

บทที่ 3

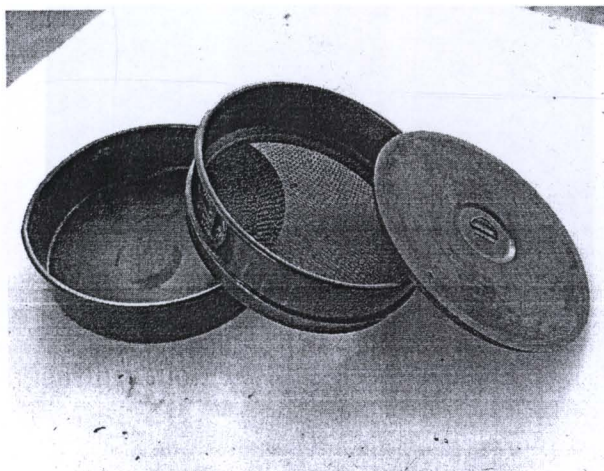
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

- | | |
|------------------------|--|
| 3.1.1 ปูนซีเมนต์ | ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม มอก.15-2532 |
| 3.1.2 ไม้เกลบเปลือกไม้ | ใช้ไม้เกลบเปลือกไม้ที่บดละเอียด โดยค้ำบนตะแกรงเบอร์ 325 ไม่นเกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก |
| 3.1.3 ทราย | ใช้ทรายแม่น้ำร้อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 |
| 3.1.4 หิน | ใช้หินคละที่มีขนาดใหญ่สุด 19 มม. |
| 3.1.5 น้ำ | ใช้น้ำสะอาด การทดลองนี้ใช้น้ำประปา |

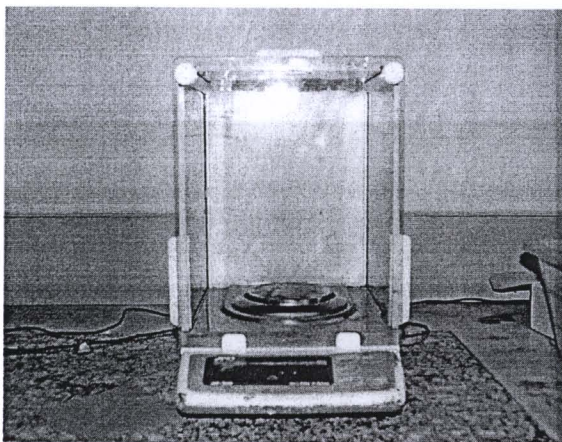
3.2 อุปกรณ์การทดสอบและเครื่องมือ

- 3.2.1 ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 20 (รูปที่ 3.1)



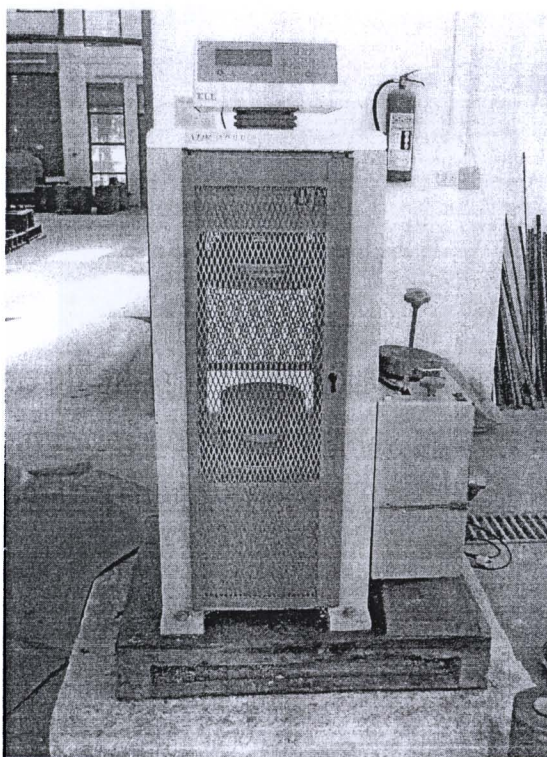
รูปที่ 3.1 ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 20

- 3.2.2 เครื่องชั่งอ่านละเอียด 0.0001 กรัม (รูปที่ 3.2)



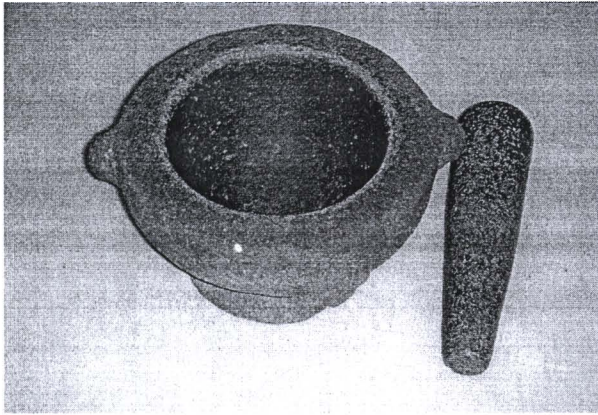
รูปที่ 3.2 เครื่องชั่งอ่านละเอียด 0.0001 กรัม

3.2.3 เครื่องทดสอบกำลังอัด (รูปที่ 3.3)



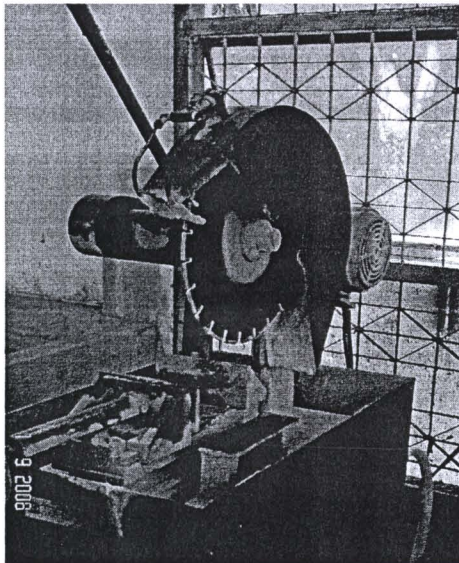
รูปที่ 3.3 เครื่องทดสอบกำลังอัด

3.2.4 อุปกรณ์บดคอนกรีต (รูปที่ 3.4)



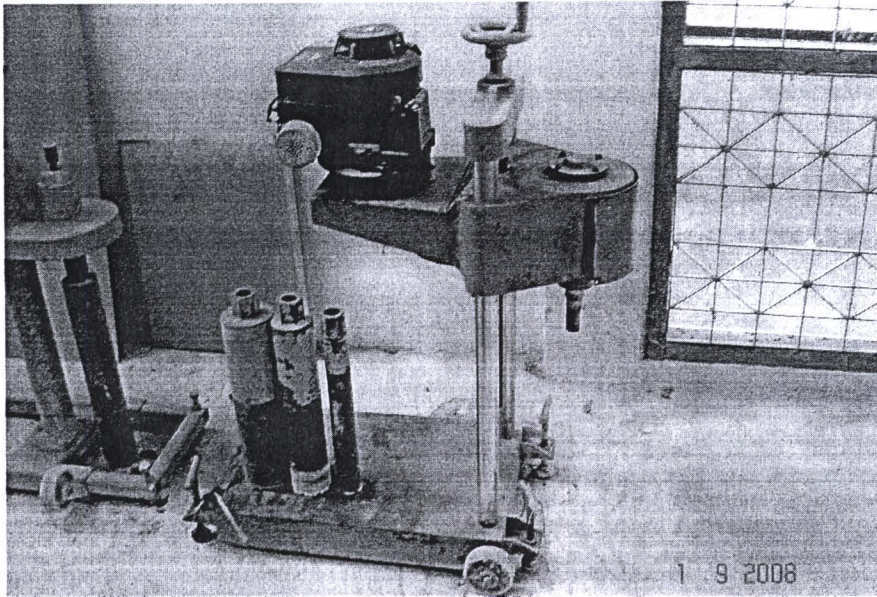
รูปที่ 3.4 อุปกรณ์บดคอนกรีต

3.2.5 เครื่องตัดคอนกรีต (รูปที่ 3.5)



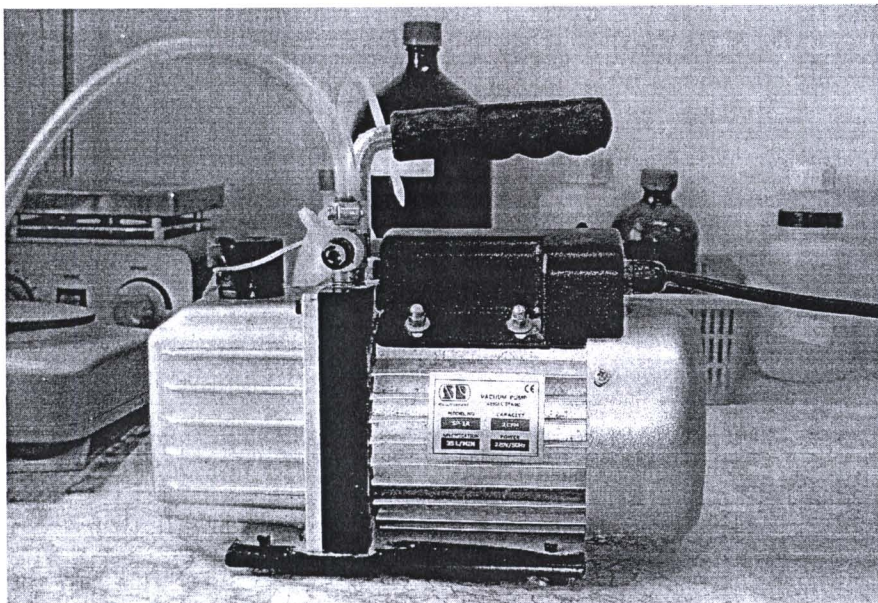
รูปที่ 3.5 เครื่องตัดคอนกรีต

3.2.6 เครื่องเจาะคอนกรีต (รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 เครื่องเจาะคอนกรีต

3.2.7 เครื่องดูดสูญญากาศ (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.7 เครื่องดูดสูญญากาศ

3.3 ตัวอย่างคอนกรีตที่ได้เตรียมเมื่อ 30 เดือนที่แล้ว

3.3.1 ส่วนผสมคอนกรีต

การศึกษานี้ใช้คอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45 และ 0.65 ใช้เถ้าแกลบลเปลือกไม้ที่บดละเอียด โดยค้ำบนตะแกรงเบอร์ 325 ไม่เกินร้อยละ 15 โดยน้ำหนักแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 15, 25, 35 และ 50 โดยน้ำหนักวัสดุ ดังนั้น มีคอนกรีตในงานวิจัยนี้ 10 ส่วนผสม แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีต

ส่วนผสม	ส่วนผสมคอนกรีต (กก./ม. ³)				
	ปูนซีเมนต์ ประเภท 1	เถ้าแกลบล เปลือกไม้ (R)	หิน	ทราย	น้ำ
I45	424	-	979	767	190
I65	295	-	1,039	814	192
I45R15	360	64	957	767	190
I45R25	318	106	938	767	190
I45R35	276	148	925	767	190
I45R50	212	212	952	767	190
I65R15	251	44	1,023	814	192
I65R25	221	74	1,012	814	192
I65R35	192	103	1,000	814	192
I65R50	148	148	982	814	192

ความหมายของสัญลักษณ์ในแต่ละอัตราส่วนผสมมีความหมายดังนี้

- “ I ” หมายถึง คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสาน
- “ R ” หมายถึง เถ้าแกลบลเปลือกไม้
- “ 45, 65 ” หมายถึง อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45, และ 0.65 ตามลำดับ
- “ 15, 25, 35, 50 ” หมายถึง คอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าแกลบลเปลือกไม้ในอัตราส่วนร้อยละ 15, 25, 35 และ 50 โดยน้ำหนักวัสดุประสานตามลำดับ

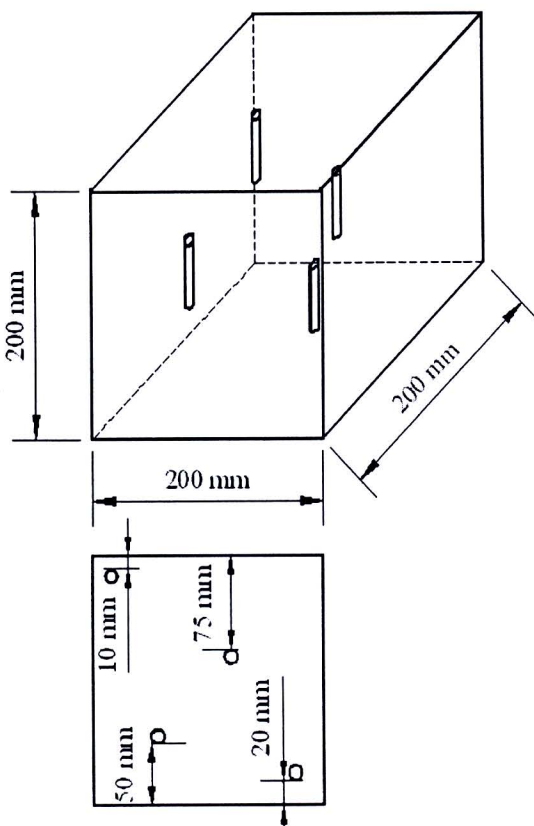
ตัวอย่างการอ่านสัญลักษณ์

“ I45 ” หมายถึง คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45

“ I45R15 ” หมายถึง คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 แทนที่ด้วยเถ้าแกลบเปลือกไม้ที่ผ่านการบดขนาดร้อยละ 15 โดยน้ำหนักวัสดุประสานและ มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45

3.3.2 ตัวอย่างคอนกรีต

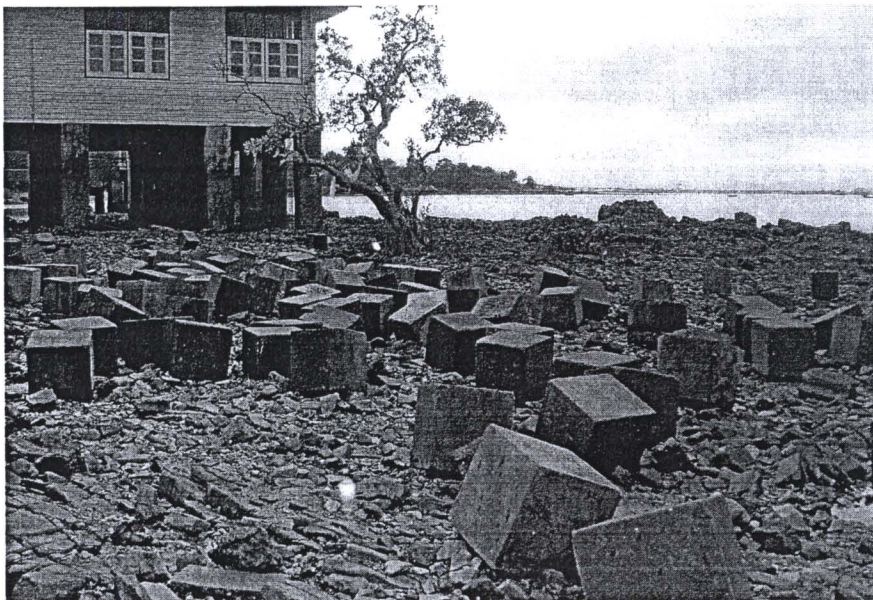
ทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีตขนาด $200 \times 200 \times 200$ มม.³. ในแต่ละสัดส่วนผสมเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. ยาว 50 มม. ให้ได้ตำแหน่งระยะหุ้มที่ 10, 20, 50 และ 75 มม. แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งที่ฝังเหล็กเสริมในตัวอย่างทดสอบ

หลังจากที่หล่อคอนกรีตและบ่มจนอายุครบ 28 วัน จึงได้นำไปแช่บริเวณชายฝั่งทะเลด้านหลังโรงพยาบาล สมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี โดยคอนกรีตสัมผัสกับน้ำทะเลในสภาพเปียกและแห้งตามน้ำขึ้น-ลง ดังแสดงในรูปที่ 3.9 และเก็บตัวอย่างคอนกรีตเข้า

มาในห้องปฏิบัติการคอนกรีต เพื่อการทดสอบการซึมผ่านของคลอไรด์และดูการเกิดสนิมเหล็กเมื่ออายุแช่น้ำทะเลครบ 30 เดือน



รูปที่ 3.9 บริเวณแช่ตัวอย่างคอนกรีตที่ โรงพยาบาล สมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา
อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี

3.4 การทดสอบตัวอย่างคอนกรีตภายหลังเผชิญสภาวะแวดล้อมทะเลเป็นเวลา 30 เดือน



3.4.1 ทดสอบปริมาณคลอไรด์

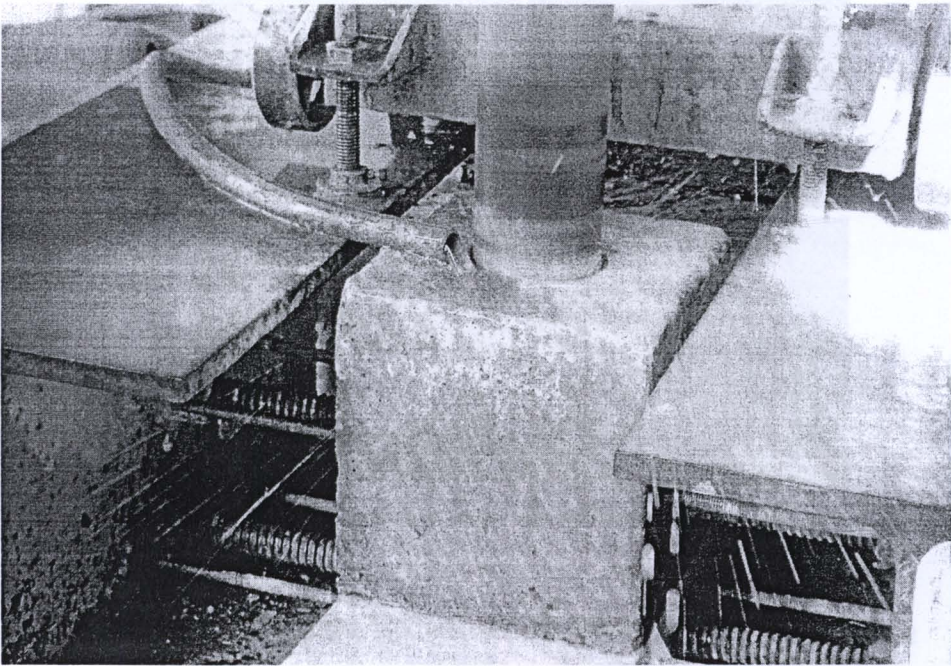
1) การเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

1.1) เมื่ออายุแช่น้ำทะเลครบ 30 เดือน ทำการเจาะก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ เพื่อทดสอบหาการซึมผ่านของคลอไรด์โดยตัวอย่างที่เจาะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. สูง 200 มม.

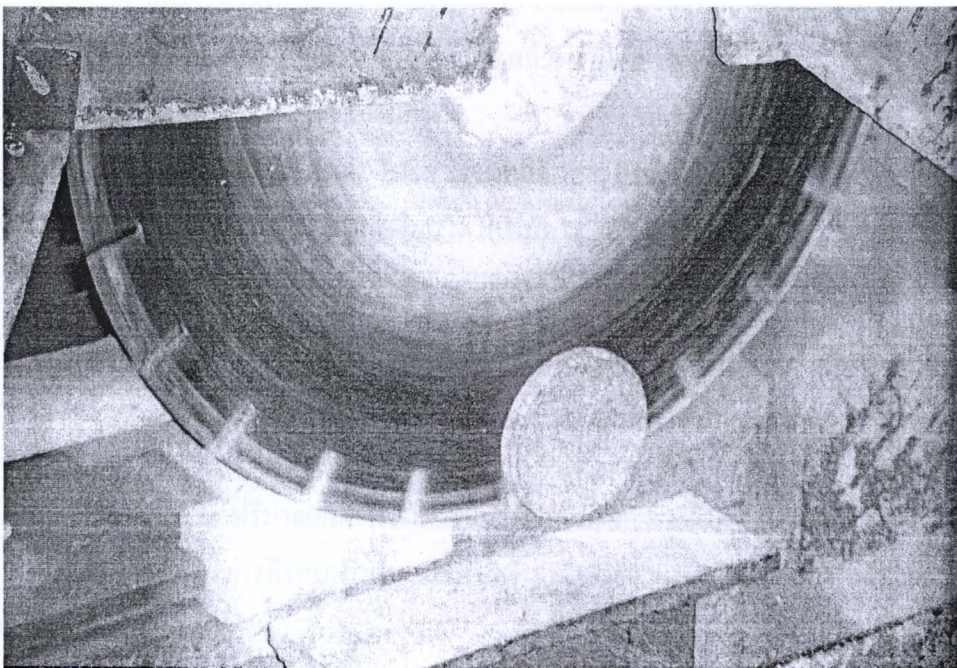
1.2) ทำการตัดตัวอย่างเป็นชั้น จากผิวบนไปยังแนวกึ่งกลางโดยในแต่ละชั้นหนา 10 มม.

1.3) ทำการบดตัวอย่างที่ตัดแต่ละชั้นให้ละเอียด โดยนำบริเวณกึ่งกลางของแต่ละชั้นมาบด

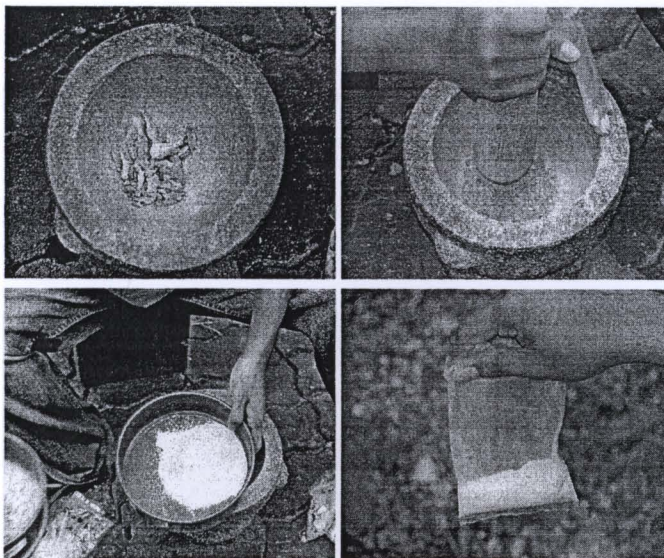
1.4) นำตัวอย่างที่ทำการบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 เก็บส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 20 เพื่อนำไปทดสอบหาปริมาณคลอไรด์



รูปที่ 3.10 การเจาะก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์



รูปที่ 3.11 การตัดตัวอย่างออกเป็นชั้นเพื่อทดสอบคลอไรด์



รูปที่ 3.12 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบคลอไรด์

2) การทดสอบหาปริมาณคลอไรด์โดยใช้กรดเป็นตัวทำละลายตาม ASTM C 1152

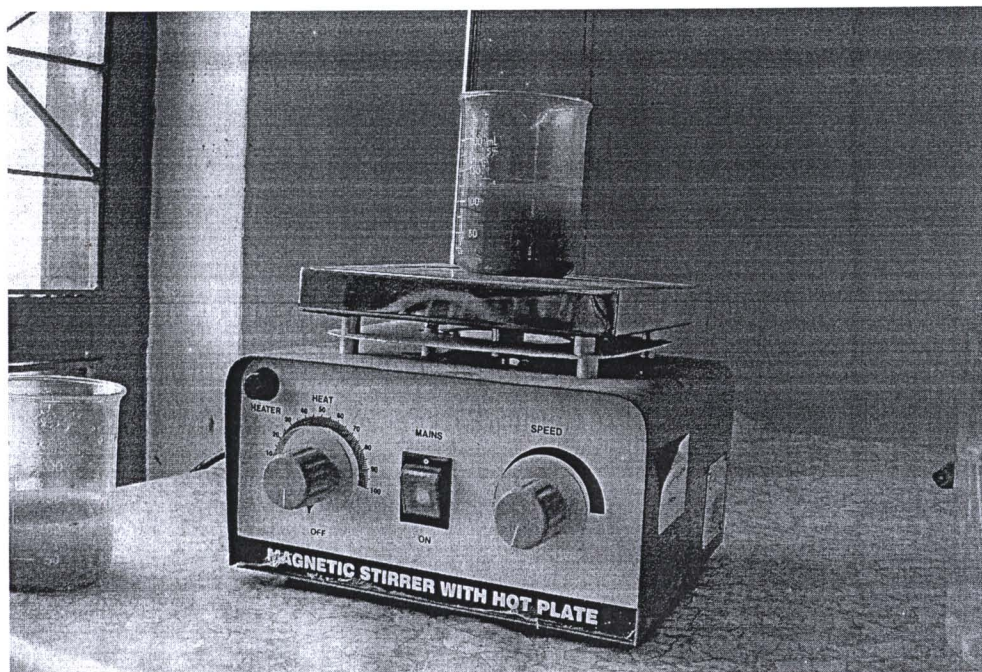
- 2.1) นำตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ไปชั่งน้ำหนักประมาณ 10 กรัมใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 2.2) เติมน้ำปริมาณ 75 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์
- 2.3) เติมกรดไนตริก (HNO_3) ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์
- 2.4) นำไปต้มให้เดือดประมาณ 3 นาที แล้วทิ้งไว้จนกระทั่งเย็นตัว
- 2.5) นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง
- 2.6) ปิเปตตัวอย่าง 10 มล. ไปใส่ในขวดทดลองรูปชมพู่
- 2.7) เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (K_2CrO_4) 1 มล.
- 2.8) ทำการไตเตรตด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO_3)
- 2.9) บันทึกปริมาตรของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO_3) ที่ใช้ไป เพื่อนำไปคำนวณ

3) การทดสอบหาปริมาณคลอไรด์โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายตาม ASTM C 1218

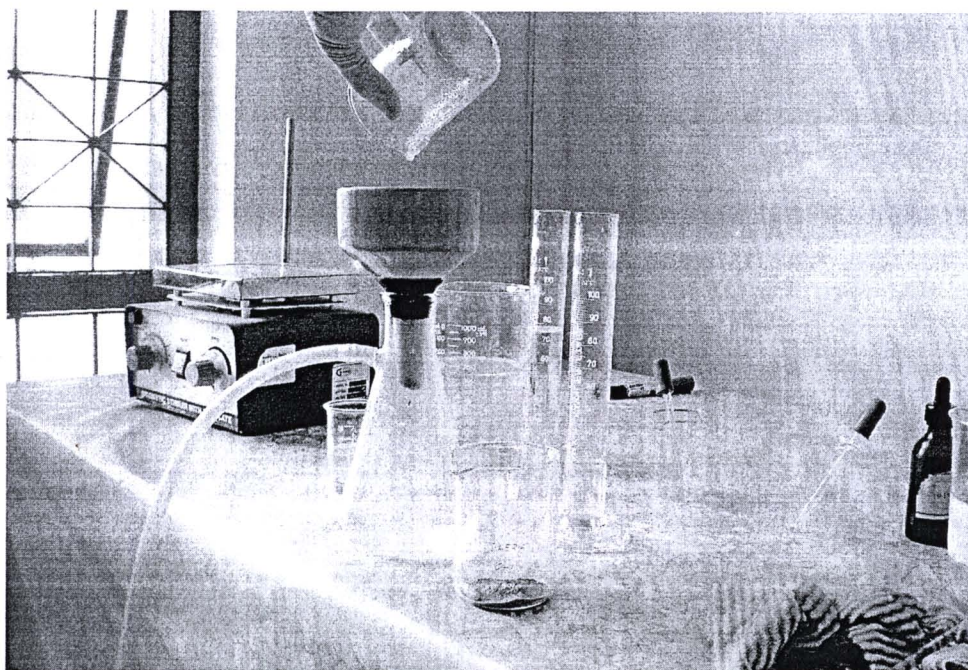
- 3.1) นำตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ไปชั่งน้ำหนักประมาณ 10 กรัมใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3.2) เติมน้ำปริมาณ 50 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์
- 3.3) นำไปต้มให้เดือดประมาณ 5 นาที แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- 3.4) นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง
- 3.5) ปิเปตตัวอย่าง 10 มล. ไปใส่ในขวดทดลองรูปชมพู่

- 3.6) เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (K_2CrO_4) 1 มล.
- 3.7) ทำการไตเตรตด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$)
- 3.8) บันทึกปริมาตรของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) ที่ใช้ไป เพื่อนำไป

คำนวณ



รูปที่ 3.13 การนำตัวอย่างไปต้มให้เดือด 3 นาที



รูปที่ 3.14 การนำตัวอย่างที่เย็นแล้วมากรองโดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ



รูปที่ 3.15 การนำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้ว มาไตเตรตด้วยมือ

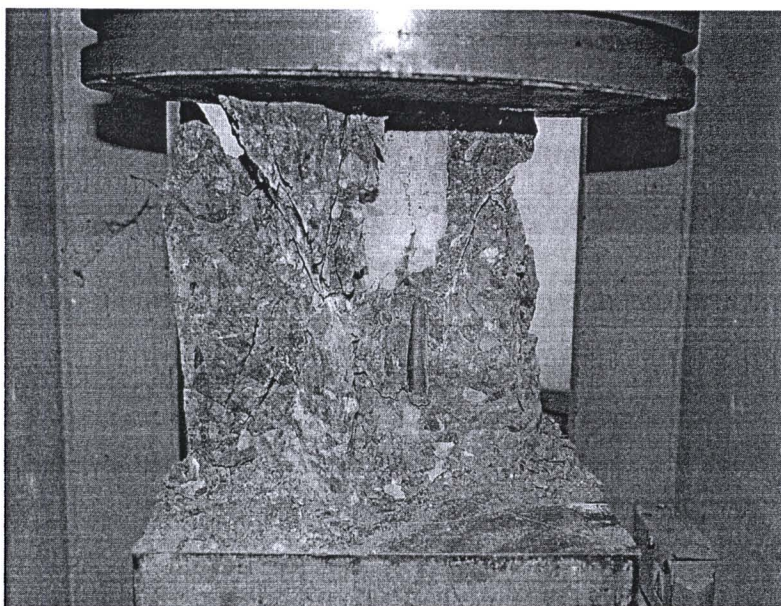


3.4.2 หาปริมาณการเกิดสนิมในเหล็กเสริม

1) นำคอนกรีตขนาด $200 \times 200 \times 200$ มม.³. ที่เจาะทดสอบปริมาณคลอไรด์ในคอนกรีตแล้วมาตรวจสอบการเกิดสนิมในเหล็กที่ฝังในคอนกรีตซึ่งมีระยะหุ้ม 10, 20, 50 และ 75 มม. โดยใช้เครื่องทดสอบกำลังอัดกดให้ก้อนคอนกรีตแตกออก

2) นำเหล็กออกมาทำการวัดพื้นที่การเกิดสนิมของเหล็กด้วยการทาบน้ำมันที่ผิวเหล็กที่เป็นสนิม ลงบนกระดาษกราฟใสซึ่งทำเป็นช่องขนาด 2×2 มม. แล้วนับจำนวนช่องเพื่อหาพื้นที่การเกิดสนิม

3) ถ่ายรูปการเกิดสนิมในแต่ละระยะหุ้มของเหล็กที่ฝังในคอนกรีต



รูปที่ 3.16 การนำตัวอย่างคอนกรีตมาทุบเพื่อนำเอาเหล็กที่ฝังไว้ที่ระยะต่างๆออกมาวัดหาพื้นที่สนิม