บทที่ 3

การทดลอง

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาความต้านทานการแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตด้วยวัสดุซ่อมแซมและกำลังยึดเหนียวของวัสดุซ่อมแซมกับคอนกรีตในห้องปฏิบัติการ คือการทดลองหาปริมาณคลอไรด์ของคอนกรีตที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน(w/b)เท่ากับ 0.50 และ 0.60 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนการแทนที่วัสดุประสานด้วยเถ้าลอย 0.0, 0.30 และ0.50 ตามลำดับ และใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และวัสดุซ่อมแซมที่แตกต่างกัน ได้แก่ คอนกรีตล้วน คอนกรีตที่เคลือบผิวหน้าด้วย Crystal Seal, และ XYPEX และคอนกรีตที่ผสมด้วย XYPEX แล้วนำไปบ่มในน้ำ และแช่ในน้ำเกลือที่ปริมาณคลอไรด์ร้อยละ 5.0 โดยน้ำหนักเป็นระยะเวลา 91 วัน และ 182 วัน โดยแบ่งข้อมูลการทดลองเป็น 2 ชุด คือ

ชุดที่ 1 ทำการทดสอบโดยนำตัวอย่างที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 ไปบ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน และ 28 วัน และตัวอย่างที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.60 ไปบ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 28 วัน แล้วนำไปแช่ในน้ำเกลือคลอไรด์เป็นระยะเวลา 91 วัน

ชุดที่ 2 ทำการทดสอบโดยนำตัวอย่างที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 ไปบ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน และ 28 วัน และตัวอย่างที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.60 ไปบ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 28 วัน แล้วนำไปแช่ในน้ำเกลือคลอไรด์เป็นระยะเวลา182 วัน

สำหรับการทดลองหากำลังยึดเหนียวของวัสดุซ่อมแซมกับคอนกรีต ก็ใช้ข้อมูลทดสอบทั้ง 2 ชุดในการทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ปูนซีเมนต์ (Cement)

ปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 15-2532

รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

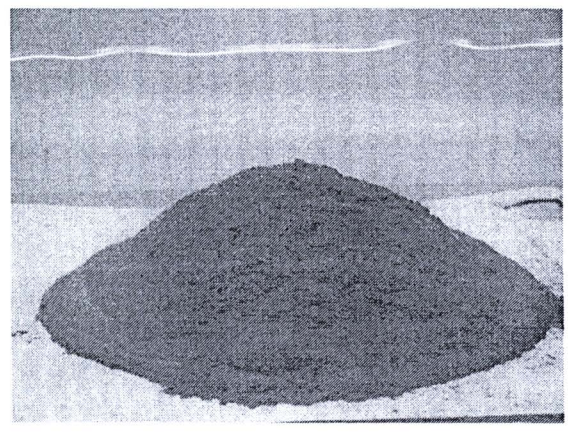
ตารางที่ 3.1 สารประกอบหลักของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

องค์ประกอบทางเคมี (% by weight)	Cement Type I
C_3S, Tricalcium Silicate	56.5
C_2S, Dicalcium Silicate	17.01
C_3A, Tricalcium Aluminate	9.23
C_4AF, Tetracalcium Aluminoferrite	9.62

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาที่นิยมใช้มากที่สุดในประเทศไทย ใช้ในงานก่อสร้าง ทำคอนกรีต หรือทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษ เหมาะกับงานคอนกรีตทั่วไป เช่น อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก, พื้นอาคาร, ถนน, สะพาน, ถังกักเก็บน้ำ, อ่างเก็บน้ำ, ท่อน้ำ, และผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น นอกจากนี้ ยังเหมาะสำหรับโครงสร้างคอนกรีตที่ต้องการความแข็งแรงสูง เช่น สะพานขนาดใหญ่, สนามกีฬา, และ อาคารสูง เป็นต้น

3.1.2 เถ้าลอย (Fly Ash)

เถ้าลอย (Fly Ash) เป็นวัสดุปอซโซลานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากในการศึกษาโดยการใช้เถ้าลอยเป็นวัสดุปอซโซลานจะทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านความคงทนในการต้านทานการแทรกซึมของคลอไรด์ แต่ข้อเสียของการใช้เถ้าลอยเป็นวัสดุปอซโซลาน คือ ในอายุแรกๆ จะให้กำลังที่ต่ำ



รูปที่ 3.2 เถ้าลอย (Fly Ash)

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย

องค์ประกอบทางเคมี (% by weight)	เถ้าลอย (Fly Ash)
SiO_2	36.1
Al_2O_3	19.4
Fe_2O_3	15.1
CaO	17.4
MgO	2.97
SO_3	0.77
Na_2O	0.55
K_2O	2.17
LOI	2.81

3.1.3 น้ำ (Water)

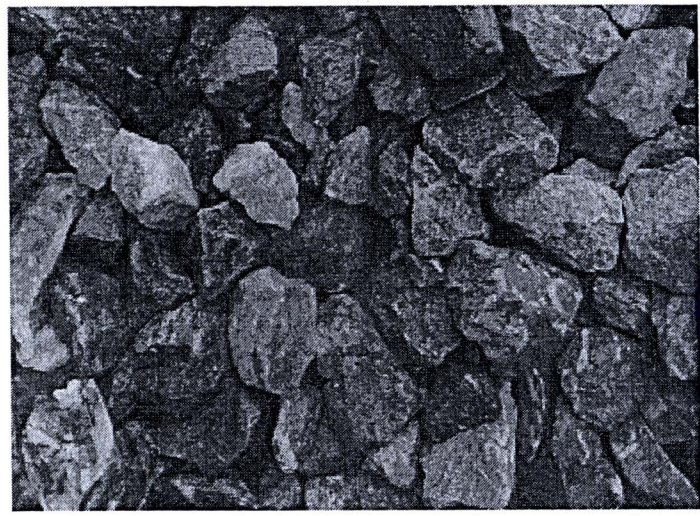
น้ำ (Water) ที่ใช้ในการทดลอง เป็นน้ำประปาที่ได้จากห้องปฏิบัติการคอนกรีต

3.1.4 มวลรวม (Aggregates)

มวลรวม (Aggregates) คือวัสดุเฉื่อยที่ใช้เป็นวัสดุแทรกในคอนกรีต เช่น หิน กรวด และทราย เป็นต้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคอนกรีต เนื่องจากมวลรวมมีปริมาตรประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของคอนกรีต มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุผสมชนิดอื่นๆ จึงทำให้คอนกรีตมีต้นทุนหรือราคาต่ำลงและมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งในสภาพสดและแข็งตัวแล้ว โดยพื้นฐานจะเป็นตัวกำหนดหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight), โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity), และความคงตัวของปริมาตร (Volume Stability) ของคอนกรีต การเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสม ไม่เพียงแต่เป็นการประหยัด แต่ยังช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้น มวลรวมผสมคอนกรีตที่ดี ควรมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ดี คือ มีความแข็งแกร่งสูง, ไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบในปูนซีเมนต์, ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีต, ไม่มีสิ่งเจือปนที่เป็นอันตรายต่อกำลัง และความคงทนของคอนกรีต, และมีรูปร่างและขนาดคละที่เหมาะสม

<u>การจำแนกประเภทของมวลรวม</u>

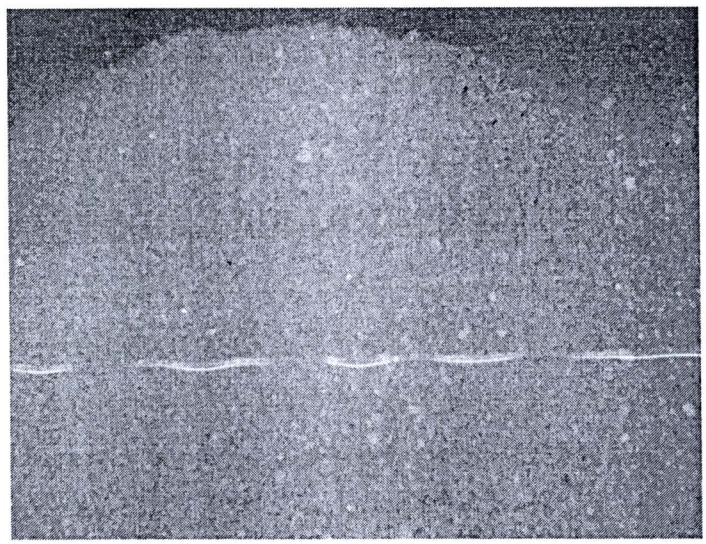
1. มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) หมายถึง หินหรือกรวดที่มีขนาดใหญ่กว่า 4.75 มิลลิเมตร หรือค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่ 3.3 มวลรวมหยาบ (หินย่อย)

2. มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) หมายถึง ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 4.75 มิลลิเมตร หรือผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ไม่เล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร มวลรวมที่ขนาดประมาณ 0.07 มิลลิเมตร และ เล็กกว่า 0.07 มิลลิเมตร เรียกว่า ฝุ่นSilt และ Clay ตามลำดับ



รูปที่ 3.4 มวลรวมละเอียด (ทราย)

3.1.5 เกลือคลอไรด์

เกลือคลอไรด์ที่ใช้ในการทดลองเป็นเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) โดยมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9

3.1.6 วัสดุซ่อมแซม

1. CRYSTAL SEAL

Crystal Seal เป็นสูตรป้องกันการรั่วซึมของช่องว่างคาปิลารีของการผสมกันของความชื้นที่เป็นสารเคมี ควอทซ์ ทรายและปูนซีเมนต์ สารเคมีที่มีอยู่ใน Crystal Seal ถูกทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำโดยจะใช้พื้นที่และร่วมกับปูนขาวฟรี สารเคมีใน Crystal Seal มีรูปแบบเป็นห่วงโซ่ยาวที่ซับซ้อนซึ่งตกผลึกในช่องว่างคาปิลารี Crystal Seal ถูกใช้เพื่อป้องกันความชื้นของมอร์ตาร์และคอนกรีต และการรั่วซึม และเพิ่มการยึดเกาะระหว่างสารเคลือบผิวกับคอนกรีตหรือมอร์ตาร์ ลักษณะการใช้งานเหมาะกับโครงสร้าง อ่างเก็บน้ำน้ำ หอน้ำ เขื่อน ทางน้ำ ท่อคอนกรีต โรงงานบำบัดน้ำเสีย สะพาน และดาดฟ้าเรือ เป็นต้น

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของ Crystal Seal

คุณสมบัติของ Crystal Seal	
ลักษณะทางกายภาพ	ผงสีเทา
ความหนาแน่น (น้ำเพิ่ม)	2.02 kg./m^3
ช่วงเวลาก่อตัวเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 30 °C	90 min.
ช่วงเวลาก่อตัวสุดท้ายที่อุณหภูมิ 30 °C	120 min.
แรงยึดเหนี่ยวที่ระยะเวลา 7 วัน	1.7 N/mm^2

2. XYPEX CONCENTRATE

XYPEX เป็นน้ำยาที่ใช้ในการบำรุงรักษาทางเคมีเพื่อป้องกันการรั่วซึม การป้องกันและการซ่อมแซมคอนกรีต XYPEX CONCENTRATE เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสารเคมีส่วนใหญ่เป็นระบบป้องกันการรั่วซึมแบบผลึก เมื่อผสมกับน้ำ ผงสีเทาอ่อนนี้จะถูกใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานเคลือบบนหรือใต้พื้นคอนกรีตอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นการเคลือบเดียวหรือเป็นครั้งแรกของการประยุกต์การเคลือบที่สอง XYPEX CONCENTRATE จะผสมในรูปแบบ Dry - Pac สำหรับการปิดผนึกแถบที่ข้อต่อของการก่อสร้างหรือการซ่อมแซมรอยแตกร้าว ความผิดพลาดที่ข้อต่อของการก่อสร้างและ ความพรุนของคอนกรีต XYPEX สามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำและของเหลวอื่น ๆจากทิศทางใดๆโดยทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาซึ่งสามารสร้างผลึกที่ไม่ละลายน้ำภายในรูพรุนและช่องว่างคาปิลารีของคอนกรีตและวัสดุซิเมนต์ ลักษณะการใช้งานเหมาะโครงสร้างเขื่อนหรือฝาย บ่อบำบัดน้ำเสียหรือโรงบำบัดน้ำเสีย ห้องมั่นคงใต้ดิน โครงสร้างคอนกรีตที่ใช้เก็บกักวัสดุอันตราย ฐานรากอาคาร อุโมงค์หรือโครงสร้างระบบขนส่งใต้ดิน สระว่ายน้ำ อาคารจอดรถ ส่วนดาดฟ้าของอาคาร

3. XYPEX ADMIX C-1000NF

XYPEX Admix C-1000 NF เป็นผลิตภัณฑ์ใช้สำหรับผสมกับคอนกรีตในขณะที่ผลิตในโรงผลิตคอนกรีต ส่วนผสมหลักของ Admix ประกอบไปด้วยปอร์ตแลนด์ซีเมนต์และสารเคมีที่มีสูตรเฉพาะตัว สารเคมีเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับความ ชื่นในคอนกรีตขณะผสม รวมทั้งทำปฏิกิริยากับสารที่เป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยาของคอนกรีตเอง ก่อให้เกิดผลึกทึบน้ำขึ้นในเนื้อ คอนกรีต โดยผลึกจะเข้าไปอุดโพรงเล็กๆ เหล่านี้จนเต็มทำให้น้ำหรือของเหลวอื่นใดไม่สามารถซึมผ่านได้ ไม่ว่าจะในทิศทางใดก็ตาม ลักษณะการใช้งานเหมาะกับโครงสร้าง เขื่อนหรือฝาย โรงงานบำบัดน้ำเสีย โครงสร้างกักเก็บของเสียหรือวัสดุอันตราย อุโมงค์ ทางลอด และ ระบบขนส่งใต้ดิน โครงสร้างนิรภัยใต้ดิน ห้องมั่นคง ฐานรากอาคาร อาคารจอดรถ สระว่ายน้ำ ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โครงสร้างชั้นดาดฟ้า

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของ XYPEX ADMIX C-1000NF

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ของ XYPEX ADMIX C-1000NF	
ลักษณะทางกายภาพ	ของแข็ง
กลิ่นและสี	ไม่มีกลิ่น มีสีเทา
ค่า PH	10 - 13
ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.8 -3.0
จุดเดือด-จุดหลอมเหลว	มากกว่า 1200 °C
แรงดันไอ	ไม่มี
ความหนาแน่นของไอ	ไม่มี
การละลายในน้ำ	2.0 kg/l
ส่วนประกอบที่เป็นอันตรายต่อระบบหายใจ	ไม่มี
จุดวาบไฟ	ไม่มี
การติดไฟ	ไม่มี
คุณสมบัติอย่างอื่น	ไม่มี

3.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่อง Auto titration รุ่น 785 DMP Titrino Metrohm ดังรูปที่ 3.5
2. TFE-fluorocarbon-coated magnetic stirring bar ดังรูปที่ 3.5
3. เครื่องกวนแม่เหล็ก
4. เครื่องตัดตัวอย่างทดสอบ ดังรูปที่ 3.6
5. เครื่องดูด (suction apparatus) ดังรูปที่ 3.7

6. เครื่องต้ม (hot pate) ดังรูปที่ 3.8

7. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Digital balance) ดังรูปที่ 3.9

8. แผ่นกระดาษกรองเนื้อหยาบ ดังรูปที่ 3.10

9. ช้อนตักสาร ดังรูปที่ 3.11

10. บีกเกอร์ขนาด 250 ml ดังรูปที่ 3.12

11. ปิเปตขนาด 10 ml ดังรูปที่ 3.13

12. กระบอกตวงขนาด 50 ml ดังรูปที่ 3.14

13. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 ml ดังรูปที่ 3.15

14. กรวย (Buchner funnel) ดังรูปที่ 3.16

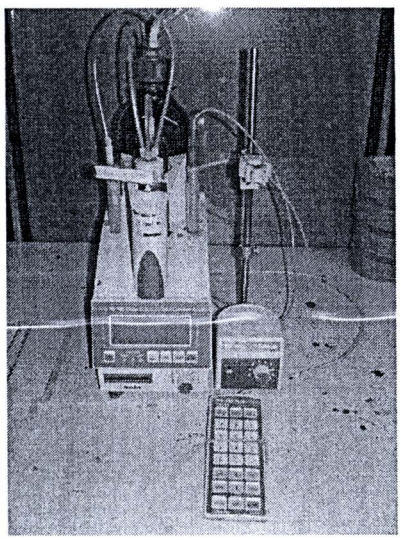
15. ขวดกรองแก้วก้นโปร่ง (filtration flank) ดังรูปที่ 3.17

16. กล่องพลาสติกสำหรับบรรจุชิ้นตัวอย่างทดสอบ ดังรูปที่ 3.18

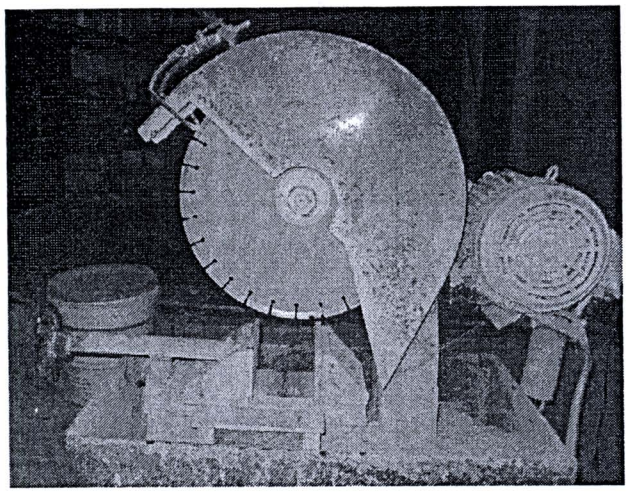
17. ครกหินบดตัวอย่างทดสอบ ดังรูปที่ 3.19

18. สว่านสำหรับขูดผิวหน้า ดังรูปที่ 3.20

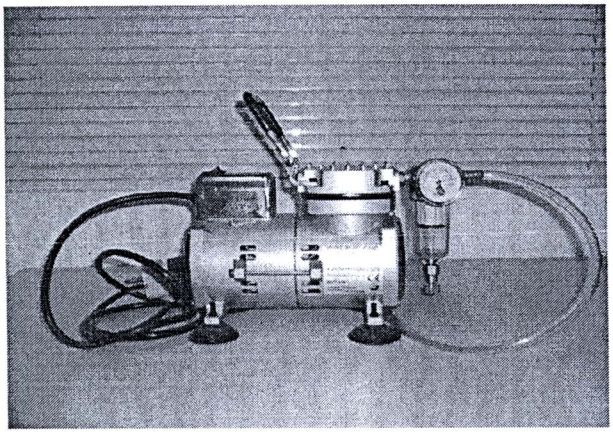
19. ถุงพลาสติกสำหรับบรรจุชิ้น และผงตัวอย่างทดสอบ



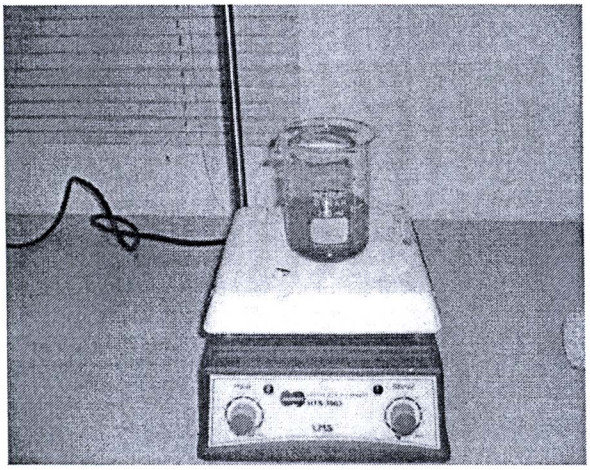
รูปที่ 3.5 เครื่อง Auto titration รุ่น 785 DMP Titrino Metrohm และเครื่องกวนแม่เหล็ก



รูปที่ 3.6 เครื่องตัดตัวอย่างทดสอบ



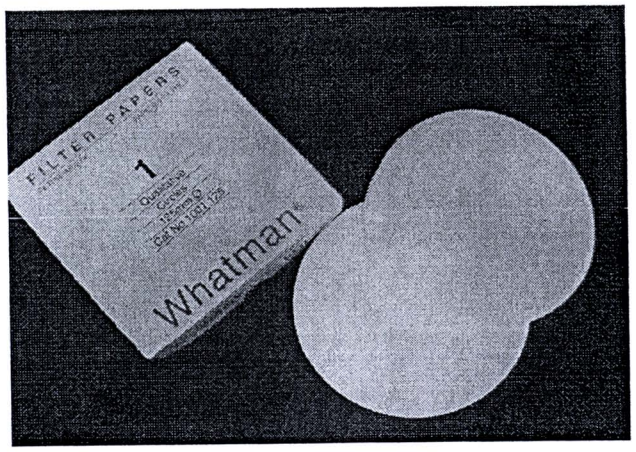
รูปที่ 3.7 เครื่องดูด



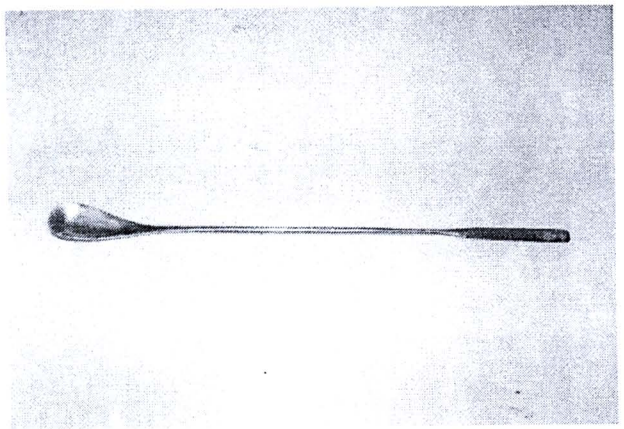
รูปที่ 3.8 เครื่องต้ม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

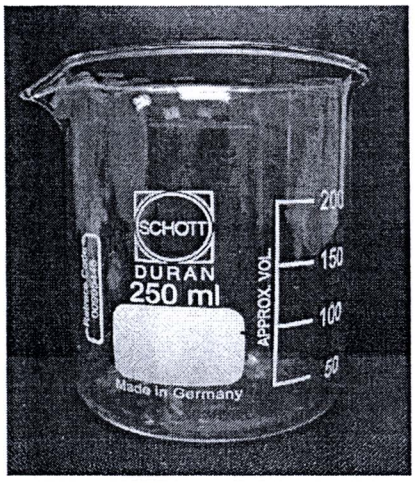
รูปที่ 3.9 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Digital balance)



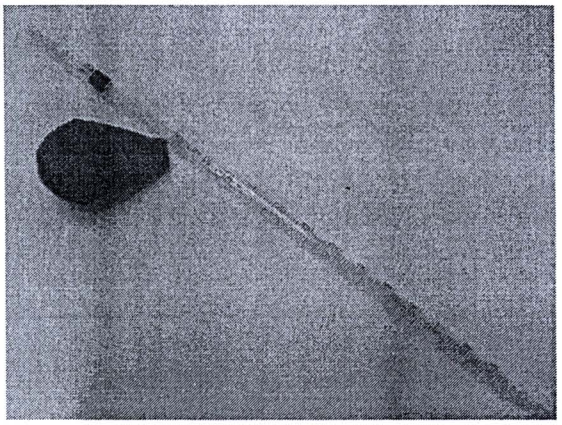
รูปที่ 3.10 แผ่นกระดาษกรองเนื้อหยาบ



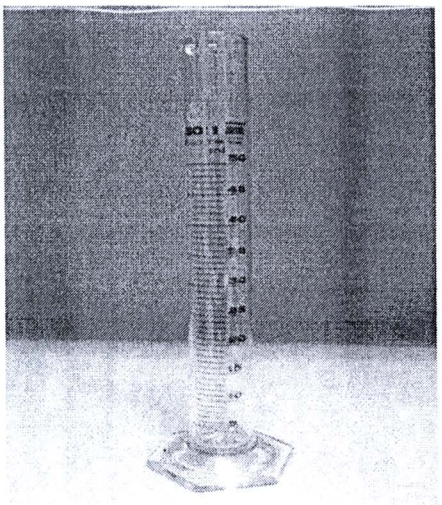
รูปที่ 3.11 ช้อนตักสาร



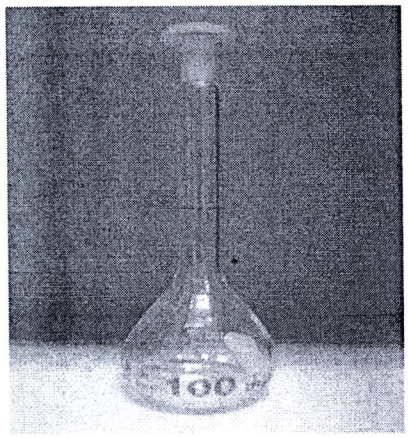
รูปที่ 3.12 บีกเกอร์ขนาด 250 ml



รูปที่ 3.13 ปิเปตขนาด 10 ml

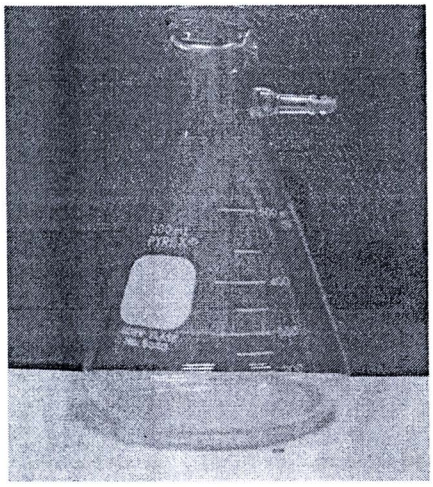


รูปที่ 3.14 กระบอกตวงขนาด 50 ml

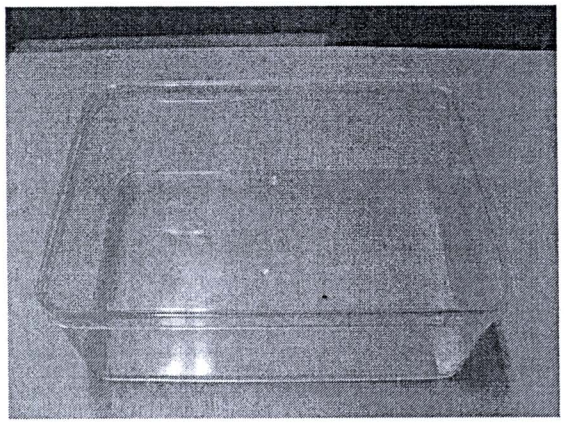


รูปที่ 3.15 ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 ml

รูปที่ 3.16 กรวย (Buchner funnel)

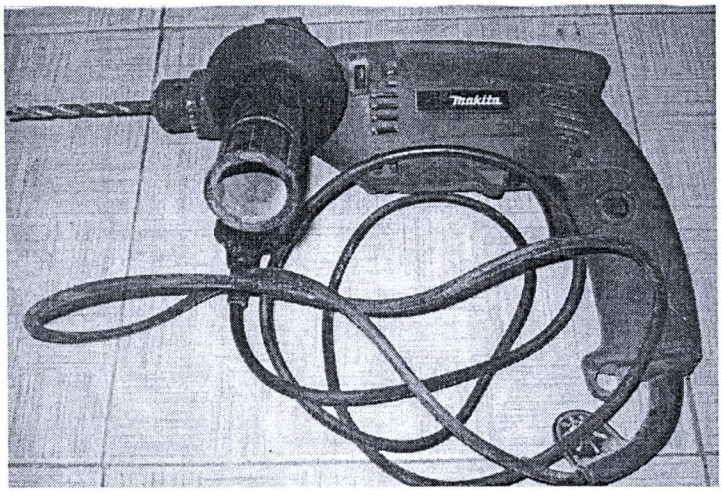


รูปที่ 3.17 ขวดกรองแก้วก้นโปร่ง (filtration flank)



รูปที่ 3.18 กล่องพลาสติกสำหรับบรรจุชิ้นตัวอย่างทดสอบ

รูปที่ 3.19 ครกหินบดตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 3.20 สว่านสำหรับขูดผิวหน้าของตัวอย่าง

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. กรดไนตริก (Nitric Acid)
2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide)
3. สารละลายมาตรฐาน 0.05 N NaCl
4. สารละลายมาตรฐาน 0.05 N ซิลเวอร์ไนเตรท (Silver nitrate)
5. น้ำกลั่น

3.3 วิธีทำการทดลอง

3.3.1 การทดหาความต้านทานการแทรกซึมคลอไรด์ของคอนกรีต

ก. การเตรียมตัวอย่าง

หล่อแท่งตัวอย่างคอนกรีต ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตรโดยผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนผสมดังตารางที่ 3.2 และ ตารางที่ 3.3 ตามลำดับ โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1ผสมกับเถ้าลอยที่อัตราส่วนต่างๆ และเคลือบผิว หรือผสมด้วยวัสดุเคลือบผิวชนิดต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุดข้อมูลการทดลองคือ

ชุดที่ 1 ทำการทดสอบโดยนำตัวอย่างที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 ไปบ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน และ 28 วัน และตัวอย่างที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.60 ไปบ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 28 วัน แล้วนำไปแช่ในน้ำเกลือคลอไรด์เป็นระยะเวลา 91 วัน

ชุดที่ 2 ทำการทดสอบโดยนำตัวอย่างที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 ไปบ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน และ 28 วัน และตัวอย่างที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.60 ไปบ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 28 วัน แล้วนำไปแช่ในน้ำเกลือคลอไรด์เป็นระยะเวลา182 วัน

หลังจากแช่ตัวอย่างในน้ำเกลือคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 ครบกำหนดตามระยะเวลาทดสอบ (ที่อายุ 91วัน และ 182วัน) แล้วจึงนำแท่งตัวอย่างออกจากน้ำเกลือคลอไรด์ ทิ้งไว้จนแห้งและนำไปขูดเอาผงของผิวหน้าประมาณ 5 กรัม และตัดแท่งตัวอย่างเป็นแผ่นๆจำนวน 5 แผ่น ซึ่งแต่ละแผ่นมีความหนา 1 เซนติเมตร แล้วทำการบดแผ่นตัวอย่างให้เป็นผงโดยเลือกบดเฉพาะบริเวณที่อยู่กึ่งกลางของแผ่นตัวอย่าง ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.22 เพื่อนำไปทดสอบหาปริมาณคลอไรด์ทั้งหมดและปริมาณคลอไรด์อิสระต่อไป

ตารางที่ 3.5 อัตราส่วนของวัสดุประสานและน้ำที่ใช้ในการทดสอบ

ลำดับที่	รหัสส่วนผสม	ปูนซีเมนต์ (%โดยน้ำหนัก)	เถ้าลอย (%โดยน้ำหนัก)	อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (%โดยน้ำหนัก)
1	C100W50	100	-	50
2	C70F30W50	70	30	50
3	C50F50W50	50	50	50
4	C100W60	100	-	60
5	C70F30W60	70	30	60
6	C50F50W60	50	50	60

ตารางที่ 3.6 สัดส่วนการผสมสำหรับตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

ลำดับที่	รหัส ส่วนผสม	ปูนซีเมนต์ (kg)	เถ้าลอย (kg)	น้ำ (kg)	เงื่อนไขการใช้ วัสดุเคลือบผิวแลผสม	ทดสอบที่ อายุ (วัน)
1	C100W50	1	-	0.5	ไม่ใช้	91, 182, 365
					ทาหน้า (Crystal Seal)	
					ทาหน้า (XYPEX)	
					ผสมในคอนกรีต (XYPEX)	
2	C70F30W50	0.7	0.3	0.5	ไม่ใช้	91, 182, 365
					ทาหน้า (Crystal Seal)	
					ทาหน้า (XYPEX)	
					ผสมในคอนกรีต (XYPEX)	
3	C50F50W50	0.5	0.5	0.5	ไม่ใช้	91, 182, 365
					ทาหน้า (Crystal Seal)	
					ทาหน้า (XYPEX)	
					ผสมในคอนกรีต (XYPEX)	
4	C100W60	1	-	0.6	ไม่ใช้	91, 182, 365
					ทาหน้า (Crystal Seal)	
					ทาหน้า (XYPEX)	
					ผสมในคอนกรีต (XYPEX)	
5	C70F30W60	0.7	0.3	0.6	ไม่ใช้	91, 182, 365
					ทาหน้า (Crystal Seal)	
					ทาหน้า (XYPEX)	
					ผสมในคอนกรีต (XYPEX)	
6	C50F50W60	0.5	0.5	0.6	ไม่ใช้	91, 182, 365
					ทาหน้า (Crystal Seal)	
					ทาหน้า (XYPEX)	
					ผสมในคอนกรีต (XYPEX)	

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ในแต่ละรหัสส่วนผสมมีความหมายดังนี้

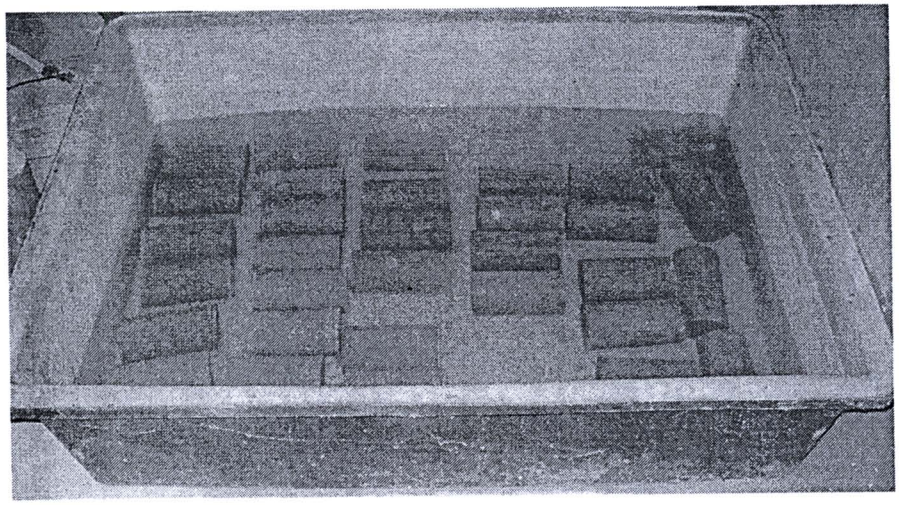
"C" หมายถึง ปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

"F30" หมายถึง ปริมาณของเถ้าลอยที่ใช้ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

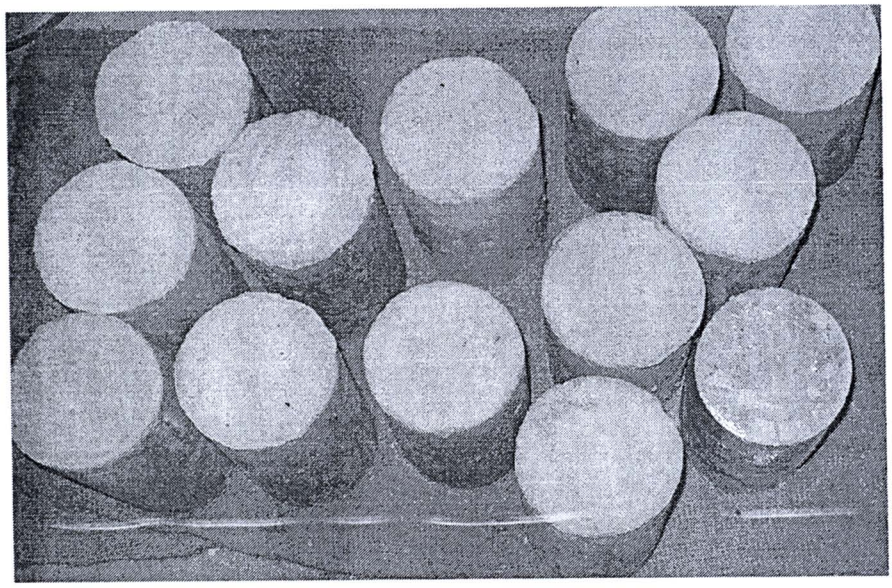
"W50" หมายถึง อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50% โดยน้ำหนัก

ตัวอย่างการอ่านสัญลักษณ์

"C70F30W50" หมายถึง คอนกรีตที่ใช้ปริมาณของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 70 ผสมกับเถ้าลอยร้อยละ 30 และมีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 โดยน้ำหนัก

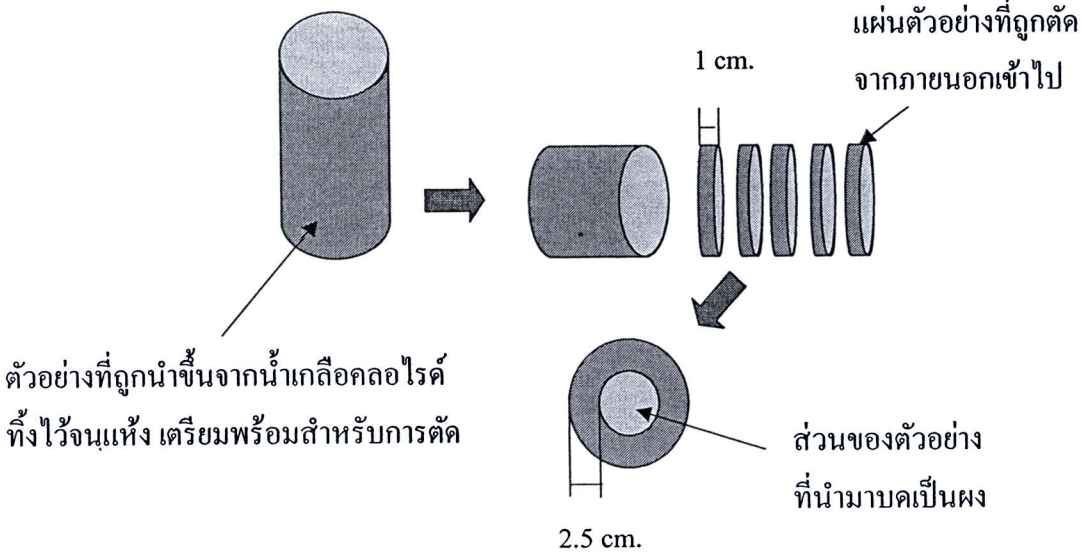


รูปที่ 3.21 ตัวอย่างที่แช่ในน้ำเกลือ

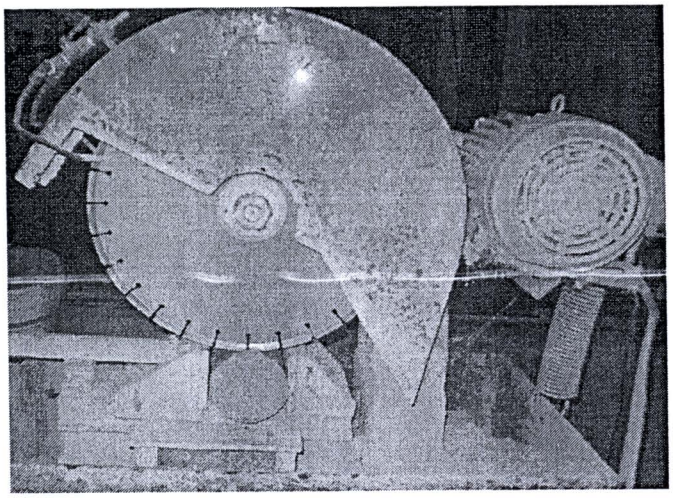


รูปที่ 3.22 ตัวอย่างที่นำขึ้นจากน้ำเกลือ

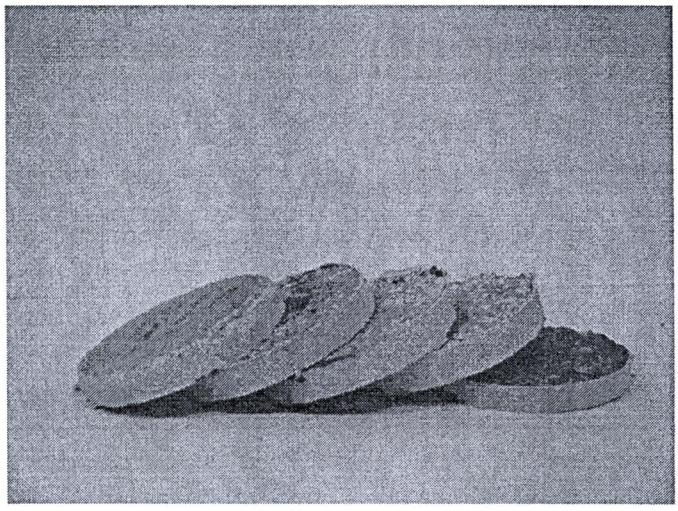
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



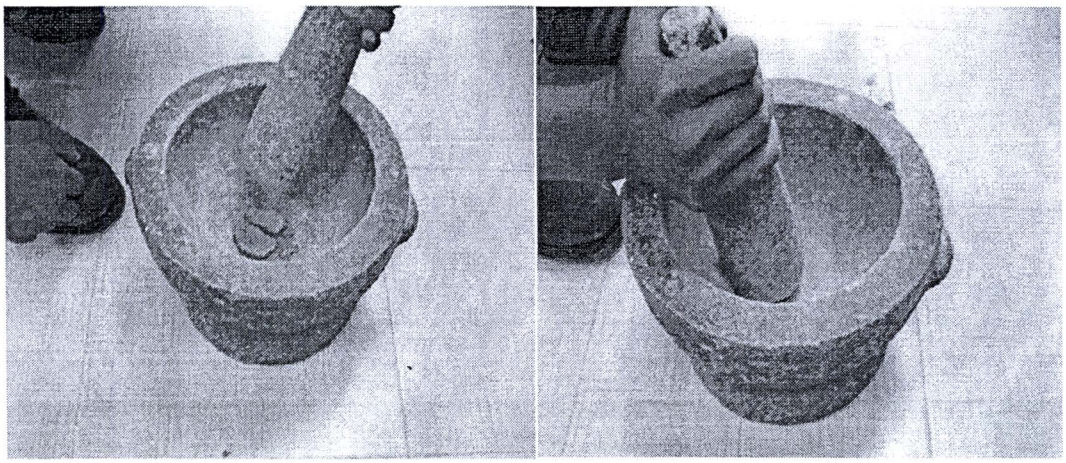
รูปที่ 3.23 การตัดแท่งตัวอย่างและส่วนของตัวอย่างที่นำมาบดเป็นผง



รูปที่ 3.24 การตัดแท่งตัวอย่าง



รูปที่ 3.25 ตัวอย่างที่ถูกตัดเป็นแผ่นมีความหนา 1 เซนติเมตร



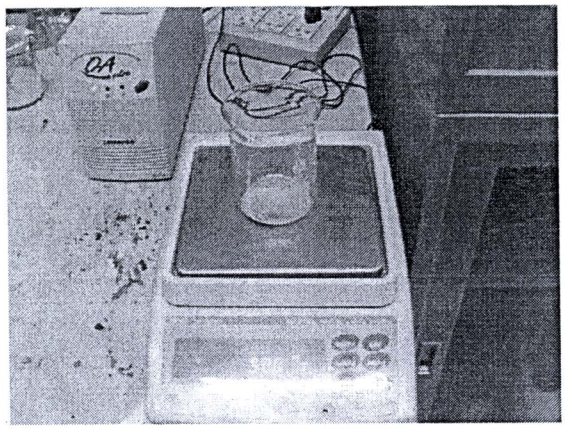
รูปที่ 3.26 ตัวอย่างที่นำมาทำการบด

ข. การทดสอบหาปริมาณคลอไรด์

<u>การทดสอบหาปริมาณสารคลอไรด์ทั้งหมด(Total chloride) ในระบบ</u>

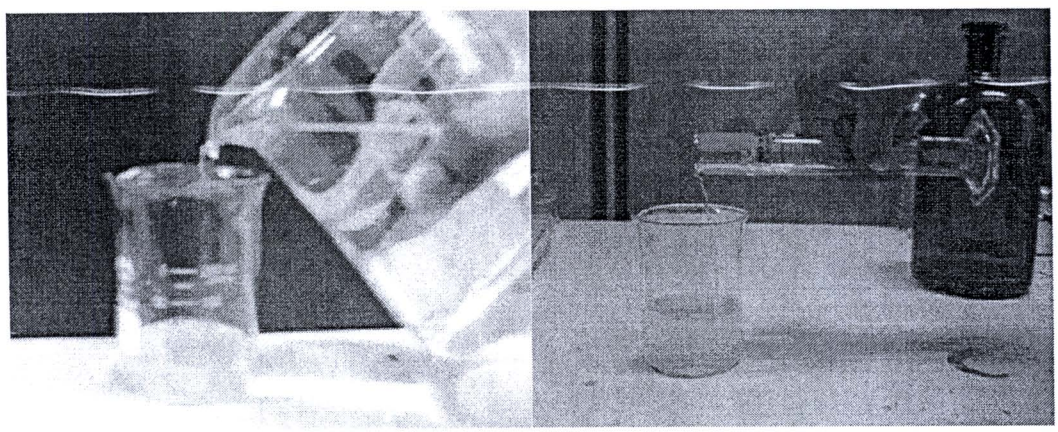
คลอไรด์ที่ละลายในกรด (Acid-soluble chloride) หรือคลอไรด์ทั้งหมด (Total chloride) ซึ่งมีวิธีการทดสอบหาปริมาณดังนี้ (ตามมาตรฐาน ASTM C1152 และมาตรฐาน C 114)

- นำคอนกรีตที่บดเป็นผงมาจำนวนประมาณ 5 กรัมโดยชั่งละเอียดถึง 0.01 กรัม นำมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 ml



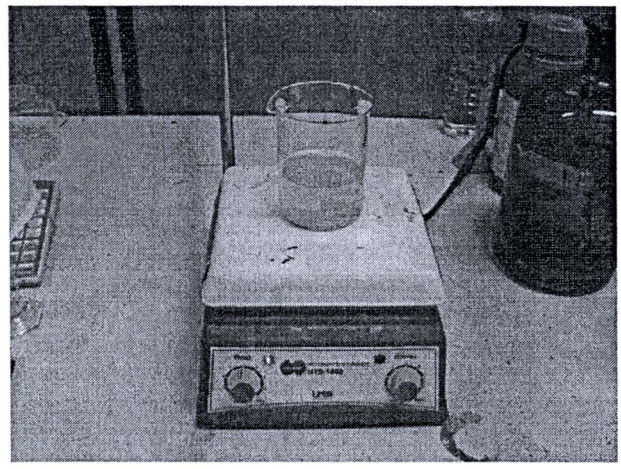
รูปที่ 3.27 การชั่งตัวอย่าง

- เติมน้ำกลั่นลงไปในบีกเกอร์ที่มีผงคอนกรีตไว้แล้วจนถึงขีด100 ml แล้วเติมสารละลายกรดไนตริกที่ dilute ในอัตราส่วน 1:1 ลงไป 25 ml ตามลงไปทันที



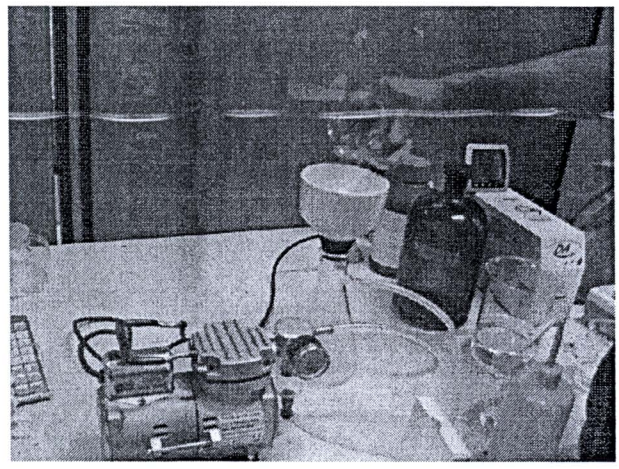
รูปที่ 3.28 การเติมน้ำกลั่นและกรดไนตริกลงในตัวอย่าง

-ให้ความร้อนแก่บีกเกอร์ที่มีตัวอย่างด้วยการต้มให้เดือด อย่าให้เดือดเกิน 2 ถึง 3 นาที จากนั้นนำออกจากเครื่องต้ม (hot plate) แล้วทิ้งไว้ให้เย็น



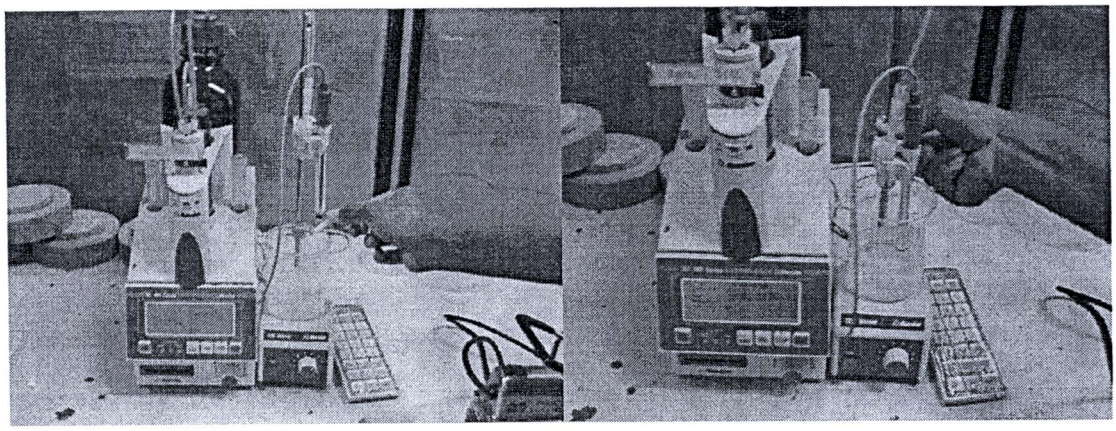
รูปที่ 3.29 การต้มตัวอย่าง

- ประกอบเครื่องดูด (suction apparatus) และกรองสารละลายตัวอย่าง ล้างบีกเกอร์และด้วยน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อย ดังรูปที่ 3-26 ถ่ายสารละลายที่ผ่านการกรองจากขวดแก้วก้นโป่งไปยังบีกเกอร์ขนาด 250 ml และล้างขวดแก้วก้นโป่งทันทีด้วยน้ำกลั่น ทิ้งสารละลายที่ผ่านการกรองไว้ที่อุณหภูมิห้องปริมาตรต้องไม่เกิน175 ml



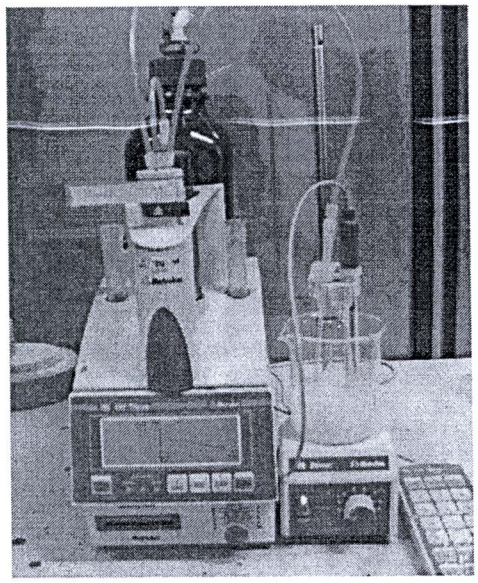
รูปที่ 3.30 การกรองสารละลายตัวอย่าง

- สำหรับบิกเกอร์สารที่เย็นแล้ว วางบิกเกอร์บนเครื่องกวนแม่เหล็กและใส่ TFE-fluorocarbon-coated magnetic stirring bar ลงไป แช่ electrode ลงในสารละลายด้วยความระมัดระวังอย่าให้ stirring bar ไปชน electrode เริ่มการกวนช้าๆ วางปลายส่งของ 10-ml buret ที่เต็มไปด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.05 N ซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) ลงในหรืออยู่เหนือสารละลาย



รูปที่ 3.31 การใช้เครื่อง Auto titration

- เครื่อง Auto titration จะทำการไตรเตรทให้โดยอัตโนมัติ โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าของของตัวอย่าง เมื่อถึงจุดยุติ (End point) เครื่อง Auto titration จะแสดงปริมาณคลอไรด์และปริมาณของซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) ที่ใช้และประจุ ดังรูปที่ 3.28



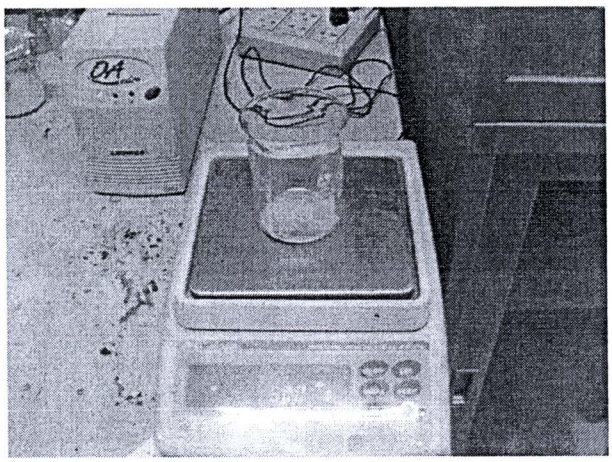
รูปที่ 3.32 การไทเทรตหาปริมาณคลอไรด์

- อ่านและทำการบันทึกผลที่ได้จากเครื่อง Auto titration

<u>การทดสอบหาปริมาณสารคลอไรด์อิสระ(Free chloride) ในระบบ</u>

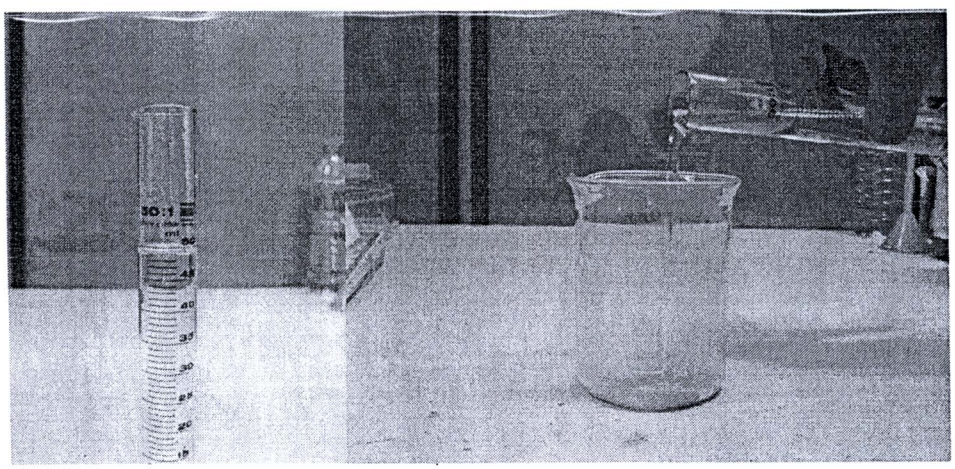
คลอไรด์ที่ละลายน้ำ (Water-soluble chloride) หรือคลอไรด์อิสระ (Free chloride) ซึ่งมีวิธีการทดสอบหาปริมาณดังนี้ (ตามมาตรฐาน ASTM C 1218 และมาตรฐานC 114)

- นำคอนกรีตที่บดเป็นผงมาจำนวนประมาณ 5 กรัมโดยชั่งละเอียดถึง 0.01 กรัม นำมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 ml



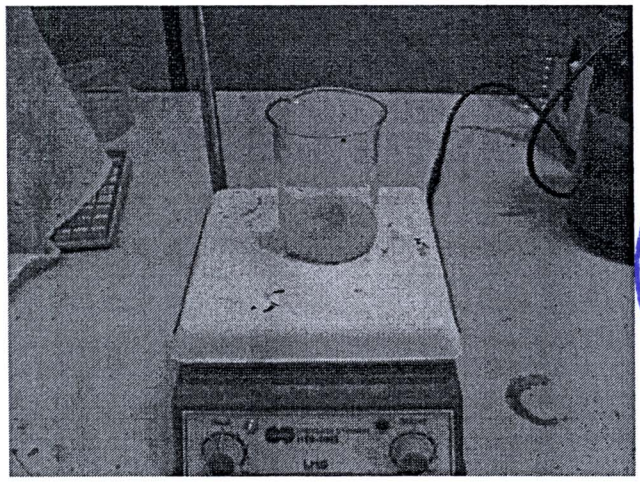
รูปที่ 3.33 การชั่งตัวอย่าง

- เติมน้ำ (reagent water meeting Specification D 1193) ลงไป 50 ml



รูปที่ 3.34 การเติมน้ำกลั่นลงในตัวอย่าง

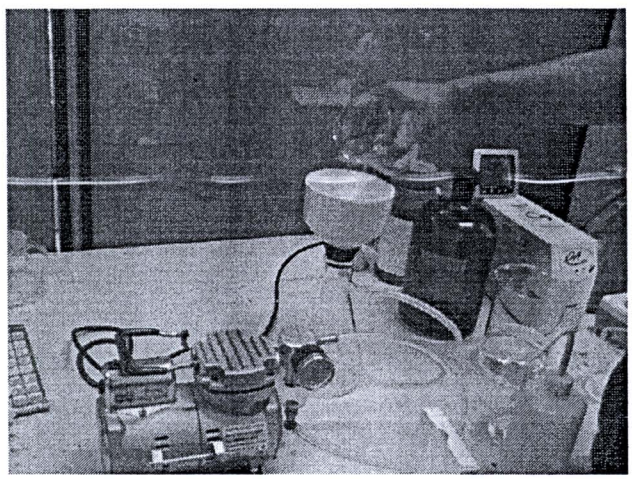
-นำไปต้มให้เดือด 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

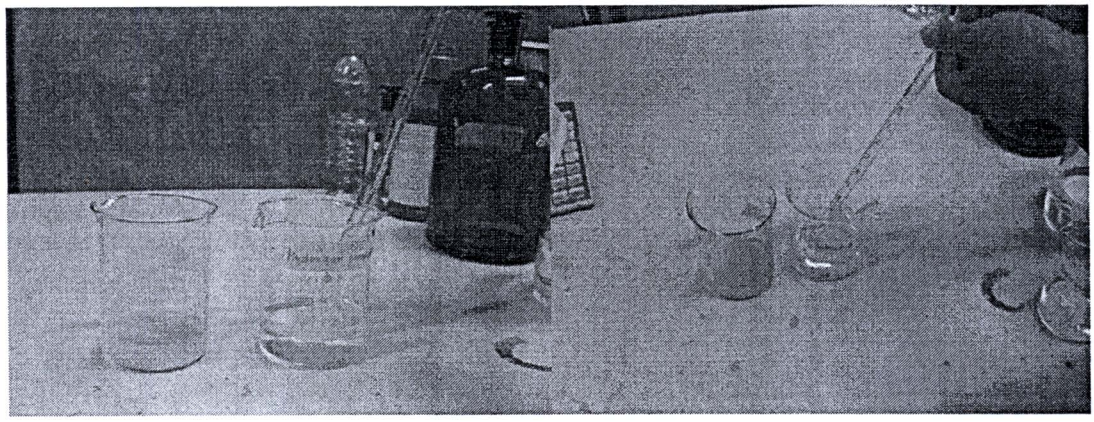
รูปที่ 3.35 การต้มตัวอย่าง

- ประกอบเครื่องดูด (suction apparatus) และกรองสารละลายตัวอย่าง ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อย ถ่ายสารละลายที่ผ่านการกรองจากขวดแก้วก้นโป่งไปยังบีกเกอร์ขนาด 250 ml และล้างขวดแก้วก้นโป่งทันทีด้วยน้ำกลั่น ปริมาตรต้องไม่เกิน 175 ml



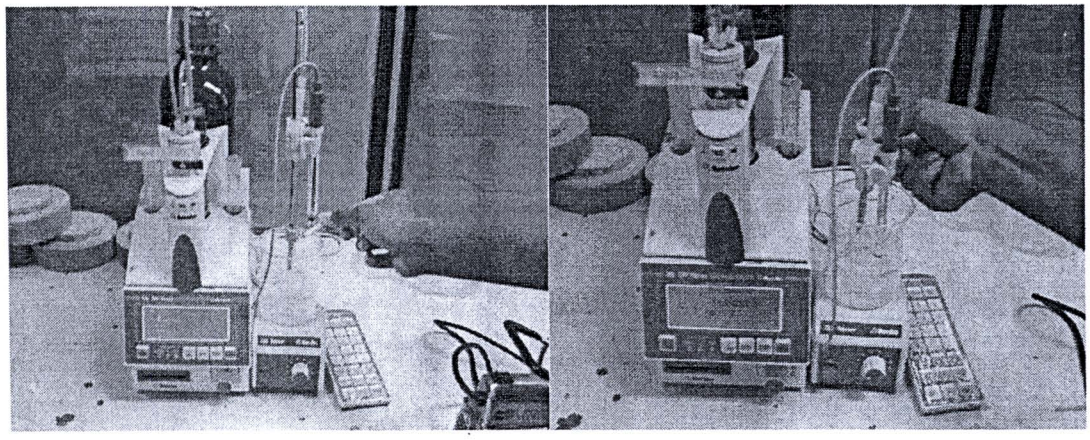
รูปที่ 3.36 การกรองสารละลายตัวอย่าง

- เติมสารละลายกรดไนตริกที่ dilute ในอัตราส่วน 1:1 ลงไป 3 ml และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) 30% ลงไป 3 ml ลงในสารละลายที่ผ่านการกรอง ปิดบีกเกอร์ด้วยแผ่นกระเบื้องแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ถึง 2 นาที ให้ความร้อนอย่างรวดเร็วแก่บิกเกอร์ที่ปิดฝาจนเดือด อย่าให้เดือดนานเกิน 2 ถึง 3 นาที จากนั้นนำออกจากเครื่องต้ม (hot plate)



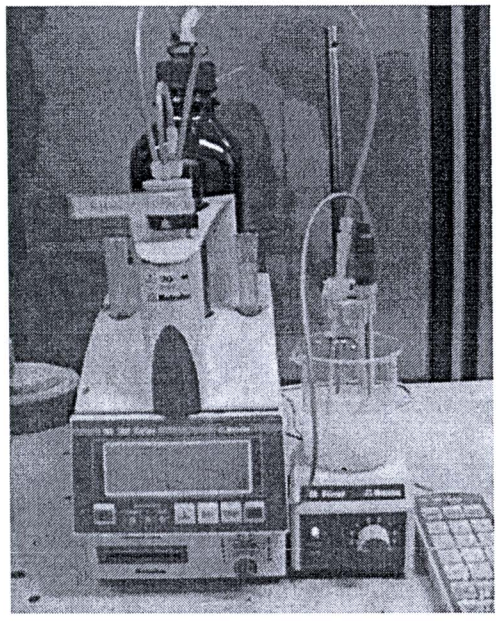
รูปที่ 3.37 การเติมสารลงในตัวอย่าง

- สำหรับบีกเกอร์สารที่เย็นแล้ว วางบีกเกอร์บนเครื่องกวนแม่เหล็กและใส่ TFE-fluorocarbon-coated magnetic stirring bar ลงไป แช่ electrode ลงในสารละลายด้วยความระมัดระวังอย่าให้ stirring bar ไปชน electrode เริ่มการกวนช้าๆ วางปลายส่งของ 10-ml buret ที่เต็มไปด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.05 N ซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) ลงในหรืออยู่เหนือสารละลาย



รูปที่ 3.38 การใช้เครื่อง Auto titration

- เครื่อง Auto titration จะทำการไตรเตรทให้โดยอัตโนมัติ โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าของของตัวอย่าง เมื่อถึงจุดยุติ (End point) เครื่อง Auto titration จะแสดงปริมาณคลอไรด์และปริมาณของซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) ที่ใช้และประจุ ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.39 การไทเทรตหาปริมาณคลอไรด์

- อ่านและทำการบันทึกผลที่ได้จากเครื่อง Auto titration