

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

ในบทที่ 3 จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็นด้านต่างๆ ดังนี้

3.1 ตัวอย่างวัตถุดิบในการคอนกรีตมวลเบาและกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปน
สังกะสีที่ใช้ในการวิจัย

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปน
สังกะสี

3.4 การศึกษาอัตราส่วนผสมและระยะเวลาในการอบไอน้ำที่เหมาะสมในการทำคอนกรีต
มวลเบา

3.5 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำที่มีการ
ใส่กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี

3.6 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำที่
มีการใส่กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี

3.1 ตัวอย่างวัตถุดิบในการคอนกรีตมวลเบาและกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสีที่ใช้
ในการวิจัย

สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต
คอนกรีตมวลเบา และกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี

3.1.1 วัตถุดิบในการผลิตคอนกรีตมวลเบา

ในการวิจัยครั้งนี้วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาประกอบด้วย ปูนปอร์ต
แลนด์ซีเมนต์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland cement) เนื่องจากมีความเหมาะสมกับงานคอนกรีต
ทั่วไป ทราบแม่น้ำที่ผ่านการล้างจนสะอาดก่อนที่นำมาบดด้วยเครื่องบดทราย (Ball Mill) จนมีขนาด
ที่สามารถผ่านกระแกรงร่อนเบอร์ 65 ปูนขาว (Quick lime) และผงอะลูมิเนียม เป็นผงอะลูมิเนียมที่
เหลือใช้งานกระบวนการกลึงและตะไบชิ้นงานจากโรงงานกลึงโลหะ

3.1.2 กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี

ในส่วนของตัวอย่างกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี แบ่งออกเป็น 2 ตัวอย่าง คือ กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและกากตะกอนสังเคราะห์จากระบบบำบัดน้ำเสียขึ้น โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้สารเคมีเป็นตัวแทนสำหรับการทดลอง สำหรับกากตะกอนในส่วนที่ 1 ได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสีของ บริษัทไทยเรยอน จำกัด โดยทำการเก็บตัวอย่างกากตะกอนหลังจากผ่านเครื่องรีดน้ำ และแบ่งส่วนหนึ่งไว้วิเคราะห์สมบัติและที่เหลือนำไปอบแห้งและบด และส่วนที่ 2 ใช้สารเคมี ZnSO_4 (Analytical Grade) แทนกากตะกอนสังเคราะห์จากระบบบำบัดน้ำเสีย

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ได้แก่

1. เตาเผาอุณหภูมิสูง
2. ถ้วยใส่ตัวอย่างสำหรับเผา (Crucible)
3. เครื่องชั่งละเอียด 4 ทศนิยม
4. เครื่องวัด pH
5. แผ่นกรองขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร
6. หลอดทดลอง
7. หม้ออบไอน้ำความดันสูง
8. เครื่องกวนเขย่าแบบหมุน (Rotary Agitator)
9. เครื่องย่อยสลายสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Digester)
10. เครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Spectrometer)
11. แบบสำหรับหล่อซีเมนต์
12. เครื่องแก้วสำหรับวัดดวง
13. สว่าน และหัวปั่นผสม
14. เครื่องวัดความสามารถในการต้านแรงอัด
15. ตะแกรงขนาดมาตรฐานเบอร์ 200 และ 230

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลองได้แก่

1. กรดไนตริก (HNO_3)
2. กรดไฮโดรฟลูออริก (HF)
3. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
4. กรดบอริก (H_3BO_3)
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
6. กรดอะซิติก (CH_3COOH)
7. ซิงค์ซัลเฟต ZnSO_4

3.2.3 การเตรียมสารเคมี

1. การเตรียมสารละลายกรดบอริก

ชั่งผงกรดบอริก 53.4647 กรัม ละลายในน้ำที่ปราศจากไอออน ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 0.87M

2. การเตรียมสารละลายโซเดียมซิเตรท

นำสารละลายกรด Citric ในปริมาณที่เหมาะสมมาปรับ pH ให้มีค่าเท่ากับ 5 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 N

3. การเตรียมน้ำสกัด 1 ของ TCLP

เติมกรด Acetic 5.7 มิลลิลิตร ลงในน้ำ 500 มิลลิลิตร แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N 64.3 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร โดยสารละลายจะมีค่า pH ประมาณ 5

4. การเตรียมน้ำสกัดชนิดที่ 2 ของ TCLP

เติมกรด Acetic 5.7 มิลลิลิตร ลงในน้ำ 1 ลิตร โดยสารละลายจะมีค่า pH ประมาณ 3

3.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี

ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสีประกอบด้วย พารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การศึกษาลักษณะทางเคมีของกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	มาตรฐาน/วิธีการวิเคราะห์/เครื่องมือวิเคราะห์
พารามิเตอร์ทางกายภาพ	
ความชื้น (Moisture Content)	ASTM D 2216-98
พารามิเตอร์ทางเคมี	
ชนิดและปริมาณโลหะหนักทั้งหมด (Total Heavy Metals)	US EPA SW-846 Method 3051A และ Inductively Coupled Plasma with Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES)

3.3.1 ความชื้น (Moisture Content)

ความชื้นแสดงถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุใช้เพื่อแปลงค่าโลหะหนักที่ได้เป็นหน่วยต่อน้ำหนักเปียกดำเนินการโดย นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักก่อนอบ (น้ำหนักเปียก) จากนั้นนำตัวอย่างมาอบที่อุณหภูมิ 105±5 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมงหรือจนกว่าตัวอย่างจะแห้งแล้ว ทำการทิ้งตัวอย่างให้เย็นในตู้ดูดความชื้น (Desiccators) จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักแห้ง แล้วหาอัตราส่วนของน้ำที่หายไปต่อปริมาณของน้ำทั้งหมด การทดสอบนี้ทำตามมาตรฐาน ASTM D 2216-98 หลักการในการคำนวณแสดงดังสมการที่ 3.1

$$\text{ความชื้น (Moisture Content)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่หายไป} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \quad (3.1)$$

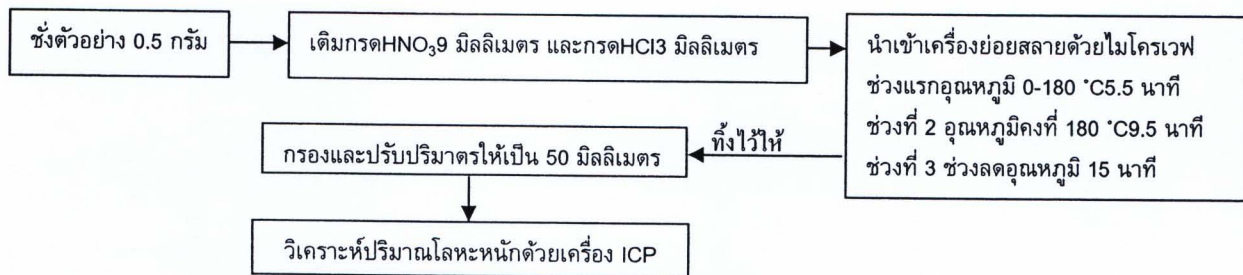
3.3.2 ชนิดและปริมาณโลหะหนักทั้งหมด (Total Heavy Metals)

ทำการย่อยสลายตัวอย่างโดยเครื่องย่อยสลายด้วยไมโครเวฟ (Microwave Digester) โดยวิธีมาตรฐานของ US EPA SW-846 Method 3051A โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่ลงในหลอด Vessel
2. เติมกรดไนตริก 9±0.1 มิลลิลิตร กรดไฮโดรคลอริก 3±0.1 มิลลิลิตร
3. ปิดฝาหลอด Vessel จากนั้นนำเข้าเครื่องย่อยสลายด้วยไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรกอุณหภูมิ 0-180 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 5.5 นาที ช่วงที่ 2 อุณหภูมิคงที่ 180 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 9.5 นาที และช่วงที่ 3 ช่วงลดอุณหภูมิ ใช้เวลา 5-15 นาที
4. เมื่อถึงเวลาที่กำหนด นำหลอด Vessel ออกจากเครื่อง ทิ้งให้เย็น

5. นำสารละลายมากรองและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

6. นำไปวิเคราะห์ชนิดและปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP



รูปที่ 3-1 ชนิดและปริมาณโลหะหนักทั้งหมด (Total Heavy Metals)

3.4 การศึกษาอัตราส่วนผสมและระยะเวลาในการอบไอน้ำที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตมวลเบา

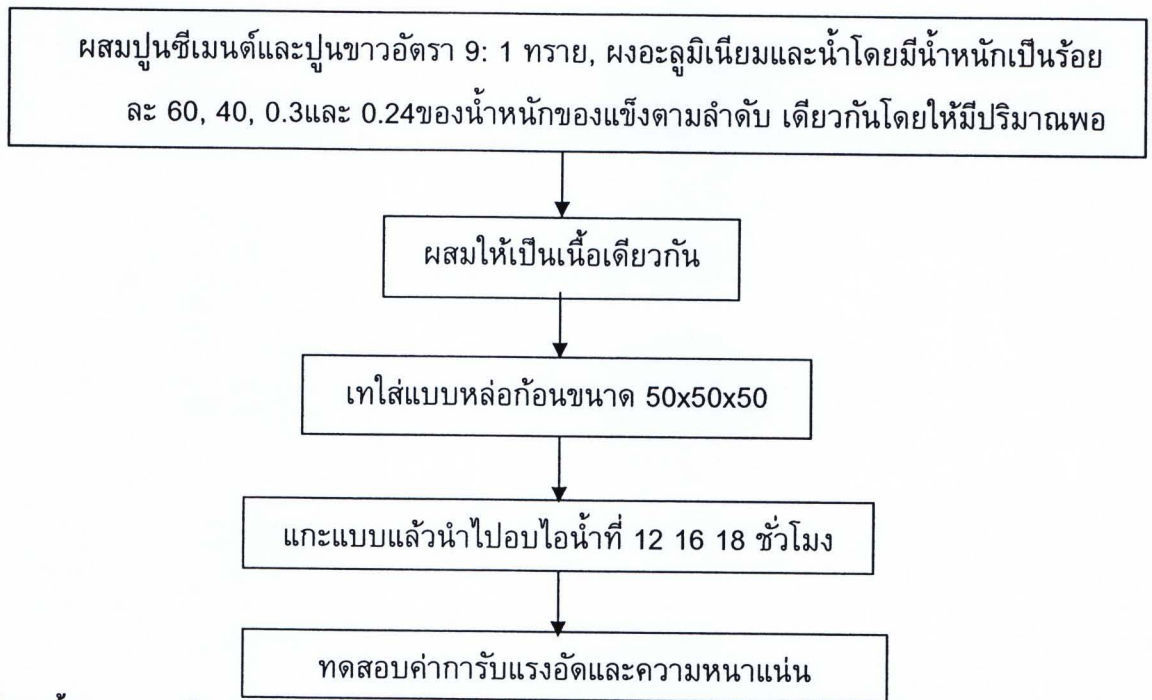
วัตถุประสงค์ของการศึกษาอัตราส่วนและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบไอน้ำของการผลิตอิฐมวลเบา คือ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตอิฐมวลเบที่จะใช้เป็นสภาวะเดียวกันตลอดการศึกษาทดลอง โดยแบ่งการศึกษาดังกล่าวออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาระยะเวลาในการอบไอน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตคอนกรีตมวลเบา และการศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตคอนกรีตมวลเบาในการศึกษาทั้งสองส่วนนี้จะใช้พารามิเตอร์ในการเลือกสภาวะที่เหมาะสม คือ กำลังรับแรงอัด(Compressive Strength) และความหนาแน่น(Bulk Density)

3.4.1 การศึกษาระยะเวลาในการอบไอน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตคอนกรีตมวลเบา

ในการศึกษาระยะเวลาในการอบไอน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตคอนกรีตมวลเบา ทำการศึกษาโดยใช้ระยะเวลาในการอบไอน้ำที่ 12 16 และ 18 ชั่วโมง ขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาดังรายละเอียดด้านล่างและสรุปได้ดังแผนผังในรูปที่ 3-2

1. ผสมปูนซีเมนต์และปูนขาวอัตรา 9:1, ทราย, ผงอะลูมิเนียมและน้ำโดยมีน้ำหนักเป็นร้อยละ 60, 40, 0.3 และ 0.24 ของน้ำหนักของแข็งตามลำดับ ผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันโดยให้มีปริมาณพอทำก้อนมอร์ตาร์ 18 ก้อน
2. เทลงแบบ 50x50x50 มิลลิเมตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน ถอดก้อนมอร์ตาร์ออกจากแบบแล้วนำไปอบในตู้อบไอน้ำแรงดันสูงที่เวลา 12, 16 และ 18 ชั่วโมง โดยอบจำนวน 6 ก้อนต่อช่วงเวลา
3. นำก้อนมอร์ตาร์ไปทดสอบค่าความสามารถในการรับแรงอัด โดยใช้ชิ้นทดสอบรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ที่มีขนาดที่มีขนาดไม่เกิน 10 เซนติเมตร หากก้อนตัวอย่างมีความชื้นมากเกินไป

ละ 10 ให้นำไปอบที่ 75 องศาเซลเซียส กดขึ้นตัวอย่างในแนวดิ่งจากกับด้านยาวของขึ้นตัวอย่างจนได้กำลังรับแรงอัดสูงสุดเมื่อขึ้นทดสอบเกิดการแตกเสียหาย



รูปที่ 3-2 ขั้นตอนการศึกษาระยะเวลาในการอบไอน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตคอนกรีตมวลเบา

3.4.2 การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตคอนกรีตมวลเบา

ในการศึกษาระยะเวลาในการอบไอน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตคอนกรีตมวลเบา

ทำการศึกษาโดยอัตราส่วนของ ปูนซีเมนต์ต่อทราย 55:45 60:40 และ 65:35 ผงอะลูมิเนียมร้อยละ 0.3-0.5 และ น้ำ 0.24-0.3 ของน้ำหนักของแข็ง

1. ผสมอัตราส่วนน้ำหนักของปูนซีเมนต์และปูนขาวอัตรา 9 : 1 ปูนซีเมนต์ต่อทราย 60:40, ผงอะลูมิเนียมต่อของแข็งทั้งหมด 0.3 และน้ำโดยมีน้ำหนักเป็นร้อยละ 0.24, 0.266, 0.3 ของน้ำหนักของแข็ง ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยให้แต่ละส่วนผสมมีปริมาณพอทำก้อนมอร์ตาร์ 6 ก้อน
2. ผสมอัตราส่วนน้ำหนักของปูนซีเมนต์และปูนขาวอัตรา 9 : 1 ปูนซีเมนต์ต่อทราย 55:65, 60:40 65:35 ผงอะลูมิเนียมต่อของแข็งทั้งหมด 0.3 และน้ำโดยมีน้ำหนักเป็นร้อยละ 0.24 ของน้ำหนักของแข็ง ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยให้แต่ละส่วนผสมมีปริมาณพอทำก้อนมอร์ตาร์ 6 ก้อน

3. ผสมอัตราส่วนน้ำหนักของปูนซีเมนต์และปูนขาวอัตรา 9:1, ปูนซีเมนต์ต่อทราย 60:40, ผงอะลูมิเนียมต่อของแข็งทั้งหมด 0.3, 0.4, 0.5 และน้ำโดยมีน้ำหนักเป็นร้อยละ 0.24 ของน้ำหนักของแข็ง ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยให้แต่ละส่วนผสมมีปริมาณพอทำก้อนมอร์ตาร์ 6 ก้อน

4. เทลงแบบ 50x50x50 มิลลิเมตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน ถอดก้อนมอร์ตาร์ออกจากแบบแล้วนำไปอบในตู้อบไอน้ำแรงดันสูงที่เวลา ที่ได้จากการทดลอง 3.4.1

5. นำก้อนมอร์ตาร์ที่ได้มาทำการทดสอบสมบัติต่างๆดังนี้

ก. ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

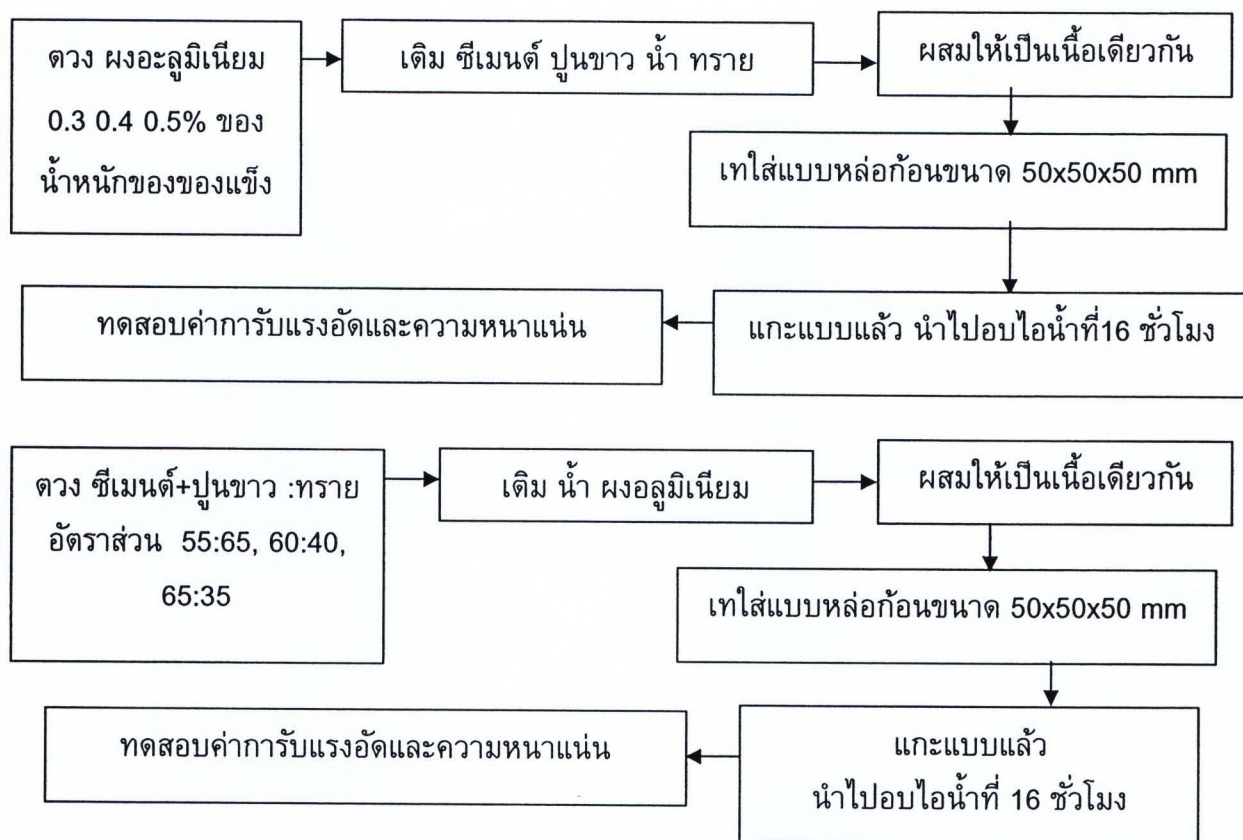
นำตัวอย่างขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตรเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงวัดปริมาตรและมวลของชิ้นทดสอบ

ข. ความต้านแรงอัด

นำตัวอย่างขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร ไปทำการทดสอบเมื่อขึ้นทดสอบมีปริมาณความชื้นร้อยละ 10 + ร้อยละ 2 กดขึ้นทดสอบด้วยวิธีตามที่ระบุในมอก.109 โดยใช้อัตราเพิ่มแรงอัดตามตารางที่ 4 ในแนวดิ่งจาก กับด้านยาวของชิ้นตัวอย่างจนได้ค่าแรงอัดสูงสุดเมื่อขึ้นทดสอบแตกเสียหายแล้ววัดปริมาตรความชื้นของชิ้นทดสอบ

ตารางที่ 3-2 การศึกษาระยะเวลาในการอบไอน้ำและอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการสังเคราะห์คอนกรีตมวลเบา

หัวข้อที่ศึกษา	มาตรฐาน/วิธี/เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
1. เวลาที่เหมาะสมในการอบไอน้ำของคอนกรีตมวลเบา	อบไอน้ำตัวอย่างที่เวลา 10 12 14 และ 16 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์ กำลังรับแรงอัด
2. ส่วนผสมที่เหมาะสมในการอบไอน้ำของคอนกรีตมวลเบา	อบไอน้ำตัวอย่างด้วยเวลาที่ได้จากข้อ 1 โดยมีส่วนผสมเป็นปูนซีเมนต์และปูนขาวอัตรา 9:1, ทราย, ผงอะลูมิเนียมและน้ำโดยมีน้ำหนักเป็นร้อยละ 50-60, 40-50, 0.3-0.5 และ 0.26-0.32 ของน้ำหนักของแข็งตามลำดับ แล้วนำไปวิเคราะห์ ค่าต้านแรงอัด และ ความหนาแน่นเชิงปริมาตร



รูปที่ 3-3 ขั้นตอนการศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตคอนกรีตมวลเบา

3.5 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำที่มีการไล่กา กตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี

ในการศึกษาสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำที่มีการไล่กา
กตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสีทำการศึกษามีการใช้ตัวอย่างกากตะกอนจาก
ระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี แบ่งออกเป็น 2 ตัวอย่าง คือ กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียจาก
โรงงานอุตสาหกรรมจริงและกากตะกอนสังเคราะห์จากระบบบำบัดน้ำเสียขึ้น โดยในการศึกษาครั้ง
นี้ใช้สารเคมี ZnSO_4 (Analytical Grade) แทนกากตะกอนสังเคราะห์จากระบบบำบัดน้ำเสีย ใน
การศึกษาทำโดยใช้กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสีจากโรงงานในอัตราส่วน ร้อยละ
0, 10, 20, 30, 40, 50 ของวัตถุดิบทั้งหมดและกากของเสียสังเคราะห์หรือผง ZnSO_4 วัตถุประสงค์ของ
การศึกษา คือ เพื่อหาปริมาณของกากของเสียที่สามารถใส่ลงในคอนกรีตมวลเบาได้และยังสามารถ

นำคอนกรีตมวลเบาไปใช้งานจริงได้ ขั้นตอนในการดำเนินงานศึกษาแสดงดังรายละเอียดด้านล่าง และสรุปในตารางที่ 3-3

1. ผสมปูนซีเมนต์และปูนขาวอัตรา 9:1, ทราาย, ผงอะลูมิเนียมและน้ำ โดยมีอัตราส่วนของส่วนผสมที่ได้จากการทดลองส่วนที่3 แล้วเติมผง $ZnSO_4$ มีน้ำหนัก 0,5.51,11.07,16.68,22.34 และ 28.05กรัม ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยให้แต่ละส่วนผสมมีปริมาณพอทำก้อนมอร์ต้าร์ 6 ก้อน

2. ผสมปูนซีเมนต์และปูนขาวอัตรา 9:1, ทราาย, ผงอะลูมิเนียมและน้ำ โดยมีอัตราส่วนของส่วนผสมที่ได้จากการทดลองส่วนที่3 แล้วเติมกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสีแบบแห้งโดยมีน้ำหนักเป็นร้อยละ 0,10,20,30,40 และ 50 ของน้ำหนักของแข็งก่อนการเติมกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี ทำการผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยให้แต่ละส่วนผสมมีปริมาณพอทำก้อนมอร์ต้าร์ 6 ก้อน

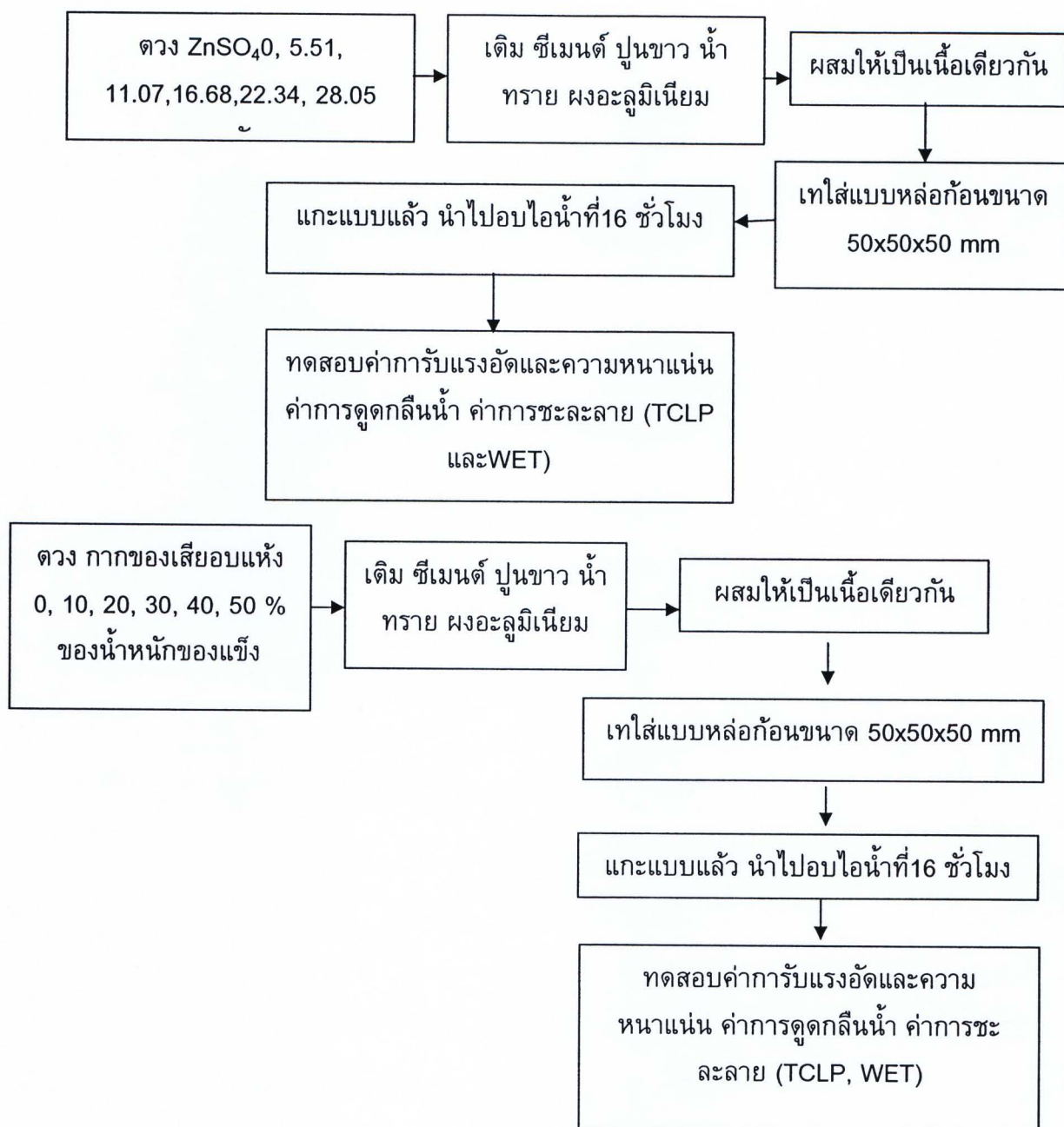
3. เทลงแบบ 50x50x50 มิลลิเมตร ทิ้งไว้เป็นเวลา1วัน ถอดก้อนมอร์ต้าร์ออกจากแบบแล้วนำไปอบในตู้อบไอน้ำแรงดันสูงตามเวลาที่ได้จากการทดลองส่วนที่2

4. นำก้อนมอร์ต้าร์ที่ได้มาทำการทดสอบสมบัติต่างๆดัง 4.4.2 ข้อที่3และการดูคลิ่นน้ำ อัตราการดูคลิ่นน้ำ

5. นำตัวอย่างขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร ไปอบในตู้อบให้แห้งจนได้น้ำหนักคงที่เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมงจากนั้นวัดมวล และมิติของแต่ละก้อนแล้วแช่ขึ้นทดสอบในน้ำสะอาดให้น้ำท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วยกออกใช้ผ้าชุมน้ำ เช็ดที่ผิวที่ละก้อนแล้วชั่งใหม่ให้เสร็จภายใน 3 นาทีน้ำหนักที่ชั่งได้นี้ถือเป็นน้ำหนักคอนกรีต มวลเบาที่ดูคลิ่นน้ำ

ตารางที่ 3-3 สรุปการศึกษาอัตราส่วนผสมของกากของเสียที่ปนเปื้อนสังกะสีที่เหมาะสม

หัวข้อที่ศึกษา	มาตรฐาน/วิธี/เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
1. ส่วนผสมที่เหมาะสมของกากของเสียในการอบไอน้ำของคอนกรีตมวลเบา	อบไอน้ำตัวอย่าง โดยมีส่วนผสมตาม4.4.2 โดยมีส่วนผสมของกากของเสียร้อยละ 0-20 ของวัตถุดิบทั้งหมด แล้วนำไปวิเคราะห์ ค่าด้านแรงอัด การดูคลิ่นน้ำ ความหนาแน่นเชิงปริมาตร
2. ผลกระทบของกากของเสียจริงที่มีต่อคอนกรีตมวลเบา	



รูปที่ 3-4 ขั้นตอนการศึกษาอัตราส่วนผสมของกากของเสียที่ปนเปื้อนสังกะสีที่เหมาะสม

3.6 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำที่มีการใส่กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี

ในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำที่มีการใส่กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ปนสังกะสี จะนำตัวอย่างคอนกรีตมวลเบาจากข้อ 3.5 มาหาปริมาณโลหะหนักที่สามารถชะละลายออกมาจากตัวอย่างได้โดยทำการศึกษาด้วยวิธีการสกัด 2

วิธี คือ การสกัดด้วยวิธี Waste Extraction Test (WET) และการสกัดด้วยวิธี Toxicity Characteristic Leaching Process (TCLP)

3.6.1 การสกัดด้วยวิธี Waste Extraction Test (WET)

การสกัดด้วยวิธี Waste Extraction Test (WET) มีขั้นตอนดังนี้

1) นำตัวอย่างมาบดและร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 10 แล้ว นำตัวอย่าง 50 กรัมใส่ลงในภาชนะที่ทำจากแก้ว

2) เติม 500 มิลลิลิตรของน้ำสกัดลงในตัวอย่างจากนั้นนำของผสมไปไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนเป็นเวลา 15 นาทีเพื่อไล่ออกซิเจนในน้ำสกัดออกไปและป้องกันไม่ให้ออกซิเจนในอากาศละลายลงในตัวอย่างและนำไปเขย่าโดยใช้ table shaker หรือ overhead stirrer หรือ rotary extractor ซึ่งสามารถทำให้ของผสมอยู่ในสภาพถูกกวนผสมอยู่ตลอดเวลา (vigorously agitated suspension) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3) จากนั้นนำเอาของผสมไปกรองหรืออาจปั่นด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifuged) แล้วมากรองผ่านแผ่นกรองเมมเบรน (Membrane Filter) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกรอง 0.45 ไมครอนโดยใช้ thick-walled suction flask ปรับอุณหภูมิในระหว่างการสกัดให้อยู่ระหว่าง 20-40 องศาเซลเซียส

4) นำสารละลายมากรองและนำไปปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดไนตริกจนความเข้มข้นของกรดในสารละลายผสม (สารละลายที่กรองได้จากข้อ 3 ผสมกับกรดไนตริก) เป็นร้อยละ 5 โดยปริมาตร (ให้ปรับสภาพให้เป็นกรดทันทีหลังจากผ่านการกรอง)นำไปวิเคราะห์ชนิดและปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP

แผนผังขั้นตอนการสกัดด้วยวิธี Waste Extraction Test (WET) สรุปได้ดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 แผนผังขั้นตอนการสกัดด้วยวิธี Waste Extraction Test (WET)

3.6.2 การสกัดด้วยวิธี Toxicity Characteristic Leaching Process (TCLP)

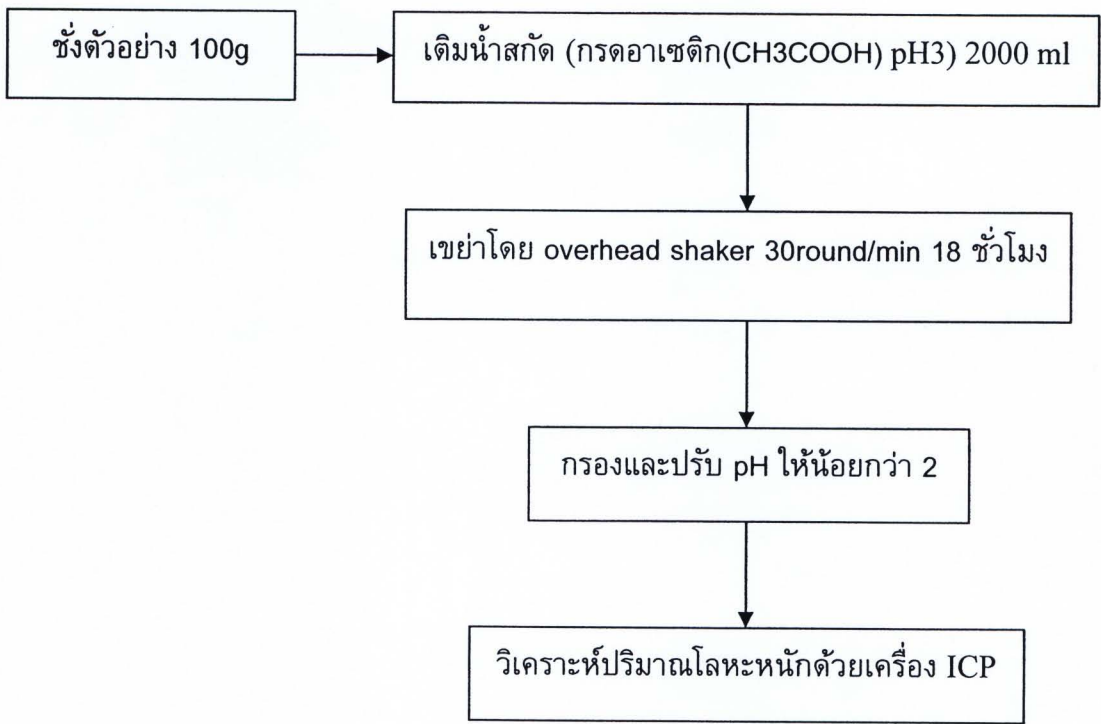
การสกัดด้วยวิธี Toxicity Characteristic Leaching Process (TCLP) มีขั้นตอนดังนี้

- 1) หาดตัวอย่างน้ำสกัดที่เหมาะสมกับการชะละลายในการศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำสกัดเบอร์ 2
 - a) นำตัวอย่างมาบดและร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 10 แล้ว นำตัวอย่าง 5 กรัมใส่ลงในภาชนะที่ทำจากแก้ว
 - b) เติมน้ำ 96.5 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 5 นาที วัดค่า pH ถ้าค่า pH น้อยกว่า 5 ให้น้ำสกัด 1
 - c) ถ้าค่า pH มากกว่า 5 ให้เติมกรดไฮโดรคลอริก 1 N 3.5 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้ว ปิดด้วยกระบอกนาฬิกาอุดนจนมีอุณหภูมิ 50 °C และคงไว้ 10 นาที
 - d) ทิ้งให้สารละลายเย็นด้วยแล้ววัดค่า pH ถ้าค่า pH น้อยกว่า 5 ให้น้ำสกัด 1 ถ้าค่า pH มากกว่า 5 ให้น้ำสกัด 2
- 2) นำตัวอย่างมาบดและร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 10 แล้ว นำตัวอย่าง 100 กรัมใส่ลงในภาชนะที่ทำจากแก้ว
- 3) เติมน้ำ 2000 มิลลิลิตร ของน้ำสกัดลงในตัวอย่างและนำไปเขย่าโดยใช้ Table shaker หรือ Overhead stirrer หรือ Rotary extractor ซึ่งสามารถทำให้ของผสมอยู่ในสภาพถูกกวนผสมอยู่ตลอดเวลา (vigorously agitated suspension) เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ควรปรับอุณหภูมิในระหว่างการสกัดให้อยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส
- 4) นำสารละลายมากรองและนำไปปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดไนตริกจนมีค่า pH น้อยกว่า 2
- 5) นำไปวิเคราะห์ชนิดและปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP

แผนผังขั้นตอนการสกัดด้วยวิธี Toxicity Characteristic Leaching Process (TCLP) สรุปได้
ดังรูปที่ 3-6

ตารางที่ 3-4 สรุปการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของคอนกรีตมวลเบาที่ผสมกากของเสีย

หัวข้อที่ศึกษา	มาตรฐาน/วิธี/เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
1. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	วิธีการชะละลาย แบบWET และ TCLP



รูปที่ 3-6 แผนผังขั้นตอนการสกัดด้วยวิธี Toxicity Characteristic Leaching Process (TCLP)