ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
245654

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง การป้องกันการกัดกร่อนคอนกรีตเสริมเหล็กในสิ่งแวดล้อมทะเล โดยใช้เถ้าเถ้าแกลบเปลือกไม้

(Utilization of Rice Husk-Bark Ash in Corrosion Protection for Reinforced Concrete under Marine environment)

คณะผู้วิจัย

นายวิเชียร ชาลี

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สนับสนุนโดย ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

ตุลาคม พ.ศ. 2554

b00250496

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งช
245654

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง การป้องกันการกัดกร่อนคอนกรีตเสริมเหล็กในสิ่งแวดล้อมทะเล
โดยใช้เถ้าแกลบเปลือกไม้

(Utilization of Rice Husk-Bark Ash in Corrosion Protection for Reinforced Concrete under Marine environment)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

คณะผู้วิจัย

นายวิเชียร ชาลี

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ได้รับสนุนโดย ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

ตุลาคม พ.ศ. 2554

ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ตามที่ นายวิเชียร ชาลี พนักงานมหาวิทยาลัย ตำแหน่งอาจารย์ สังกัดภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย เรื่อง "การป้องกันการกัดกร่อนคอนกรีตเสริมเหล็กในสิ่งแวดล้อมทะเลโดยใช้เถ้าเถ้าแกลบเปลือกไม้" จากทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 มีงบประมาณทั้งโครงการ 216,700 บาท ขณะนี้ผลการดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว

รายละเอียดของโครงการวิจัย

ผู้เสนอ	:	นายวิเชียร ชาลี
หน่วยงาน	:	ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ระยะเวลาดำเนินการ	:	12 เดือน
งบประมาณ	:	216,700 บาท

บทคัดย่อ

245654

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของปริมาณเถ้าแกลบเปลือกไม้ ความละเอียดของเถ้าแกลบเปลือกไม้และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ที่มีผลต่อปริมาณของการแทรกซึมของคลอไรด์และการเกิดสนิมเหล็กภายหลังเผชิญสภาวะแวดล้อมทะเล ในสภาวะเปียกสลับแห้ง เป็นเวลา 30 เดือน โดยใช้ส่วนผสมในคอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าแกลบเปลือกไม้ที่ผ่านการบด (ตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ) ในอัตราส่วนร้อยละ 15, 25, 35 และ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน เปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ที่ไม่ผสมเถ้าแกลบเปลือกไม้ และใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45 และ 0.65 ใช้ตัวอย่างคอนกรีตลูกบาศก์ขนาด 200x200x200 มม. เพื่อฝังเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. ยาว 50 มม. ที่ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเท่ากับ 10, 20, 50 และ 75 มม. หลังจากบ่มตัวอย่างคอนกรีตในน้ำประปาจนครบ 28 วันแล้วนำตัวอย่างไปแช่ในสภาวะแวดล้อมทะเลในสภาวะเปียกสลับแห้งในน้ำประปาจนครบ 30 เดือน เพื่อทดสอบหาปริมาณคลอไรด์ทั้งหมด และปริมาณคลอไรด์อิสระในคอนกรีต และดูการเกิดสนิมในเหล็กเสริมที่ฝังในคอนกรีต

ผลการศึกษาพบว่า คอนกรีตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ที่ผสมเถ้าแกลบเปลือกไม้ สามารถต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ และต้านทานการเกิดสนิมได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ผสมเถ้าแกลบเปลือกไม้ ส่วนผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่ต่ำกว่าสามารถต้านทานการแทรกซึมของคลอไรด์ และการเกิดสนิมในคอนกรีตได้ดีกว่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณคลอไรด์ที่กักเก็บ มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่เถ้าแกลบเปลือกไม้ในคอนกรีต อย่างไรก็ตาม การแทนที่เถ้าแกลบเปลือกไม้ปริมาณสูงในคอนกรีต (แทนที่ร้อยละ 50) กลับส่งผลให้การกักเก็บคลอไรด์ในคอนกรีตมีค่าลดลง

คำสำคัญ : เถ้าแกลบเปลือกไม้, การแทรกซึมของคลอไรด์, การกัดกร่อนเหล็ก, สภาวะแวดล้อมทะเล

245654

Abstract

This research is to study the effects of rice husk-bark ashes content and W/B ratio on chloride penetration profile and steel corrosion in concrete after 30 months exposure under marine environment. Ground rice husk-bark ashes were used to replace Portland cement type 1 at the percentage of 15, 25, 35 and 50 by weight of binder. Control concretes were cast by using Portland Cement type I with W/B of 0.45 and 0.65. Concrete cube specimens of 200 mm3 with having the embedded steel bar (12 mm in diameter and 50 mm in length) at the covering depth of 10, 20, 50 and 75 mm were prepared. The concrete cubes were cured in fresh water for 28 days and then placed to the tidal zone of marine environment. The specimens were tested for total and free chloride contents and corrosion of embedded steel bar after being exposed to sea water for 30 months.

The results showed that the use of rice husk-bark ashes in concrete have a better chloride and steel corrosion resistant than control concretes. Besides, concrete with a low W/B ratio clearly decrease the chloride penetration and steel corrosion when compared with that a high W/B ratio. In addition, chloride binding capacity increased with the increase of rice husk-bark ash in the concrete. However, the use of high volume rice husk-bark ash in concrete (50% replacement) results in decreases the chloride binding capacity.

Keyword; Rice husk-bark ash, Chloride penetration, Steel corrosion, Marine environment

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ความสะดวกด้านเครื่องมือและห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ธุรการ และช่างเทคนิคประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ช่วยประสานงานและช่วยเหลือเป็นอย่างดี ตลอดจนขอขอบคุณโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่แช่ตัวอย่าง

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นฐานข้อมูลเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณชายฝั่งทะเลประเทศไทย ให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ช่วยเสริมสร้างความรู้ และความเข้าใจ ตลอดจนช่วยส่งเสริมการใช้เถ้าแกลบเปลือกไม้ให้สามารถใช้งานได้จริงในงานคอนกรีต

สารบัญ

สารบัญเนื้อหา

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญเนื้อหา	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 ผลกระทบของน้ำทะเลต่อคอนกรีตเสริมเหล็ก	4
2.2 การกัดกร่อนเนื่องจากคลอไรด์	7
2.3 ประเภทของคลอไรด์ในเนื้อคอนกรีต	10
2.4 ผลกระทบของคลอไรด์ต่อคอนกรีตเสริมเหล็ก	11
2.5 ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก	14
2.6 การกัดกร่อนเนื่องจากซัลเฟต	15
2.7 วัสดุปอซโซลาน	16
2.8 ปฏิกิริยาปอซโซลาน	17
2.9 เถ้าแกลบ – เปลือกไม้ (Rice husk–bark ash)	17
2.10 การศึกษาเกี่ยวกับการใช้เถ้าแกลบเปลือกไม้ในงานคอนกรีต	18
2.11 การป้องกันการกัดกร่อนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในสภาวะแวดล้อมทะเล	20

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกัดกร่อนของน้ำทะเลต่อคอนกรีต 21

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 26

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ 26

3.2 อุปกรณ์การทดสอบและเครื่องมือ 26

3.3 ตัวอย่างคอนกรีตที่ได้เตรียมไว้เมื่อ 30 เดือนที่แล้ว 30

3.4 การทดสอบตัวอย่างคอนกรีตภายหลังเผชิญสภาวะแวดล้อมทะเล เป็นเวลา 30 เดือน 32

บทที่ 4 ผลการทดลอง 38

4.1 คุณสมบัติวัสดุประสาน 38

4.2 การแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตภายหลังเผชิญสภาวะแวดล้อมทะเล เป็นเวลา 30 เดือน 41

4.3 การเกิดสนิมในเหล็กเสริมของคอนกรีตภายหลังเผชิญสภาวะ แวดล้อมทะเลเป็นเวลา 30 เดือน 49

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 52

5.1 สรุปผลการทดสอบ 52

5.2 ข้อเสนอแนะจากการทดสอบ 52

บรรณานุกรม 53

ภาคผนวก ก 56

ภาคผนวก ข 58

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีต 30

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุประสาน 40

4.2 พื้นที่สนิมในเหล็กเสริมในคอนกรีตที่แช่อยู่ในสภาวะแวดล้อมทะเล 49

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะของโครงสร้างที่อยู่ในสภาพแวดล้อมน้ำทะเล	5
2.2	บริเวณความเสี่ยงต่อการเกิดสนิมของเหล็กเสริมภายในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	6
2.3	การเกิดสนิมเหล็กเนื่องจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีเมื่อมีคลอไรด์ในคอนกรีต	8
2.4	การแตกร้าว หลุดร่อนของคอนกรีตเนื่องจากการเกิดสนิมเหล็ก	10
2.5	แผนภาพแสดงการดึงดูดแบบแคปิวลารี	12
2.6	แผนภาพแสดงการดึงดูดอิออนเข้าไปในคอนกรีต	12
2.7	ภาพขยายของอนุภาคของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ก่อนและหลังการบด	18
3.1	ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 20	26
3.2	เครื่องชั่งอ่านละเอียด 0.0001 กรัม	27
3.3	เครื่องทดสอบกำลังอัด	27
3.4	อุปกรณ์บดคอนกรีต	28
3.5	เครื่องตัดคอนกรีต	28
3.6	เครื่องเจาะคอนกรีต	29
3.7	เครื่องดูดสุญญากาศ	29
3.8	แสดงตำแหน่งที่ฝังเหล็กเสริมในตัวอย่างทดสอบ	31
3.9	บริเวณแช่ตัวอย่างคอนกรีตที่ โรงพยาบาล สมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี	32
3.10	การเจาะก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์	33
3.11	การตัดตัวอย่างออกเป็นชั้นเพื่อทดสอบคลอไรด์	33
3.12	การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบคลอไรด์	34
3.13	การนำตัวอย่างไปต้มให้เดือด 3 นาที	35
3.14	การนำตัวอย่างที่เย็นแล้วมากรองโดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ	36
3.15	การนำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้ว มาไตเตรตด้วยมือ	36
3.16	การนำตัวอย่างคอนกรีตมาทุบเพื่อนำเอาเหล็กที่ฝังไว้ที่ระยะต่างๆ ออกมาวัดหาพื้นที่สนิม	37
4.1	ภาพถ่ายขยายของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	38
4.2	ภาพถ่ายขยายของเถ้าแกลบเปลือกไม้	39
4.3	การแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบเปลือกไม้ที่มี W/B เท่ากับ 0.45 และ 0.65	41

ที่ระยะ 15 25 และ 35 มม.

4.4 การแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบเปลือกไม้ที่มี W/B เท่ากับ 0.45 43

4.5 การแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I และคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบเปลือกไม้ที่มี W/B เท่ากับ 0.65 44

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอไรด์อิสระกับปริมาณคลอไรด์ทั้งหมดคอนกรีตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 45

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอไรด์อิสระกับปริมาณคลอไรด์ทั้งหมดในคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบเปลือกไม้ 46

4.8 การดักจับคลอไรด์ในคอนกรีตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบเปลือกไม้ที่มี W/B เท่ากับ0.45 และ 0.65 ที่ระยะ 15 มม. 48

4.9 การเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบเปลือกไม้บดละเอียดหลังแช่น้ำทะเล 30 เดือน 50