บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินการศึกษาผลกระทบการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้เป็นโครงสร้างในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล สำหรับอุปกรณ์และวิธีการทดลองดังนี้

3.1 อุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบ (Universal testing machine)
2. เครื่องทดสอบกำลังอัด (Compressive testing machine)
3. เครื่องทดสอบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าครึ่งแซลล์ (Half-cell potential test)
4. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง
5. เครื่องวัดค่าศักย์ไฟฟ้า
6. แบบหล่อแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาด 10 × 20 เซนติเมตร
7. แบบหล่อแท่งตัวอย่างรูปคาน ขนาด 10 × 10 × 40 เซนติเมตร
8. เครื่องผสมคอนกรีต
9. เครื่องจี้คอนกรีต (Vibrator)
10. เครื่องชั่งน้ำหนัก สามารถอ่านค่าได้ละเอียด 0.01 กรัม
11. อุปกรณ์สำหรับบัดกรี
12. ถังสำหรับแช่ตัวอย่าง ขนาด 120 ×150 เซนติเมตร
13. อุปกรณ์สำหรับผสมสารละลาย
14. แผ่นพลาสติกใส
15. เทปพันสายไฟ
16. เกรียงเหล็ก
17. ถุงมือยาง

3.2 วิธีการ

3.2.1 วัสดุ

วัสดุสำหรับการศึกษาผลกระทบการเกิดสนิมของเหล็กเสริมใจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้เป็นโครงสร้างในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเลประกอบด้วย

1) เถ้าถ่านหิน

เถ้าถ่านหินจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าแม่แมะ จังหวัดลำปาง ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าถ่านหิน

Oxides	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	SO_3
%	50.71	15.60	9.41	16.62	2.53	3.42

2) เถ้าแกลบ

เถ้าแกลบ (Rice husk ash) จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ

Oxides	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
%	91.93	0.39	0.69	0.08	0.20	0.51

3) ดินขาว

ดินขาว (Metakaolin) จังหวัดลำปาง ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบทางเคมีของดินขาว

Oxides	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
%	44.85	37.98	0.97	0.06	0.12	0.04	1.23

4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

Oxides	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3
%	20	5	3	60	1.10	1.50	2.40	2

5) มวลรวม

5.1) มวลรวมหยาบ

หินปูนย่อย (Crushed limestone) ขนาด 3/8 นิ้ว (SSD)

5.2) มวลรวมละเอียด

ทรายแม่น้ำร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (SSD) อิ่มตัวผิวแห้ง

6) เหล็กเสริม

เหล็กผิวเรียบและเหล็กข้ออ้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร และ10 มิลลิเมตร คุณสมบติของเหล็ก ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 คุณสมบัติของเหล็กเสริม

Diameter	Cross section area	Yield strength	Ultimate strength
(mm)	(cm^2)	(ksc)	(ksc)
RB9	0.63	4379	5520

7) สารละลาย

7.1) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide,NaOH)

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide,NaOH) ความเข้มข้น 14 โมล่าร์ โดยเตรียมไว้ล่วงหน้า 24 ชั่วโมง ก่อนทำการผสม

7.2) สารละลายโซเดียมซิลิเกต (Sodium silicate, Na_2SiO_2)

สารละลายโซเดียมซิลิเกต (Sodium silicate, Na_2SiO_2) มี Na_2O ร้อยละ 14.7, SiO_2 ร้อยละ 29.4, H_2O ร้อยละ 55.9 โดยมวล

7.3) สารลายโซเดียมคลอร์ไรด์ (Sodium chloride,NaCL)

สารละลายโซเดียมคลอร์ไรด์ (Sodium chloride,NaCL) มีความเข้มข้นร้อยละ 3 ของปริมาตรน้ำ

3.2.2 อัตราส่วนผสม

การศึกษาผลกระทบการเกิดสนิมของเหล็กเสริมใยจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้เป็นโครงสร้างในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล ซึ่งมีอัตราส่วนผสมโดยใช้วัสดุปอซโซลานของ เถ้าลอย (Fly ash) เถ้าแกลบ (Rice husk ash) และดินขาว (Metakaolin) ใช้อัตราส่วนผสมตัวอย่างที่เหมาะสมดังตารางที่ 3.6, ตารางที่ 3.7 และ ตารางที่ 3.8 ตามลำดับ และอัตราส่วนของตัวอย่างคอนกรีตดังตารางที่ 3.9

1) จีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย

อัตราส่วนผสมของจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอยได้อ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมาของการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของจีโอโพลิเมอร์คอนกรีต (สราวุฒิ, 2550) เป็นหลักและงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 อัตราส่วนผสมจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย

Ratio	Materials (kg/m^3)					
$Na_2O.SiO_3/NaOH$	Aggregates	Sand	Fly ash	$Na_2O.SiO_3$	NaOH	W/B
1.0	1190	640	400	102	102	0.51

2) จีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าแกลบ

อัตราส่วนผสมของจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าแกลบ ได้ทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าแกลบโดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมาดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 อัตราส่วนผสมจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าแกลบ

Ratio	Materials (kg/m^3)						
$Na_2O.SiO_3/NaOH$	Aggregates	Sand	Fly ash	Rice husk ash	$Na_2O.SiO_3$	NaOH	W/B
1.0	1190	640	400	120	102	102	0.39

3) จีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากดินขาว

อัตราส่วนผสมของจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากดิน ได้ทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากดินขาวโดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมาดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 อัตราส่วนผสมจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากดินขาว

Ratio	Materials (kg/m^3)						
$Na_2O.SiO_3/NaOH$	Aggregates	Sand	Fly ash	Metakaolin	$Na_2O.SiO_3$	NaOH	W/B
1.0	1190	640	400	120	102	102	0.39

4) คอนกรีต

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการออกแบบอัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่กำลังรับแรงอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน 240 กก./ซม^2 ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 อัตราส่วนผสมของคอนกรีต

Compressive Strength (ksc)	Materials (kg/m^3)					
	Cement	Aggregates 3/8"	Sand	Water	Slump (cm)	Water Cement Ratio
240	381	994	626	180	3-5	0.47

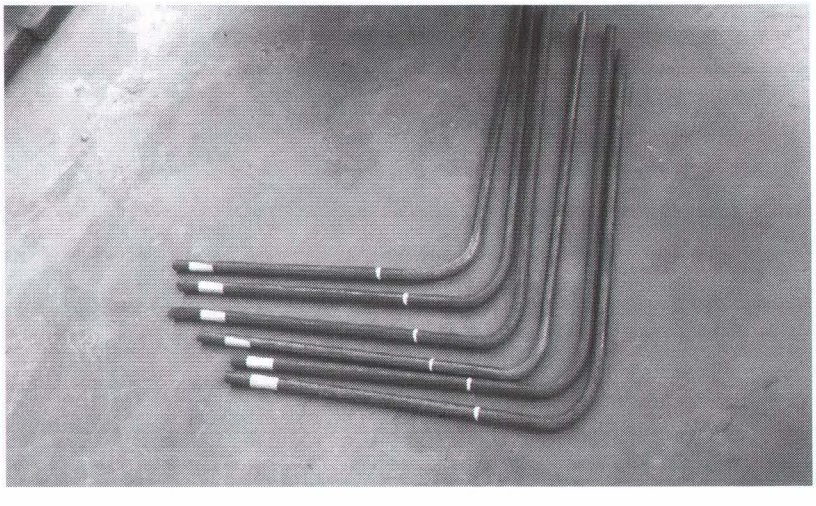
3.3 การเตรียมตัวอย่างจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตและคอนกรีต

3.3.1 จีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ และดินขาว

การดำเนินการเตรียมตัวอย่างจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ และดินขาว ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

- ❖ ตัวอย่างรูปคาน
- ❖ ตัวอย่างรูปทรงกระบอก

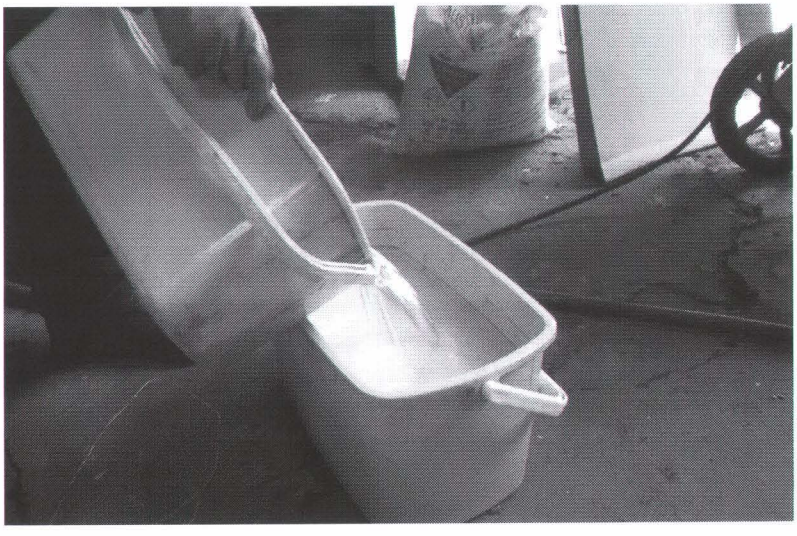
การเตรียมตัวอย่างทดสอบคานจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ และดินขาว ซึ่งตัวอย่างทดสอบคอนกรีตรูปคานขนาด 10×10×40 เซนติเมตร และตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาด 10 ×20 เซนติเมตร เพื่อทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ และดินขาว สำหรับตัวอย่างรูปคานจะทำการเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม โดยเสียบเหล็กเสริมเส้นกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร และยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ซึ่งอยู่ระหว่างกลางของตัวอย่างและยื่นออกมาจากตัวอย่างประมาณ 20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.1



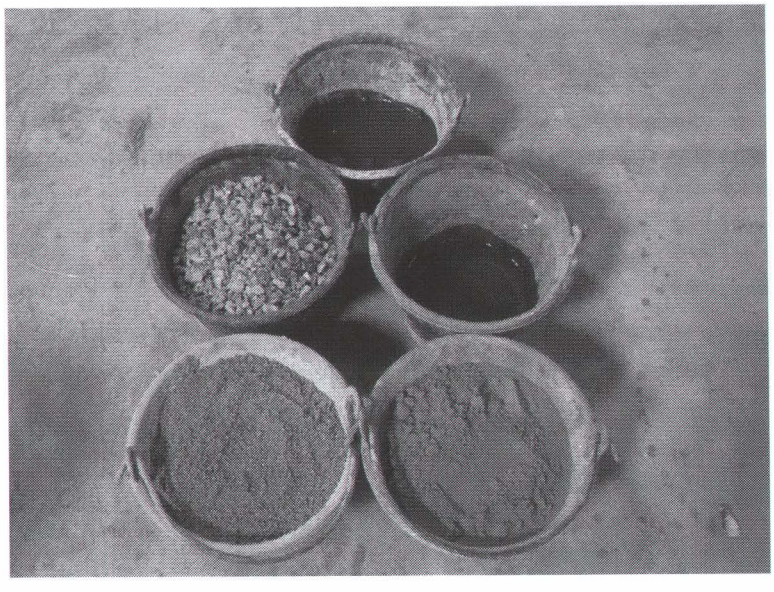
รูปที่ 3.1 เหล็กเสริมเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร

1) การเตรียมสารละลายและวัสดุผสม

การเตรียมสารละลายโซเดียมซิลิเกต โซเดียมไฮดรอกไซด์ หิน ทราย เถ้าถ่านหิน เถ้าแกลบ และดินขาว ตามอัตราส่วนผสมที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยให้หินและทรายอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้งเพื่อป้องกันการดูดซึมสารละลายที่ผสมลงไปดังรูปที่ 3.3 ทำให้สารละลายไม่เพียงพอและส่งผลต่อระยะเวลาการก่อตัวของจีโอโพลิเมอร์คอนกรีต และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีปริมาณความเข้มข้น 10 โมลาร์ โดยเตรียมล่วงหน้าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการผสม ดังรูปที่ 3.2



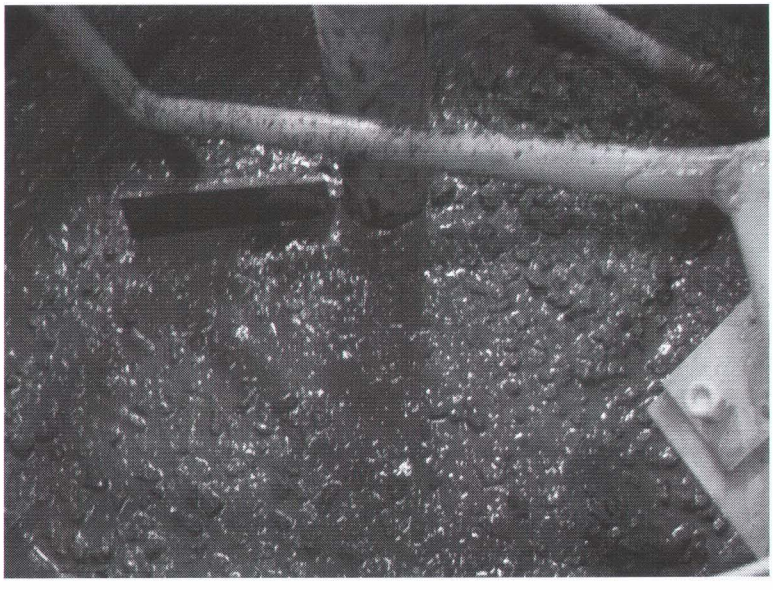
รูปที่ 3.2 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์



รูปที่ 3.3 วัสดุผสมจีโอโพลิเมอร์คอนกรีต

2) การผสม

นำส่วนผสมใส่ลงในอุปกรณ์ผสมคอนกรีต ทำการผสมให้เข้ากันโดยใช้เวลาในการผสม 3-5 นาที หลังจากนั้นจึงใส่สารละลายทั้งสองลงไปผสมให้เข้ากันอีกครั้งพร้อมใส่หิน ทำการผสมจนกว่าส่วนผสมเข้ากันได้ดีดังรูปที่ 3.4

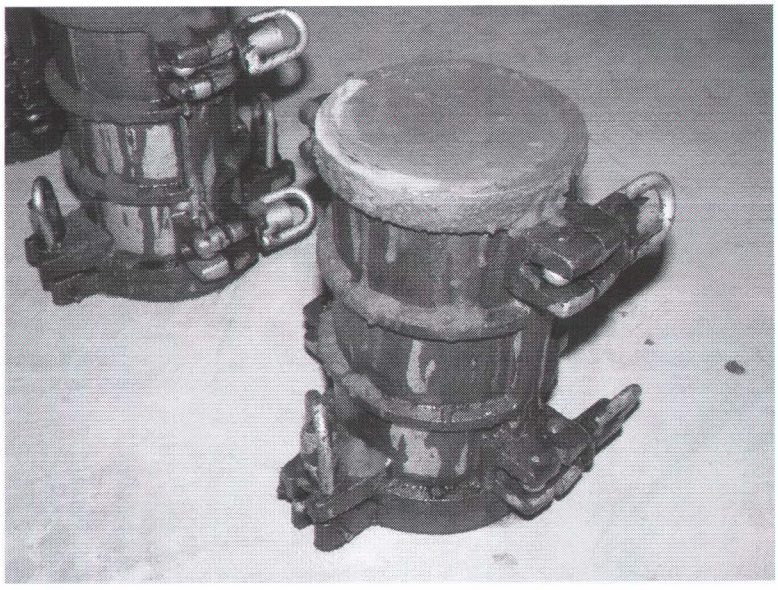


รูปที่ 3.4 การผสมจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ และดินขาว

3) การเทลงแบบหล่อ

นำจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ และดินขาว เทลงแบบหล่อรูปคานขนาด 10×10×40 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.5 และแบบหล่อรูปทรงกระบอกขนาด 10 ×20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.6 และเก็บไว้ในอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

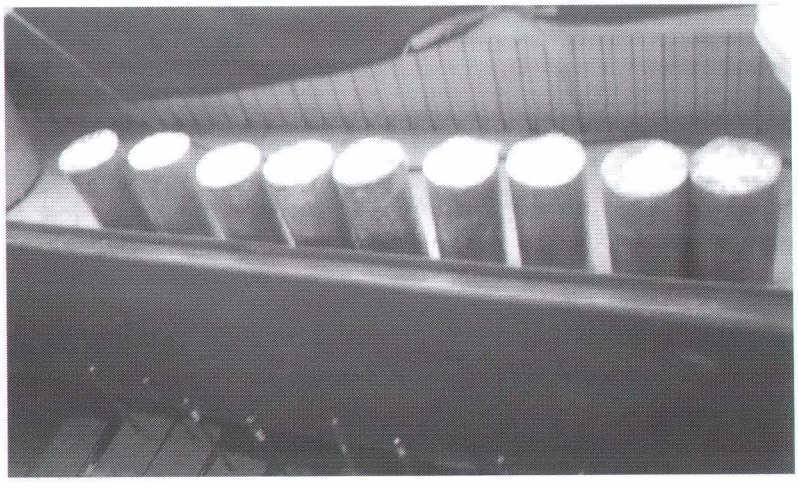
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างรูปคาน



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างรูปทรงกระบอก

4) การบ่ม

การบ่มตัวอย่างรูปคานจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอย เถ้าแกลบ และดินขาว เลือกการบ่มตัวอย่างด้วยการหุ้มตัวอย่างแผ่นพลาสติกใสเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำระยะเวลา 28 วัน ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การบ่มตัวอย่างจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตด้วยการหุ้มแผ่นพลาสติกใส

3.3.2 คอนกรีต

การดำเนินการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตก็มีลักษณะเดียวกันกับจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอย เถ้าแกลบ และดินขาว ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

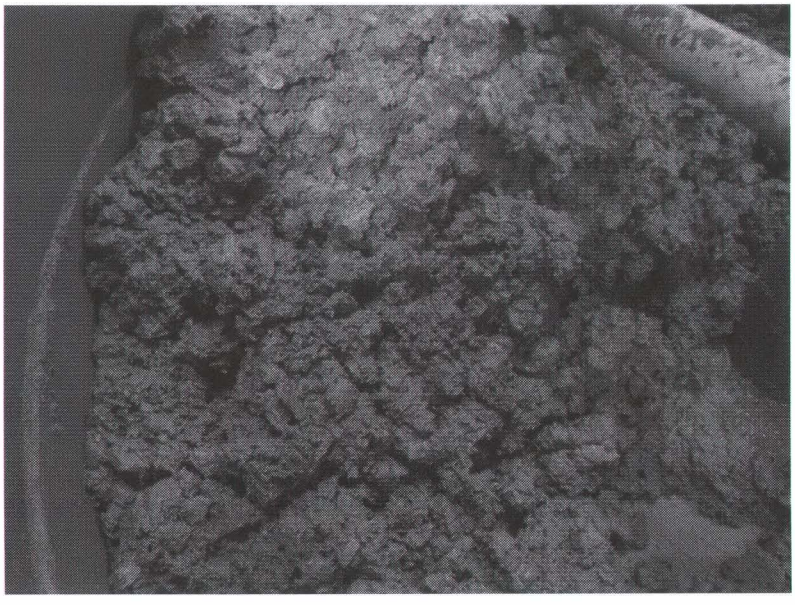
- ❖ ตัวอย่างรูปคาน
- ❖ ตัวอย่างรูปทรงกระบอก

1) การเตรียมวัสดุผสม

การเตรียมหิน ทราย ซีเมนต์และน้ำ ตามอัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยให้หินและทรายอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้งเพื่อป้องกันการดูดของน้ำ

2) การผสม

นำส่วนผสมใส่ลงในอุปกรณ์ผสมคอนกรีต ทำการผสมให้เข้ากันโดยใช้เวลาในการผสม 3-5 นาที หลังจากนั้นจึงใส่น้ำลงไปผสมให้เข้ากันอีกครั้งพร้อมใส่หิน ทำการผสมจนกว่าส่วนผสมเข้ากันได้ดี ดังรูปที่ 3.8



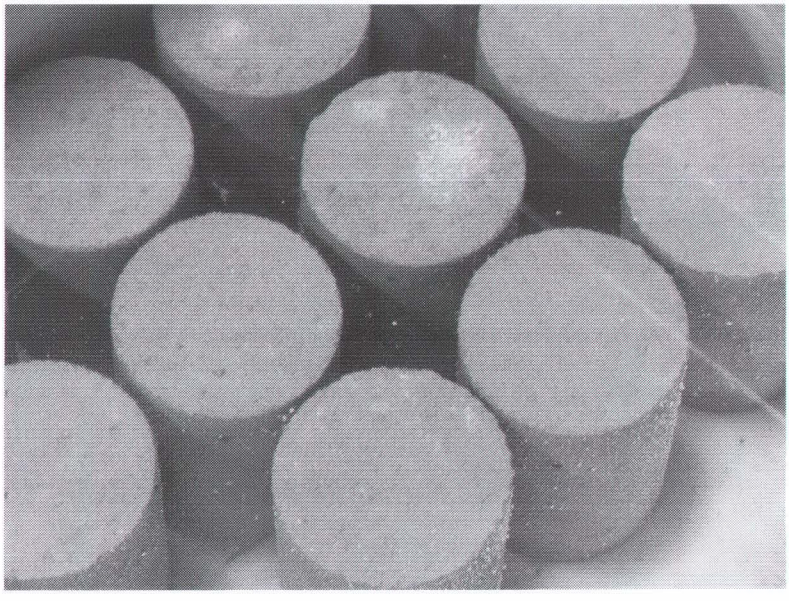
รูปที่ 3.8 การผสมคอนกรีต

3) การเทลงแบบหล่อ

นำคอนกรีตเทลงแบบหล่อรูปคานขนาด 10×10×40 เซนติเมตร และแบบหล่อรูปทรงกระบอกขนาด 10×20 เซนติเมตร เก็บไว้ในอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

4) การบ่ม

การบ่มตัวอย่างรูปคานคอนกรีตและคอนกรีตรูปทรงกระบอก เลือกการบ่มตัวอย่างด้วยน้ำระยะเวลา 28 วัน ดังรูปที่ 3.9



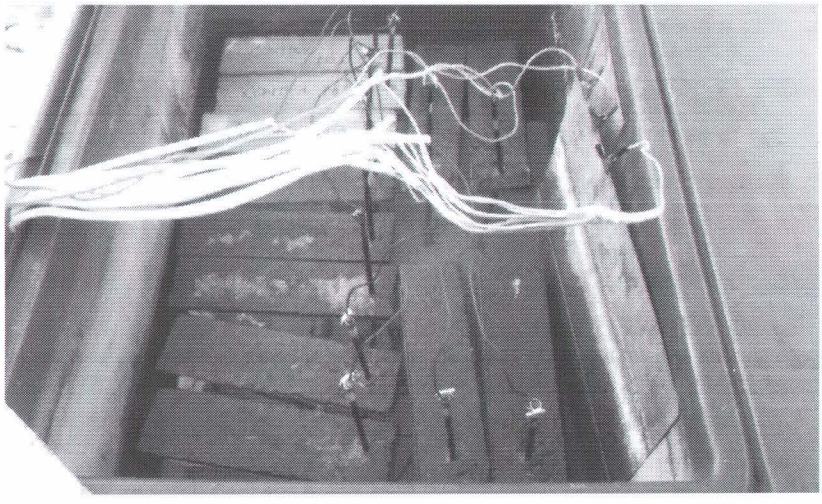
รูปที่ 3.9 การบ่มคอนกรีตด้วยน้ำ

3.4 การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ ดินขาว และคอนกรีต เนื่องจากสภาพความเป็นจริงการเกิดสนิมของเหล็กเสริมตามธรรมชาติของโครงสร้างสิ่งแวดล้อมทะเลมีระยะเวลานาน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริมด้วยไฟฟ้ากระแสตรงโดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมา

3.4.1 การติดตั้งสายไฟฟ้า

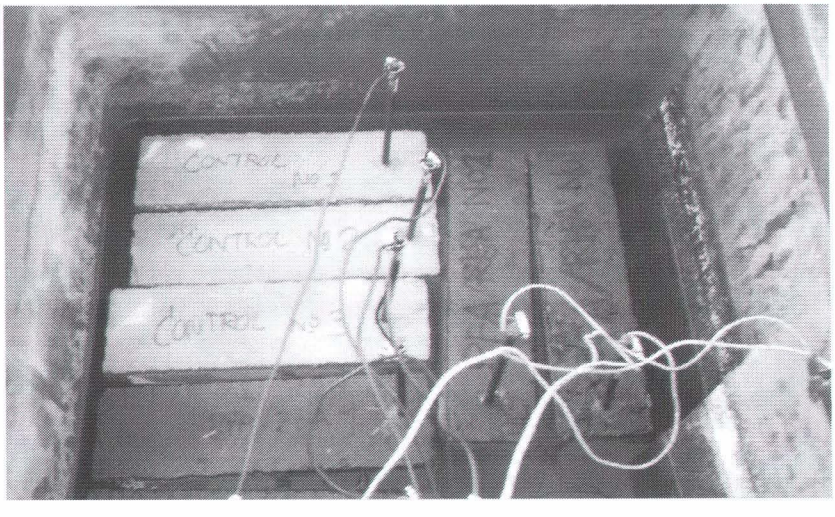
การติดตั้งสายไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าขั้วบวกกับแท่งทองแดงและขั้วลบกับเหล็กเสริมที่อยู่ในตัวอย่างจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ ดินขาว และตัวอย่างคอนกรีตรูปคานดังรูปที่ 3.10



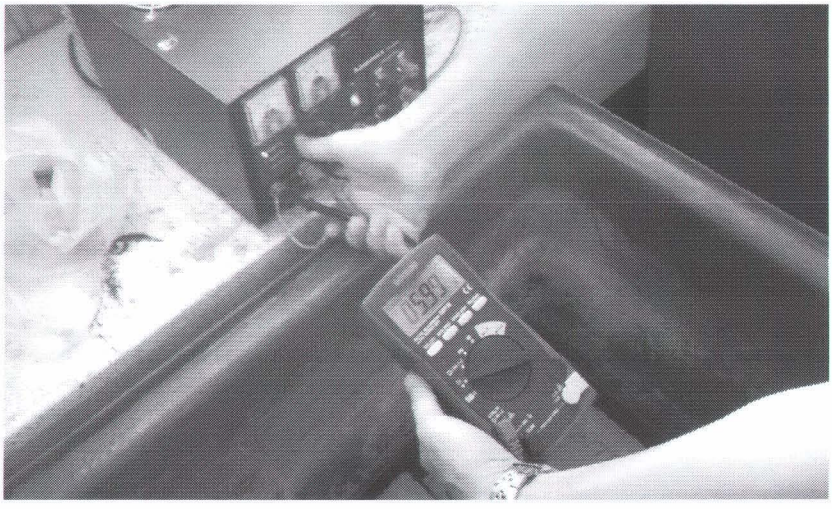
รูปที่ 3.10 การติดตั้งสายไฟฟ้ากับแท่งตัวอย่างทดสอบ

3.4.2 การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริมโดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะเวลา 28 วัน ด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้า 6 โวทต์ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม



รูปที่ 3.12 การตรวจสอบความสม่ำเสมอของกระแสไฟฟ้า

3.5 การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

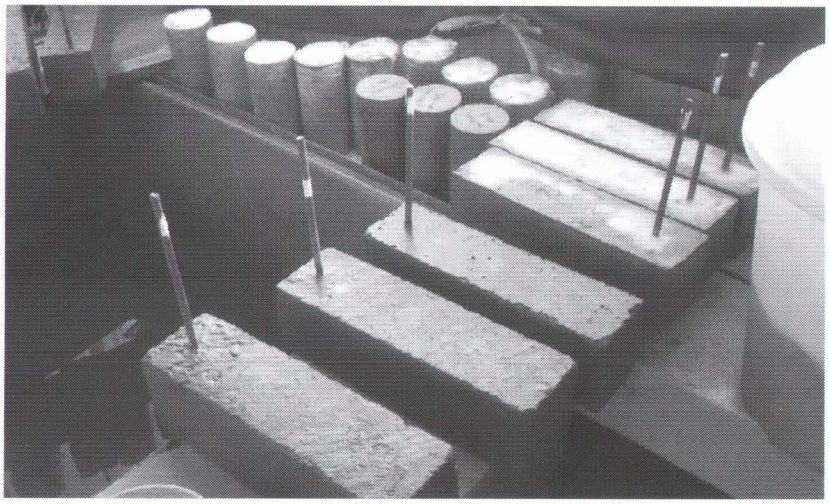
การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม โดยทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อยู่ในตัวอย่างทดสอบจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ ดินขาว และคอนกรีต ซึ่งใช้เครื่องมือตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม Half Cell Potential Test ตามมาตรฐาน ASTM C 876

3.5.1 การเตรียมสารละลาย

สารละลายคอมเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulfate) ในการเตรียมสารละลายนั้นทุกครั้งในการผสมสารละลายต้องทำการผสมให้สารละลายอิ่มตัวก่อนที่จะนำสารละลายไปใช้ในการทดสอบ

3.5.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

นำตัวอย่างจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ ดินขาว และคอนกรีตรูปคานขึ้นจากการให้กระแสไฟฟ้า ทำความสะอาดตัวอย่างด้วยน้ำ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

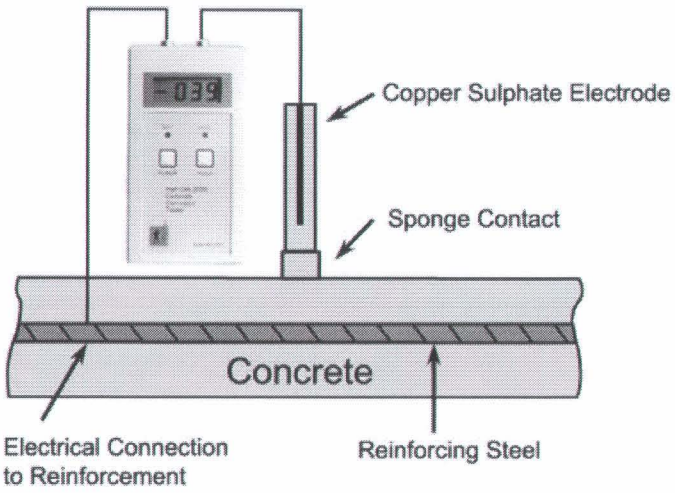
3.5.3 การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริมของตัวอย่างจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ ดินขาว และคอนกรีต ทำการวตรวจสอบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าด้านบนของตัวอย่าง ทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า จนครบ 28 วัน ดังรูปที่ 3.15 จากการตรวจสอบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C 876 สามารถแบ่งระดับของการเกิดสนิมของเหล็กเสริมดังตารางที่ 3.10

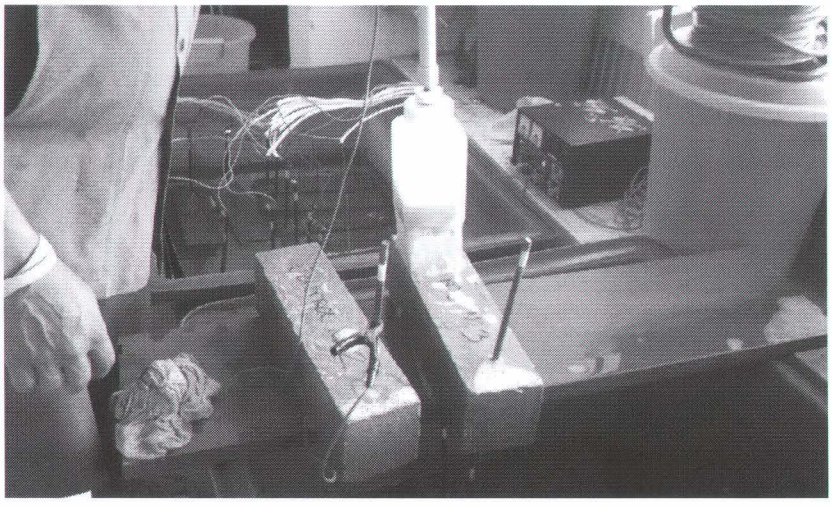
ตารางที่ 3.10 ความต่างศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์และแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม ASTM C 876

Half-cell Potential (mV)	Percentage chance of active corrosion
>-350	90%
-200 to -350	50%
>-200	10%

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



รูปที่ 3.14 การเชื่อมต่อสายไฟฟ้าขั้วบอกและขั้วลบกับตัวอย่างทดสอบ



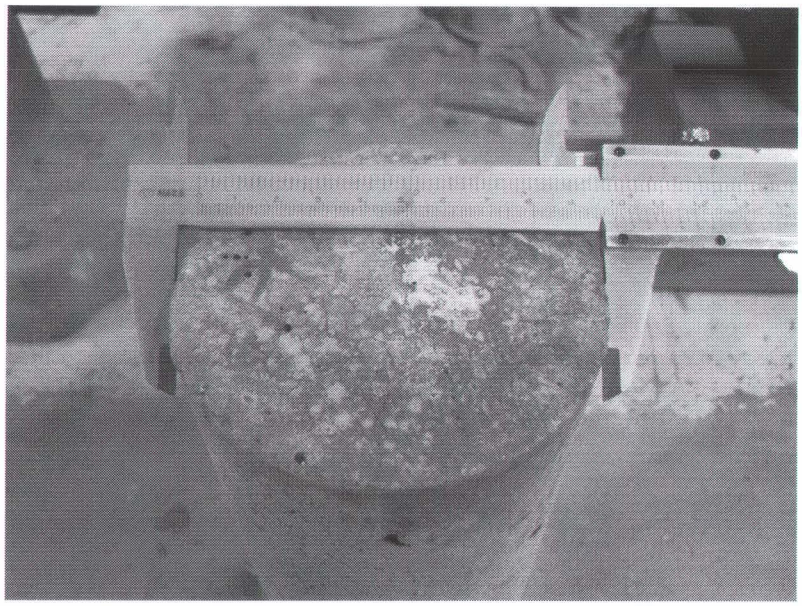
รูปที่ 3.15 การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริมด้วยเครื่องมือ Half-cell Potential Test

3.6 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

การดำเนินการทดสอบกำลังรับแรงอัดของจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ ดินขาว และคอนกรีต โดยการนำตัวอย่างที่บ่มไว้เป็นระยะเวลา 28 วัน มาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของวัสดุแต่ละชนิด ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

3.6.1 การตรวจสอบขนาดและน้ำหนัก

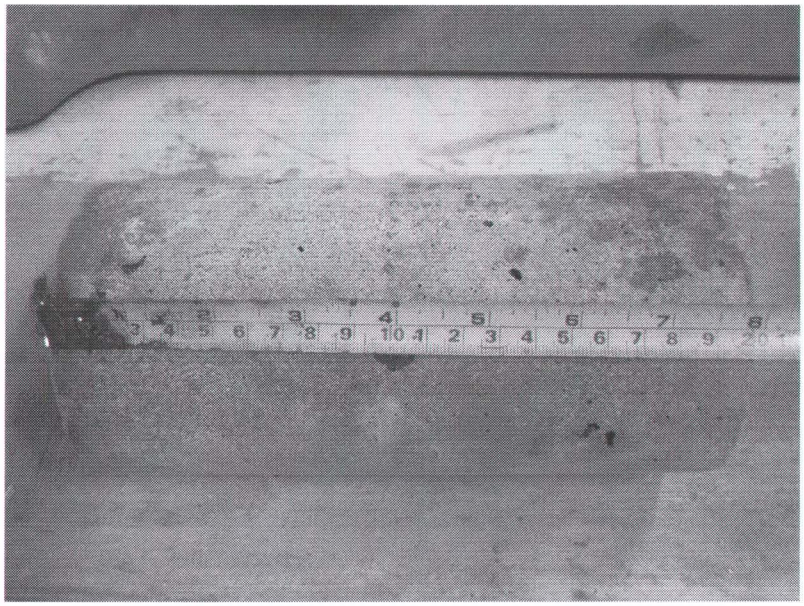
การตรวจสอบขนาดและน้ำหนักของตัวอย่างทดสอบ ทำการตรวจสอบขนาด ความกว้าง ความสูง และน้ำหนัก โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ที่มีความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร และเครื่องชั่งน้ำหนักสามารถอ่านค่าได้ละเอียด 0.01 กรัม ดังรูปที่ 3.16 ถึงรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.16 การตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

รูปที่ 3.17 การตรวจสอบน้ำหนัก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

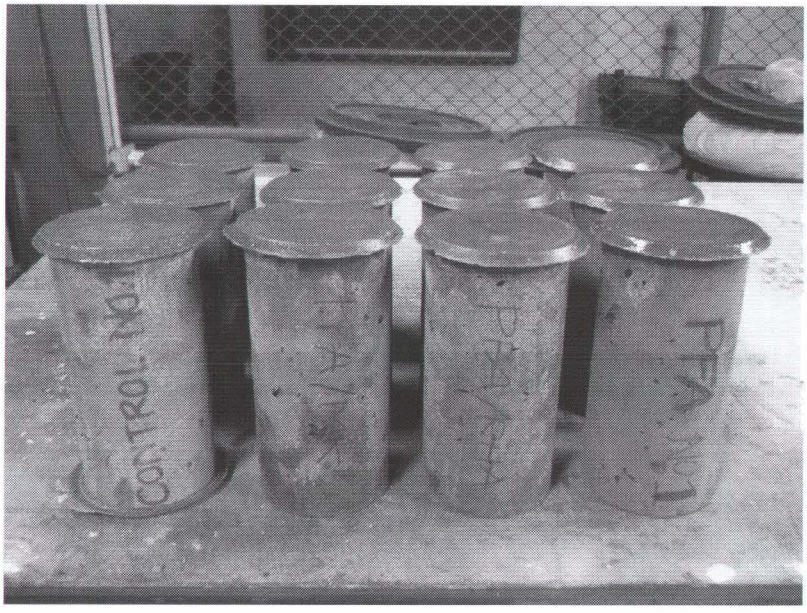


รูปที่ 3.18 การตรวจสอบขนาดความสูง

3.6.2 การตกแต่งผิวหน้าให้เรียบ

การตกแต่งผิวหน้าให้เรียบด้วยกำมะถัน ทำการต้มกำมะถันให้ละลายด้วยความร้อยหลังจากนั้นเทกำมะถันลงในแบบหล่อและตามด้วยการวางแท่งตัวอย่างทดสอบดังรูปที่ 3.19 ในการวางแท่งตัวอย่างทดสอบตั้งให้ได้แนวดิ่งเพื่อป้องกันมิให้ผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบเกิดการเอียง ดังรูปที่ 3.20

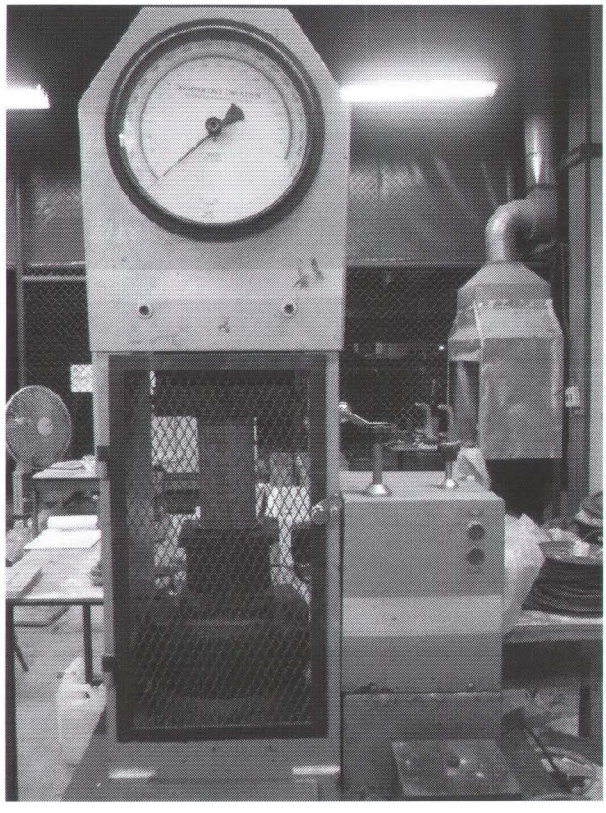
รูปที่ 3.19 การเคลือบผิวด้านบนตัวอย่างด้วยกำมะถัน



รูปที่ 3.20 วางตัวอย่างที่เคลือบผิวหน้าด้วยกำมะถันให้แข็งตัวในอุณหภูมิปกติ

3.6.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

การดำเนินการทดสอบกำลังรังแรงอัดของตัวอย่างทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ Compression Machine ด้วยความเร็วคงที่และสม่ำเสมอดังรูปที่ 3.21 ทำการทดสอบจนแท่งตัวอย่างทดสอบเกิดความวิบัติไม่สามารถรับแรงได้พร้อมบันทึกค่าแรงสูงสุด และน้ำค่าแรงสูงสุดไปหาค่ากำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ ดินขาว และคอนกรีต



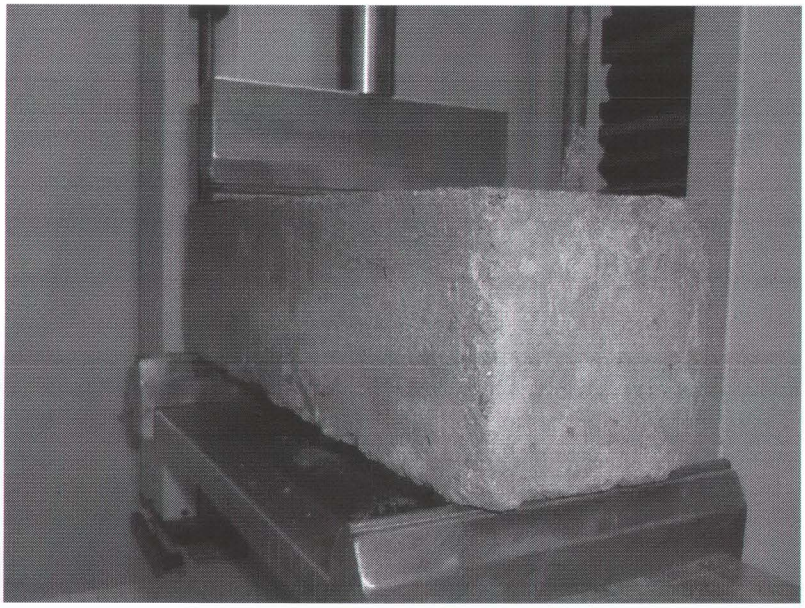
รูปที่ 3.21 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

3.7 การทดสอบกำลังรับแรงดัด

การทดสอบกำลังรับแรงดัดของจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ ดินขาว และคอนกรีตรูปคาน โดยการนำตัวอย่างที่ดำเนินการให้ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นระยะเวลา 28 วัน และตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการให้กระแสไฟฟ้ามาทำการทดสอบกำลังรับแรงดัดของวัสดุแต่ละชนิด ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

3.7.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

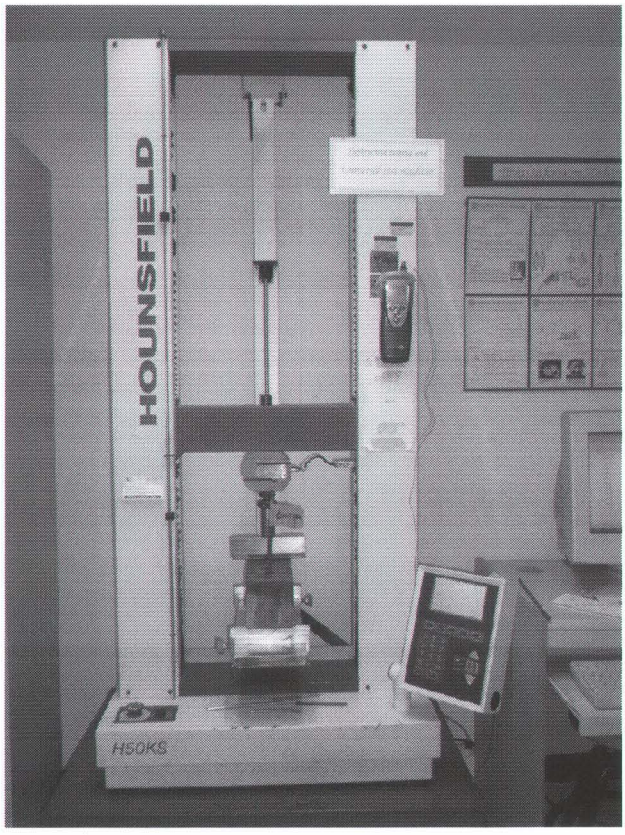
การเตรียมตัวอย่างทดสอบให้ทำความสะอาดพร้อมทั้งกำหนดช่วงความยาวสำหรับฐานรองรับ ซึ่งในการทดสอบได้กำหนดระยะห่างของฐานรองรับที่ระยะ 30 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.22 พร้อมตรวจสอบขนาดความกว้างและความหนาของตัวอย่าทดสอบ



รูปที่ 3.22 การกำหนดระยะห่างของฐานรองรับ 30 เซนติเมตร

3.7.2 การทดสอบกำลังรับแรงดัด

การทดสอบกำลังรับแรงดัดเมื่อครบกำหนดการผ่านกระแสไฟฟ้าแล้วนำตัวอย่างคานจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ ดินขาว และคอนกรีตรูปคาน ทำการทดสอบกำลังรับแรงดัดด้วยเครื่องทดสอบ (Universal Testing Machine) ด้วยอัตราความเร็วที่ 0.001 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยนำตัวอย่างทดสอบมาเปรียบเทียบกำลังรับแรงดัดกับตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม ดังรูปที่ 3.23 และรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.23 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

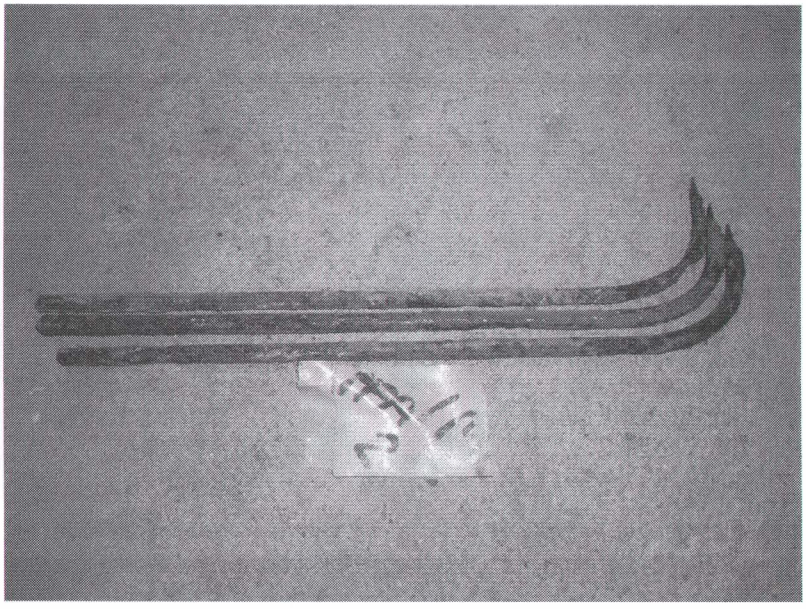
รูปที่ 3.24 รอยร้าวเนื่องจากการวิบัติของแท่งตัวอย่างทดสอบ

3.8 การสูญเสียน้ำหนักของเหล็กเสริม

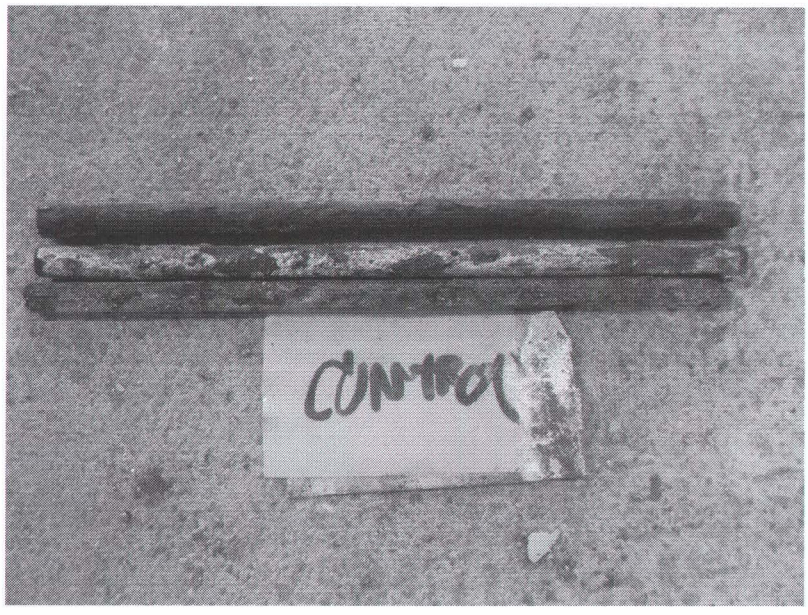
การตรวจสอบการสูญเสียน้ำหนักของเหล็กเสริมจะดำเนินการตรวจสอบหลังจากที่ทำการทดสอบกำลังรับแรงดัดแล้ว นำตัวอย่างมาผ่าเพื่อตรวจสอบสภาพของเหล็กเสริมที่เกิดการกัดกร่อนเนื่องจากการเกิดสนิมของเหล็กเสริม และดำเนินการตรวจสอบวัดน้ำหนักของเหล็กเสริมที่ลดลงหลังจากการกัดกร่อนของเหล็กเสริมดังนี้

3.8.1 การเตรียมเหล็กเสริม

การเตรียมตัวอย่างเหล็กเสริมหลังจากดำเนินการทดสอบกำลังรับแรงดัดแล้ว ทำการทุบตัวอย่างเพื่อนำเหล็กออกมาจากตัวอย่างโดยทำการตัดชิ้นตัวอย่างของเหล็กเสริมให้มีความยาวขนาด 20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.25 และรูปที่ 3.26



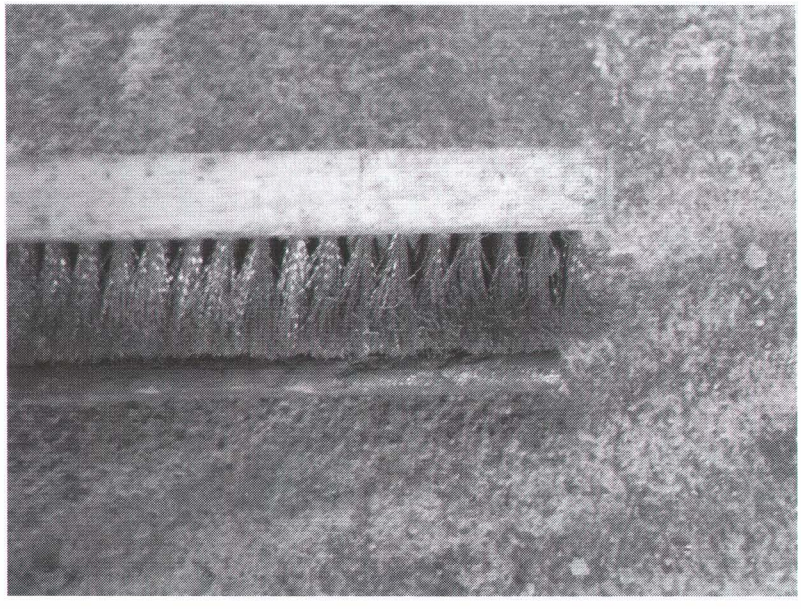
รูปที่ 3.25 ตัวอย่างเหล็กเสริมที่นำออกมาจากแท่งตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 3.26 เหล็กเสริมความยาว 20 เซนติเมตร

3.8.2 การขัดสนิม

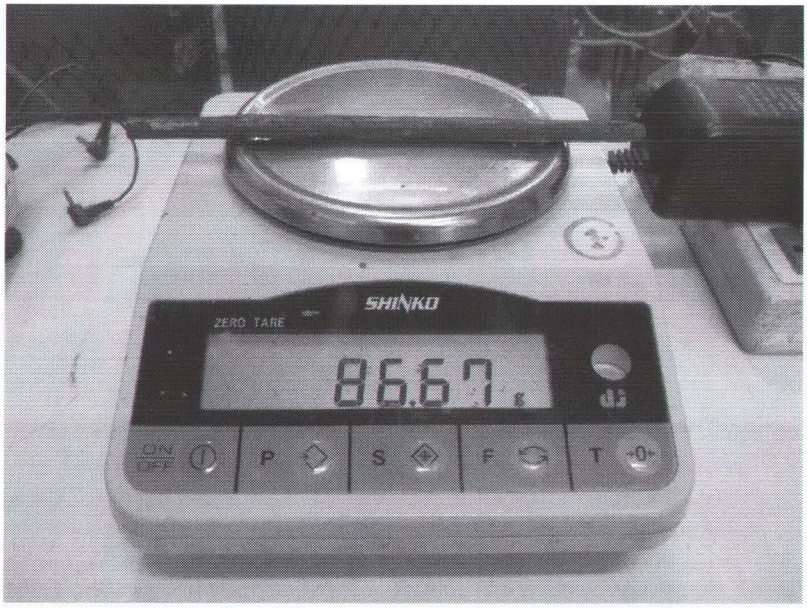
การขัดสนิมของเหล็กเสริมโดยการใช้แปรงลวดทองเหล็ก 2 ขนาด ดังรูปที่ 3.27 ทำการขัดสนิมที่ติดอยู่บริเวณโดยรอบของเหล็กเสริม



รูปที่ 3.27 การขัดสนิมของเหล็กเสริม

3.8.3 การตรวจสอบน้ำหนัก

การตรวจสอบน้ำหนักของเหล็กเสริมโดยการชั่งน้ำหนักของเหล็กเสริมและเครื่องชั่งน้ำหนักสามารถอ่านค่าได้ละเอียด 0.01 กรัม ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 การชั่งน้ำหนักของเหล็กเสริม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ