

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกันน้ำที่มีผลต่อปูนก่อและปูนฉาบที่ใช้ในงานศิลปกรรม

นางสาวสิรินารี เงินเจริญ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974 - 17 - 0468 - 2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 2032506X

**COMPARATIVE STUDY ON EFFECTIVENESS OF WATER REPELLENTS  
ON LIME MORTAR AND LIME PLASTER FOR CULTURAL HERITAGE**

**Miss Sirinaree Ngencharoen**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Environmental Science**

**Inter - department of Environmental Science**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 2001**

**ISBN 974 – 17 – 0468 - 2**

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกันน้ำที่มีผลต่อปูนก่อและปูนฉาบ

ที่ใช้ในงานศิลปกรรม

โดย

นางสาวสิรินารี เงินเจริญ

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. เข็มชัย เหมะจันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

นางจิราภรณ์ อรัณยะนาค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชัย พัฒนาผลไพบูลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. เข็มชัย เหมะจันทร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(นางจิราภรณ์ อรัณยะนาค)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำจร ชีรคุปต์)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โภษิตานนท์)

สิรินารี เงินเจริญ : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกันน้ำที่มีผลต่อปูนก่อและปูนฉาบที่ใช้ในงานศิลปกรรม (COMPARATIVE STUDY ON EFFECTIVENESS OF WATER REPELLENTS ON LIME MORTAR AND LIME PLASTER FOR CULTURAL HERITAGE) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. เข็มชัย เหมะจันทร์. อ.ที่ปรึกษาร่วม : นางจิราภรณ์ อรัณยชนาก. 111 หน้า ISBN 974 - 17 - 0468 - 2

ศิลปกรรมจากปูนก่อและปูนฉาบเสื่อมสภาพจากน้ำเป็นสำคัญ การอนุรักษ์ปูนก่อและปูนฉาบด้วยสารกันน้ำเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดข้อมูลเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพของสารกันน้ำดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกันน้ำ โดยพิจารณาจากการดูดซึมน้ำ การระเหยของน้ำและความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำที่ทาบนปูนก่อและปูนฉาบ พบว่าสารกันน้ำที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ Wacker BS SMK 2100 รองลงมา ได้แก่ Rhoximat TM HD 224, Wacker BS SMK 1311, Rhoximat RC 80, Wacker BS SMK 550, SS - 101, Wacker BS 290, ICI และ Evercreate topsealer ตามลำดับ

สหสาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม.....ลายมือชื่อนิสิต.....*ศ. เงินเจริญ*  
สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*ศ. เข็มชัย เหมะจันทร์*  
ปีการศึกษา.....2544.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....*นางจิราภรณ์ อรัณยชนาก*

## 4289706520 MAJOR : INTER DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE.

KEY WORD : WATER REPELLENT / LIME MORTAR / LIME PLASTER / CULTURAL HERITAGE

SIRINAREE NGENCHAROEN : COMPARATIVE STUDY ON EFFECTIVENESS OF WATER REPELLENTS ON LIME MORTAR AND LIME PLASTER FOR CULTURAL HERITAGE.

ADVISER : ASSO. PROF. KHEMCHAI HEMACHANDRA. CO - ADVISER : MRS. CHIRAPORN ARANYANARK. 111 PAGES ISBN 974 - 17 - 0468 - 2

Lime mortar and lime plaster in cultural heritage deteriorate mainly from water. Conservation with water repellents are widely used due to their effectiveness. However, there are no information comparing effective application of water repellents. The purpose of this study is to compare effectiveness in applying of 9 water repellents by considering water absorption, water evaporation and durability after application. It was found that the most effectiveness of water repellents are Wacker BS SMK 2100 followed by Rhoximat™ HD 224, Wacker BS SMK 1311, Rhoximat RC 80, Wacker BS SMK 550, SS - 101, Wacker BS 290, ICI and Evercreate topsealer.

Inter department..... Environmental Science ..... Student's signature *Sirinaree Ngencharoen*

Field of Study..... Environmental Science ..... Adviser's signature *Khemchai Hemachandra*

Academic year..... 2001 ..... Co - adviser's signature *Chiraporn Aranyanark*

## กิตติกรรมประกาศ



ศิลปกรรมจากปูนก่อและปูนฉาบอันวิจิตรซึ่งสะท้อนถึงอารยะอันคึกคักงมกไม่มีอยู่คู่ไทย หากไร้บรรพชนผู้สร้างสรรค์ผลงาน กราบขอบพระคุณบรรพชนเหล่านั้นด้วยใจคารวะเป็นอย่างยิ่ง

เช่นเดียวกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจแล้วเสร็จได้ด้วยดี หากไม่มีบุคคลและองค์กร ซึ่งให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

กราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คุณจิราภรณ์ อรัณยะนาค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. เข็มชัย เหมะจันทร์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ รวมทั้งกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ สำหรับคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับคุณกิจจา อยู่โพธิ์ สถาปนิกส่วนสงวนรักษาโบราณสถาน สำนักโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ กรมศิลปากร ที่สละเวลาให้ข้อคิดรวมทั้งคำแนะนำอันเป็นประโยชน์

ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับส่วนวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ สำนักโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ กรมศิลปากร ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่เพื่อการวิจัย

ขอบพระคุณสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมและบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนวิจัยส่วนหนึ่งและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์เพื่อการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ รวมทั้งภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำและความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือประกอบผลการวิจัย

ขอบพระคุณบริษัท อีเทอนัล เรซิน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารละลาย White spirit อย่างไม่คิดค่า วิทยานิพนธ์นี้ย่อมไม่อาจบรรลุตามเจตจำนงได้ ถ้าไม่มีกำลังใจจากพ่อ แม่ พี่ บุคคลที่เคารพรัก ครู อาจารย์ รวมตลอดถึงเพื่อนๆ โดยเฉพาะแก้วที่ช่วยการวิเคราะห์ทางสถิติ ขอบคุณทุกท่าน ทุกคน สำหรับทุกสิ่งทุกอย่าง

ท้ายที่สุดของความสำเร็จ ขอบคุณปัญหาและอุปสรรคนานัปการที่สร้างสมประสบการณ์ให้ผู้วิจัย จนกระทั่งทำวิทยานิพนธ์แล้วเสร็จ ณ วันนี้.

|                         |   |
|-------------------------|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....    | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ.....    | ฉ |
| สารบัญตาราง.....        | ญ |
| สารบัญภาพ.....          | ฎ |

บทที่

|  |    |
|--|----|
| 1. บทนำ.....   | 1  |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                              | 1  |
| 1.2 วัตถุประสงค์.....  | 4  |
| 1.3 สมมติฐาน.....  | 4  |
| 1.4 ขอบเขตการวิจัย.....  | 4  |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                                   | 5  |
| 2. การสำรวจเอกสาร.....   | 6  |
| 2.1 ปูนก่อนและปูนฉาบในงานศิลปกรรม.....                               | 6  |
| 2.1.1 วัสดุคืบที่ใช้สร้างปูนก่อนและปูนฉาบ.....                       | 7  |
| 2.1.2 กรรมวิธีการสร้างปูนก่อนและปูนฉาบ.....                          | 12 |
| 2.1.3 งานศิลปกรรมจากปูนก่อนและปูนฉาบ.....                            | 15 |
| 2.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของปูนก่อนและปูนฉาบ..... | 17 |
| 2.2.1 สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ.....                                      | 18 |
| 2.2.2 สิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ.....                                      | 27 |
| 2.3 การอนุรักษ์งานศิลปกรรมจากปูนก่อนและปูนฉาบ.....                   | 30 |
| 2.3.1 แนวทางการอนุรักษ์.....   | 31 |
| 2.4 ปัญหาการอนุรักษ์.....  | 34 |
| 2.4.1 วัสดุที่ใช้.....   | 34 |
| 2.4.2 ทักษะความรู้ ความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน.....                   | 35 |

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.5   | สารกัณน้ำที่ใช้อนุรักษ์ปูนก่อและปูนฉาบ.....   | 35 |
| 2.5.1 | Silanes.....  | 41 |
| 2.5.2 | Siloxanes.....  | 41 |
| 2.5.3 | Silicone resin.....   | 42 |
| 2.5.4 | Siliconates.....  | 43 |
| 2.5.5 | Silicone resin network.....   | 44 |
| 2.6   | การสำรวจเอกสาร.....   | 46 |
| 3.    | วิธีดำเนินการวิจัย.....   | 48 |
| 3.1   | รูปแบบและขั้นตอนการศึกษา.....   | 48 |
| 3.2   | วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมี.....   | 49 |
| 3.3   | วิธีการวิจัย.....   | 52 |
| 3.3.1 | เตรียมวัสดุและอุปกรณ์ในการหล่อปูน.....  | 52 |
| 3.3.2 | การหล่อปูน.....   | 52 |
| 3.3.3 | การทำสารกัณน้ำ.....   | 52 |
| 3.3.4 | การทดสอบ.....   | 53 |
| 4.    | ผลการวิจัย.....   | 56 |
| 4.1   | ผลการศึกษาคุณสมบัติของปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากปูนขาวและทรายต่างประเภท.....                                       | 56 |
| 4.1.1 | ผลการทดสอบขนาดของทราย.....  | 57 |
| 4.1.2 | ผลการทดสอบขนาดช่องว่างและปริมาณอากาศของปูนก่อและปูนฉาบ<br>ที่เตรียมจากทรายต่างประเภท.....                           | 58 |
| 4.1.3 | ผลการทดสอบความคงทนต่อแรงอัดของปูนก่อและปูนฉาบ<br>ที่เตรียมจากทรายต่างประเภท.....                                    | 59 |
| 4.2   | ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำ.....  | 61 |
| 4.2.1 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำ<br>เมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภท.....        | 64 |
| 4.2.2 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำ<br>เมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวหมักและไม่หมักกับทรายคละ..... | 65 |



## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.2.3 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำแต่ละชนิดเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบประเภทเดียวกัน.....               | 66  |
| 4.2.4 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำระหว่างสารกันน้ำ 9 ชนิด.....   | 72  |
| 4.3   | ผลการทดสอบประสิทธิภาพการระเหยของสารกันน้ำ.....  | 74  |
| 4.3.1 | ผลการทดสอบประสิทธิภาพการระเหยของสารกันน้ำเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภท.....                                | 74  |
| 4.3.2 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระเหยของสารกันน้ำเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวห่มและไม่ห่มกับทรายคละ.....                     | 75  |
| 4.3.3 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระเหยของสารกันน้ำแต่ละชนิดเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายประเภทเดียวกัน.....             | 75  |
| 4.3.3 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระเหยน้ำระหว่างสารกันน้ำ 9 ชนิด.....  | 82  |
| 4.4   | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ.....  | 83  |
| 4.4.1 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภท.....              | 83  |
| 4.4.2 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวห่มและไม่ห่มกับทรายคละ.....         | 84  |
| 4.4.3 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำแต่ละชนิดเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายประเภทเดียวกัน..... | 85  |
| 4.4.4 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานระหว่างสารกันน้ำ 9 ชนิด.....   | 92  |
| 5.    | อภิปรายผลการวิจัย.....  | 94  |
| 5.1   | ประสิทธิภาพของสารกันน้ำเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายประเภทเดียวกัน.....  | 98  |
| 5.2   | ประสิทธิภาพของสารกันน้ำเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภท.....  | 102 |
| 5.2.1 | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมของน้ำ.....   | 102 |
| 5.2.2 | ประสิทธิภาพการระเหยของสารกันน้ำ.....  | 102 |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| 5.2.3 ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งาน..... | 103  |
| 6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....        | 104  |
| 6.1 สรุปผลการวิจัย.....                    | 104  |
| 6.2 ข้อเสนอแนะ.....                        | 106  |
| รายการอ้างอิง.....                         | 107  |
| ประวัติผู้เขียน.....                       | 111  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| ภาพที่ 4.31 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ<br>เปรียบเทียบระหว่าง 9 ชนิด.....   | 83 |
| ภาพที่ 4.32 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ Rhoximat™ HD 224<br>เมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภท.....            | 83 |
| ภาพที่ 4.33 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ Rhoximat™ HD 224<br>เมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวหมักและไม่หมักกับทรายละเอียด..... | 84 |
| ภาพที่ 4.34 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ Wacker BS 290.....   | 85 |
| ภาพที่ 4.35 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ Wacker BS SMK 550.....   | 86 |
| ภาพที่ 4.36 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ Wacker BS SMK 1311.....  | 87 |
| ภาพที่ 4.37 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ Wacker BS SMK 2100.....  | 88 |
| ภาพที่ 4.38 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ Rhoximat RC 80.....  | 89 |
| ภาพที่ 4.39 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ Rhoximat™ HD 224.....  | 89 |
| ภาพที่ 4.40 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ ICI.....   | 90 |
| ภาพที่ 4.41 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ Evercreate topsealer.....  | 91 |
| ภาพที่ 4.42 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำ SS - 101.....  | 91 |
| ภาพที่ 4.43 | ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำเปรียบเทียบระหว่าง 9 ชนิด.....  | 92 |

## สารบัญตาราง

หน้า

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| ตารางที่ 2.1 | กระบวนการเกิดปูนขาว.....  | 14 |
| ตารางที่ 2.2 | ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซึ่มด้วยแรงการซึ่มตามรูเล็ก.....   | 19 |
| ตารางที่ 2.3 | กระบวนการสังเคราะห์ซิลิโคน.....   | 40 |
| ตารางที่ 4.1 | ผลการวิเคราะห์ปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภท<br>ด้วยเครื่อง Mercury porosimeter..... | 59 |
| ตารางที่ 5.1 | ประสิทธิภาพสารกันน้ำซิลิโคน 9 ชนิด<br>เมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบชนิดเดียวกัน.....                 | 99 |

## สารบัญภาพ

หน้า

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| ภาพที่ 1.1  | คุณลักษณะของงานศิลปกรรมตามความหมายของ UNESCO.....  | 2  |
| ภาพที่ 2.1  | ลักษณะของปูนก่อและปูนฉาบ.....  | 6  |
| ภาพที่ 2.2  | การใช้ประโยชน์จากปูนขาว.....   | 9  |
| ภาพที่ 2.3  | ลักษณะแตกร้าวของปูนก่อหรือปูนฉาบ<br>ที่เกิดจากอัตราส่วนระหว่างปูนขาวและทรายไม่เหมาะสม..... | 12 |
| ภาพที่ 2.4  | ลักษณะการเสื่อมสภาพของปูนก่อและปูนฉาบจากสารละลายเกลือ.....                                 | 20 |
| ภาพที่ 2.5  | ลักษณะการซึมผ่านความชื้นของน้ำบนดิน.....   | 22 |
| ภาพที่ 2.6  | ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยแต่ละเดือนของประเทศไทยในรอบ 30 ปี (พ.ศ.2504-2533).....                 | 23 |
| ภาพที่ 2.7  | ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยแต่ละภาคของประเทศไทยในรอบ 30 ปี (พ.ศ.2504-2533).....                   | 23 |
| ภาพที่ 2.8  | ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยแต่ละเดือนของจังหวัดในประเทศไทย<br>ในรอบ 30 ปี (พ.ศ.2504-2533) .....   | 24 |
| ภาพที่ 2.9  | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยในรอบ 30 ปี (พ.ศ.2504-2533).....                           | 26 |
| ภาพที่ 2.10 | Damp proof course (CPD).....   | 33 |
| ภาพที่ 2.11 | การสร้างพันธะระหว่างสารกันน้ำกับพื้นผิวปูนขาว .....  | 36 |
| ภาพที่ 2.12 | สูตรโครงสร้างของซิลิโคน.....   | 37 |
| ภาพที่ 2.13 | อนุพันธ์ M D T และ Q ของซิลิโคน.....   | 38 |
| ภาพที่ 2.14 | การเชื่อมโยงอนุพันธ์ M D T และ Q ของซิลิโคน .....  | 39 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|             | หน้า  |
|-------------|---|
| ภาพที่ 2.15 | ซิติโคนเรซินแบบร่างแห.....44  |
| ภาพที่ 2.16 | การเชื่อมโยงของซิติโคนแบบร่างแหกับพื้นผิว.....45  |
| ภาพที่ 3.1  | เครื่องมือตรวจวัดช่องว่างหรือความพรุน.....50  |
| ภาพที่ 3.2  | เครื่องมือทดสอบความคงทนต่อแรงอัด.....50   |
| ภาพที่ 4.1  | ขนาดของทรายหยาบ ละเอียดและละเอียด.....57  |
| ภาพที่ 4.2  | ความคงทนต่อแรงอัดของปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภท.....60  |
| ภาพที่ 4.3  | ความคงทนต่อแรงอัดของปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวหมักและไม่หมักกับทรายละเอียด.....60   |
| ภาพที่ 4.4  | การทดสอบการป้องกันการดูดซึมน้ำเบื้องต้น.....61  |
| ภาพที่ 4.5  | การดูดซึมน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำซิติโคน<br>ในปริมาณ 10, 20 และ 30 มล.....62   |
| ภาพที่ 4.6  | การดูดซึมน้ำของปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภทกัน.....63  |
| ภาพที่ 4.7  | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ Rhoximat <sup>TM</sup> HD 224<br>เมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภท.....64            |
| ภาพที่ 4.8  | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ Rhoximat <sup>TM</sup> HD 224<br>เมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวหมักและไม่หมักกับทรายละเอียด.....65 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| ภาพที่ 4.9  | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ Wacker BS 290.....  | 66 |
| ภาพที่ 4.10 | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ Wacker BS SMK 550.....  | 66 |
| ภาพที่ 4.11 | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ Wacker BS SMK 1311.....   | 67 |
| ภาพที่ 4.12 | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ Wacker BS SMK 2100.....   | 68 |
| ภาพที่ 4.13 | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ Rhoximat RC 80.....   | 68 |
| ภาพที่ 4.14 | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ Rhoximat <sup>TM</sup> HD 224.....  | 69 |
| ภาพที่ 4.15 | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ ICI.....  | 70 |
| ภาพที่ 4.16 | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ Evercreate topsealer.....   | 70 |
| ภาพที่ 4.17 | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ SS – 101.....   | 71 |
| ภาพที่ 4.18 | ประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำของสารกันน้ำ เปรียบเทียบระหว่าง 9 ชนิด.....  | 72 |
| ภาพที่ 4.19 | การเสื่อมสภาพจากการระเหยของน้ำ.....   | 74 |
| ภาพที่ 4.20 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ Rhoximat <sup>TM</sup> HD 224 บนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภท..... | 75 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|             |  | หน้า |
|-------------|--|------|
| ภาพที่ 4.21 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ Rhoximat <sup>TM</sup> HD 224 บนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวหมัก และไม่หมักกับทรายละเอียด ..... | 75   |
| ภาพที่ 4.22 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ Wacker BS 290.....  | 76   |
| ภาพที่ 4.23 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ Wacker BS SMK 550 .....   | 77   |
| ภาพที่ 4.24 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ Wacker BS SMK 1311.....   | 77   |
| ภาพที่ 4.25 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ Wacker BS SMK 2100 .....  | 78   |
| ภาพที่ 4.26 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ Rhoximat RC 80.....   | 79   |
| ภาพที่ 4.27 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ Rhoximat <sup>TM</sup> HD 224.....  | 79   |
| ภาพที่ 4.28 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ ICI.....  | 80   |
| ภาพที่ 4.29 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ Evercreate topsealer.....   | 81   |
| ภาพที่ 4.30 | ประสิทธิภาพการระเหยน้ำของปูนก่อและปูนฉาบเมื่อทาสารกันน้ำ SS – 101.....   | 81   |