

การพัฒนาซีเมนต์มอร์ต้าเพื่อใช้ซ่อมโครงสร้างคอนกรีตโดยใช้สารลดน้ำพิเศษ



นายนิพนธ์ เนยเมืองปักษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดวามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

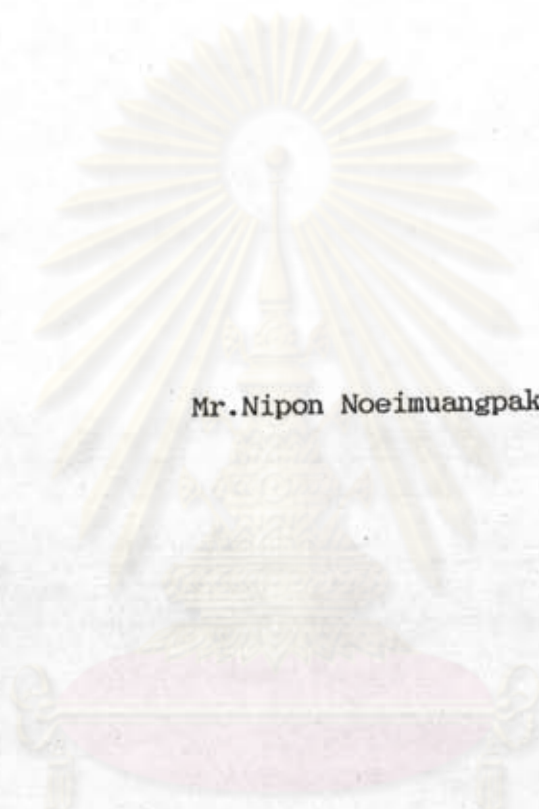
ISBN 974-576-546-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015747

I10302050

Development of Cement Mortar as Repair Material for Concrete
Structures using A Superplasticizer



Mr.Nipon Noeimuangpak

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduated School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-546-5

นิพนธ์ เชนเมืองปักษ์ : การพัฒนาซีเมนต์มอร์ตาร์เพื่อใช้ซ่อมโครงสร้างคอนกรีตโดยใช้สารลด
น้ำพิเศษ (DEVELOPMENT OF CEMENT MORTAR AS REPAIR MATERIAL FOR CONCRETE
STRUCTURES USING A SUPERPLASTICIZER) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.เอกสิทธิ์ ลิมสุวรรณ,
122 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุสำหรับการซ่อมแซมคอนกรีตที่มีในท้องตลาด เพื่อ
พัฒนาวัสดุใหม่ที่มีซีเมนต์มอร์ตาร์เป็นพื้นฐาน และใช้สารเคมีผสมเพิ่มเป็นตัวปรับคุณสมบัติต่าง ๆ ให้เหมาะสม
กับการใช้งาน คุณสมบัติของวัสดุซ่อมที่ศึกษาประกอบด้วย กำลังอัด กำลังดึง โมดูลัสยืดหยุ่น การหดตัว การ
ขยายตัวจากความชื้น และกำลังยึดเหนี่ยวกับคอนกรีต การพัฒนาวัสดุซ่อมแซมจากซีเมนต์มอร์ตาร์ผสมสารลด
น้ำพิเศษ กำหนดให้สัดส่วนทรายต่อซีเมนต์เป็นตัวแปรหลัก ปรับคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการใช้งาน ทั้งที่เกี่ยว
กับตัววัสดุเอง และเมื่อเชื่อมประสานกับคอนกรีตเดิม

วัสดุซ่อมแซมที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แยกเป็นประเภทงานฉาบ เช่นอิฐปอกซีเมนต์มอร์ตาร์ และมอร์ตาร์ที่
ไม่หดตัว และประเภทฉาบอัด เช่นอิฐปอกซีเมนต์สำหรับฉาบอัด และปูนเกรนาร์ ส่วนการพัฒนาวัสดุซ่อมแซม แบ่งเป็น 2
ประเภทคือประเภทการปะฉาบ ซึ่งประกอบด้วยมอร์ตาร์ที่มีอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ 1:1, 1.5:1, 2:1
และ 2.5:1 ใช้สารลดน้ำพิเศษผสมจนได้คุณสมบัติทางกายภาพว่าด้วยการปะฉาบตามมาตรฐาน ASTM C 91
และประเภทการเกรนาร์ซึ่งประกอบด้วย ซีเมนต์เพส และมอร์ตาร์ที่มีอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ 0.5:1, 1:1
และ 1.5:1 และสารลดน้ำพิเศษเพื่อคุณสมบัติทางกายภาพจะควบคุมตามมาตรฐานของ The U.S.
Corps of Engineers Methods CRD-C79 ในงานวิจัยนี้จะใช้คอนกรีตควบคุมที่มีกำลังอัดเฉลี่ย 400
กก./ซม.² และโมดูลัสแตกร้าว 50 กก./ซม.² การยึดเหนี่ยวกับคอนกรีต และคุณสมบัติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษาจากการทดสอบ คุณสมบัติของวัสดุซ่อมแซมคอนกรีตที่มีในท้องตลาด ประเภทการฉาบอัด
และงานปะฉาบ ที่เป็นอิฐปอกซีเมนต์และอิฐปอกซีเมนต์มอร์ตาร์ ให้กำลังกำลังการยึดเหนี่ยวจากการทดสอบแบบเฉือนอัด
และคุณสมบัติต่าง ๆ ที่สูงกว่าคอนกรีตควบคุม แต่สัมประสิทธิ์การขยายตัวสูงกว่ามาก ส่วนการทดสอบแบบตัด
ให้กำลังของรอยต่อสูงกว่าคอนกรีตควบคุม ส่วนมอร์ตาร์แบบไม่หดตัวจะให้คุณสมบัติต่าง ๆ ใกล้เคียงกับคุณสมบัติ
ของคอนกรีตทั่ว ๆ ไป แต่มีการหดตัวน้อยกว่า กำลังยึดเหนี่ยวจากการทดสอบแบบเฉือนอัดประมาณ 358
กก./ซม.² และกำลังยึดเหนี่ยวจากการทดสอบแบบตัดเพียงประมาณ 30 กก./ซม.² วัสดุซ่อมแซมประเภทที่
ซีเมนต์มอร์ตาร์ผสมสารลดน้ำ ในงานวิจัยนี้ ประเภทปะฉาบให้คุณสมบัติทางด้านกำลังและการหดตัวลดลงเมื่ออัตรา
ส่วนทรายต่อซีเมนต์สูงขึ้น และให้กำลังยึดเหนี่ยวจากการทดสอบแบบเฉือนอัดสูงสุดมีค่า 394 กก./ซม.²
และจากการทดสอบแบบตัดสูงสุดเพียง 35.6 กก./ซม.² วัสดุประเภทเกรนาร์ ให้กำลังยึดเหนี่ยวจากการทดสอบ
แบบเฉือนอัดสูงสุด 219 กก./ซม.² และกำลังยึดเหนี่ยวจากการทดสอบแบบตัดมีค่าสูงสุด 29.7
กก./ซม.² การวิจัยนี้ได้เสนอคุณสมบัติต่าง ๆ เพื่อใช้ในการพิจารณาในการเลือกใช้กับการซ่อมที่เหมาะสม

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 45

NIPON NOEIMUANGPAK : DEVELOPMENT OF CEMENT MORTAR AS REPAIR MATERIAL FOR CONCRETE STRUCTURES USING A SUPERPLASTICIZER. THESIS ADVISOR : PROF.EKASIT LIMSUWAN, Ph.D. 122 PP.

This research is to study principal properties of concrete repair material as commercially available so as to develop new repair materials from cement base using superplasticizer to adjust its physical and machanical properties. Basic properties of concrete repair materials are compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity, shrinkage, thermal expansion and bond strength. The developed material from cement base, only sand to cement ratio was considered as the major variables and dosage of super plsticizer was adjusted to obtain properprriate applications.

The repair materials as available in the industry may be classified as patching materials such as epoxy mortar and non-shrunked mortars, and grouting materials such as epoxy injection and cement grout. The cement mortar with superplasticizer as develop in this research may be classified into two groups; first group for patching using cement mortar with sand to cement ratio of 1:1, 1.5:1, 2:1 and 2.5:1, and second group for grouting using cement paste and cement mortar as sand to cement ratio 0.5:1, 1:1 and 1.5:1. The compressive strength of control concrete as used in this research was averaged to 400 ksc. with modulus of rupture at 50 ksc.

The results of commercial repair materials for patching and injection with epoxy base showed its better strength than the control concrete specimens but its thermal expansion was rather high. For non-shrinkage mortar, most properties of the test specimens were about the same as those of normal used concrete but their shrinkage were found to be less than the normal concrete. Bond strength tested by shear compression was 358 ksc. and by bending was 30 ksc. The cement mortar with superplasticizer developed in this research for patching indicated its reduction in strength and shrinkage with higher sand to cement ratio. Bond strength in terms of shear-compression tests and bending tests have shown the maximum values of 396 and 35.6 ksc., respectively. The same behavior in grouting materials were obtained but the bond strength was reduced to 219 and 29.7 ksc. as for shear-compression and bending tests, respectively. Several basic structural properties were presented so that each mixed propertions would be considered for their appropriate uses.

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา.....
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา.....
ปีการศึกษา2531.....

ลายมือชื่อนิติต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 45



กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ ที่ได้กรุณาดูแลเอาใจใส่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาต่าง ๆ และขอกราบขอบพระคุณ ท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านอันประกอบไปด้วย ศาสตราจารย์ วัฒนา ชรรวมงคล ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี และ รองศาสตราจารย์ อำนวย นานิชกุล นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา ที่ได้ให้ความสะดวกและช่วยเหลือในการปฏิบัติการทดสอบ และผู้ที่ขาดเสียมิได้คือ บิดามารดาที่ได้ให้กำลังใจและสนับสนุนการศึกษามาโดยตลอด

นิพนธ์ เนยเมืองปักษ์

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำทั่วไป	1
1.2 ความเป็นมาของปัญหา	3
1.3 งานวิจัยที่ผ่านมา	4
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.5 ขอบข่ายของการวิจัย	5
1.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย	5
บทที่ 2 การพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุซ่อมแซมจำพวกซีเมนต์พอร์ตแลนด์ เป็นพื้นฐาน	
2.1 ประเภทของการซ่อมแซม	7
2.2 คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุซ่อม	8
2.2.1 คุณสมบัติเชิงกล	9
2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ	12
2.3 การพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุซ่อมแซมที่มีซีเมนต์พอร์ตแลนด์ เป็นพื้นฐาน	14
บทที่ 3 วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ	
3.1 รายการทดสอบ	17
3.1.1 วัสดุประสานจากท้องตลาด	17
3.1.2 วัสดุซ่อมที่พัฒนาจากวัสดุที่มีซีเมนต์ เป็นพื้นฐาน	18
3.2 การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ	19

3.2.1	การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล	19
3.2.2	การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	19
3.2.3	การทดสอบการยึดเหนี่ยวทางโครงสร้าง	20
3.3	ผลการทดสอบ	21
3.3.1	วัสดุซ่อมคัดเลือกจากท้องตลาด	21
3.3.2	วัสดุซ่อมที่พัฒนาจากวัสดุที่มีซีเมนต์เป็นพื้นฐาน	24
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ		
4.1	วัสดุซ่อมคัดเลือกจากท้องตลาด	28
4.1.1	วัสดุสำหรับฉีดอัด	28
4.1.2	วัสดุสำหรับปะฉาบ	29
4.2	วัสดุที่พัฒนาจากวัสดุที่มีซีเมนต์เป็นพื้นฐาน	30
4.2.1	ประเภทปะฉาบ	30
4.2.2	ประเภทเกรทท์	32
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ		
5.1	วัสดุซ่อมคัดเลือกจากท้องตลาด	35
5.1.1	ประเภทฉีดอัด	35
5.1.2	ประเภทปะฉาบ	35
5.2	วัสดุซ่อมที่พัฒนาจากวัสดุที่มีซีเมนต์เป็นพื้นฐาน	36
5.2.1	ประเภทเกรทท์	36
5.2.2	ประเภทปะฉาบ	37
5.3	ข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง		38
ประวัติผู้เขียน		122

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์	40
ตารางที่ 3.1	ทราชนาขนาดคละมาตรฐาน ASTM C109 สำหรับการผสมมอร์ต้า	41
ตารางที่ 3.2	ลัดส่วนการผสมของคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัย	41
ตารางที่ 3.3	ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัย	42
ตารางที่ 3.4	กำลังอัดของอิฐบล็อก	43
ตารางที่ 3.5	กำลังดึงของอิฐบล็อก	43
ตารางที่ 3.6	กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่างอิฐบล็อกกับคอนกรีต	44
ตารางที่ 3.7	กำลังอัดของอิฐบล็อกมอร์ต้า (อายุ 28 วัน)	45
ตารางที่ 3.8	กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่างอิฐบล็อกมอร์ต้ากับคอนกรีต	46
ตารางที่ 3.9	กำลังอัดของมอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทลดน้ำ เน้มการไหลลื่น	47
ตารางที่ 3.10	กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่าง มอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทลดน้ำ เน้มการไหลลื่น กับ คอนกรีต	48
ตารางที่ 3.11	กำลังอัดของมอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทขยายตัว	49
ตารางที่ 3.12	กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่าง มอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทขยายตัว กับ คอนกรีต	50
ตารางที่ 3.13	กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่างมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบกับคอนกรีต ..	51
ตารางที่ 3.14	กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่างมอร์ต้า+SP. สำหรับการปะฉาบกับคอนกรีต	52
ตารางที่ 3.15	กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่างมอร์ต้า+SP. สำหรับการเกรทกับคอนกรีต	53
ตารางที่ 3.16	กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่างมอร์ต้าสำหรับการเกรทกับคอนกรีต ..	54
ตารางที่ 4.1 ก.	ผลการทดสอบอิฐบล็อก	55
ตารางที่ 4.1 ข.	ผลการทดสอบอิฐบล็อกมอร์ต้า	56
ตารางที่ 4.2	ผลการทดสอบมอร์ต้าที่ไม่หดตัว (Non-Shrinkage Mortar)	57

ตารางที่ 4.3	ผลการทดสอบมอร์ตาสำหรับการปะฉาบ	58
ตารางที่ 4.4	ผลการทดสอบมอร์ตาสำหรับการเกราะที่	59



ศูนย์วิทยพัชระ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	แบบจำลอง ไฟไนต์เอเลเมนต์ตัวอย่างทดสอบกำลังอัดเฉือน	60
รูปที่ 2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด ของมวลรวม คอนกรีต และ ซีเมนต์เพส	61
รูปที่ 2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิ และอัตราส่วนมวลรวมต่ออ็อกซี	62
รูปที่ 2.3	ลักษณะจำลองของโมเลกุลของสารลดน้ำพิเศษ	63
รูปที่ 2.4	ลักษณะการกระจายของเม็ดปูนซีเมนต์เมื่อผสมสารลดน้ำพิเศษ	63
รูปที่ 2.5	ลักษณะประจุไฟฟ้ารอบเม็ดปูนและฟองอากาศ	64
รูปที่ 3.1	ขนาดของกรวยสำหรับทดสอบการไหล (Flow Cone Test)	65
รูปที่ 3.2 ก	การกระจายขนาดของทรายที่ใช้ในการหล่อคอนกรีต	66
รูปที่ 3.2 ข	การกระจายขนาดของหินที่ใช้ในการหล่อคอนกรีต	67
รูปที่ 3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตควบคุม	68
รูปที่ 3.4	การขยายตัวตามอุณหภูมิของคอนกรีตควบคุม	69
รูปที่ 3.5	ลักษณะการต่อคอนกรีตทรงกระบอก	70
รูปที่ 3.6	ลักษณะการต่อคานคอนกรีต	70
รูปที่ 3.7	การเตรียมท่อสำหรับการฉีดวัสดุประสาน	71
รูปที่ 3.8	การหดตัวของอ็อกซี	72
รูปที่ 3.9	การขยายตัวตามอุณหภูมิของอ็อกซี	73
รูปที่ 3.10 ก.	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของอ็อกซี	74
รูปที่ 3.10 ข.	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของอ็อกซี	75
รูปที่ 3.10 ค.	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของอ็อกซี	76
รูปที่ 3.11	ลักษณะการวิบัติของคอนกรีตทรงกระบอกที่ประสานด้วยอ็อกซี	77
รูปที่ 3.12	การขยายตัวตามอุณหภูมิของอ็อกซีมอร์ต้า	78
รูปที่ 3.13	การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทลดน้ำเพิ่มการไหลลื่น	79
รูปที่ 3.14	การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้าที่ไม่หดตัว ประเภทลดน้ำเพิ่มการไหลลื่น	

	และ ประเภทขยายตัว	80
รูปที่ 3.15	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้าที่ไม่หดตัว ประเภทลดน้ำเพิ่มการไหลสั้น	81
รูปที่ 3.16	การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้าประเภทขยายตัว	82
รูปที่ 3.17	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้าที่ไม่หดตัว ประเภทขยายตัว	83
รูปที่ 3.18	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ	84
รูปที่ 3.19	กำลังอัดของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ	85
รูปที่ 3.20	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า สำหรับการปะฉาบ	86
รูปที่ 3.21	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า สำหรับการปะฉาบ	87
รูปที่ 3.22	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า สำหรับการปะฉาบ	88
รูปที่ 3.23	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า สำหรับการปะฉาบ	89
รูปที่ 3.24	การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ	90
รูปที่ 3.25	การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ	91
รูปที่ 3.26	กำลังอัดของมอร์ต้า+SP. สำหรับการปะฉาบ	92
รูปที่ 3.27	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP. สำหรับการปะฉาบ	93
รูปที่ 3.28	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP. สำหรับการปะฉาบ	94
รูปที่ 3.29	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP. สำหรับการปะฉาบ	95
รูปที่ 3.30	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP. สำหรับการปะฉาบ	96
รูปที่ 3.31	การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้า+SP. สำหรับการปะฉาบ	97

รูปที่ 3.32	การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้า+SP. สำหรับการปะฉาบ	98
รูปที่ 3.33	กรวยสำหรับทดสอบ Flow Cone Test	99
รูปที่ 3.34	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการเกราท	100
รูปที่ 3.35	กำลังอัดของมอร์ต้าสำหรับการเกราท	101
รูปที่ 3.36	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของซีเมนต์เพส สำหรับการเกราท	102
รูปที่ 3.37	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า สำหรับการเกราท	103
รูปที่ 3.38	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า สำหรับการเกราท	104
รูปที่ 3.39	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า สำหรับการเกราท	105
รูปที่ 3.40	การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้าสำหรับการเกราท	106
รูปที่ 3.41	การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้าสำหรับการเกราท	107
รูปที่ 3.42	กำลังอัดของมอร์ต้า+SP. สำหรับการเกราท	108
รูปที่ 3.43	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของซีเมนต์เพส+SP. สำหรับการเกราท	109
รูปที่ 3.44	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP. สำหรับการเกราท	110
รูปที่ 3.45	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP. สำหรับการเกราท	111
รูปที่ 3.46	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP. สำหรับการเกราท	112
รูปที่ 3.47	การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้า+SP. สำหรับการเกราท	113
รูปที่ 3.48	การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้า+SP. สำหรับการเกราท	114
รูปที่ 4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของรอยต่อ กับกำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด และกำลังยึดเหนี่ยวตัด ของอิฐอกซ์กับคอนกรีตเก่า	115
รูปที่ 4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอิฐอกซ์ต่อทราย กับกำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด	

	และกำลังยึดเหนี่ยวตัว ของอีพ็อกซีมอร์ต้ากับคอนกรีตเก่า	116
รูปที่ 4.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง โมดูลัสยืดหยุ่นและอัตราส่วนระหว่างทรายต่อซีเมนต์ ของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ	117
รูปที่ 4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวและอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ	117
รูปที่ 4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด และอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ	118
รูปที่ 4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึง กำลังยึดเหนี่ยวตัว และอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ	118
รูปที่ 4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด และอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการเกราะที่	119
รูปที่ 4.8	ความสัมพันธ์ระหว่าง โมดูลัสยืดหยุ่นและอัตราส่วนระหว่างทรายต่อซีเมนต์ ของมอร์ต้าสำหรับการเกราะที่	120
รูปที่ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึง กำลังยึดเหนี่ยวตัว และอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการเกราะที่	120
รูปที่ 4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวจากการเสียน้ำ กับ อัตราส่วนทรายต่อ ซีเมนต์ ของมอร์ต้าสำหรับการเกราะที่	121