

บทที่ 4

วิธีการศึกษาวิจัย

จากขอบเขตของงานวิจัยสามารถแบ่งการทดสอบเป็น 3 ส่วนคือ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดพลาสติก การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดพลาสติกและคุณสมบัติทางด้านความทนทานต่ออัลเฟตและคลอไรด์

4.1 แผนการทดสอบ

4.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดพลาสติก

ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดพลาสติกประกอบด้วย การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณความชื้น ความละเอียด พื้นที่ผิวจำเพาะ ความถ่วงจำเพาะ ปริมาณน้ำที่ดูดซับ ดัชนีกำลัง ลักษณะของเม็ดพลาสติกโดยใช้เครื่อง Scanning electron microscope (SEM) การกระจายขนาดคละของอนุภาคเม็ดพลาสติกโดยใช้เครื่อง Laser particle size analyzer

4.1.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดพลาสติก

ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของเม็ดพลาสติกเมื่อทำการแทนที่เม็ดพลาสติกด้าบดในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดพลาสติกประกอบด้วยระยะเวลาในการก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้าย การไหลแผ่ และดัชนีกำลังที่อายุ 7 และ 28 วัน

4.1.3 การทดสอบคุณสมบัติทางด้านความทนทานต่ออัลเฟต

ศึกษาความสามารถทนทานต่อการกัดกร่อนของอัลเฟต ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผสมเม็ดพลาสติกด้าบด ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 ผสมเม็ดพลาสติกด้าบด การทดสอบคุณสมบัติความทนทานต่อการกัดกร่อนของอัลเฟตประกอบด้วย การสูญเสียกำลังอัด การสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงความยาว

4.1.4 การทดสอบคุณสมบัติทางด้านความทนทานต่อคลอไรด์

ศึกษาความต้านทานต่อการซึมผ่านของคลอไรด์ในมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้ากลบดำบดในอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ต่างๆ เปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนคลอไรด์

4.2 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1. ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการวิจัยเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนคลอไรด์

2. เถ้ากลบที่ใช้ในการวิจัยเป็นเถ้ากลบดำจากโรงไฟฟ้าปทุมไรชมิล แอนด์ แกรนารี จำกัด (มหาชน) จังหวัดปทุมธานี นำมาทำการบดด้วยเครื่องบดชนิด Comparatively low cost ที่มีความเร็ว ในการหมุนเท่ากับ 52 รอบต่อวินาที และใช้เวลาในการบดเท่ากับ 4 ชั่วโมง โดยใช้ตัวกลางบดเป็นหลักเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9, 12 และ 15 มม. จำนวน 45, 45 และ 35 เส้น ตามลำดับ ความยาว 750 มม. ซึ่งคิดปริมาตรของตัวกลางรวมได้ร้อยละ 6 ของปริมาตรถังบด ปริมาณเถ้ากลบดำที่ใส่ในเครื่องบดหนัก 10 กิโลกรัม รวมทั้งทำการหุ้มด้วยท่อยางเพื่อลดเสียงขณะทำการบด

3. ททราย ใช้ทรายแม่น้ำ มีขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C 778

4. น้ำ ใช้น้ำประปา

5. สารซัลเฟตที่ใช้ในการบ่มมอร์ตาร์ ได้แก่ แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก หรือคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 42.4 กรัมต่อลิตร และโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) โดยมีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก คิดเป็นปริมาณเท่ากับ 50.0 กรัมต่อลิตร ตามมาตรฐาน ASTM C 1012

6. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) มีความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.3.1 การทดสอบความทนทานต่อซัลเฟต

1. แบบหล่อก้อนทดสอบทรงลูกบาศก์ ขนาด 50×50×50 มม.
2. แบบหล่อก้อนทดสอบรูปคาน ขนาด 25×25×285 มม.
3. เครื่องมือทดสอบไวแคต (Modified vicat) ตามมาตรฐาน ASTM C 191
4. โต๊ะการไหล และแบบหล่อรูปกรวย ตามมาตรฐาน ASTM C 230
5. เครื่องผสมมาตรฐานตามมาตรฐาน ASTM C 305
6. เครื่องชั่ง อ่านละเอียดได้ 0.001 กรัม และอ่านได้ 2000 กรัม
7. เครื่องทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต (Compression machine)
8. เครื่องวัดการยืดหดตัว ตามมาตรฐาน ASTM C 490 อ่านละเอียดได้ 0.002 มม.

4.3.2 การทดสอบหาปริมาณคลอไรด์

1. แบบหล่อตัวอย่างก้อนมอร์ตาร์ทรงกระบอกขนาด Ø 50 x 100 มม.
2. สारเคลือบก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์
3. ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 ซม.³
4. กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50 ซม.³
5. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 ซม.³
6. ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 ซม.³
7. ปิเปต (Pipette) ขนาด 1 มล.
8. บิวเรต (Burette) และที่ยึดบิวเรต (Burette clamp)
9. เครื่องชั่ง อ่านละเอียดได้ 0.001 กรัม และอ่านได้ 2000 กรัม

4.4 รายละเอียดวิธีการทดสอบ

ในส่วนนี้กล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับแผนการทดสอบ เป้าหมาย และวิธีการทดสอบที่เกี่ยวข้องในการวิจัย โดยแบ่งขั้นตอนในการศึกษาเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1. ศึกษาและประเมินศักยภาพพื้นฐานของเถ้าแกลบดำบดในด้านการเป็นวัสดุผสมเพิ่มจำพวก สารปอชโซลาน จากคุณสมบัติทางกลพื้นฐานของมอร์ตาร์ ที่ใช้เถ้าแกลบดำบดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 เปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต เพื่อเป็นข้อมูลวิเคราะห์และพิจารณาเลือกใช้อัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมในการศึกษาขั้นต่อไป

2. ศึกษาพฤติกรรมและความสามารถของมอร์ตาร์ที่ใช้เถ้าแกลบดำบดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 ในการต้านทานต่อซัลเฟต และเถ้าแกลบดำบดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 ในการต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ จากการตรวจติดตามทั้งด้านกายภาพ เคมี และทางกล เปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 และ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนคลอไรด์ เพื่อประเมินศักยภาพและขีดความสามารถของเถ้าแกลบดำบด

4.4.1 ขั้นตอนที่ 1

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกลพื้นฐาน เพื่อประเมินศักยภาพการเป็นวัสดุปอชโซลานตามมาตรฐานเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนคลอไรด์ ดังแสดงในแผนงานส่วนที่ 1 ภาพที่ 4.1

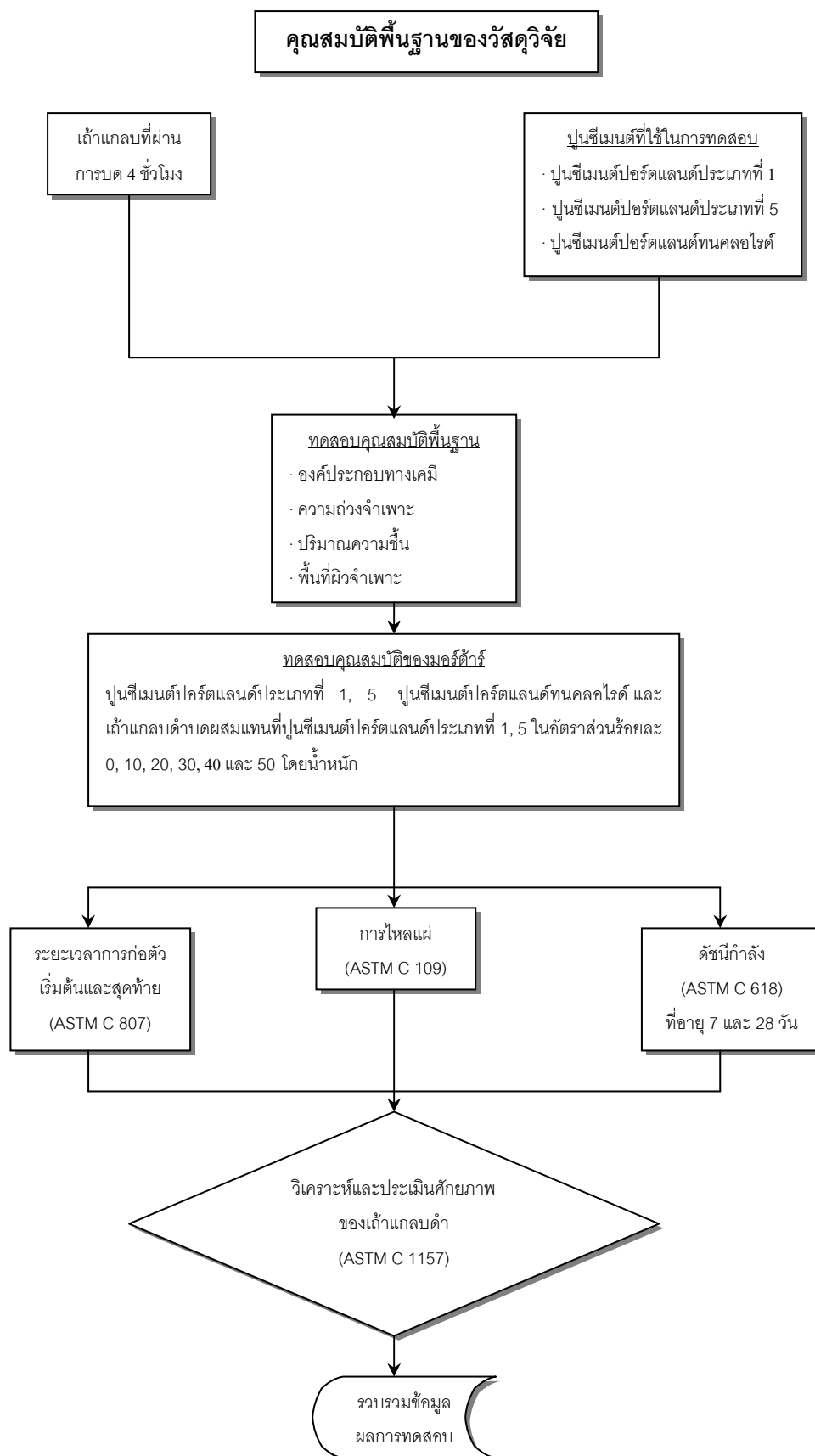
4.4.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าแกลบ

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณความชื้น ความละเอียด พื้นที่ผิวจำเพาะ ความถ่วงจำเพาะ ปริมาณน้ำที่ต้องการ ดัชนีกำลัง ทดสอบโดยห้องปฏิบัติการปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน)

2. ลักษณะของเถ้าแกลบโดยใช้เครื่อง Scanning electron microscope (SEM) การกระจายขนาดผลของอนุภาคเถ้าแกลบโดยใช้เครื่อง Laser particle size analyzer ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.1.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของมอร์ตาร์

1. การทดสอบระยะเวลาในการก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้าย โดยใช้เครื่องมือทดสอบไวแคต (Modified vicat) ตามมาตรฐาน ASTM C 191
2. การทดสอบการไหลแผ่ตามมาตรฐาน ASTM C 109 โดยส่วนผสมประกอบด้วย ทรายต่อวัสดุประสานโดยน้ำหนักเท่ากับ 2.75 ต่อ 1 บรรจุในแบบหล่อตามมาตรฐาน รูปกรวยคว่ำเส้นผ่านศูนย์กลางด้านบนเท่ากับ 69.8 มม. และด้านล่าง 102 มม. สูง 12.7 มม. หลังจากถอดแบบหล่อทำการยกแท่นรองแล้วปล่อยให้ตกกระทบที่ระยะ 12.7 มม. 25 ครั้ง ในเวลา 15 วินาที
3. การทดสอบดัชนีกำลังที่อายุ 7 และ 28 วัน โดยใช้มอร์ตาร์รูปทรงลูกบาศก์ขนาด 50×50×50 มม. ส่วนผสมทรายต่อวัสดุประสานโดยน้ำหนักเท่ากับ 2.75 อัตราส่วนของน้ำได้จากการทดสอบการไหลแผ่โดยค่าการไหลแผ่เท่ากับร้อยละ 110 ± 5 ตัวอย่างทดสอบทำการถอดแบบเมื่ออายุ 24 ชั่วโมง และบ่มในน้ำทันทีจนถึงเวลาทดสอบกำลังอัดที่ 7 และ 28 วัน



ภาพที่ 4.1 แผนงานในส่วนที่ 1

4.4.2 ขั้นตอนที่ 2

ศึกษาพฤติกรรมและความสามารถของมอร์ตาร์ที่ใช้เถ้าแกลบดำทดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 ในการต้านทานต่อซัลเฟต และเถ้าแกลบดำทดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 ในการต้านทานต่อคลอไรด์ จากการตรวจติดตามทั้งด้านกายภาพเคมี และทางกล เปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนคลอไรด์ เพื่อประเมินศักยภาพและขีดความสามารถของเถ้าแกลบดำ

4.4.2.1 รายละเอียดการทดสอบ

ในส่วนนี้จะทำการศึกษาคูณสมบัติของมอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบดำ ในสภาพการแช่ในสารละลายซัลเฟต (โซเดียมซัลเฟต และแมกนีเซียมซัลเฟต) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก เลือกใช้อัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5 ด้วยเถ้าแกลบดำในอัตราส่วน 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีรายละเอียดการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

1. การทดสอบคุณสมบัติทางด้านความทนทานต่อซัลเฟต

1.1 การสูญเสียกำลังอัดทดสอบโดยใช้มอร์ตาร์รูปทรงลูกบาศก์ขนาด $50 \times 50 \times 50$ มม. ส่วนผสมทรายต่อวัสดุประสานโดยน้ำหนักเท่ากับ 2.75 ปริมาณน้ำในการผสมมอร์ตาร์ให้มีค่าการไหลเฉลี่ยร้อยละ 110 ± 5 วิธีการผสมมอร์ตาร์ทำตามมาตรฐาน ASTM C 305 ทำการทดสอบค่าการไหลและการหล่อตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 109 หล่อก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์รูปทรงลูกบาศก์ขนาด $50 \times 50 \times 50$ มม. ถอดแบบตัวอย่างทดสอบเมื่ออายุ $23\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}$ ชั่วโมง และนำก้อนตัวอย่างแช่ในน้ำปูนใสอิ่มตัว จนกระทั่งกำลังอัดของก้อนตัวอย่างที่ได้ต้องมีค่าเท่ากับ 20.0 ± 1.0 เมกะปาสคาล หรือมากกว่า บันทึกค่ากำลังอัดครั้งแรก หลังจากนั้นนำก้อนตัวอย่างทั้งหมดแช่ในสารละลายซัลเฟต ที่อายุ 7, 28, 56, 90, 180, 270, 360, 450 และ 540 วัน ตามลำดับ เมื่อแช่ตัวอย่างมอร์ตาร์ในสารละลายซัลเฟตได้ตามอายุที่ต้องการแล้ว นำตัวอย่างขึ้นจากสารละลายซัลเฟตแล้วเช็ดผิวก้อนตัวอย่างให้แห้งและปล่อยให้แห้งในอากาศ นำก้อนตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบทำการทดสอบก้อนตัวอย่าง จดบันทึกค่ากำลังอัดที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกำลังอัดของก้อนตัวอย่างที่บ่มหรือแช่ในน้ำปูนใสอิ่มตัวเพื่อหาร้อยละการสูญเสียกำลังอัดของมอร์ตาร์

1.2 การสูญเสียน้ำหนักของมอร์ตาร์รูปทรงลูกบาศก์ขนาด $50 \times 50 \times 50$ มม. ส่วนผสมทรายต่อวัสดุประสานโดยน้ำหนักเท่ากับ 2.75 ถอดแบบตัวอย่างทดสอบเมื่ออายุ $23\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}$ ชั่วโมง และนำก้อนตัวอย่างแช่ในน้ำปูนใสอิ่มตัว จนกระทั่งกำลังอัดของก้อนตัวอย่างที่ได้ต้องมีค่าเท่ากับ 20.0 ± 1.0 เมกะปาสคาล และชั่งน้ำหนักครั้งแรก หลังจากนั้นนำก้อนตัวอย่างทั้งหมดแช่ในสารละลายซัลเฟต ที่อายุ 7 จนถึง 540 วัน บันทึกน้ำหนักเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักของก้อนตัวอย่างที่บ่มหรือแช่ในน้ำปูนใสอิ่มตัวเพื่อหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของมอร์ตาร์

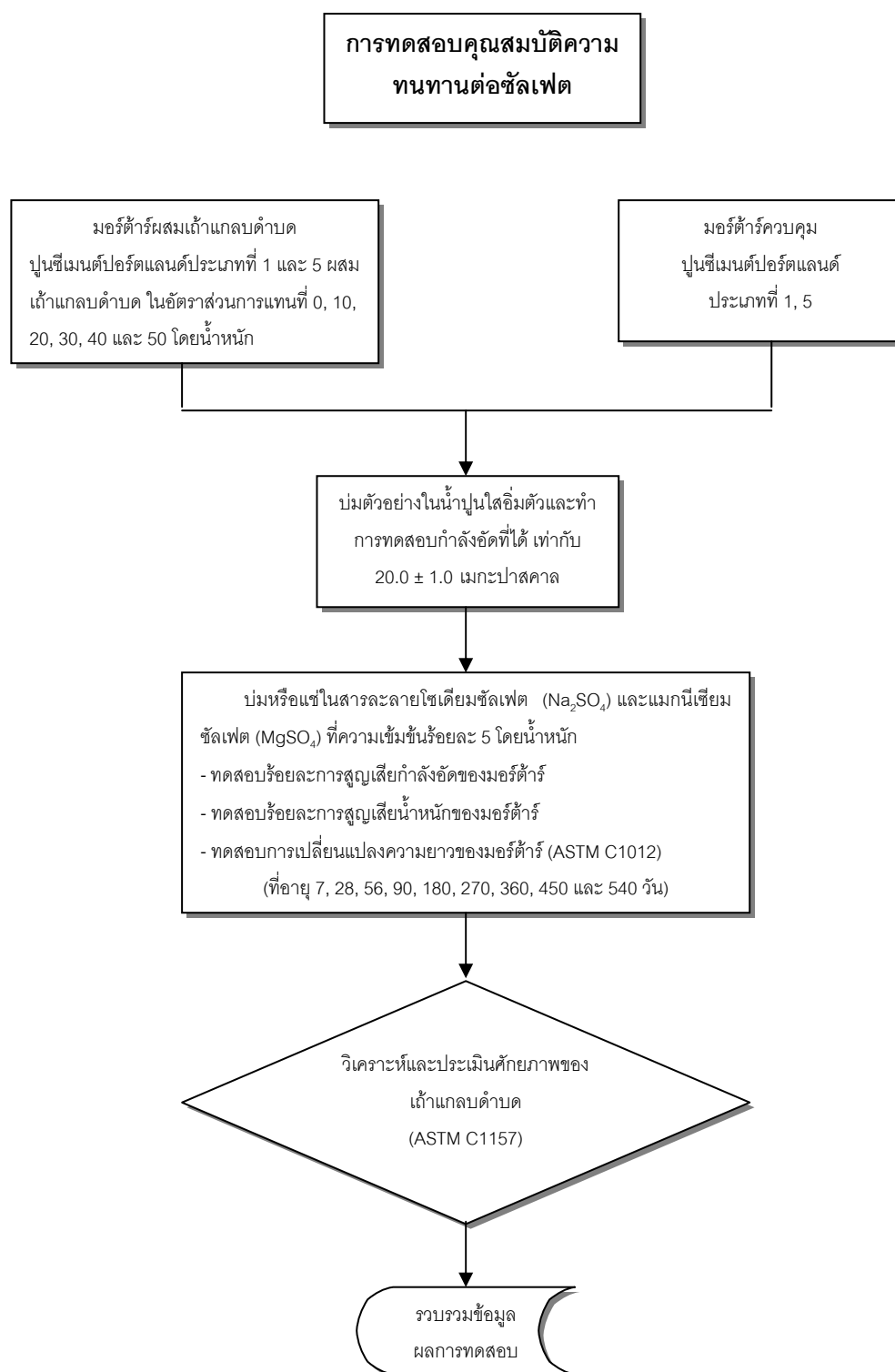
1.3 การเปลี่ยนแปลงความยาวตามมาตรฐาน ASTM C 1012 โดยใช้มอร์ตาร์รูปทรงลูกบาศก์ขนาด $50 \times 50 \times 50$ มม. และตัวอย่างขนาด $25 \times 25 \times 285$ มม. สัดส่วนผสมของทรายต่อวัสดุผง โดยน้ำหนักเท่ากับ 2.75 ปริมาณน้ำในการผสมมอร์ตาร์ให้มีค่าการไหลแผ่วร้อยละ 110 ± 5 ตัวอย่างทดสอบทำการถอดแบบเมื่ออายุ $23\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}$ ชั่วโมง นำก้อนตัวอย่างแช่ในน้ำปูนใสอิ่มตัวและทำการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์รูปทรงลูกบาศก์ถ้ากำลังอัดที่ได้เท่ากับ 20.0 ± 1.0 เมกะปาสคาล หรือมากกว่า ทำการวัดความยาวเป็นครั้งแรกตามมาตรฐาน ASTM C490 จากนั้นนำก้อนตัวอย่างทั้งหมดแช่ในสารละลายซัลเฟต โดยทำการควบคุมค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของสารละลายซัลเฟตให้อยู่ในช่วง 6 – 8 ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้น 0.1 โมลาริตี (M) เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงความยาวตั้งแต่อายุ 7 วัน จนถึง 540 วัน

2. การทดสอบคุณสมบัติทางด้านความทนทานต่อคลอไรด์

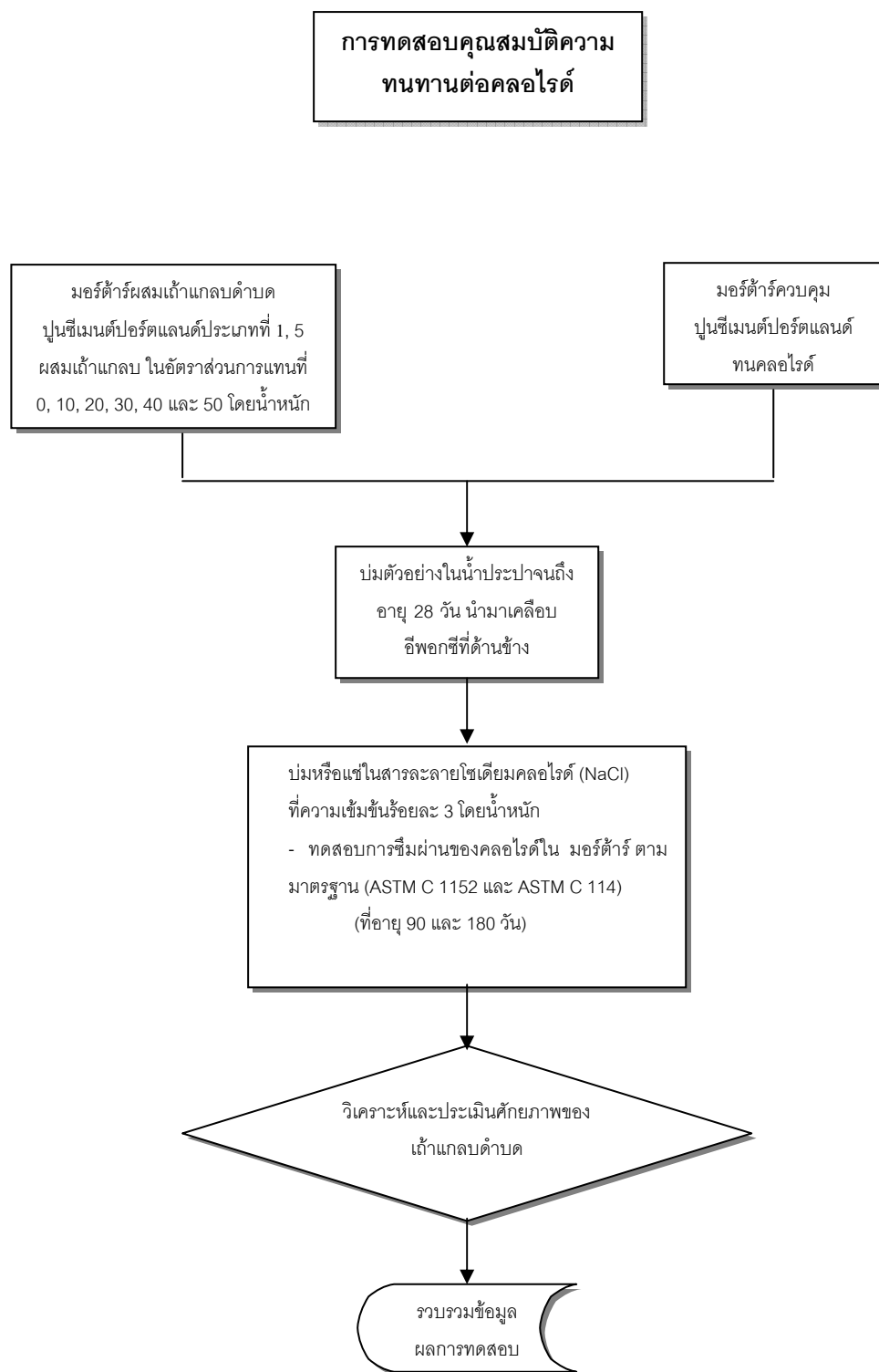
ในการทดสอบหาปริมาณของคลอไรด์ในมอร์ตาร์ ตามมาตรฐาน ASTM C 1152 และ ASTM C 114 ใช้วิธีการวิเคราะห์หาคลอไรด์โดยวิธี Argentometric Method โดยใช้การตกตะกอนเป็นสีแดงอิฐซึ่งใช้สารซิลเวอร์ไนเตรทเป็นตัวหาปริมาณคลอไรด์ที่ระดับความลึก 3 ระดับ คือ 5, 15 และ 25 มม. ซึ่งใช้ตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. สูง 100 มม. โดยมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าแกลบดำบดเป็นร้อยละ 0, 10, 20, 30 40 และ 50 โดยน้ำหนัก ซึ่งใช้ระยะเวลาการบ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 3 อายุคือ 28 วันในน้ำประปา 90 และ 180 วัน ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ตามอัตราส่วนที่กำหนด โดยมีอัตราส่วนของซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1:2.75 โดยน้ำหนัก

การแช่ตัวอย่างในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เมื่อทำการผสมตัวอย่างใส่แบบหล่อเสร็จแล้ว นำไปวางไว้ในที่ซึ่งมีอากาศถ่ายเทสะดวกและไม่เปียกชื้นทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปทำการบ่ม โดยการนำตัวอย่างทั้งหมดไปแช่ในน้ำประปาเป็นเวลา 28 วัน แล้ววิเคราะห์หาคลอไรด์ที่อายุ 28 วันในน้ำประปา หลังจากนั้นนำตัวอย่างสำหรับการทดสอบที่ได้ หลังจากการบ่ม 28 วัน นำมาเคลือบผิวของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ด้วยอีพอกซี (Epoxy) ที่ด้านข้างของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ให้มีความหนาโดยรอบประมาณ 1 ซม. จากผิวตัวอย่างมอร์ตาร์ โดยเหลือพื้นที่ด้านบนและด้านล่างไว้เพื่อให้สารละลายคลอไรด์สามารถซึมผ่านได้ ทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 24 ชั่วโมง จึงนำไปแช่ต่อในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 เมื่อแช่จนครบอายุตามการทดสอบที่ระยะเวลา 90 และ 180 วัน จึงนำก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ไปสกัดผงปูน (กลึง) ที่ระดับความลึก 0.5, 1.5 และ 2.5 ซม. เพื่อนำไปหาปริมาณคลอไรด์



ภาพที่ 4.2 แผนงานในส่วนที่ 2 (การทดสอบความทนทานต่อซัลเฟต)



ภาพที่ 4.3 แผนงานในส่วนที่ 2 (การทดสอบความทนทานต่อคลอไรด์)

4.5 การประเมินคุณสมบัติด้านใช้ในงาน

1. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าแกลบเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASTM C 618
2. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของมอร์ตาร์ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการนำเถ้าแกลบมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนโดยเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และ 5
3. ศึกษาความทนทานต่อซัลเฟตของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบ โดยอ้างอิงกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 (ปูนซีเมนต์ทนทานต่อซัลเฟต) และเทียบค่าการขยายตัวกับค่าที่ยอมรับตามมาตรฐาน ASTM C 1157

4.6 สัดส่วนที่ใช้ในการทดสอบ

1. สัดส่วนที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย
 - 1.1 เถ้าแกลบดำบดที่เวลา 4 ชั่วโมง โดยมีขนาดอนุภาคค้ำตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก
 - 1.2 อัตราส่วนการแทนที่ของเถ้าแกลบโดยน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ตามลำดับ โดยปรับน้ำตามความชื้นเหลวของส่วนผสมควบคุม

ตารางที่ 4.1

ปริมาณสัดส่วนผสมมอร์ตาร์ที่ใช้ในการทดสอบ

สัญลักษณ์	ปริมาณสัดส่วนโดยน้ำหนัก			
	ปูนซีเมนต์	เถ้าแกลบ	ทราย	น้ำ
Type I	1.0	0.0	2.75	0.58
I-RHA10	0.9	0.1	2.75	0.60
I-RHA20	0.8	0.2	2.75	0.61
I-RHA30	0.7	0.3	2.75	0.64
I-RHA40	0.6	0.4	2.75	0.66
I-RHA50	0.5	0.5	2.75	0.67

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)
ปริมาณสัดส่วนผสมมอร์ตาร์ที่ใช้ในการทดสอบ

สัญลักษณ์	ปริมาณสัดส่วนโดยน้ำหนัก			
	ปูนซีเมนต์	เถ้าแกลบ	ทราย	น้ำ
Type V	1.0	0.0	2.75	0.60
V-RHA10	0.9	0.1	2.75	0.64
V-RHA20	0.8	0.2	2.75	0.67
V-RHA30	0.7	0.3	2.75	0.67
V-RHA40	0.6	0.4	2.75	0.67
V-RHA50	0.5	0.5	2.75	0.69