

## บทที่ 4

### การดำเนินการวิจัย และแผนการดำเนินการวิจัย

#### 4.1 การดำเนินการวิจัย

##### 4.1.1 วัสดุประสานและของเสีย

###### วัสดุประสาน

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1, 5
- ปูนซีเมนต์ซิลิกา
- ปูนขาว

###### ของเสีย

ผงถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี ยี่ห้อต่างๆ ภายในก้อนถ่านไฟฉายขนาดใหญ่ที่ใช้แล้ว โดยเก็บรวบรวมจากสถานีขนถ่ายอ่อนนุช ช่วงเดือน ก.พ. - มี.ค. 2540 ประมาณ 500 ก้อน

##### 4.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

###### 4.1.2.1 การหล่อตัวอย่าง, ทดสอบกำลังรับแรงอัด, อัตราซึมน้ำ และความหนาแน่น

1. เครื่องชั่ง 2000 กรัม อ่านได้ละเอียด 0.2 กรัม
2. กระบอกลูกทรงขนาด 500 มิลลิลิตร อ่านได้ละเอียด 10 มิลลิลิตร
3. แบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร สำหรับทดสอบกำลังรับแรงอัด และแบบหล่อทรงกระบอกลูกทรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว สูง 2.5 นิ้วสำหรับทดสอบอัตราซึมน้ำ
4. Tamper ขนาดหน้าตัด 0.5x1.0 นิ้ว ปลายตัดเฉียงและหน้าตัดตั้งฉากกับแกนของมือจับ ทำจากวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ สำหรับกระทุ้งขณะหล่อ
5. เกรียงขนาดความกว้างของใบ 4 นิ้ว
6. เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด

(ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

7. เครื่องทดสอบอัตราซีเมนต์  
(แผนกสำรวจ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

#### 4.1.2.2 การทดสอบการชะละลายของโลหะหนัก

1. ตะแกรงขนาด 0.5-5 มิลลิเมตร
2. ขวดพลาสติกขนาด 1.0 ลิตร
3. เครื่องชั่งขนาด 1000 กรัม
4. กระบอกตวงขนาด 500 มิลลิลิตร อ่านได้ละเอียด 10 มิลลิลิตร
5. เครื่องเขย่าแนวราบ 200 รอบ/นาที
6. กระดาษกรองใยแก้วขนาดรู 1 ไมครอน
7. เครื่องวัดค่าพีเอช
8. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer  
สำหรับวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

#### 4.1.3 การทดสอบที่เกี่ยวข้อง

4.1.3.1 การทดสอบปริมาณความชื้นของผงถ่านไฟฉายโดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 2216-92 Standard Test Method for Laboratory Determination of Water Content of Soil and Rock.

4.1.3.2 การทดสอบความถ่วงจำเพาะของผงถ่านไฟฉาย โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 854-58 Standard Test Method for Specific Gravity of Soils.

4.1.3.3 การทดสอบการกระจายขนาดคละของผงถ่านไฟฉาย โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 422-63 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soil.

4.1.3.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง กำหนดให้ใช้ค่า Unconfined Compressive Strength โดยทำการทดสอบกับก้อนตัวอย่างขนาด 50 x 50 x 50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 109-86 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm. Cube Specimens) โดยใช้เครื่องทดสอบที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3.5 การทดสอบการชะละลายของโลหะหนักของก้อนตัวอย่าง โดยใช้วิธีสกัดสารของกรมโรงงานอุตสาหกรรม(ประกาศกรมโรงงานฯ ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2531) โดยบดตัวอย่างให้เป็นผง แล้วร่อนผ่านตะแกรงให้มีขนาด 0.5-5 มิลลิเมตร จำนวน 50 กรัม ใส่ในตัวทำละลายซึ่งประกอบด้วยน้ำกลั่นผสมกรดไฮโดรคลอริก ซึ่ง

มีพีเอชอยู่ระหว่าง 5.8-6.3 ในอัตราส่วนปริมาตรของสารละลายเป็น 10 เท่า (มิลลิลิตร) ของน้ำหนักตัวอย่าง เขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องเขย่าชนิด 200 รอบต่อนาที ที่ช่วงกว้างของการเขย่า 5 เซนติเมตร กรองสารละลายโดยใช้กระดาษกรองใยแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของรู 1 ไมครอน นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะหนัก 7 ชนิด คือ อาร์เซนิก, แคดเมียม, โครเมียม, ปรอท, ตะกั่ว, แมงกานีส และสังกะสี โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ยี่ห้อ VARIAN รุ่น Spectr AA-10 PLUS (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

4.1.3.6 การทดสอบอัตราซึมผ่านของก้อนตัวอย่าง โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 2434-68 Standard Test Method for Permeability of Granular Soil (Constant Head) โดยใช้เครื่องทดสอบที่แผนกสำรวจ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

## 4.2 การเตรียมผงถ่านไฟฉาย

ถ่านไฟฉายที่เก็บรวบรวมได้ ประมาณ 500 ก้อน จากสถานีขนถ่ายอ่อนนุช ถูกนำมาแยกตามยี่ห้อและสีของถ่านไฟฉาย ได้ 10 ชนิด โดยพบว่าเป็นถ่านไฟฉาย B06 กวาร์ร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือเป็นถ่านไฟฉายยี่ห้ออื่นๆ หลังจากนั้นนำมาแกะ โดยเริ่มจากการใช้ไขควงจัดบริเวณตะเข็บทางด้านข้างของถ่านไฟฉายออก แล้วใช้มือแกะแยกส่วนประกอบต่างๆ ออกจากกัน ได้แก่ ส่วนที่เป็นโลหะ, พลาสติก, กระดาษ, แท่งคาร์บอน และผงถ่านไฟฉาย แล้วทำการรวบรวมผงถ่านไฟฉายแต่ละชนิดที่แกะได้ ใส่ถุงพลาสติก ก่อนนำไปทดสอบขั้นต่อไป

## 4.3 แผนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองดังนี้

### 4.3.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบคุณสมบัติของผงถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว

ผงถ่านไฟฉายที่ใช้ในการศึกษานี้ นำมาทดสอบคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

#### 4.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ โดยทดสอบเฉพาะถ่านไฟฉาย B06

- ปริมาณความชื้น ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 2216-92 จำนวน 3 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย
- ความถ่วงจำเพาะ ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 854-58 จำนวน 3 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย
- การกระจายขนาดคละ ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 422-63 จำนวน 2 ตัวอย่าง

#### 4.3.1.2 คุณสมบัติทางเคมี ประกอบด้วย

◆ ทดสอบหาปริมาณโลหะหนักในผงถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว โดยนำผงถ่านไฟฉายแต่ละชนิดมาย่อยสลายอย่างรุนแรงด้วยกรดไนตริกเข้มข้น จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก 7 ชนิด คือ อาร์เซนิก, แคดเมียม, โครเมียม, พรอท, ตะกั่ว, แมงกานีส และสังกะสี โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม โดยทำการทดสอบอย่างละ 3 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

◆ ทดสอบหาความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสกัดของผงถ่านไฟฉายที่ยังไม่ผ่านการบำบัด โดยนำผงถ่านไฟฉายแต่ละชนิดมาทำการสกัดสาร ตามวิธีของกรมโรงงานอุตสาหกรรม(ประกาศกรมโรงงานฯ ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2531) นำสารสกัดที่ได้ไปวัดค่าพีเอช, ความเป็นด่าง, ความนำไฟฟ้า และความเข้มข้นของโลหะหนัก 7 ชนิด คือ อาร์เซนิก, แคดเมียม, โครเมียม, พรอท, ตะกั่ว, แมงกานีส และสังกะสี โดยทำการทดสอบอย่างละ 3 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

#### 4.3.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบหาสัดส่วนผสมเบื้องต้นในการทำให้เป็นก้อนแข็ง

เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำให้เป็นก้อนแข็ง ประกอบด้วย ปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับวัสดุประสาน ได้แก่ ปูนซีเมนต์และ/หรือปูนขาว และปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับผงถ่านไฟฉาย ดังนั้นก่อนที่จะทำการทดสอบหาสัดส่วนผสมเบื้องต้น จึงต้องทดสอบหาปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับวัสดุต่างๆ ก่อน เพื่อมีปริมาณน้ำที่ใช้ในการหล่อก้อนตัวอย่างมีอิทธิพลหรือเป็นตัวแปรที่มีผลต่อการทดสอบขั้นต่อไป การทดสอบขั้นนี้จึงแบ่งออกเป็น 2 การทดสอบย่อย คือ

##### 4.3.2.1 หาปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์, ผงถ่านไฟฉาย และปูนขาว

4.3.2.1.1 หาปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ โดยนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 จำนวน 1500 กรัม มาผสมกับน้ำ (ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.3, 0.4 และ 0.5 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก) ผสมให้เข้ากันด้วยมือ(สวมถุงมือยาง) แล้วเทลงในแบบหล่อขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยชั้นแรกหนาประมาณ 1 นิ้ว แล้วใช้ Tamper กระทุ้ง 16 ครั้ง โดย 8 ครั้งแรกมีทิศทางตั้งฉากกับ 8 ครั้งหลัง ใช้แรงกระทุ้งพอประมาณและเท่ากับตลอด การเติมส่วนผสมชั้นที่ 2 ให้เลเยอร์แบบหล่อเล็กน้อยและใช้มือป้องขณะกระทุ้งเช่นเดียวกับชั้นแรก เมื่อเสร็จใช้เกรียงปาดส่วยเกินออกในลักษณะคล้ายเลื่อย นำบ่มโดยใช้ฟองน้ำหรือผ้าเปียกคลุมเก็บในกล่องพลาสติกที่ปิดสนิท ถอดออกจากแบบหล่อเมื่อครบ 24 ชั่วโมง แล้วบ่มต่อจนครบ 7 วัน หลังจากนั้นนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด พิจารณาเลือกอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสมจากก้อนตัวอย่างที่มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด โดยทำการทดสอบอย่างละ 2 ตัวอย่าง

วัสดุประสาน	น้ำซีเมนต์
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1	0.3
	0.4
	0.5

4.3.2.1.2 ทาปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับผงถ่านไฟฉาย โดยผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 จำนวน 2000 กรัม กับผงถ่านไฟฉาย 200 กรัม (ใช้สัดส่วนผงถ่านไฟฉายต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.1 โดยน้ำหนัก) ให้เข้ากันด้วยมือ แล้วเติมน้ำ (ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสมจากการทดสอบ 4.3.2.1.1 ทำการเพิ่มปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับผงถ่านไฟฉายอีก 0, 0.1, 0.2 และ 0.3 เท่าของปริมาณผงถ่านไฟฉาย) แล้วผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เทลงแบบหล่อเช่นเดียวกับข้างต้น นำไปบ่มเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด โดยพิจารณาเลือกปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับผงถ่านไฟฉายที่เหมาะสมจากก้อนตัวอย่างที่มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด โดยทำการทดสอบอย่างละ 2 ตัวอย่าง

วัสดุประสาน	ผงถ่านไฟฉาย/วัสดุประสาน	น้ำซีเมนต์	น้ำผงถ่านไฟฉาย
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1	0.1	0.4	0
	0.1	0.4	0.1
	0.1	0.4	0.2
	0.1	0.4	0.3

4.3.2.1.3 ทาปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับปูนขาว โดยผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 จำนวน 1000 กรัม, ปูนขาว 1000 กรัม และผงถ่านไฟฉาย 200 กรัม (ใช้สัดส่วนปูนซีเมนต์ : ปูนขาว เท่ากับ 1 : 1 และสัดส่วนผงถ่านไฟฉายต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.1) ให้เข้ากันด้วยมือ แล้วเติมน้ำ (ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จากการทดลองที่ 4.3.2.1.1 + ปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับผงถ่านไฟฉายจากการทดลองที่ 4.3.2.1.2 ทำการเพิ่มปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับปูนขาวอีก 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เท่าของปริมาณปูนขาว) แล้วผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เทลงแบบหล่อเช่นเดียวกับข้างต้น นำไปบ่มเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด โดยพิจารณาเลือกปริมาณน้ำที่ใช้ทำปฏิกิริยากับปูนขาวที่เหมาะสมจากก้อนตัวอย่างที่มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด โดยทำการทดสอบอย่างละ 2 ตัวอย่าง

วัสดุประสาน	ผงถ่านไฟฉาย/วัสดุประสาน	น้ำซีเมนต์	น้ำ/ผงถ่านไฟฉาย	น้ำ/ปูนขาว
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 1	0.1	0.4	0.1	0
+ ปูนขาว (1:1)	0.1	0.4	0.1	0.25
	0.1	0.4	0.1	0.50
	0.1	0.4	0.1	0.75

หมายเหตุ สำหรับการทดสอบที่ 4.3.2.1.2 และ 4.3.2.1.3 ไม่สามารถแกะตัวอย่างออกจากแบบหล่อได้เมื่อครบ 24 ชั่วโมง เนื่องจากก้อนตัวอย่างยังไม่แข็งตัวพอ ผู้วิจัยจึงทำการแกะออกจากแบบเมื่อครบเวลาบ่ม 3 วัน แล้วบ่มต่อจนครบ 7 วัน จึงนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัด

#### 4.3.2.2 การทดสอบหาสัดส่วนผสมเบื้องต้น

ใช้วัสดุประสาน 5 ชนิด คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1, ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 5, ปูนซีเมนต์ซิลิกา, ปูนซีเมนต์ซิลิกาผสมปูนขาว 25 % และปูนซีเมนต์ซิลิกาผสมทราย 25 % จำนวนปริมาตรน้ำที่ใช้ผสมจากผลการทดสอบที่ 4.3.2.1 ทำการแปรสัดส่วนผงถ่านไฟฉายต่อวัสดุประสานตั้งแต่ 0, 0.1, 0.2 และ 0.3 (โดยน้ำหนัก) แล้วนำมาหล่อเช่นเดียวกับข้างต้น นำไปบ่มเป็นเวลา 14 และ 28 วัน เมื่อครบเวลาบ่มก็นำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด, ความหนาแน่น และชะละลายวิเคราะห์สมบัติของน้ำสกัด ซึ่งประกอบด้วย ค่าพีเอช, ความเป็นด่าง, ความนำไฟฟ้า และความเข้มข้นของโลหะหนัก 7 ชนิด คือ อาร์เซนิก, แคดเมียม, โครเมียม, ปรอท, ตะกั่ว, แมงกานีส และสังกะสี โดยทำการทดสอบอย่างละ 3 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

ลำดับที่	วัสดุประสาน	ผงถ่านไฟฉาย/วัสดุประสาน	หมายเหตุ
1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1	0, 0.1, 0.2, 0.3	ระยะเวลาบ่ม
2	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 5	0, 0.1, 0.2, 0.3	14, 28 วัน
3	ปูนซีเมนต์ซิลิกา	0, 0.1, 0.2, 0.3	
4	ปูนซีเมนต์ซิลิกาผสมปูนขาว 25 % (โดยน้ำหนัก)	0, 0.1, 0.2, 0.3	
5	ปูนซีเมนต์ซิลิกาผสมทราย 25 % (โดยน้ำหนัก)	0, 0.1, 0.2, 0.3	

หมายเหตุ ที่สัดส่วนผงถ่านไฟฉายต่อวัสดุประสาน 0 และ 0.1 ผู้วิจัยทำการแกะตัวอย่างออกจากแบบหล่อที่ระยะเวลา 3 วัน ส่วนที่สัดส่วนผงถ่านไฟฉายต่อวัสดุประสาน 0.2 และ 0.3 แกะตัวอย่างออกจากแบบหล่อที่ระยะเวลา 7 วัน แล้วนำไปบ่มต่อจนครบกำหนด 14 และ 28 วัน

#### 4.3.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบหาสัดส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำให้เป็นก้อนแข็ง

จากผลการทดสอบสัดส่วนเบื้องต้น แสดงให้เห็นว่าปูนซีเมนต์ซิลิกา มีประสิทธิภาพในการทำลายฤทธิ์ผงถ่านไฟฉายใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 5 ในขณะที่ปูนซีเมนต์ซิลิกาเป็นวัสดุประสานที่หาง่ายและมีราคาถูกกว่า ดังนั้นในการทดสอบขั้นนี้จึงเลือกใช้ปูนซีเมนต์ซิลิกาเป็นวัสดุประสาน โดยจะทำการหล่อก้อนตัวอย่างใหม่อีกครั้ง เพื่อหาปริมาณวัสดุประสานที่ใช้ให้ละเอียดยิ่งขึ้น โดยใช้สัดส่วนวัสดุประสานต่อผงถ่านไฟฉายเป็น 6:1, 7:1, 8:1 และ 9:1 (ซึ่งอยู่ในช่วงสัดส่วนผงถ่านไฟฉายต่อวัสดุประสานระหว่าง 0.1 - 0.2 จากการทดลองที่ 4.3.2) เพื่อให้ได้สัดส่วนที่ประหยัด แล้วนำไปบ่มเป็นระยะเวลา 14 และ 28 วัน จากนั้นนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด, ความหนาแน่น และทดสอบการชะละลาย วิเคราะห์สมบัติของน้ำสกัด ซึ่งประกอบด้วย ค่าพีเอช, ความเป็นด่าง, ความนำไฟฟ้า และความเข้มข้นของโลหะหนัก 7 ชนิด คือ อาร์เซนิก, แคดเมียม, โครเมียม, พรอท, ตะกั่ว, แมงกานีส และสังกะสี โดยทำการทดสอบอย่างละ 3 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

#### 4.3.4 การทดลองที่ 4 ทดสอบผลของระยะเวลาบ่มต่อการทำให้เป็นก้อนแข็ง

หล่อก้อนตัวอย่างโดยใช้ปูนซีเมนต์ซิลิกา ที่สัดส่วนวัสดุประสานต่อผงถ่านไฟฉาย เท่ากับ 7:1 (จากการทดลองที่ 4.3.3) จากนั้นนำไปบ่มเป็นระยะเวลา 7, 14, 28 และ 60 วัน จากนั้นนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด, ความหนาแน่น, อัตราซึมน้ำ และทดสอบการชะละลาย วิเคราะห์สมบัติของน้ำสกัด ซึ่งประกอบด้วย ค่าพีเอช, ความเป็นด่าง, ความนำไฟฟ้า และความเข้มข้นของโลหะหนัก 7 ชนิด คือ อาร์เซนิก, แคดเมียม, โครเมียม, พรอท, ตะกั่ว, แมงกานีส และสังกะสี ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ โดยทำการทดสอบอย่างละ 3 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

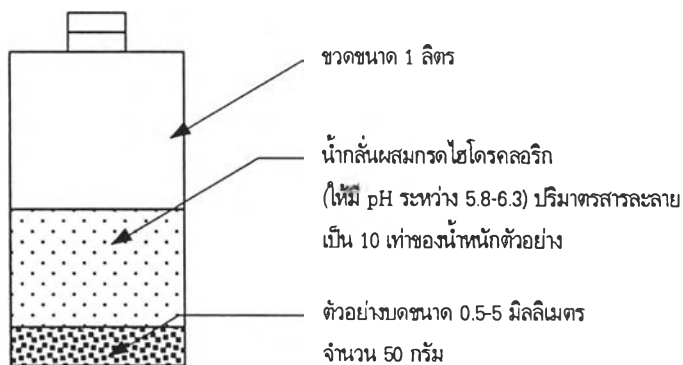
หมายเหตุ สำหรับการทดสอบอัตราซึมน้ำ ทำการหล่อก้อนตัวอย่างโดยใช้แบบหล่อทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว สูง 2.5 นิ้ว เมื่อครบเวลาบ่ม นำไปทดสอบที่แผนกสำรวจ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยทำการทดสอบอย่างละ 2 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

#### 4.3.5 การทดลองที่ 5 ทดสอบการชะละลายในระยะยาว

เพื่อศึกษารูปแบบการชะละลายของโลหะหนักในของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งแล้ว ในกรณีที่ถูกนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบที่น้ำสามารถซึมผ่านผนังของหลุมเข้ามาซึ่งอยู่บริเวณด้านล่างของหลุม ทำให้ของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแข็งบริเวณด้านล่างถูกน้ำแช่ตลอดเวลา โดยมี ขั้นตอนการทดสอบดังนี้

โดยหล่อก้อนตัวอย่างโดยใช้ปูนซีเมนต์ซิลิกา ที่สัดส่วนวัสดุประสานต่อผงถ่านไฟฉาย เท่ากับ 7:1 นำไปบ่มเป็นเวลา 28 วัน แล้วมาบดให้มีขนาด 0.5-5 มิลลิเมตร หนัก 50 กรัม แช่ในสารละลายน้ำกลั่นผสมกรดไฮโดรคลอริก (ให้มี pH ระหว่าง 5.8-6.3) ในอัตราส่วนปริมาตรสารละลายเป็น 10 เท่าของน้ำหนักตัวอย่าง

(500 มิลลิลิตร) โดยแช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 7, 14, 28 และ 60 วัน อย่างละ 3 ตัวอย่าง เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำไปทดสอบการชะละลาย ตามวิธีของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (ประกาศกรมโรงงานฯ ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2531) โดยนำขวดตัวอย่างมาเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องเขย่าชนิด 200 รอบต่อนาที ที่ช่วงกว้างของการเขย่า 5 เซนติเมตร กรองสารละลายโดยใช้กระดาษกรองใยแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของรู 1 ไมครอน นำของเหลวที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติของน้ำสกัด ซึ่งประกอบด้วย ค่าพีเอช, ความเป็นด่าง, ความนำไฟฟ้า และความเข้มข้นของโลหะหนัก 7 ชนิด คือ อาร์เซนิก, แคดเมียม, โครเมียม, พรอท, ตะกั่ว, แมงกานีส และสังกะสี



รูปที่ 4.1 การทดสอบการแช่ระยะยาว

#### 4.3.6 การทดลองที่ 6 ทดสอบการทำให้เป็นก้อนแข็งกับผงถ่านไฟฉายยี่ห้ออื่น

โดยหล่อก้อนตัวอย่างโดยใช้ปูนซีเมนต์ซีลีกา ที่สัดส่วนวัสดุประสานต่อผงถ่านไฟฉายชนิดอื่นๆ เท่ากับ 7:1 นำไปบ่มเป็นเวลา 28 วัน เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพในการทำให้เป็นก้อนแข็งของสัดส่วนผสมที่เลือกใช้ โดยพิจารณาจากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด, ความหนาแน่น และสมบัติของน้ำสกัดจากการทดสอบการชะละลาย

หมายเหตุ สำหรับการทดสอบที่ 4.3.2 ถึงการทดสอบที่ 4.3.5 จะทำการทดสอบเฉพาะถ่านไฟฉาย B06 เท่านั้น เนื่องจากมีปริมาณการผลิตและการใช้งานสูงกว่าถ่านไฟฉายยี่ห้ออื่น ประกอบกับมีปริมาณโลหะหนักที่เป็นอันตรายค่อนข้างสูงกว่าถ่านไฟฉายยี่ห้ออื่น ส่วนการทดสอบที่ 4.3.6 จะเป็นการนำผลการศึกษาไปใช้กับถ่านไฟฉายยี่ห้ออื่นนอกจาก ถ่านไฟฉาย B06