

บทที่ 4

วิธีการดำเนินการศึกษา

4.1 ประเภทของข้อมูล

การดำเนินการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของ แก้วชานอ้อย ฝุ่นหินปูนและปูนซีเมนต์ผสม (Mixed Cement) และการทดสอบคุณสมบัติทางกล พื้นฐานของปูนฉาบผสมแก้วชานอ้อย

4.2 วิธีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแก้วชานอ้อย ฝุ่นหินปูนและปูนซีเมนต์ผสม (Mixed Cement) ซึ่งจะใช้ลักษณะและจำนวนตัวอย่างดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.1
องค์ประกอบทางเคมีและธาตุที่ต้องการศึกษา

องค์ประกอบออกไซด์/ธาตุ	วิธีวิเคราะห์
1. Silicon dioxide (SiO_2)	XRD/XRF
2. Aluminum oxide (Al_2O_3)	
3. Iron oxide (Fe_2O_3)	
4. Calcium oxide (CaO)	
5. Magnesium oxide (MgO)	
6. Potassium oxide (K_2O)	
7. Sodium oxide (Na_2O)	
8. Sulfur trioxide (SO_3)	
9. Insoluble Residue	
10. Free CaO	
11. Moisture	
12. Loss on Ignition (LOI)	

ตารางที่ 4.2

จำนวนตัวอย่างการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุวิจัย

วัสดุ	การทดสอบ	จำนวนตัวอย่างทดสอบ
เถ้าขานอ้อย (Bagasse Ash)	Chemical Composition by XRD/XRF	3
	% Retained on Sieve # 325	6
	Blaine Fineness	6
	Loss on Ignition	6
	Moisture Content	6
	Specific Gravity	6
	Strength Index	6
	Water Requirement	6
	Density	6
ปูนซีเมนต์ผสม (Mixed Cement)	Chemical Composition by XRD/XRF	3
	% Retained on Sieve # 325	3
	Blaine Fineness	3
	Loss on Ignition	3
	Moisture Content	3
	Specific Gravity	3
	Strength Index	3
	Water Requirement	3
	Density	3

4.2.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของมอร์ตาร์

ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติทางกลพื้นฐานของมอร์ตาร์ที่ใช้เถ้าขานอ้อยผสมแทนวัสดุมวลรวม เพื่อประเมินศักยภาพการเป็นวัสดุมวลรวมละเอียดและประสิทธิภาพของปูนซีเมนต์ผสมเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม 1776-2542 โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 190, ASTM C 191, ASTM C 230 และ ASTM C 490 ตามลำดับ ในการทดสอบจะใช้อัตราส่วนผสมดังตารางที่ 4.3 และใช้ลักษณะของการทดสอบดังตารางที่ 4.4 โดยมีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ และแสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะต่างๆ ที่กล่าวในข้างต้น

ตารางที่ 4.3

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของปูนฉาบโดยการแทนที่เถ้าซันอ้อยในมวลรวมละเอียด

สูตร	ปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)	ปูนหินปูน (ร้อยละ)	ทราย (ร้อยละ)	เถ้าซันอ้อย (ร้อยละ)	สารผสมเพิ่ม (ร้อยละ)	รวม (ร้อยละ)	น้ำ (กรัม/กิโลกรัม)
1	20	80	-	-	0.1	100.1	187
2	20	70	-	10	0.1	100.1	259
3	20	65	-	15	0.1	100.1	310
4	20	60	-	20	0.1	100.1	377
5	20	-	80	-	0.1	100.1	160
6	20	-	70	10	0.1	100.1	255
7	20	-	65	15	0.1	100.1	300
8	20	-	60	20	0.1	100.1	360

ตารางที่ 4.4
การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางกลของมอร์ตาร์

วัสดุผสม	อัตราส่วนการแทนที่ วัสดุมวลรวมด้วยเถ้าขาน้อย (โดยน้ำหนัก)	การทดสอบ	จำนวน ตัวอย่าง ทดสอบ
ปูนฉาบผสมเถ้าขาน้อย	0 , 10 , 15 และ 20	Water Requirement	25
		Water Absorption	25
		Setting Time	25
		Mortar Expansion	50
		Compressive Strength	175
		Flexural Strength	175
		Tensile Strength	175
		Bonding	25
		Drying Shrinkage	25
		Heat Conduction	25
		Sound Test	25
		XRD	105
		MIP	105
		SEM	105

4.3 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

4.3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

4.3.2 ทรายละเอียด

4.3.3 ฝุ่นหินปูน

4.3.4 เถ้าขาน้อยจากบริษัท โรงไฟฟ้าด่านช้างไบโอเอ็นเนอร์ยี จำกัด

4.3.5 น้ำที่ใช้ คือ น้ำประปา

4.4 ขั้นตอนการทดลอง

4.4.1 การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเก้าชานอ้อย

ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานความร้อน อันเป็นที่ได้มาซึ่งเก้าชานอ้อย ได้แก่ ขั้นตอนและกระบวนการผลิต วัตถุดิบและสัดส่วนของวัตถุดิบ ที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง อุณหภูมิในการเผา การกองเก็บหรือการจัดเก็บ ปริมาณที่ได้ ความสม่ำเสมอ ขนาด และสีของเก้า จากนั้นจะทำการประเมินคุณภาพของเก้าว่ามีความหยาบละเอียด มากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากร้อยละค้ำบนตะแกรงเบอร์ 325 ต้องไม่เกินร้อยละ 20 ตาม เกณฑ์มาตรฐาน (ASTM C618)

4.4.2 การประเมินศักยภาพพื้นฐานของวัสดุผสม

ทำการประเมินศักยภาพพื้นฐานของวัสดุผสมและเก้าชานอ้อยในด้านการเป็น วัสดุผสมเพิ่มจำพวกสารปอชโซลานและมวลรวมละเอียด จากคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ของเก้าชานอ้อยดังแสดงในตารางที่ ก-1

4.4.3 การผสมมอร์ตาร์

การผสมมอร์ตาร์สามารถผสมได้ 2 วิธีได้แก่

4.4.3.1 วิธีการผสมด้วยเครื่องผสมมอร์ตาร์

1. ติดตั้งใบพายและอ่างผสมซึ่งสะอาดและแห้งสนิทแล้วเข้ากับตัวเครื่อง
2. ใส่น้ำจำนวนทั้งหมดของสัดส่วนผสมที่ได้ซึ่งตวงไว้ลงในอ่างผสม
3. ใส่วัสดุผสมมอร์ตาร์ซึ่งตวงไว้ลงในอ่างผสม
4. เริ่มเดินเครื่องหมุนใบพายเป็นเวลา 30 วินาที ด้วยความเร็วรอบ 140 ± 5 รอบต่อนาที
5. หยุดเครื่องและเปลี่ยนความเร็วรอบเป็น 285 ± 10 รอบต่อนาที จากนั้นเดินเครื่องเป็นเวลา 30 วินาที
6. หยุดเครื่องเป็นเวลา 90 วินาที ในช่วง 15 วินาทีแรกให้ปาดมอร์ตาร์ที่ติดรอบอ่างผสมออก มารวมกับส่วนที่อยู่กลางอ่างผสม หลังจากนั้นปิดฝา
7. เริ่มเดินเครื่องที่ความเร็ว 285 ± 10 รอบต่อนาที ต่อเป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นหยุดเครื่องและนำส่วนผสมนี้ไปทดลองต่อ

4.4.3.2 วิธีการผสมด้วยมือ

1. นำส่วนผสมที่ซึ่งเตรียมไว้ มากองรวมกันในถาดผสมแล้วแต่งให้รูปทรงกรวยพร้อมกับทำหลุมที่กึ่งกลางยอดตัดของกอง
2. ตวงน้ำสะอาดตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ แล้วเทลงในหลุมโดยใช้เกรียงตักส่วนผสมที่ริมขอบนอกเข้าหาปากหลุมภายใน 30 วินาที
3. ปล่อยให้ส่วนผสมดูดซึมน้ำ เป็นเวลา 30 วินาที โดยเกรียงปาดมอร์ตาร์รอบๆฐานกรวยเบาๆ ให้ทั่วมอร์ตาร์ที่กองอยู่ เพื่อลดการระเหยของน้ำและช่วยให้ดูดซับน้ำอย่างทั่วถึง
4. ทำการบีบและนวดส่วนผสมด้วยมือที่สวมถุงมืออย่างอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 1 นาที 30 วินาทีและนำส่วนผสมนี้ไปทดลอง

4.4.4 การหล่อตัวอย่าง

ภายหลังการผสมมอร์ตาร์จะนำมาเทลงในแบบหล่อขนาดต่างๆ ตามแต่ละการทดลองที่ต้องการทดสอบเพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของมอร์ตาร์ตามขอบเขตของการศึกษา

4.4.5 การบ่มตัวอย่าง

ภายหลังจากที่หล่อตัวอย่างเสร็จสิ้นและทิ้งไว้จนครบ 24 ชั่วโมงแล้ว ให้นำแท่งตัวอย่างไปทำการบ่มโดยการแช่น้ำในบ่อสำหรับบ่มมอร์ตาร์ ซึ่งน้ำที่ใช้บ่มต้องเป็นน้ำที่สะอาดไม่มีสารแขวนลอยหรือตะกอนขุ่น เพื่อป้องกันน้ำที่บ่มทำปฏิกิริยากับมอร์ตาร์ซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกลของมอร์ตาร์

4.4.6 การศึกษาถึงพฤติกรรมและความสามารถของมอร์ตาร์

ศึกษาถึงพฤติกรรมและความสามารถของมอร์ตาร์ ที่ใช้เถ้าซันอ้อยแทนที่ในมวลรวมละเอียดเพื่อผลิตเป็นปูนฉาบ เพื่อทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ทางกล และทำการเปรียบเทียบกับปูนฉาบทั่วไปเพื่อประเมินขีดความสามารถของปูนฉาบที่มีส่วนผสมของเถ้าซันอ้อยแทนที่ในมวลรวมละเอียดโดยทำการทดสอบในหัวข้อดังต่อไปนี้

- 4.4.6.1 การทดสอบการไหลแผ่
- 4.4.6.2 การทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัว
- 4.4.6.3 การทดสอบการหดตัวและการขยายตัวแบบแห้ง

4.4.6.4 การทดสอบการสูญเสียน้ำหนัก

4.4.6.5 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยว

4.4.6.6 การทดสอบกำลังรับแรงดึง

4.4.6.7 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

4.4.6.8 การทดสอบความพรุน

4.4.6.9 การทดสอบการนำความร้อน

4.4.6.10 การทดสอบการดูดซับเสียง

4.4.7 ขั้นตอนการศึกษาถึงพฤติกรรมและความสามารถของมอร์ตาร์

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบในการดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ ใช้เครื่องมือทดสอบคุณสมบัติทางกลของมอร์ตาร์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ส่วนเครื่องมือทดสอบคุณสมบัติเฉพาะเป็นของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติและภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.7.1 การทดสอบค่าโมดูลัสความละเอียด

1. สุ่มตัวอย่างเก้าชามย่อยที่ใช้ในทดสอบโดยวิธีการแบ่งเป็น 4 ส่วน และชั่งน้ำหนักมา 700 กรัม โดยที่ตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบต้องแห้งจนมีน้ำหนักคงที่
2. เทเก้าชามย่อยตัวอย่างลงในตะแกรงที่เรียงกันไว้ตามลำดับจากหยาบไปหาละเอียดปิดฝาและยึดให้แน่น
3. เดินเครื่องเขย่าประมาณ 10 นาที แล้วหยุดเครื่อง ชั่งน้ำหนักของเก้าชามย่อยที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้นอย่างละเอียด ถ้าปรากฏว่าผลรวมของน้ำหนักทั้งหมดของมวลรวมที่ค้างตะแกรงขนาดต่างๆ แตกต่างไปจากน้ำหนักตัวอย่างก่อนทดสอบเกินร้อยละ 0.30 ให้ทำการทดลองซ้ำ
4. จากน้ำหนักของมวลที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้นนำไปหาค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus)

4.4.7.2 การทดสอบหาค่าการไหลแผ่

1. วางแบบหล่อทดสอบการไหลให้อยู่กึ่งกลางแท่นทดสอบ ที่ได้ทำให้ผิวหน้าสะอาดและแห้งแล้ว ใส่มอร์ตาร์ลงในแบบหล่อหนาประมาณ 25 มม. แล้วใช้แท่งกระทุ้ง 20 ครั้ง เงามอร์ตาร์ใส่เพิ่มอีกจนล้นแบบแล้วกระทุ้งอีก 20 ครั้ง ปาดมอร์ตาร์ส่วนที่เกินออกให้เรียบเสมอกับขอบของแบบหล่อ โดยใช้ขอบเกรียงวางเกือบตั้งฉากกับขอบบนของแบบหล่อแล้วปาดเอามอร์ตาร์ออกให้เสมอกับขอบ โดยลากเกรียงไปมาในลักษณะเช่นเดียวกันกับการเลื่อย

2. เช็ดแท่นทดสอบการไหลให้สะอาดและแห้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเช็ดน้ำตรวงรอบๆ ขอบล่างของแบบหล่อ นับเวลาหลังผสมเสร็จแล้ว 1 นาที ให้ยกแบบหล่อขึ้นจากมอร์ตาร์ทันที แล้วรีบหมุนแท่นตกกระแทก ซึ่งจะตกกระแทกในแนวตั้งสูง 12.7 มม. เป็นจำนวน 25 ครั้ง ในเวลา 15 วินาที แล้ววัดเส้นผ่านศูนย์กลางของมอร์ตาร์ที่ไหลแผ่กระจายบนแท่น อย่างน้อย 4 แห่งด้วยระยะห่างเท่าๆ กัน แล้วหาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางนี้กับเส้นผ่านศูนย์กลางเดิม ดังสมการที่ 4.1

$$\text{การไหลแผ่} = \frac{(D_1 - D_0)}{D_0} \times 100 \quad (4.1)$$

โดยที่ D_0 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของฐานแบบหล่อ

D_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของมอร์ตาร์ที่แผ่กระจายบนแท่นทดสอบการไหล

3. ทำการทดสอบซ้ำโดยเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์ของน้ำให้แตกต่างกันจนกระทั่งได้การไหลแผ่ $110 \pm 5 \%$

4.4.7.3 การทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัว

1. นำส่วนผสมที่ได้จากการผสม มาปั้นโดยใช้มือทั้งสองข้างให้เป็นก้อนกลมๆ อย่างรวดเร็ว แล้วโยนจากมือข้างหนึ่งไปอีกข้างหนึ่งสลับกันไปมาจำนวน 10 ครั้ง โดยให้มือทั้งสองข้างห่างกันประมาณ 15 ซม.

2. ในขณะที่มือข้างหนึ่งถือมอร์ตาร์ที่ปั้นแล้ว ให้อัดมอร์ตาร์เข้าไปทางด้านกว้างของแบบวงแหวนรูปกรวยของเครื่องมือไคแคต

3. ปาดมอร์ตาร์ที่เกินอยู่ทางด้านกว้างของแบบออก โดยใช้มือเลื่อนเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

4. วางแบบด้านกว้างของแบบลงบนแผ่นแก้ว แล้วปาดมอร์ตาร์ที่เกินอยู่ทางด้านแคบออกโดยใช้เกรียงตัดเฉียงๆ กับด้านบนของแบบ จากนั้นให้ตกแต่งผิวหน้าให้เรียบร้อย โดยห้ามมีการอัดมอร์ตาร์ด้วยแรงใดๆ ทั้งสิ้น

5. วางมอร์ตาร์ให้อยู่ใต้เข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 มม. ของเครื่องมือไวแคต

6. เลื่อนปลายเข็มให้แตะกับผิวของมอร์ตาร์ตรงกลางแบบ จากนั้นอ่านหน้าปัทม์ หรือตั้งสเกลที่ศูนย์

7. ปลดเข็มทันทีเมื่อผสมมอร์ตาร์แล้วเสร็จ 30 นาที

8. อ่านสเกลหน้าปัทม์หลังจากที่ปลดเข็มไปได้ 30 วินาที จะทำให้ทราบค่าระยะจมของเข็มไวแคต และให้ทำการทดสอบซ้ำทุก 15 นาที จนกระทั่งได้ระยะจมของเข็มน้อยกว่า 25 มม. หรือเข็มไวแคตไม่จมเลย

9. ในการทดสอบแต่ละครั้งไม่ควรทดสอบใกล้กว่า 6.4 มม. จากจุดเดิม หรือ 9.5 มม. จากขอบด้านในของแบบรูปวงแหวน

10. หาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปขณะที่เข็มจมลงไป 10 มม. กราฟที่ได้คือระยะเวลาก่อตัวเริ่มต้น ส่วนระยะเวลาที่เข็มไม่จมเลย คือระยะเวลาก่อตัวสุดท้าย

4.4.7.4 การทดสอบการหดตัวแบบแห้ง

1. หล่อแท่งทดสอบทันทีเมื่อผสมมอร์ตาร์เสร็จโดยใช้แบบหล่อขนาด $25 \times 25 \times 285$ มม. โดยหล่อเป็น 2 ชั้น ชั้นละเท่าๆกัน และอัดแต่ละชั้นโดยใช้นิ้วหัวแม่มือ หรือนิ้วชี้กดให้มอร์ตาร์ไหลเข้าตามมุมและขอบ แล้วกดไปตามผิวบนของมอร์ตาร์จนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกันทั่วทั้งชิ้นทดสอบ แล้วใช้เกรียงชนิดขอบบางปาดตัวอย่างให้เสมอขอบแบบหล่อ หลังจากนั้นก็ใช้เกรียงแต่งผิวหน้าให้เรียบ

2. เมื่อหล่อแท่งทดสอบเสร็จแล้วให้รีบนำแท่งทดสอบพร้อมแบบหล่อเอาไปเก็บในตู้ขึ้นหรือห้องขึ้นทันที โดยต้องเก็บไว้ไม่น้อยกว่า 20 – 24 ชั่วโมง

3. นำแท่งทดสอบที่หล่อพร้อมบ่มเสร็จแล้วเป็นเวลา 24 ชั่วโมง $\pm$ 30 นาที ออกมาจากอากาศขึ้น แล้วรีบวัดความยาวทันที

4. ทำการวัดอีกครั้งตามกำหนดระยะเวลาที่กำหนดไว้ที่อายุ 1, 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ

5. นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าการหดตัวแบบแห้ง ดังสมการที่ 4.2

$$\text{การหดตัวแบบแห้ง} = \frac{(L_x - L_i)}{L_i} \times 100 \quad (4.2)$$

โดยที่ L_i = ความยาวเริ่มต้นของแท่งตัวอย่าง

L_x = ความยาวของแท่งตัวอย่างที่อายุ 1, 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ

4.4.7.5 การทดสอบการสูญเสียน้ำหนัก

1. นำตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการการหดตัวแบบแห้งที่อายุ 3 วัน ไปชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าเป็นน้ำหนักเริ่มต้น

2. ทำการชั่งน้ำหนักแท่งตัวอย่างที่อายุ 7, 14, 28 และ 56 วัน

3. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำหนักของแต่ละตัวอย่าง ดังสมการที่ 4.3

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(W_x - W_i)}{W_i} \times 100 \quad (4.3)$$

โดยที่ W_i = น้ำหนักเริ่มต้นของแท่งตัวอย่างที่อายุ 3 วัน

W_x = น้ำหนักของแท่งตัวอย่างที่อายุ 7, 14, 28 และ 56 วัน ตามลำดับ

4.4.7.6 การทดสอบหาความต้านทานแรงดึง

1. ประกอบแบบหล่อมอร์ตาร์รูปทรงกระบอก แล้วเทน้ำมันแร่ (Mineral Oil) บางๆ ในบริเวณที่มอร์ตาร์จะสัมผัสกับแบบหล่อให้ทั่ว

2. นำตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ผสมแล้วใส่ลงในแบบหล่อให้พูนขึ้นจนเต็ม โดยไม่ต้องใช้แรงอัดส่วนผสมให้ลงในแบบหล่อ

3. ใช้หัวแม่มือทั้งสองข้างที่สวมถุงมือยาง กดส่วนผสมตัวอย่างในแบบหล่อให้แน่นเป็นจำนวน 12 ครั้ง ต่อตัวอย่างแต่ละชิ้น (แรงกดที่ใช้มีประมาณ 67 – 89 N)

4. ใส่มอร์ตาร์เพิ่มลงในแบบหล่อ ให้พูนขึ้นเหนือแบบหล่อแล้วใช้เกรียงปาดให้เรียบ โดยลากเกรียงเหนือขอบแบบหล่อด้วยแรงไม่เกิน 17.8 N

5. ทำการเก็บตัวอย่างทดสอบโดยนำแบบหล่อ ซึ่งหล่อตัวอย่างทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ไปเก็บไว้ในห้องบ่มขึ้น โดยให้ผิวหน้าสัมผัสความชื้น แต่ต้องไม่ให้ถูกหยดน้ำ หลังถอดแบบหล่อเมื่ออายุครบ 24 ชั่วโมง ส่วนก้อนตัวอย่างที่ต้องทดสอบเกินกว่าอายุ 1 วัน ให้ทำการบ่มขึ้นต่อไปจนกว่าถึงกำหนดทดสอบ

6. นำก้อนตัวอย่างทดสอบมาทำการทดสอบแรงดึง โดยใช้อายุของก้อนทดสอบต่างๆ โดยเขี่ยขึ้นตัวอย่างให้แห้งแล้วเอาเม็ดทรายหรือสิ่งอื่นที่ติดตามผิวออกให้หมด

7. ทำการลากเส้นแนวแบ่งแท่งมอร์ตาร์ ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน โดยระวังว่าต้องผ่านเส้นผ่านศูนย์กลางและอยู่ในระนาบเดียวกัน

8. วางแท่งมอร์ตาร์ในแนวนอน ในระหว่างแท่นกดของเครื่องทดสอบ ซึ่งรองรับด้วยแท่งเหล็กถ่านน้ำหนักและไม้รองทั้งบนและล่าง แล้วจัดให้อยู่ในแนวเส้นที่ได้ทำการแบ่งไว้แล้ว

9. เดินเครื่องทดสอบ โดยให้มีแรงกดสม่ำเสมอจนแท่งตัวอย่างเกิดการวิบัติ บันทึกค่าแรงสูงสุด

10. คำนวณค่าความต้านทานแรงดึงของแต่ละตัวอย่าง ดังสมการที่

4.4

$$\text{ความต้านทานแรงดึง} = \frac{2 P}{\pi l d} \quad (4.4)$$

โดยที่ T = แรงที่ใช้ในการดึงแท่งตัวอย่างจนถึงจุดวิบัติ

P = แรงกดสูงสุด

l = ความยาวของแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก

4.4.7.7 การทดสอบค่าความต้านทานแรงอัด

1. เตรียมแบบหล่อที่จะใช้ทดสอบความต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์ขนาด $50 \times 50 \times 50$ มม. แล้วทาน้ำมันแร่ (Mineral Oil) บางๆ ในบริเวณที่มอร์ตาร์จะสัมผัสกับแบบหล่อให้ทั่ว
2. นำตัวอย่างที่ผสมแล้วใส่ลงในแบบหล่อให้พูนขึ้นจนเต็ม โดยไม่ต้องใช้แรงอัดส่วนผสมให้ลงในแบบหล่อ
3. ใช้หัวแม่มือทั้งสองข้างที่สวมถุงมือยาง กดส่วนผสมตัวอย่างในแบบหล่อให้แน่นเป็นจำนวน 12 ครั้ง ต่อตัวอย่างแต่ละชิ้น (แรงกดที่ใช้นี้ประมาณ 67 – 89 N)
4. ใส่มอร์ตาร์เพิ่มลงในแบบหล่อ ให้พูนขึ้นเหนือแบบหล่อแล้วใช้เกรียงปาดให้เรียบ โดยลากเกรียงเหนือขอบแบบหล่อด้วยแรงไม่เกิน 17.8 N
5. ทำการเก็บตัวอย่างทดสอบโดยนำแบบหล่อ ซึ่งหล่อตัวอย่างทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ไปเก็บไว้ในห้องบ่มขึ้น โดยให้ผิวหน้าสัมผัสความชื้น แต่ต้องไม่ให้ถูกหยดน้ำ หลังถอดแบบหล่อเมื่ออายุครบ 24 ชั่วโมง ให้นำตัวอย่างที่อายุ 1 วันไปทดสอบค่ากำลังต้านทานแรงอัด ส่วนก่อนตัวอย่างที่ต้องทดสอบเกินกว่าอายุ 1 วัน ให้นำไปบ่มในน้ำสะอาดต่อไปจนกว่าถึงกำหนดทดสอบ
6. คำนวณค่าความต้านทานแรงอัดของแต่ละตัวอย่าง ดังสมการที่

4.5

$$\text{ความต้านทานแรงอัด} = \frac{P}{A} \quad (4.5)$$

โดยที่ P = แรงที่ใช้ในการอัดแท่งตัวอย่างจนถึงจุดวิบัติ

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง

4.4.7.8 การทดสอบทดสอบความพรุนของมอร์ตาร์ (Porosity)

1. เตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์ขนาดประมาณ $10 \times 10 \times 1$ มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 1.0 กรัม 3 ชิ้น
2. นำตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
3. ทิ้งตัวอย่างไว้ให้เย็นตัวลงแล้วจึงชั่งน้ำหนักของตัวอย่างก่อนทำการทดสอบ

4. นำตัวอย่างทดสอบเข้าเครื่อง Pore Master 60 เพื่อหาค่าความพรุน (Pore Size and Porosity)

5. ภายในเครื่องทดสอบ จะมีเครื่องใส่ตัวอย่าง (Peneprometer) ให้ใส่ตัวอย่างทดสอบประมาณ ร้อยละ 50 – 80 ของปริมาณของเครื่องใส่ตัวอย่าง โดยน้ำหนักของตัวอย่างทดสอบประมาณ 0.800 – 1.300 กรัม

6. เทคนิคที่ใช้ในการทดสอบคือ Pore Sizer โดยการใช้ Mercury ทดสอบ ซึ่งจะมีการควบคุมอุณหภูมิห้องให้มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดสอบ

4.4.7.9 การทดสอบการส่งผ่านความร้อน (Hot Disk Thermal Constant Analyser)

1. เตรียมตัวอย่างของมอร์ตาร์ขนาดประมาณ 40x40x15 มิลลิเมตร 2 ชิ้น ควรเลือกมอร์ตาร์ที่มีผิวหน้าเรียบ

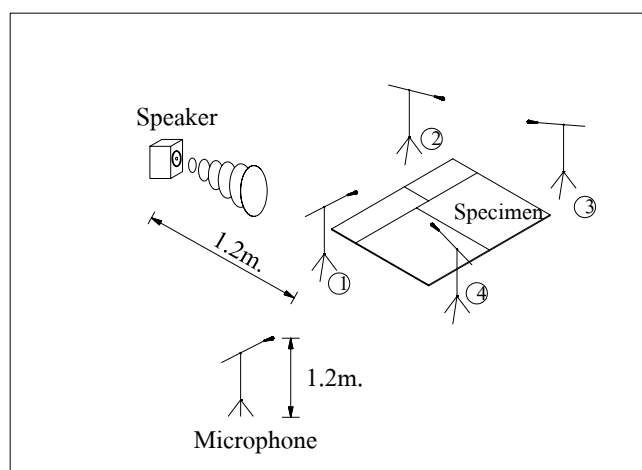
2. นำตัวอย่างทดสอบเข้าเครื่อง Hot Disk Thermal Constant Analyser โดยประกบตัวอย่างทดสอบ 2 ชิ้น เข้าด้วยกัน

3. เทคนิคที่ใช้ในการทดสอบคือ Thermal Constant Analysis (TCA) และ Disk type ที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ Kapton Insulation (Sensor No. C5501) ซึ่งจะมีการควบคุมอุณหภูมิห้องให้มีค่าเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส

4.4.7.10 การทดสอบการดูดซับเสียง

1. นำแผ่นตัวอย่าง (ฉาบปูนให้มีความหนา 1 ± 0.2 ซม.) มาวางเรียงกันเป็นพื้นที่ 3.2 ตร.ม. ในห้องทดสอบเสียง

2. ติดตั้งเครื่องมือในการทดสอบ ที่ตำแหน่งของชิ้นงานที่วางในห้องทดสอบเสียงต้องไม่ชนนกับห้องทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การจัดวางอุปกรณ์ในห้องทดสอบการดูดซับเสียง

3. ลำโพงและไมโครโฟน ต้องห่างกันอย่างน้อย 1.2 เมตร
4. ไมโครโฟนต้องสูงจากพื้นอย่างน้อย 1.2 เมตร
5. เริ่มทดสอบโดยวางลำโพงที่ตำแหน่งในการวัดเสียงจุดที่ 1 ปล่อยเสียงออกมาที่ระดับความดัง 123.9 dB เป็นเวลา 4 วินาที เพื่อให้เสียงเกิดการอิมพัลส์ภายในห้องทดสอบ
6. เมื่อปิดเสียงจึงทำการวัดเวลา ตั้งแต่เริ่มปิดเสียงจนกระทั่งความดังเสียงลดลง 60 dB จากจุดอิมพัลส์ เป็นเวลา 8 วินาที ทำ 8 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการประมวลผลและบันทึกผลเป็นจุดที่ 1
7. ทำซ้ำกับข้อ 5 และ 6 แต่เปลี่ยนจุดในการวัดเสียงเป็นจุดที่ 2 , 3 และ 4 โดยที่ลำโพงตั้งไว้ในตำแหน่งเดิมเมื่อเสร็จครบ 4 จุดเป็น 1 ชุด
8. ทำทั้งหมด 4 ชุด แล้วจึงนำค่าที่ได้ทั้ง 16 ค่ามาหาค่าเฉลี่ย

4.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

4.5.1 วิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าซันอ้อย ผุนหินปูนเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ผสม (Mixed Cement)

4.5.2 วิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติทางกลของปูนฉาบผสมเถ้าซันอ้อยเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ผสม

4.5.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบความพูนและการส่งผ่านความร้อนของปูนฉาบผสม
เถ้าซันอ้อย

4.5.4 วิเคราะห์ผลการทดสอบการดูดซับเสียงของปูนฉาบที่มีเถ้าซันอ้อยผสมแทนที่
วัสดุมวลรวม

4.5.5 นำผลที่ได้ตามจากการทดสอบตามข้อ (2), (3) และ (4) มาทำการวิเคราะห์
ข้อมูลหาค่าเฉลี่ยตามหลักการทางสถิติและเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดสอบในลักษณะต่างๆ
ตามที่กล่าวมาในข้างต้น จากนั้นนำผลที่ได้ไปทำการประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ในเชิงสถิติและ
แสดงผลในรูปแบบของตาราง แผนภูมิหรือกราฟฟีก

4.6 แผนการดำเนินการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาและ
รวบรวมข้อมูล และระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบและสรุปผลการทดสอบ