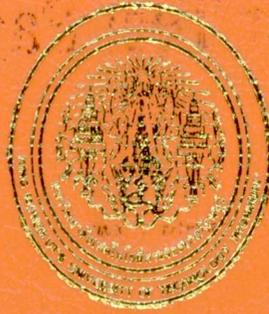


ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



247110



วารศึกษาคณะสมบัติของอนกวีตที่ใช้ภาษาเอสเซียมตววิไบต์ผสมงัสตปอชโซไลน  
เป็นวัสดุประสานร่วมกับมวลรวมที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต

นายณัฐิศ ยานะสกลานนท์

วิชาเคมีพลันเป็นงานหนึ่งของวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2554



การศึกษาคูณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมกับวัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุประสาน  
ร่วมกับมวลรวมที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต

นายกษิตศ มานะพัฒนานุกุล วศ.บ (วิศวกรรมโยธา)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2554

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



*Signature*

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ.เอนก ศิริพานิชกร)

*Signature*

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ศ.ดร.ชัย จาตุรพิทักษ์กุล)

*Signature*

กรรมการ

(ผศ.ดร.สมิตร ส่งพิริยะกิจ)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมกับวัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุประสานร่วมกับมวลรวมที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายกษิตศ มานะพัฒนานุกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศ.ดร.ชัย จาตุรพิทักษ์กุล
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2554

บทคัดย่อ

247110

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคอนกรีตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งใช้ส่วนผสมของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อเถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียดเท่ากับ 50:50 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน และกากแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อเถ้าปาล์มน้ำมันบดละเอียดเท่ากับ 40:60 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ใช้เศษคอนกรีตเป็นมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด มีปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลัง โดยแทนที่วัสดุประสานในอัตราร้อยละ 0 10 และ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตให้มีวัสดุประสานเท่ากับ 450 กก/ม<sup>3</sup> และใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.40 ทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วได้แก่ กำลังอัด ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านคอนกรีต และค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต โดยเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดาที่ใช้ปูนซีเมนต์ 300 กก/ม<sup>3</sup> เป็นวัสดุประสาน

ผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด หรือผสมเถ้าปาล์มน้ำมันบดละเอียด และใช้มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีตโดยไม่มีปูนซีเมนต์ในส่วนผสมมีกำลังอัดของคอนกรีตประมาณ 190 กก/ซม<sup>2</sup> ที่อายุ 28 วัน อย่างไรก็ตามการใช้ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน สามารถพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตให้อยู่ในช่วง 206-344 กก/ซม<sup>2</sup> ที่อายุ 28 วัน และทำให้อัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีตต่ำลงโดยมีค่าอยู่ระหว่าง  $1.90 \times 10^{-13}$  และ  $3.10 \times 10^{-13}$  เมตร/วินาที ที่อายุ 28 วัน หรือมีค่าเป็น 0.09 และ 0.15 เท่า ของคอนกรีตธรรมดาที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต มีค่าเท่ากับ

$1.84 \times 10^{-12}$  และ  $2.31 \times 10^{-12}$  ตารางเมตร/วินาที ที่อายุ 28 วัน หรือมีค่าเพียง 0.07 และ 0.09 เท่า ของคอนกรีต  
ธรรมดา

คำสำคัญ : กากแคลเซียมคาร์ไบด์ / เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ / เถ้าปาล์มน้ำมัน / มวลรวมหยาบและมวลรวม  
ละเอียดที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต / กำลั้งอัด / การซึมของน้ำผ่านคอนกรีต / การแทรกซึม  
ของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต

Thesis Title	A Study of Concrete Properties Made from Calcium Carbide Residue-Pozzolans as a Binder and Recycled Aggregates
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Kasidid Manaputtananukul
Thesis Advisor	Prof. Dr. Chai Jaturapitukkul
Program	Master of Engineering
Field of Study	Civil Engineering
Department	Civil Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2554

## Abstract

247110

This research is the study of environmental-friendly concrete. The concrete consisted of both recycled fine and coarse aggregates, and a concrete binder, which was either the blend of calcium carbide residue and ground risk husk-bark ash (CR-RHBA) with 50 percent-CR and 50 percent-RHBA by weight of binder or the blend of calcium carbide residue and ground palm oil fuel ash (CR-POFA) with 40 percent-CR and 60 percent-POFA by weight of binder. Portland cement type I was introduced to the concrete mixtures at the replacement rates of 0, 10, and 20 percent by weight of binder to accelerate the compressive strength of concrete. The concrete mixtures were designed to have the binder content of  $450 \text{ kg/m}^3$  with the water to binder (W/B) ratio of 0.40. Concrete properties, which are compressive strength, water permeability coefficient, and chloride migration coefficient, were investigated and compared to those of the control concrete with a Portland cement type I of  $300 \text{ kg/m}^3$  binder.

It was found that, without Portland cement, the concrete with CR-RHBA or CR-POFA binders in the mixtures provided the compressive strength approximately  $190 \text{ kg/cm}^2$  at 28 days. However, when Portland cement at 20 percent by weight of binder was introduced into the mixture, the 28-day compressive strengths could be improved to between 206 and  $344 \text{ kg/cm}^2$ . Their water permeability

247110

coefficients at 28 days could be reduced to between  $1.90 \times 10^{-13}$  and  $3.10 \times 10^{-13}$  m/s or between 0.09 and 0.15 times of the control concrete. Their chloride migration coefficients at 28 days ranged from  $1.84 \times 10^{-12}$  to  $2.31 \times 10^{-12}$  m<sup>2</sup>/s or only 0.07 to 0.09 times of the control concrete.

Keywords : Calcium Carbide Residue / Rice Husk-Bark Ash / Palm Oil Fuel Ash / Recycled Coarse Aggregate and Fine Aggregate / Compressive Strength / Water Permeability / Chloride Migration

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ ศ.ดร.ชัย จาตุรพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีในการทำวิจัยตลอดมา ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยภายใต้โครงการ เเมธีวิจัยอาวุโส สกว. ประจำปี 2553 ขอขอบคุณกรรมการสอบทุกท่าน ซึ่งได้แก่ รศ. เอนก ศิริพานิชกร และ ผศ.ดร.สมิตร ส่งพิริยะกิจ ที่สละเวลาอันมีค่ามาสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาและการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคุณฉัฐพงศ์ มกระธัช ที่ให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาการทำวิจัยรวมทั้งการเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ และต้องขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และครูอาจารย์ ทุกท่านที่ได้สั่งสอนให้ผู้วิจัยมีวันนี้ ตลอดจนนักศึกษาปริญญาโท และปริญญาเอกทุกคนในห้องวิจัยคอนกรีตที่คอยช่วยเหลือในช่วงระหว่างการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามและหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยชิ้นนี้จะช่วยเสริมสร้างความรู้ และความเข้าใจ ตลอดจนส่งเสริมการนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ และเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้ในงานคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดจากการย่อยเศษคอนกรีตแทนที่มวลรวมจากธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากปริมาณคอนกรีตที่เหลือใช้จำนวนมาก รวมถึงกากแคลเซียมคาร์ไบด์ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ และเถ้าปาล์มน้ำมันที่เหลือทิ้งจำนวนมาก ซึ่งวัสดุเหล่านี้เป็นผลพลอยได้จากภาคอุตสาหกรรม เพื่อสร้างคุณค่าให้กับงานคอนกรีตและผลิตงานวิจัยชิ้นใหม่ๆ ต่อไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	๖
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๗
กิตติกรรมประกาศ	๘
สารบัญ	๗
รายการตาราง	๘
รายการรูปประกอบ	๙
<b>บทที่</b>	
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 เนื้อหาวิทยานิพนธ์	3
<b>2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>7</b>
2.1 วัสดุพอลิโซลัน	7
2.2 ปฏิริยาไฮเดรชันและปฏิริยาพอลิโซลัน	7
2.3 กากแคลเซียมคาร์ไบด์	8
2.4 เถ้าแกลบ-เปลือกไม้	11
2.5 เถ้าปาล์มน้ำมัน	11
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมวลรวมที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต	11
2.7 การซึมของน้ำผ่านคอนกรีต	14
2.8 การแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต	15

3.	วิธีการทดสอบ	17
3.1	วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	17
3.2	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ	17
3.3	วิธีการศึกษา	20
4.	ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล	30
4.1	คุณสมบัติจำเพาะของวัสดุพอลิโพรพิลีน	30
4.2	คุณสมบัติจำเพาะของมวลรวมที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต	35
4.3	กำลังอัดของคอนกรีต	38
4.4	อัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต	43
4.5	การแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต	45
5.	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	50
5.1	สรุปผลการทดลอง	50
5.2	ข้อเสนอแนะ	51
	เอกสารอ้างอิง	53
	ภาคผนวก	
ก	ตารางและรูปคุณสมบัติจำเพาะของวัสดุ	60
ข	ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต	71
ค	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต	79
ง	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต	92
	ประวัติผู้วิจัย	100

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีต	22
3.2 การปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ (AASHTO TP64-03)	29
4.1 ความถ่วงจำเพาะ และความละเอียดของวัสดุ	33
4.2 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ	34
4.3 คุณสมบัติจำเพาะของมวลรวม	35
4.4 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต	41
4.5 ค่ากำลังอัดและค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านคอนกรีต	45
4.6 ค่ากำลังอัดและค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต	47
4.7 ค่ากำลังอัด ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านคอนกรีต และค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต	49
ก.1 ค่าความถ่วงจำเพาะของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ไม่บด	61
ก.2 ค่าความถ่วงจำเพาะของกากแคลเซียมคาร์ไบด์บด	61
ก.3 ค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ไม่บด	62
ก.4 ค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้บด	62
ก.5 ค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าปาล์มน้ำมันไม่บด	63
ก.6 ค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าปาล์มน้ำมันบด	63
ก.7 ค่าความต้านทานการสึกกร่อนของหินปูนย่อย	64
ก.8 ค่าความต้านทานการสึกกร่อนของมวลรวมหยาบที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต	64
ก.9 ค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของหินปูนย่อย	64
ก.10 ค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของทรายแม่น้ำ	65
ก.11 ค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต	65
ก.12 ค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวมละเอียดที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต	66
ก.13 ขนาดการกระจายตัวของหินปูนย่อย	67
ก.14 ขนาดการกระจายตัวของมวลรวมหยาบที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต	68
ก.15 ขนาดการกระจายตัวของทรายแม่น้ำ	69
ก.16 ขนาดการกระจายตัวของมวลรวมละเอียดที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต	70

ข.1	ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีต NC(300)	72
ข.2	ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีต CR-RHBA	73
ข.3	ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีต CR-RHBA(10)	74
ข.4	ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีต CR-RHBA(20)	75
ข.5	ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีต CR-POFA	76
ข.6	ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีต CR-POFA(10)	77
ข.7	ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีต CR-POFA(20)	78
ค.1	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA ที่อายุ 28 วัน	80
ค.2	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA ที่อายุ 90 วัน	81
ค.3	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA(10) ที่อายุ 28 วัน	82
ค.4	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA(10) ที่อายุ 90 วัน	83
ค.5	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA(20) ที่อายุ 28 วัน	84
ค.6	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA(20) ที่อายุ 90 วัน	85
ค.7	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA ที่อายุ 28 วัน	86
ค.8	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA ที่อายุ 90 วัน	87
ค.9	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA(10) ที่อายุ 28 วัน	88
ค.10	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA(10) ที่อายุ 90 วัน	89
ค.11	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA(20) ที่อายุ 28 วัน	90
ค.12	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA(20) ที่อายุ 90 วัน	91
ง.1	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต NC(300)	93
ง.2	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-RHBA	94
ง.3	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-RHBA(10)	95
ง.4	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-RHBA(20)	96
ง.5	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-POFA	97
ง.6	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-POFA(10)	98
ง.7	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-POFA(20)	99

## รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
1.1	5
1.2	5
1.3	6
1.4	6
3.1	18
3.2	18
3.3	19
3.4	19
3.5	19
3.6	24
3.7	24
3.8	25
3.9	25
3.10	27
3.11	27
3.12	28
3.13	28
4.1	31
4.2	36
4.3	36

4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุของคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเต็มเกลบ-เปลือกไม้บดเป็นวัสดุประสาน ที่ใช้มวลรวมจากการย่อยเศษคอนกรีต	42
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุของคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเต็มปาล์มน้ำมันบดเป็นวัสดุประสาน ที่ใช้มวลรวมจากการย่อยเศษคอนกรีต	42
4.6	การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีตและอายุของคอนกรีตทุกอัตราส่วนผสม	48
ก.1	การกระจายตัวของหินปูนย่อย	67
ก.2	การกระจายตัวของมวลรวมหยาบที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต	68
ก.3	การกระจายตัวของทรายแม่น้ำ	69
ก.4	การกระจายตัวของมวลรวมละเอียดที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต	70
ค.1	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA ที่อายุ 28 วัน	80
ค.2	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA ที่อายุ 90 วัน	81
ค.3	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA(10) ที่อายุ 28 วัน	82
ค.4	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA(10) ที่อายุ 90 วัน	83
ค.5	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA(20) ที่อายุ 28 วัน	84
ค.6	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-RHBA(20) ที่อายุ 90 วัน	85
ค.7	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA ที่อายุ 28 วัน	86
ค.8	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA ที่อายุ 90 วัน	87
ค.9	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA(10) ที่อายุ 28 วัน	88
ค.10	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA(10) ที่อายุ 90 วัน	89
ค.11	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA(20) ที่อายุ 28 วัน	90
ค.12	ผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต CR-POFA(20) ที่อายุ 90 วัน	91
ง.1	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต NC(300)	93
ง.2	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-RHBA	94
ง.3	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-RHBA(10)	95
ง.4	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-RHBA(20)	96
ง.5	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-POFA	97
ง.6	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-POFA(10)	98
ง.7	ผลการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์เข้าสู่คอนกรีต CR-POFA(20)	99