ และเร่งการแพร่กระจายในคอนกรีต ใช้สำหรับการผลิตคอนกรีตที่ต้องการกำลังอัดสูง ในสภาวะอากาศร้อน เหมาะสำหรับการผลิตคอนกรีตอัดแรง เช่น เสาเข็ม ตอม่อ กาน และผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

#### คุณลักษณะพิเศษของ ROC SP - 200

1. ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำ และมีคุณสมบัติพิเศษช่วยในการกระจายตัว
2. ช่วยเร่งกำลังของคอนกรีตให้สูงขึ้น ทำให้สามารถถอดแบบได้เร็วขึ้น
3. ช่วยเพิ่มการไหลตัวของคอนกรีตสด ทำให้สามารถทำการคูดเร็วขึ้นได้ง่าย
4. เพิ่มกำลังของคอนกรีตได้มากกว่า 140 %
5. ไม่มีส่วนผสมของอนุภาคมลสารใด ๆ ดังนั้นจึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
6. เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการกำลังอัดสูงในระยะเวลาสั้น ทำให้คอนกรีตสามารถรับแรงได้เร็วขึ้น สามารถถอดแบบได้เร็ว
7. ROC SP- 200 ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน ASTM C - 494 type A & F ซึ่งสามารถเร่งการแข็งตัวของคอนกรีต ทำให้มีกำลังอัดในช่วงต้นสูง
8. ROC SP- 200 ช่วยทำให้สามารถถอดแบบได้เร็วขึ้น ทำให้ประสิทธิผลในการผลิตคอนกรีตเพิ่มขึ้น
9. ROC SP-200 ช่วยทำให้ประหยัดการใช้ซีเมนต์ ทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดเพิ่มขึ้น และ ประหยัดค่าใช้จ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข้อมูลทางเทคนิคของ ROC SP - 200

ส่วนผสมทางเคมี : สารโพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงของสารประกอบ  
ซัลโฟเอริล อัลคิลลีน

ลักษณะทางกายภาพ : เป็นของเหลวสีน้ำตาลดำ

ความถ่วงจำเพาะ : 1.20 ( ที่ 20 องศาเซลเซียส , กรัม / ลบ.ซม.)

ความเป็นกรด-เบส : 9.5 + - 1.0

### ข้อดีในการนำไปใช้งานของ ROC SP - 200

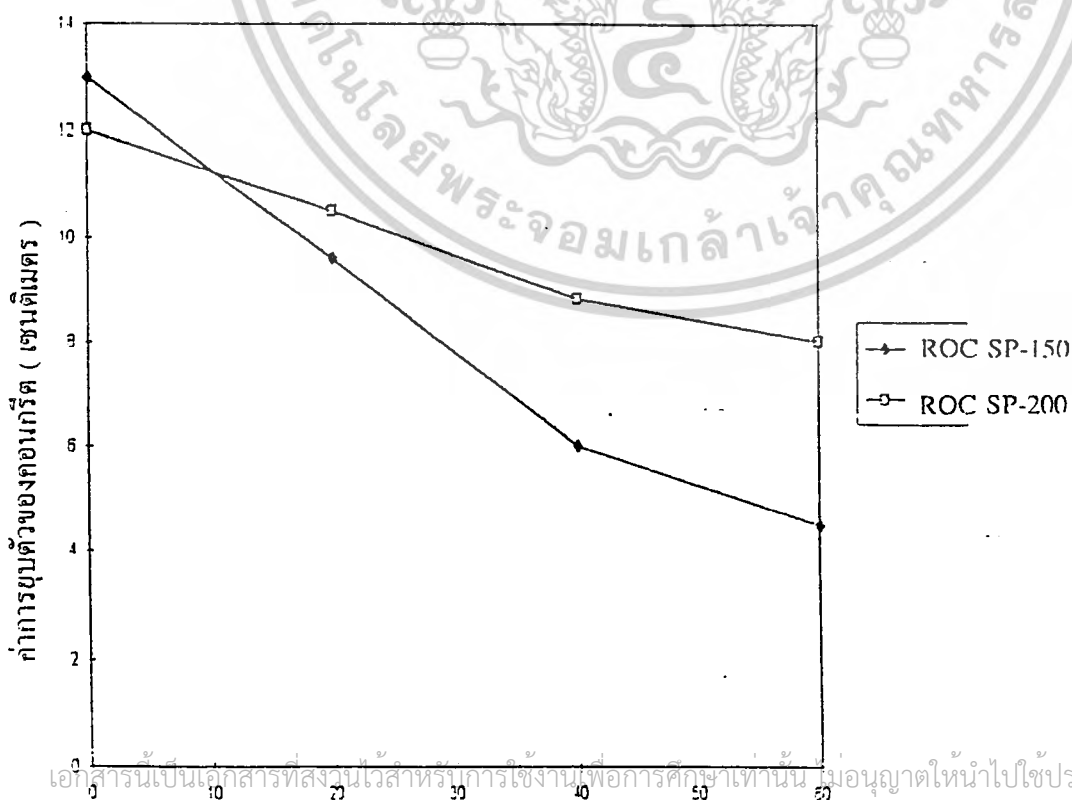
ROC SP- 200 เป็นสารเคมีที่ช่วยลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตคอนกรีต สามารถช่วยลดปริมาณการใช้ซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีต และช่วยเพิ่มค่าการยุบตัวของคอนกรีต ทำให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตมีกำลังในการอัดสูง

ROC SP- 200 เป็นผลิตภัณฑ์เคมีที่มีคุณสมบัติพิเศษ สามารถประยุกต์ใช้งานในการผลิตคอนกรีตที่มีกำลังอัดสูง โดยไม่ต้องใช้การบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ

### ข้อเสนอแนะการใช้งานของ ROC SP- 200

ROC SP- 200 สามารถนำไปใช้ในการผลิตคอนกรีตที่มีกำลังอัดสูง สามารถที่จะนำไปใช้ในช่วงระหว่าง 0.6 % ถึง 2.4 % ของน้ำหนักซีเมนต์

### รูปที่ 4 ข้อมูลทางเทคนิคของ ROC SP- 200



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เว้นแต่ในการใช้งาน (งานที่) หาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|   | คอนกรีตควบคุม | คอนกรีตผสม ROC SP- 200 |
|---|---------------|------------------------|
| ค่าการยุบตัวของคอนกรีต (ซม.)                      | 11-13         | 11-13                  |
| ปริมาณอากาศ (%)                                   | 2             | 2                      |
| อัตราส่วนน้ำ / ซีเมนต์                            | 44.6          | 37.0                   |
| ปริมาณซีเมนต์                                     | 450           | 450                    |
| น้ำ   | 201           | 167                    |
| ทราย  | 658           | 692                    |
| หิน   | 1,001         | 1,056                  |
| กัฏรการผสม ROC SP- 200<br>( % ต่อน้ำหนักซีเมนต์ ) | -             | 1.2                    |

ค่ากำลังอัดของคอนกรีตตามระยะการบ่มตัว

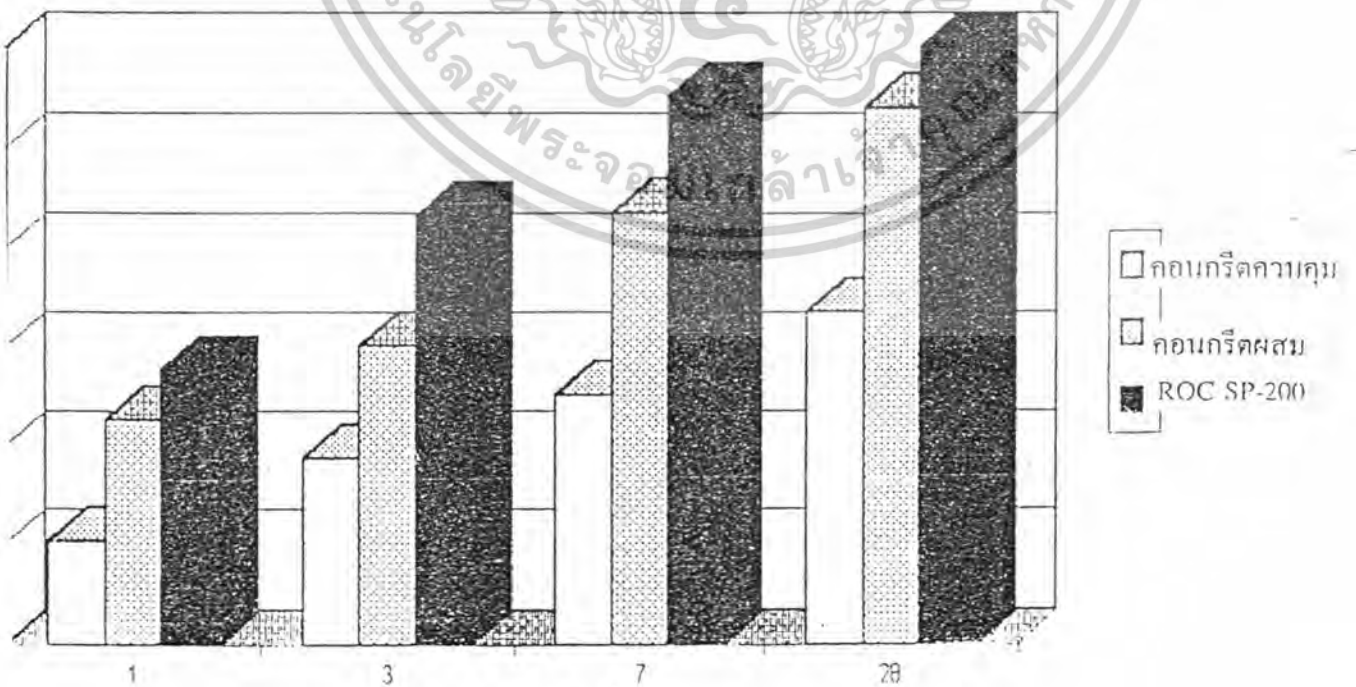
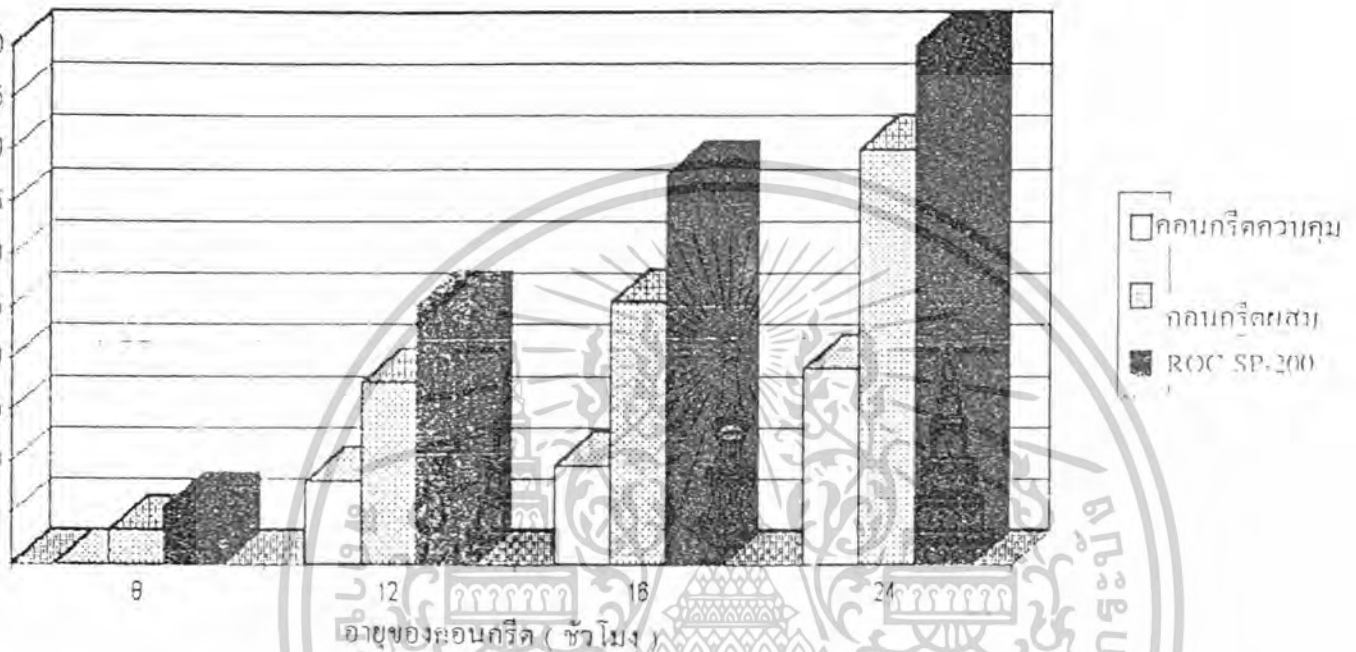
|                                       | คอนกรีตควบคุม | คอนกรีตผสม ROC SP- 200 |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|
| ค่าการยุบตัวของคอนกรีต (ซม.)          | 11.0          | 11.8                   |
| ปริมาณอากาศ (%)                       | 1.5           | 1.8                    |
| กำลังของคอนกรีต (Kg/cm <sup>2</sup> ) |               |                        |
| อายุ 3 วัน                            | 297           | 379                    |
| อายุ 7 วัน                            | 361           | 513                    |
| อายุ 28 วัน                           | 479           | 605                    |

แสดงประสิทธิภาพการใช้งานของ ROC SP- 200

| การใช้งาน                                    | คอนกรีตควบคุม | คอนกรีตอัดแรง | คอนกรีตอัดแรงกำลังสูง |
|--|---------------|---------------|-----------------------|
| น้ำหนักซีเมนต์ (กก.)                         | 450           | 450           | 450                   |
| ปริมาณน้ำ (ลิตร)                             | 200           | 160           | 150                   |
| ปริมาณ ROC SP-200<br>( % ต่อน้ำหนักซีเมนต์ ) | -             | 1.2           | 2.4                   |
| ค่าการยุบตัว ( ซม. )                         | 11            | 10.5          | 12.5                  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 แสดงกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ผสม ROC SP-200 เปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม เพื่อแสดงประสิทธิภาพการใช้งานของ ROC SP-200



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ROCCO-100 RT

### น้ำยาหน่วงและกันซึมสำหรับคอนกรีต

ร็อคโค-100อาร์ที เป็นน้ำยาหน่วงและกันซึมสำหรับคอนกรีต ที่ผลิตขึ้นโดยการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีของบริษัทที่มีความชำนาญทางด้านเทคโนโลยีคอนกรีต โดยการผสมผสานเทคโนโลยีจากต่างประเทศ และจากการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านเคมี จากความรู้ทางด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการผลิต ร็อคโค-100 อาร์ที โดยคำนึงถึงการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติที่มีค่าของประเทศโดยใช้ปฏิกิริยาทางเคมี และทางชีวเคมี เพื่อทำการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ ร็อคโค-100 อาร์ที ได้พัฒนาตามมาตรฐาน ASTM C-494 type D ซึ่งมีคุณสมบัติลดปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในคอนกรีต และมีคุณสมบัติในการหน่วงการแข็งตัวของคอนกรีต

ร็อคโค-100อาร์ที เหมาะสำหรับการเหล็่นปูนที่ทำการผลิตปูนซีเมนต์ผสมเสร็จที่ตักกองเปิดอายุระยะเวลาการขนส่งปูนซีเมนต์ผสมเสร็จจากแหล่งผลิตไปยังสถานที่ก่อสร้างซึ่งมีระยะทางไกล หรือในสภาพที่มีการจราจรติดขัด เพื่อไม่ให้ปูนซีเมนต์ผสมเสร็จแข็งตัวภายในระยะเวลาที่กำหนด

ร็อคโค-100อาร์ที มีส่วนผสมของสารโพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ทำหน้าที่ช่วยลดปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในคอนกรีตได้มากกว่า 15 % มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความสามารถในการเทของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตผสมเสร็จมีคุณสมบัติในการไหลตัวได้ดีสามารถเข้าแบบชนิดต่าง ๆ ได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตมีความหนาแน่นสูง มีกำลังในการรับแรงสูง ช่วยลดการหดตัวของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตที่ผลิตได้ไม่แตกร้าว และมีอายุการใช้งานยาวนาน นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มคุณสมบัติกันการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตได้อีกด้วย

#### คุณสมบัติเฉพาะ

|                   |   |                        |
|-------------------|---|------------------------|
| ลักษณะทางกายภาพ   | : | ของเหลวสีน้ำตาลเข้ม    |
| ความหนืดจำเพาะ    | : | 1.20                   |
| ปริมาณของแข็ง     | : | มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ |
| ความแปรปรวน - เอส | : | 9.5 + - 1.0            |

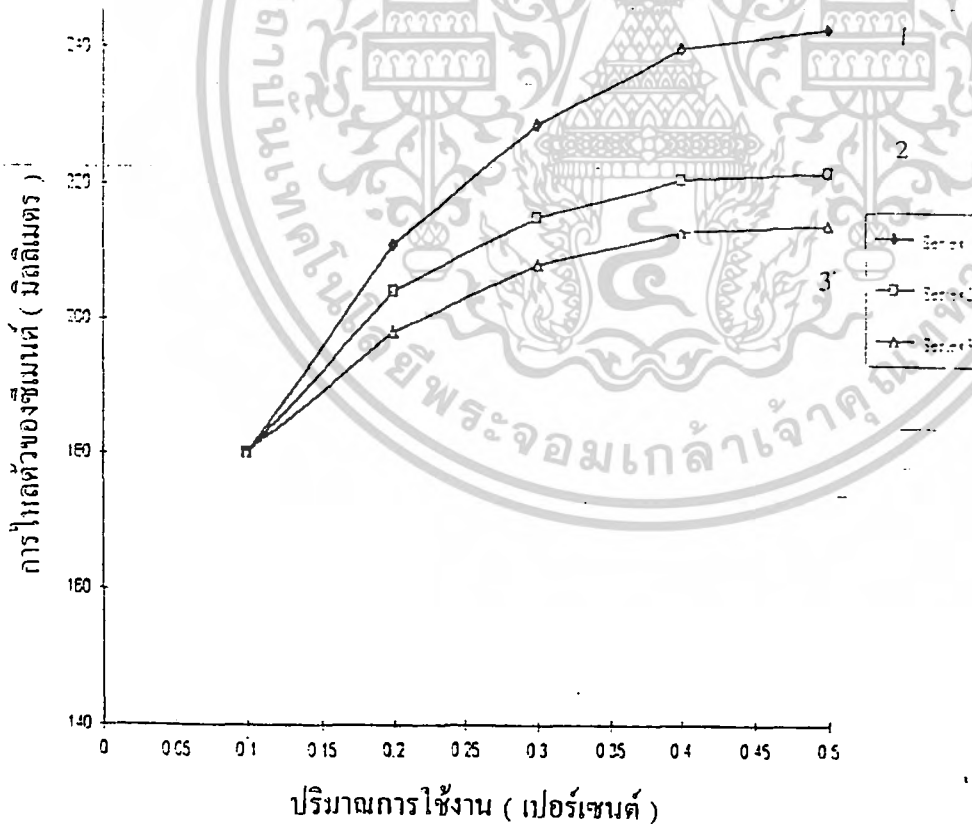
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การประยุกต์ใช้งานของ ร็อคโค-100 อาร์ที

ร็อคโค-100อาร์ที มีความเหมาะสมใช้กับงานคอนกรีตผสมเสร็จ โดยทั่วไปโดยมีค่าต่ำกว่าน้ำหนักตัวอื่นๆ ได้แก่ ให้คุณสมบัติในการไหลตัวดีกว่าเมื่อใช้ในปริมาณที่เท่ากันและมีค่าการยุบตัวของซีเมนต์สูง และมีค่าการยุบตัวที่เปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อเวลาผ่านไปทำให้ซีเมนต์ผสมเสร็จยังคงมีคุณสมบัติในการเทตีเขี่ย

ร็อคโค-100อาร์ทีสามารถใช้ในการผสมคอนกรีตในสภาวะอากาศร้อน จึงเหมาะสำหรับประเทศไทยที่มีภูมิอากาศร้อนตลอดปี มีคุณสมบัติช่วยลดการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีต ช่วยทำให้การผลิตคอนกรีตมีประสิทธิภาพสูงและไม่เกิดความเสียหายในระหว่างการผลิตคอนกรีต ทำให้สามารถทำการผลิตคอนกรีตที่มีพื้นที่หน้าตัดกว้างและมีความยาวมาก ๆ

รูปที่ 1 แสดงค่าการไหลตัวของซีเมนต์เหลว เมื่อใช้น้ำยาหน่วงและกันซึมสำหรับคอนกรีตร็อคโค-100อาร์ที เปรียบเทียบกับการใช้น้ำหน่วงตัวอื่น ๆ ในปริมาณเท่า ๆ กันโดยมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 30%



1. \* น้ำยาหน่วง ร็อคโค-100 อาร์ที    2. \* น้ำยาหน่วง A    3. \* น้ำยาหน่วง B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบคอนกรีต เมื่อใช้น้ำยาหน่วงและกันซึมสำหรับคอนกรีต

ร็อกโค-100RT เปรียบเทียบกับการใช้น้ำยาหน่วงตัวอื่น ๆ

1. ค่าการยุบตัวของคอนกรีต เท่ากับ  $8.5 \pm 2.5$  ซม. ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

| น้ำยาหน่วงที่ใช้                                      | อัตราส่วนน้ำ<br>ต่อซีเมนต์<br>(%) | อัตราส่วนผสม<br>(กก./ลบ.ม.) |     |      |      | ค่าการยุบตัว<br>(ซม.) |         |         | กำลังในการรับแรง<br>(กก.-ตร.ซม.) |        |        |     |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|-----|------|------|-----------------------|---------|---------|----------------------------------|--------|--------|-----|
|   |                                   | ซีเมนต์                     | น้ำ | ทราย | หิน  | 0 นาที                | 30 นาที | 60 นาที | 1 วัน                            | 14 วัน | 28 วัน |     |
| 250ซีซี / ปูน 100 กก.<br>น้ำยาหน่วง A<br>น้ำยาหน่วง B | 56.7                              | 300                         | 170 | 805  | 1090 | 10.8                  | 9.0     | 6.8     | 5.9                              | 120    | 375    | 460 |
|   |                                   |                             |     |      |      | 10.6                  | 6.9     | 5.9     | 4.3                              | 90     | 325    | 390 |
|   |                                   |                             |     |      |      | 10.7                  | 6.8     | 6.2     | 4.5                              | 89     | 320    | 380 |
| 250ซีซี / ปูน 100 กก.<br>น้ำยาหน่วง A<br>น้ำยาหน่วง B | 52.3                              | 325                         | 170 | 795  | 1080 | 10.5                  | 9.2     | 8.7     | 7.6                              | 145    | 425    | 490 |
|   |                                   |                             |     |      |      | 10.2                  | 8.8     | 7.9     | 7.2                              | 110    | 345    | 420 |
|   |                                   |                             |     |      |      | 10.1                  | 8.6     | 7.7     | 7.0                              | 98     | 330    | 390 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าการยุบตัวของคอนกรีต เท่ากับ  $10.5 \pm 2.5$  ชม. ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

| น้ำยาหน่วงที่ใช้                                   | อัตราส่วนน้ำ<br>ต่อซีเมนต์<br>(%) | อัตราส่วนผสม<br>(กก./ลบ.ม.) |     |      |      | ค่าการยุบตัว<br>(ชม.) |            |            |            | กำลังในการรับ<br>แรง (กก.-ตร.ชม.) |           |           |
|--|-----------------------------------|-----------------------------|-----|------|------|-----------------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|-----------|-----------|
|  |                                   | ซีเมนต์                     | น้ำ | ทราย | หิน  | 0<br>นาที             | 30<br>นาที | 60<br>นาที | 90<br>นาที | 1<br>วัน                          | 14<br>วัน | 28<br>วัน |
| 250ซีซี/ปูน100 กก.<br>น้ำยาหน่วง A<br>น้ำยาหน่วง B | 58.3                              | 300                         | 175 | 810  | 1070 | 12.5                  | 12.0       | 11.2       | 9.8        | 95                                | 350       | 390       |
|  |                                   |                             |     |      |      | 12.4                  | 11.7       | 10.5       | 7.5        | 87                                | 310       | 340       |
|  |                                   |                             |     |      |      | 12.3                  | 11.5       | 10.3       | 7.2        | 89                                | 320       | 380       |
| 250ซีซี/ปูน100 กก.<br>น้ำยาหน่วง A<br>น้ำยาหน่วง B | 53.5                              | 325                         | 175 | 785  | 1080 | 12.3                  | 11.8       | 10.2       | 9.2        | 125                               | 380       | 410       |
|  |                                   |                             |     |      |      | 12.2                  | 10.9       | 8.4        | 6.2        | 98                                | 350       | 390       |
|  |                                   |                             |     |      |      | 11.8                  | 11.2       | 8.0        | 6.5        | 105                               | 340       | 380       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ร็อกโคไทย  
ROCCO THAI

## ROC-BOND ST

### ร็อคบอนด์ เอสที

" ร็อคบอนด์ เอสที " เป็นน้ำยาที่ใช้ในการประสานคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่ งานเทพื้นหน้างานฉาบ ใช้ผสมกับซีเมนต์ทำให้แรงยึดเกาะตัวดีขึ้น ช่วยลดการหดตัวของคอนกรีต เมื่อผสม " ร็อคบอนด์ เอสที " กับปูนทรายหรือคอนกรีต จะทำให้คุณสมบัติของปูนหรือคอนกรีตมีความทนทานต่อสารเคมี ารต ต่าง คลอไรด์ และ ซัลเฟต

#### ประสานคอนกรีต

ใช้ประสานคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่ให้ใช้ " ร็อคบอนด์ เอสที " ผสมกับปูนซีเมนต์จนได้ความข้นเหลวตามความต้องการ แล้วทำการฉาบหรือทำปูนสลัดลงบนพื้นผิวที่ต้องการประสาน แล้วเทคอนกรีตใหม่ในขณะที่ปูนยังขึ้นอยู่

การเตรียมพื้นผิว พื้นผิวต้องสะอาด ปราศจากคราบไขมัน หรือฝุ่นละอองต่างๆ เสร็จแล้วควรพรมน้ำให้เปียกชื้นทั่วบริเวณพื้นผิว

#### งานเทพื้นหน้า

ซีเมนต์/ทรายสะอาด 1 ต่อ 2.5 กับ " ร็อคบอนด์ เอสที " ต่อน้ำ 1 ต่อ 1 หรือ 1 ต่อ 2-3 โดยขึ้นอยู่กับแรงยึดเกาะที่ต้องการผสมให้ผสมทรายกับซีเมนต์เข้าด้วยกันก่อน แล้วจึงผสมกับส่วนที่เป็นน้ำยา ผสมให้เข้ากันให้ได้ความข้นเหลวตามต้องการ แล้วเทส่วนผสมนี้ลงบนพื้นผิวที่เตรียมไว้จนได้ความหนาที่ต้องการ

#### งานฉาบ

ซีเมนต์ " ร็อคบอนด์ เอสที " 1 ส่วนกับน้ำ 1-2 ส่วน แล้วนำไปผสมปูนทรายตามต้องการ จะทำให้สามารถเก็บงานได้โดยไม่ทำให้โครงสร้างรับน้ำหนักมาก

#### ขนาดบรรจุ

0 กิโลกรัม และ 200 กิโลกรัม

The information given and the recommendations made herein are based on our experience and are believed to be accurate. No guarantee as to or responsibility for their accuracy can be given or accepted, however, and no statement herein to be treated as a representation or warranty. In every case we urge and recommend that purchasers before using any product make their own tests to determine to their own satisfaction, its suitability for their particular purposes under their own operating conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

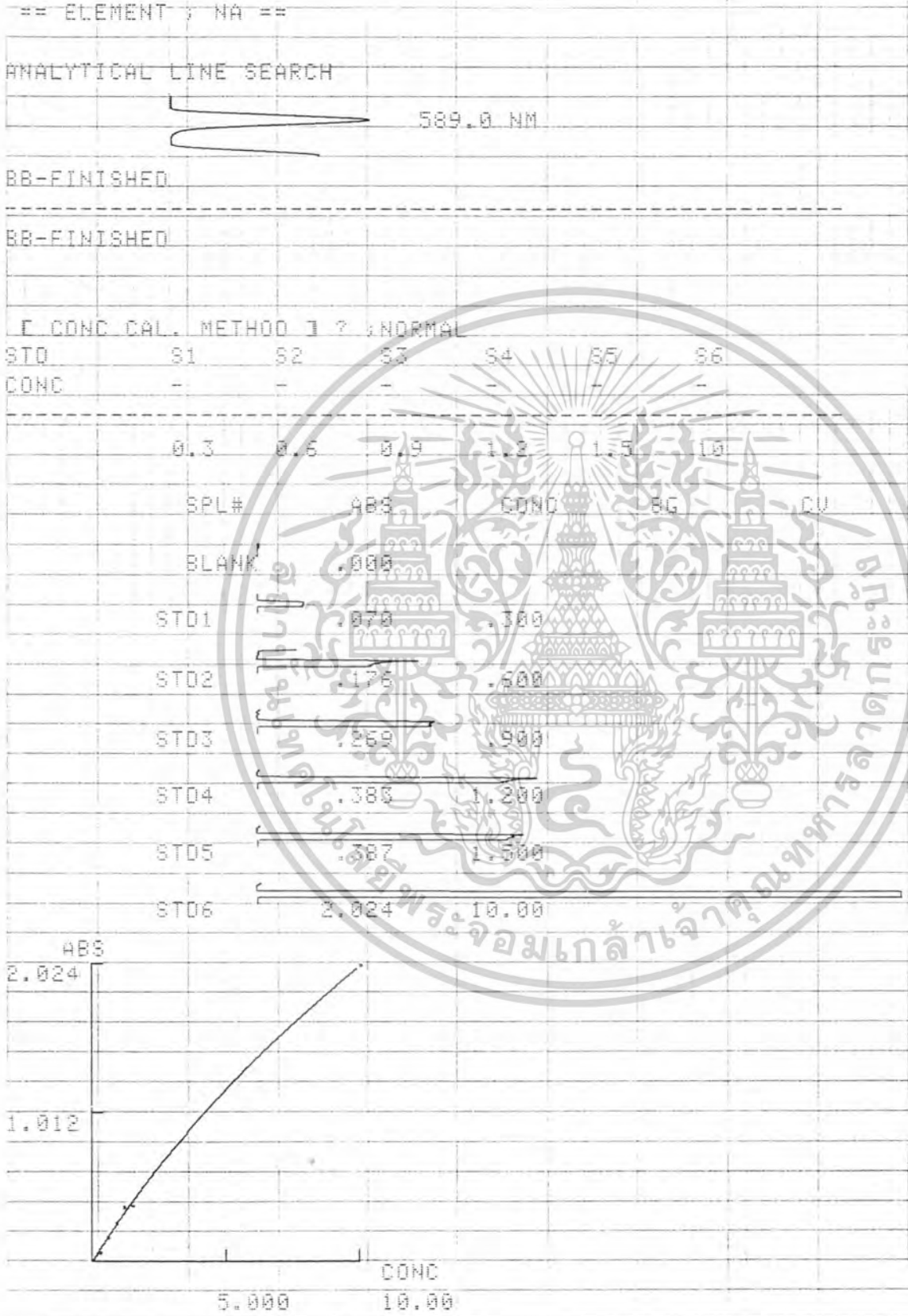
ไม่ว่ากรณีใด 54/256 ม.2 ซ.แจ้งวัฒนะ บางตลาด ปากเกร็ด นนทบุรี 11120 เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54/256 Moo 2 Changwattana Rd., Bangtalard Parkledge Nontaburi 11120 Tel. 5844920, 5841718



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การฟมาตรฐานของโซเดียม



Prepare

CHART 200-91522

SHIMADZU CORPORATION

Prepare the new chart.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การฟมาตรฐานของโพลีเอทิลีน



Prepare the new chart.



Prepare the new chart.



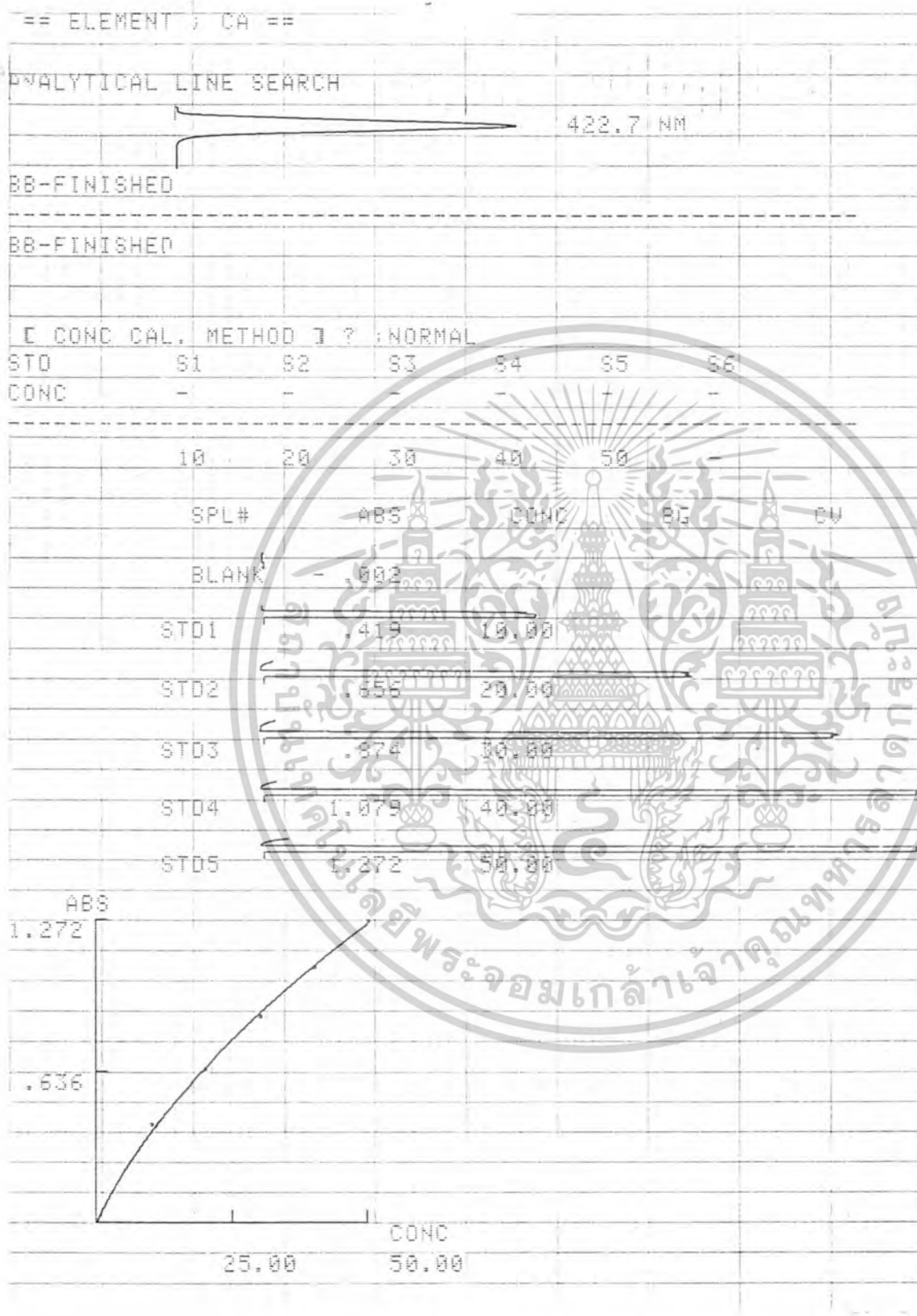
Prepare the new chart.

CHART 200-91522 D

SHIMADZU CORPORATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การพมาตรฐานของแคลเซียม



Prepare the new chart.

CHART 200-91522 , D

SHIMADZU CORPORATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การพามาตรฐานของเหล็ก

SHIMADZU AA-680/G-U-3  
READY

== ELEMENT : FE ==

ANALYTICAL LINE SEARCH



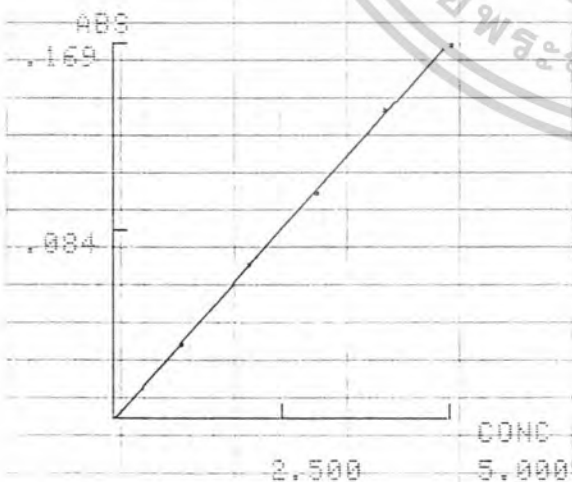
BB-FINISHED

BB-FINISHED

[ CONC CAL. METHOD ] ? NORMAL

| STD  | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 |
|------|----|----|----|----|----|----|
| CONC | -  | -  | -  | -  | -  | -  |

| STD   | SPL# | ABS  | CONC  | BG | DU |
|-------|------|------|-------|----|----|
| BLANK |      | .002 |       |    |    |
| STD1  |      | .034 | 1.000 |    |    |
| STD2  |      | .070 | 2.000 |    |    |
| STD3  |      | .102 | 3.000 |    |    |
| STD4  |      | .140 | 4.000 |    |    |
| STD5  |      | .169 | 5.000 |    |    |



Prepare the new chart.

CHIART 200-91522 , D

SHIMADZU CORPORATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การพหามาตรฐานของแมงกานีส



THE END

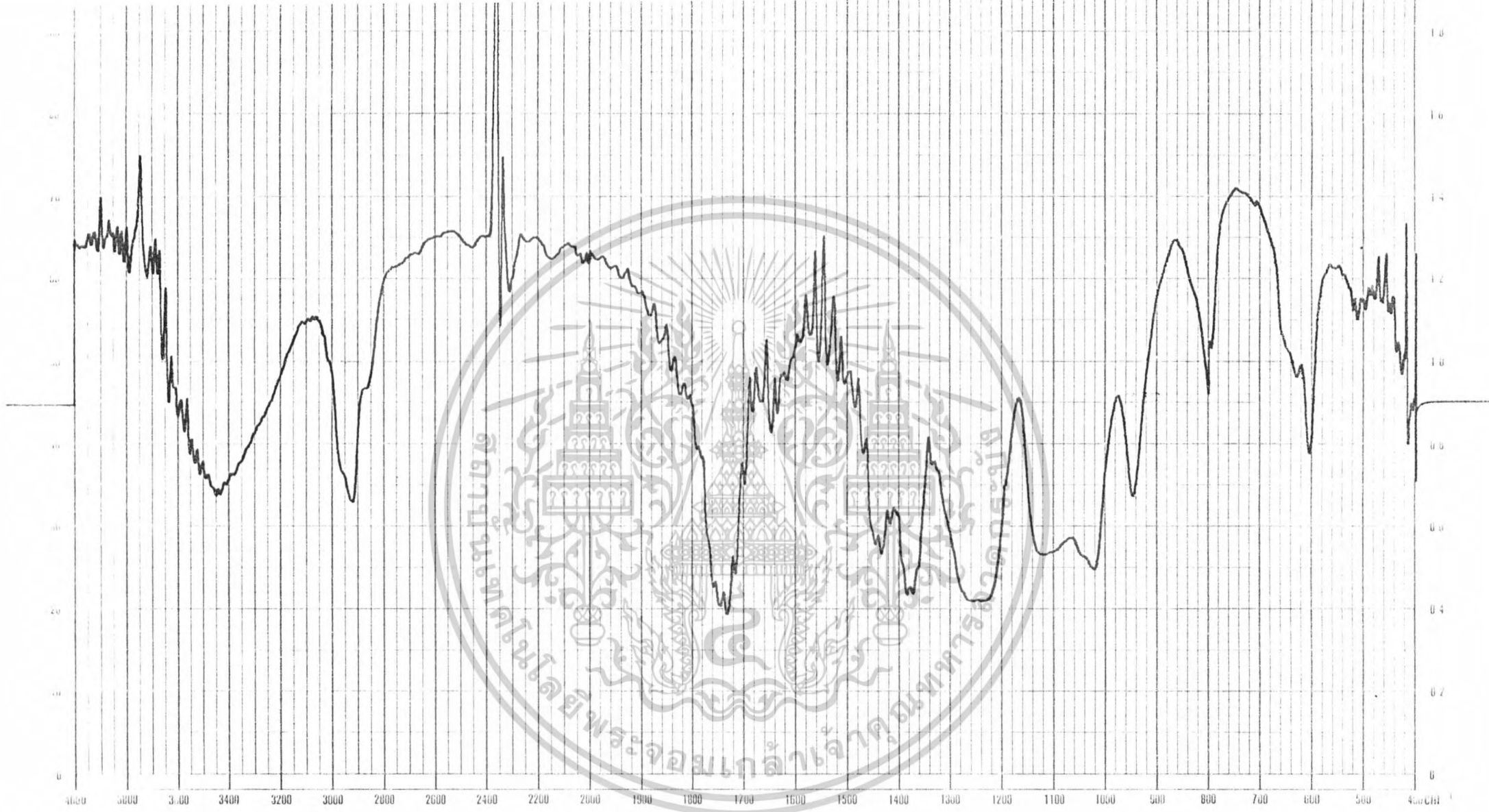
SHIMADZU CORPORATION

S-1115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| DATE     | MODE     | SCAN SPEED | SAMPLE            | SAMPLING-METHOD | CONCENTRATION | REMARKS |
|----------|----------|------------|-------------------|-----------------|---------------|---------|
| OPERATOR | EXPANDER | SLIT       | Polyvinyl acetate | CELL-LENGTH     | SOLVENT       |         |

KOBAYASHI KIKOKUSHI



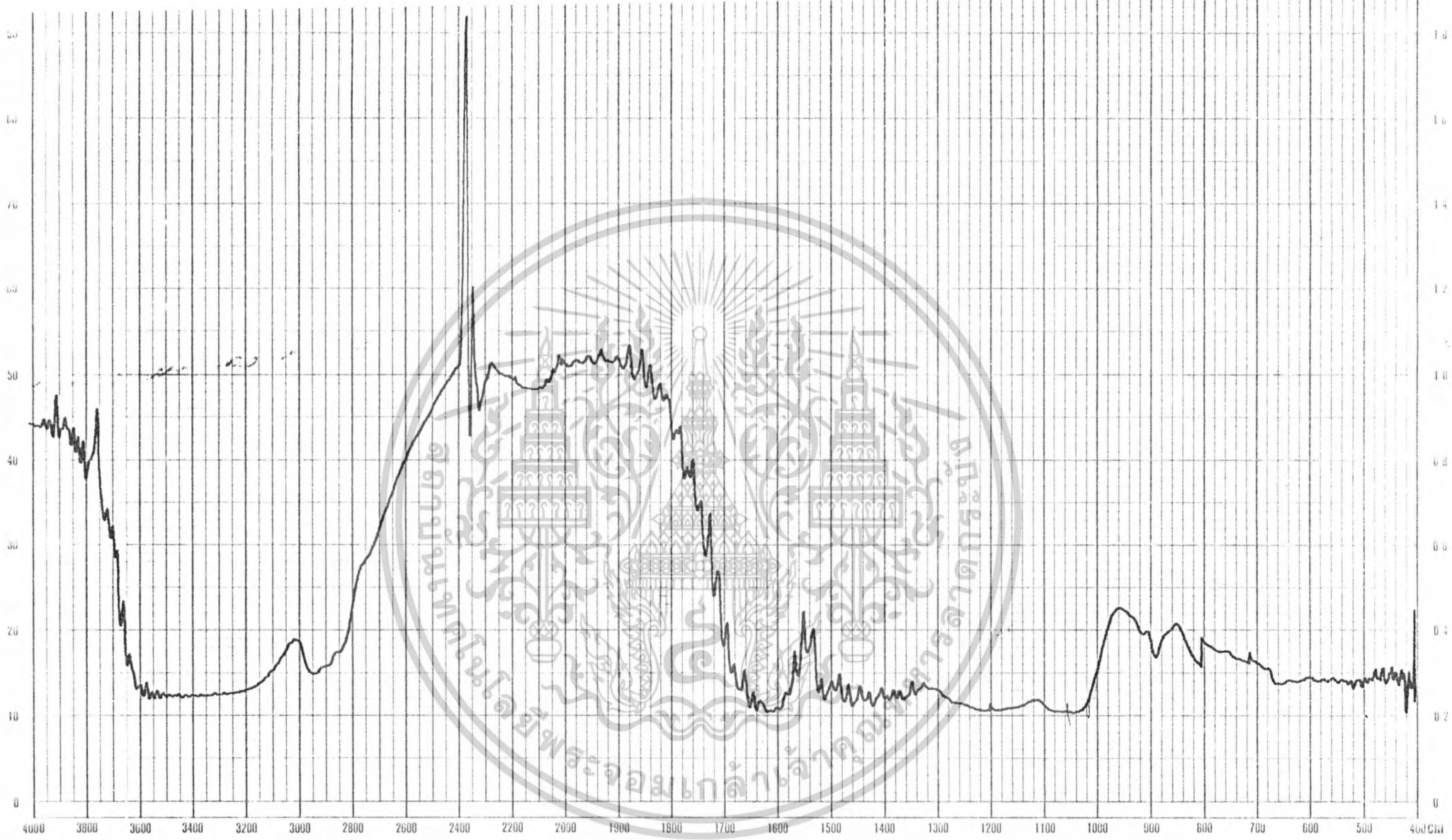
| DATE     | MODE     | SCAN SPEED | SAMPLE      | SAMPLING-METHOD | CONCENTRATION | REMARKS |
|----------|----------|------------|-------------|-----------------|---------------|---------|
| OPERATOR | EXPANDER | SLIT       | ROC-BOND ST | CELL-LENGTH     | SOLVENT       |         |

KOBAYASHI KIROKUSHI



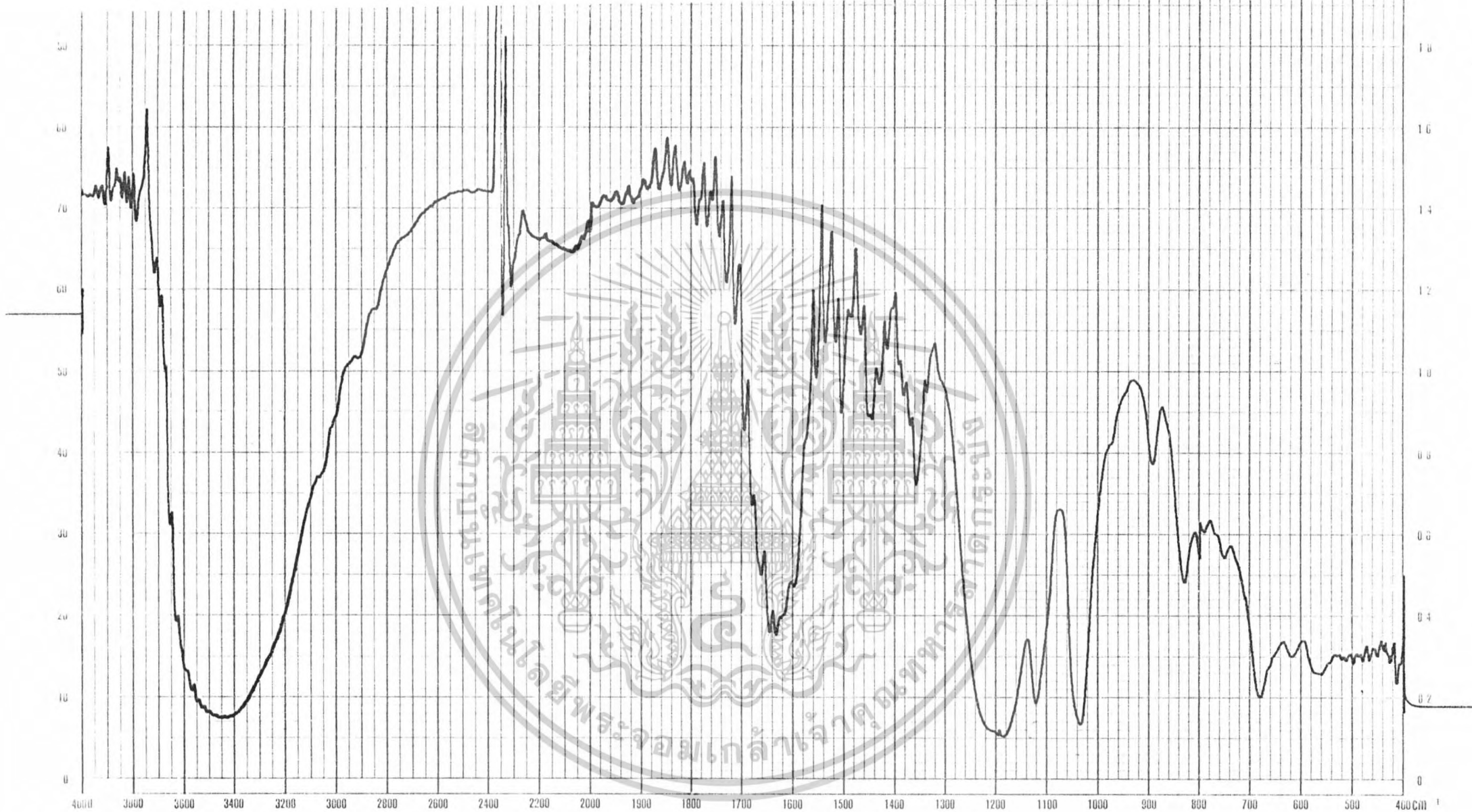
|          |          |            |           |                 |               |         |
|----------|----------|------------|-----------|-----------------|---------------|---------|
| DATE     | MODE     | SCAN SPEED | SAMPLE    | SAMPLING-METHOD | CONCENTRATION | REMARKS |
| OPERATOR | SPAN     | SLIT       | ROC-SP100 | CELL-LENGTH     | SOLVENT       |         |
|          | EXPANDER |            |           |                 |               |         |

KOBAYASHI KIROKUSHI



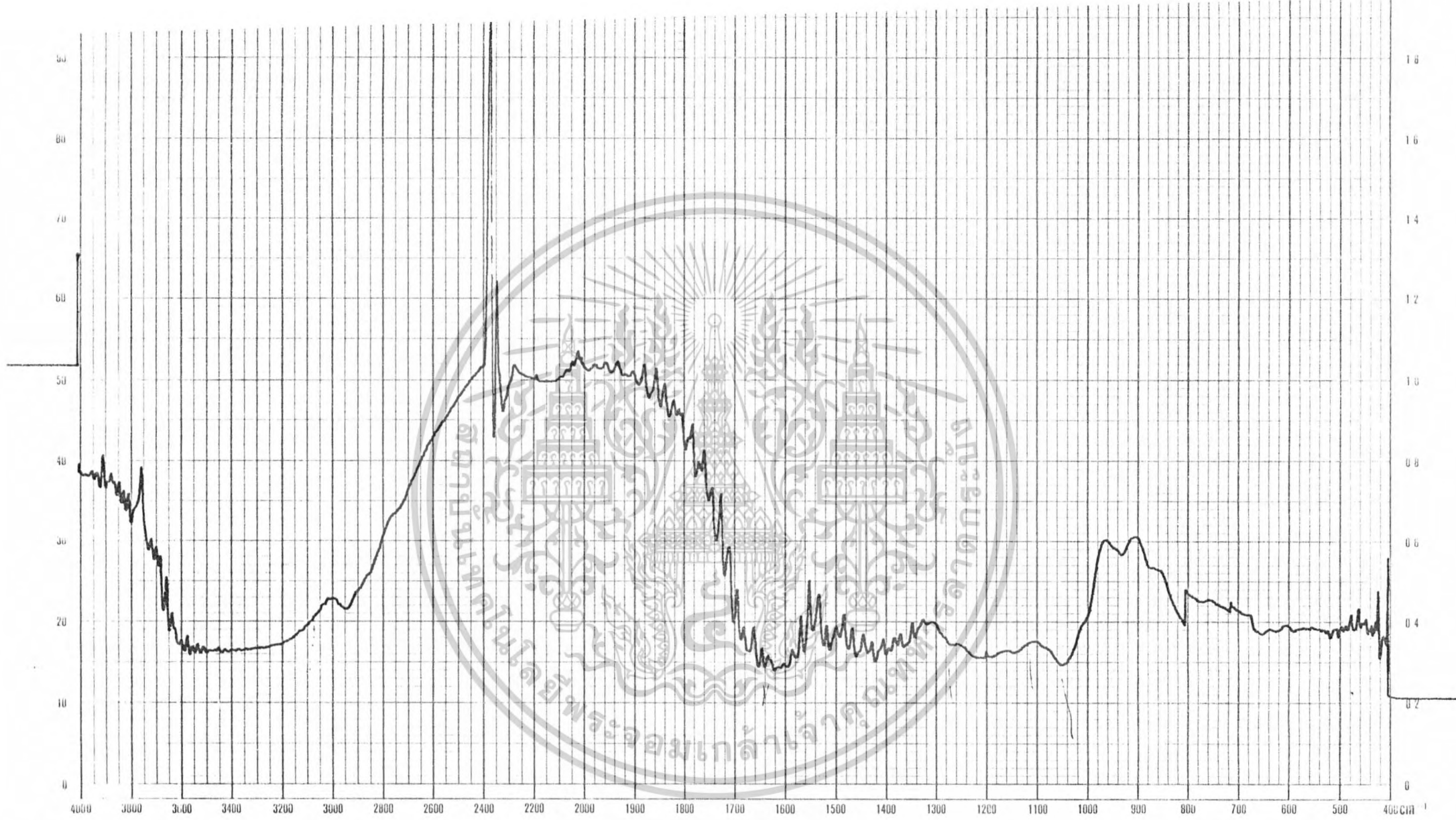
| DATE     | MODE       | SCAN SPEED | SAMPLE    | SAMPLING-METHOD | CONCENTRATION | REMARKS |
|----------|------------|------------|-----------|-----------------|---------------|---------|
|          | SPAN       |            | ROC-SP150 |                 |               |         |
| OPERATOR | ✓ EXPANDER | SLIT       |           | CELL-LENGTH     | SOLVENT       |         |

KOBAYASHI KIRKUSHI



| DATE     | MODE     | SCAN SPEED | SAMPLE    | SAMPLING-METHOD | CONCENTRATION | REMARKS |
|----------|----------|------------|-----------|-----------------|---------------|---------|
|          | SPAN     |            |           |                 |               |         |
| OPERATOR | EXPANDER | SLIT       | ROC-SP200 | CELL-LENGTH     | SOLVENT       |         |

KOBAYASHI KIKOKUSHI



| DATE     | MODE     | SCAN SPEED | SAMPLE      | SAMPLING-METHOD | CONCENTRATION | REMARKS |
|----------|----------|------------|-------------|-----------------|---------------|---------|
|          | SPAN     |            |             |                 |               |         |
| OPERATOR | EXPANDER | SLIT       | ROCCO-100RT | CELL-LENGTH     | SOLVENT       |         |

KOBAYASHI KIROKUSHI