

บทที่ 4

แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย

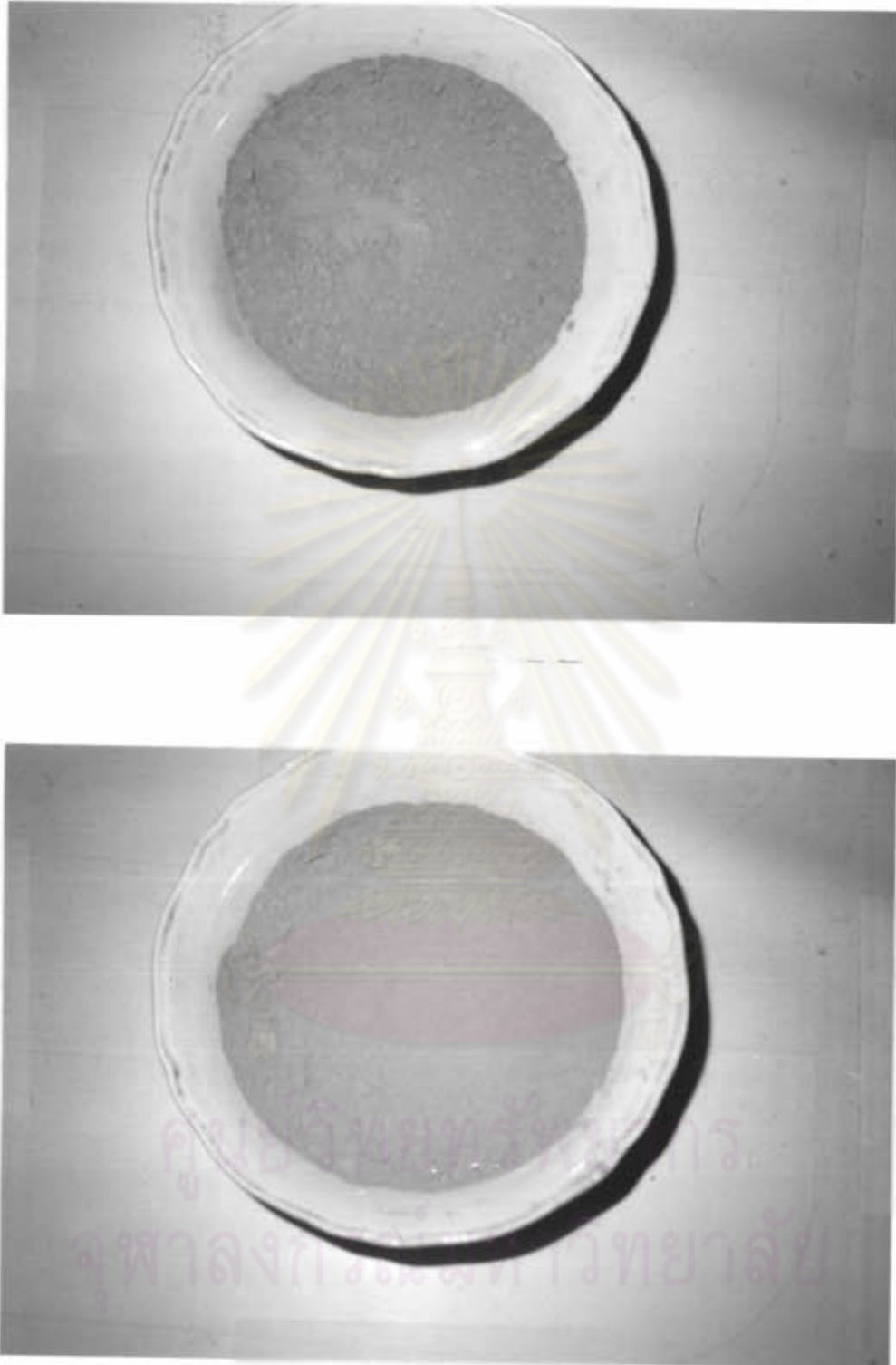
การเตรียมวัสดุสำหรับการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้

- 1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (คังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ก)
- 1.2 เถ้าลอยลิกไนต์ โดยเก็บตัวอย่างจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานของ ASTM C618-85 ซึ่งเถ้าลอยที่ได้นี้จัดอยู่ในชั้น C (คังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ข)
- 1.3 น้ำ ใช้น้ำประปา

2. สารเคมีที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

สารเคมี	ความเข้มข้น
1. Hydrochloric Acid	0.1 N
2. Sulfuric Acid	0.02 N
3. Sodium Sulfide	1 N
4. Sodium Hydroxide	1 N
5. น้ำกลั่นมีค่าพีเอช 5.8-6.3	-
6. สารละลายมาตรฐาน $Hg(NO_3)_2$	-
7. สารละลายมาตรฐาน $Cr(NO_3)_3$	-
8. สารละลายมาตรฐาน $Fe(NO_3)_3$	-
9. Sodium Sulfide	-
10. น้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่า COD	-



รูปที่ 4.1 ภาพตัวประสานที่ใช้ในการทดลอง
ก. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ภาพบน)
ข. ใ้ลลยลิกไนต์ (ภาพล่าง)

3. ภาคตะกอนโลหะหนัก

3.1 เตรียมภาคตะกอนโลหะหนักโดยใช้น้ำเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าซีไอดี (เก็บรวบรวมจากห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) นำมาตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ตามสมการดังนี้



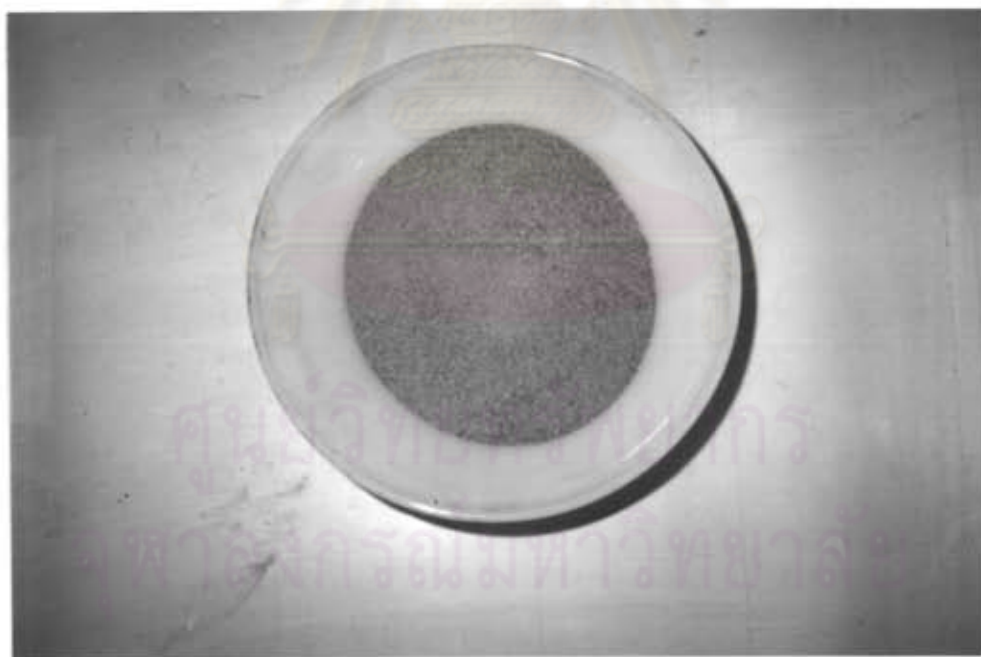
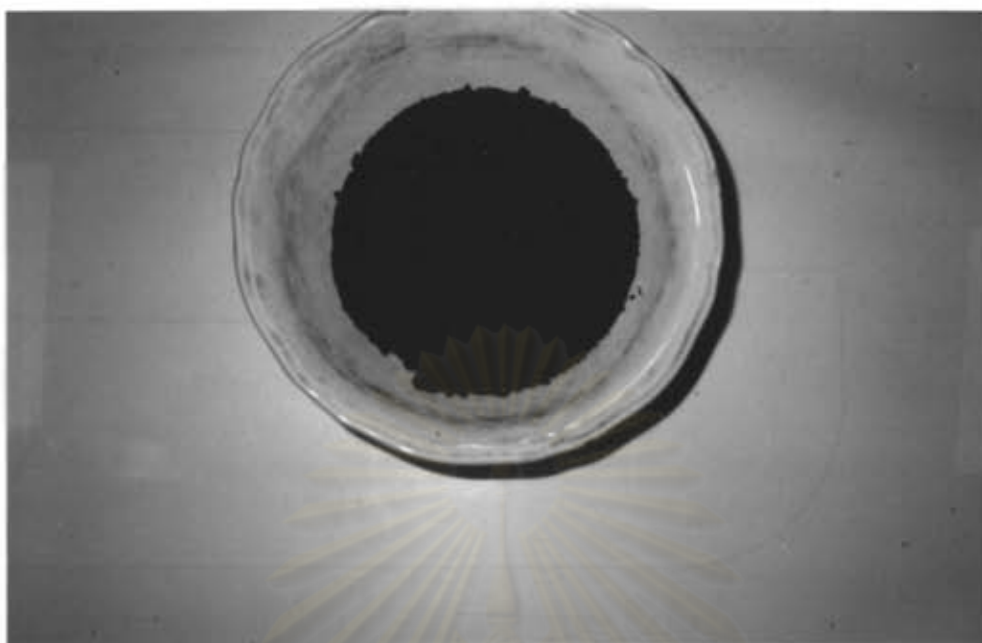
นำตะกอนโลหะหนักที่ได้นำมาทำให้แห้งโดยใช้ water bath ที่อุณหภูมิ 100 °ซ. เป็นระยะเวลาประมาณ 6-7 ชั่วโมง และนำเข้า desicator เพื่อลดความชื้นนานประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปบดให้เป็นผง เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดความชื้น (ดังมีรายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ก. และรูปที่ 4.2 ก)

3.2 นำภาคตะกอนโลหะหนักที่ได้จากศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมเสมอค่าเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากภาคตะกอนที่ได้จากน้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีไอดี (ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ข และ รูปที่ 4.3)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. การทดลองหาลอซีเมนต์และการทดสอบกำลังรับแรงอัด

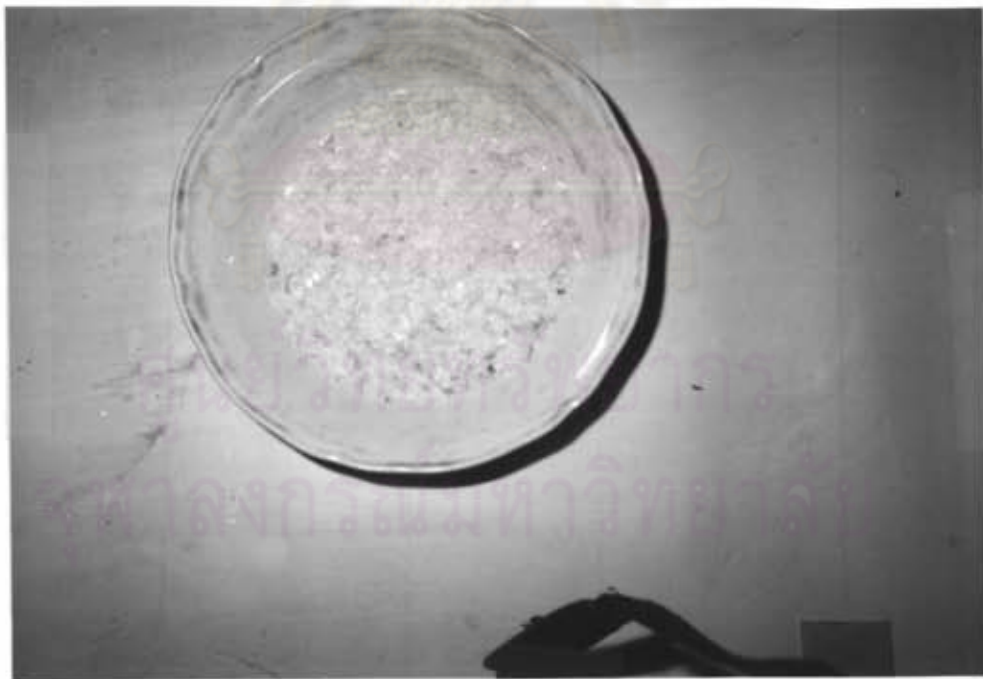
1. เครื่องชั่ง 2000 กรัม อ่านได้ละเอียด 0.2 กรัม
2. กระบอกลดขนาด 500 มิลลิลิตร อ่านได้ละเอียด 10 มิลลิลิตร
3. แบบหล่อขนาดลูกบาศก์ 2 นิ้ว หรือ 50 มิลลิเมตร (ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.4)
4. เครื่องผสมปูนซีเมนต์ หรือแผ่นกระจกสำหรับผสมด้วยมือ
5. Tamper ขนาดหน้าตัด 1/2 x 1 นิ้ว มีความยาว 5-6 นิ้ว ปลายตัดเรียบและหน้าตัดตั้งฉากกับแกนของมือจับซึ่งทำจากวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ
6. เครื่องพลาสติกขนาดหน้ากว้างของใบ 4- 6 นิ้ว
7. เครื่องทดสอบแรงอัด (ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.5)
8. ตะแกรงเบอร์ 20-16 , 30-20 และสูงกว่าเบอร์ 30
9. เครื่องทดสอบการซึมได้ของน้ำ ดำเนินการทดสอบโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.6)



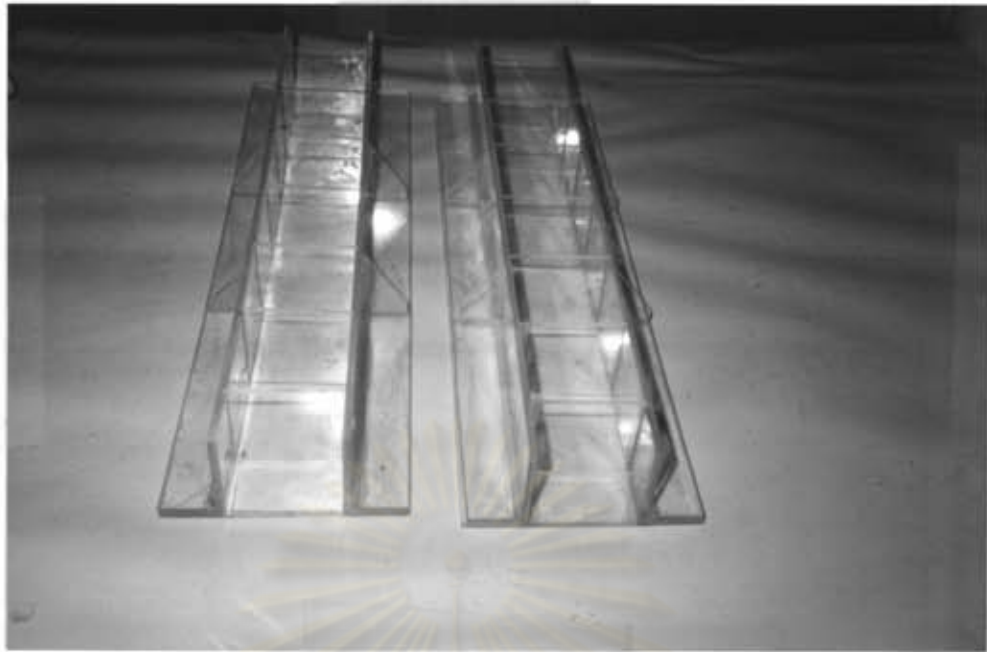
รูปที่ 4.2 ภาพตะกอนโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

ก. ตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสียซีไอดี (ภาพบน)

ข. ตะกอนโลหะหนักจากโรงงานเคลือบแผ่น (ภาพล่าง)



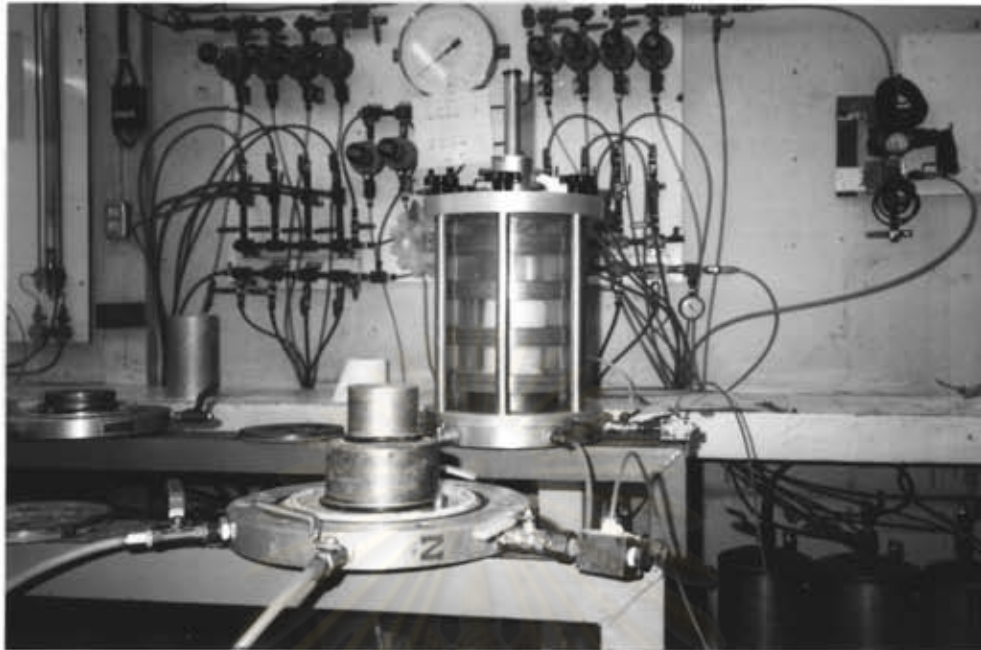
รูปที่ 4.3 ภาพตะกอนโลหะหนักที่ได้จากศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำที่ใช้ในการทดลอง
ก. ตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์ (ภาพบน)
ข. กากหลอมฟลูออเรสเซนต์ (ภาพล่าง)



รูปที่ 4.4 ภาพแบบหล่อซีเมนต์ขนาด 5x5x5 ซม.³



รูปที่ 4.5 ภาพเครื่องมือทดสอบกำลังรับแรงอัด (ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)



รูปที่ 4.6 ภาพเครื่องมือทดสอบความซึมได้ของน้ำ (แผนกปฐพีวิทยา กองธรณีวิทยา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

2. การทดสอบการชะละลายของโลหะหนัก

1. ตะแกรงขนาด 0.5-9 มิลลิเมตร
2. ขวดพลาสติกขนาด 1 ลิตร
3. เครื่องชั่งขนาด 1000 กรัม
4. กระจกตวงขนาด 500 มิลลิเมตร
5. เครื่องเขย่า horizontal shaker 200 รอบ/นาที
6. กระดาษกรองใยแก้วขนาดรู 1 ไมครอน
7. เครื่องวัดค่าพีเอช
8. เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (conductimeter)
9. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

การดำเนินการวิจัย

ในวิจัยนี้ประกอบไปด้วยการทดลองทั้งหมด 4 ชุดการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาปริมาณการเติมสารโซเดียมซิลไฟด์ต่อการบำบัดตะกอนโลหะหนักโดยการทำให้เป็นก้อน

ก. การทดลองหล่อซีเมนต์และทดสอบกำลังรับแรงอัด

1. ชั่งวัสดุที่ใช้ในการหล่อซีเมนต์ตามมาตรฐานของ ASTM C 109-86 สำหรับหล่อแบบขนาด 5x5x5 ซม.³ ใช้อัตราส่วนผสมของน้ำต่อตัวประสานเท่ากับ 0.50 ใช้อัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.25 และใช้อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์ต่อซีเมนต์เท่ากับ 1.00 ในการผสมซีเมนต์แต่ละอัตราส่วนให้ผสมครั้งละ 3 ก้อน

2. การผสมใช้วิธีผสมมือ (สวมถุงมือยาง) โดยผสมตัวประสานในข้อ 1 ให้เข้ากันดีแล้วกองไว้เป็นรูปภูเขาและให้มีหลุมตรงกลาง จากนั้นนำตะกอนโลหะหนักที่เติมสารละลายโซเดียมซิลไฟด์ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ใน การทดลอง (ดูรายละเอียดการคำนวณการเติมสารโซเดียมซิลไฟด์ในภาคผนวก ก.) มาเติมลงในหลุมพร้อมกับน้ำ แล้วนำมาผสมให้เข้ากันด้วยเกรียงในเวลา 1 นาที 30 วินาที

3. เทซีเมนต์ที่ผสมแล้วลงในแบบหล่อภายในเวลาไม่เกิน 2 นาที 30 วินาที หลังการผสมเสร็จ การหล่อแบ่งออกเป็นสองชั้น โดยชั้นแรกหนาประมาณ 2.50 ซม. แล้วใช้ tamper กระทุ้งชั้นละ 16 ครั้ง โดยใน 8 ครั้งแรกจะมีทิศทางตั้งฉากกับใน 8 ครั้งหลัง ให้ใช้แรงกระทุ้งพอประมาณและเท่ากันโดยตลอด เติมซีเมนต์ชั้นที่ 2 ให้เลียบขอบแบบหล่อเล็กน้อยและใช้มือป้องขณะที่ทำการกระทุ้ง 16 ครั้งเช่นเดียวกับชั้นแรก เมื่อเสร็จแล้วให้ใช้เกรียงปาดส่วนเกินออกลักษณะคล้ายเกลียว

4. หลังจากหล่อแบบเสร็จให้นำตัวอย่างพร้อมแบบหล่อเก็บไว้ในที่ชื้นทันทีและถอดแบบในเวลา 24 ชั่วโมง บ่มตัวอย่างต่อเนื่องครบ 7 วันโดยใช้ผ้ากระสอบชุบน้ำคลุมทับ นำไปหาค่าความหนาแน่นของตัวอย่างโดยการชั่งน้ำหนักก่อนตัวอย่างและหารด้วยปริมาตรของก้อนตัวอย่าง

5. จากนั้นนำตัวอย่างไปทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ห้องปฏิบัติการคอนกรีต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา (ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.4)

ข. การทดสอบการชะละลายของโลหะหนัก

การทดลองนี้ใช้มาตรฐานการทดสอบการชะละลายของโลหะหนัก โดยใช้วิธีสกัดสารของกรมโรงงานอุตสาหกรรมได้กำหนดไว้ดังรายละเอียดตามขั้นตอนดังนี้

1. บดตัวอย่างซีเมนต์ที่แข็งตัวให้เป็นผงแล้วร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาดระหว่าง 0.5 ถึง 5 มิลลิเมตร
2. ชั่งตัวอย่างในข้อ 1) 50 กรัมใส่ในถ้วยทำละลายซึ่งประกอบด้วยน้ำกลั่นผสมกับกรดไฮโดรคลอริก จนมีความเป็นกรดค่าระหว่าง 5.8 ถึง 6.3 ในอัตราส่วนปริมาตรของสารละลายเป็น 10 เท่า (มิลลิลิตร) ของน้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่างสาร
3. เขย่าตัวอย่างบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 6 ชั่วโมงโดยใช้เครื่องเขย่าชนิด 200 รอบ/นาที เสร็จแล้วนำไปวัดค่าพีเอช, ค่าสภาพนำไฟฟ้า, และค่าความเป็นด่าง
4. กรองสารละลายโดยใช้กระดาษกรองใยแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูกรองเท่ากับ 1 ไมครอน
5. นำของเหลวที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของโลหะหนักโดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนผสมของกากตะกอนต่อตัวประสานที่เหมาะสมในการทำให้เป็นก้อน

1. ทดลองหล่อซีเมนต์ขนาด $5 \times 5 \times 5$ ซม.³ โดยใช้อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของเถ้าลอยลิกในค้ตอปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.50 และอัตราส่วนผสมของน้ำต่อตัวประสาน เท่ากับ 0.50 ทดลองแปรค่าส่วนผสมกากตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสาน (ws/c) เท่ากับ 0, 0.25, 0.50, 0.75, และ 1.00 ใช้เวลาบ่ม 7 วัน โดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ก้อน
2. ทดสอบหาค่าความหนาแน่นและค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนซีเมนต์ที่แข็งตัวแล้ว
3. นำตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วไปทดสอบการชะละลายตามมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เสร็จแล้วนำน้ำสกัดมาทดสอบหาค่าพีเอช, ความเป็นด่าง, และค่าสภาพนำไฟฟ้า และหลังจากนั้นนำน้ำสกัดไปทดสอบหาค่าความเข้มข้นของปรอท, โครเมียม, และเหล็ก โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer
4. ทดสอบหาค่าความซึมได้ของน้ำ (permeability) ของก้อนซีเมนต์ (ทดสอบเฉพาะค่าอัตราส่วนผสมที่คัดเลือกแล้ว)

5.คำนวณหาประสิทธิภาพของการกำจัดโลหะหนักแต่ละชนิด

$$\text{ประสิทธิภาพของการกำจัด} = (L_0 - L_s)/L_0 \times 100$$

โดยที่ L_0 = ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสกัดก่อนผ่านกระบวนการทำให้เป็นก้อน

L_s = ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสกัดหลังผ่านกระบวนการทำให้เป็นก้อน

6.ประมาณค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการกำจัดโลหะหนักโดยใช้เถ้าลอยลิกไนต์เป็นส่วนผสมเพื่อทดแทนปูนซีเมนต์

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของระยะเวลาการบ่มตัวที่ใช้ในการหล่อซีเมนต์

1.ทดลองผสมซีเมนต์โดยใช้อัตราส่วนผสมของกากตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานที่ได้จากการทดลองที่ 2 โดยทดลองแปรค่าเวลาในการบ่มเท่ากับ 1, 3, 7 และ 28 วัน โดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ก้อน

2.ทดสอบหาค่าความหนาแน่นและค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนซีเมนต์ที่แข็งตัวแล้ว

3.นำตัวอย่างที่ผ่านการบ่มแล้วไปทดสอบการชะละลายตามมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เสร็จแล้วนำน้ำสกัดมาทดสอบหาค่าพีเอช, ความเป็นด่าง, และค่าสภาพนำไฟฟ้า และหลังจากนั้นนำน้ำสกัดไปทดสอบหาค่าความเข้มข้นของปรอท, โครเมียม, และเหล็ก โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer

การทดลองที่ 4 ศึกษาผลการนำค่าที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 และ 2 มาใช้กับตะกอนชนิดอื่นๆ

1.นำตะกอนที่ได้จากแสมคำมาผสมกับสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ในปริมาณที่ได้จากการทดลองที่ 1

2.นำส่วนผสมที่ได้มาผสมกับซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตราส่วนผสมของกากตะกอนต่อตัวประสานที่ได้จากการทดลองที่ 2 แล้วนำมาทดลองหล่อซีเมนต์ขนาด 5x5x5 ซม.³ ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์ต่อซีเมนต์เท่ากับ 1.00 และอัตราส่วนผสมของน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.50 ใ้เวลาบ่มก้อนซีเมนต์ 7 วัน โดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ก้อน

3.ทดสอบหาค่าความหนาแน่นและค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนซีเมนต์ที่แข็งตัวแล้ว

4.นำตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วไปทดสอบการชะละลายตามมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เสร็จแล้วนำน้ำสกัดมาทดสอบหาค่าพีเอช, ความเป็นด่าง, และค่าสภาพน้ำไฟฟ้า และหลังจากนั้นนำน้ำสกัดไปทดสอบหาค่าความเข้มข้นของปรอท, โครเมียม, และเหล็ก โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer

5.ทดสอบหาค่าความซึมได้ของน้ำ (permeability) ของก้อนซีเมนต์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย