

บทที่ 4 วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภท I: ตราช้างแดงของบริษัท ปูนซีเมนต์ไทยจำกัด(มหาชน) ผลิตขึ้นโดยมีคุณสมบัติตามกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ มอก.15 เล่ม1-2547 ประเภทที่ 1 และมาตรฐาน ASTM(150-71 Type I)

2. ผงยิบซัม: อีซี พลาส ตราช้าง

ตารางที่ 4.1 แสดงสมบัติทางเคมีของผงยิบซัม

| สมบัติ | % โดยน้ำหนัก |
|---|--------------|
| Ferric oxide (Fe_2O_3) | 1.5-3.0 |
| Aluminum oxide (Al_2O_3) | 8-12 |
| Silicon Dioxide (SiO_2) | 75-85 |
| Calcium oxide (CaO)+ other material | 1.5-3.5 |
| Loss on ignition | <5 |

3. ทรายแม่น้ำ: เป็นวัสดุผสมละเอียดที่ผสม โดยเป็นทรายละเอียดน้ำจืดที่มีขนาดของเม็ดทรายประมาณ 1.5 -2.0 มม.

4. น้ำ: น้ำประปา ที่มีค่า pH 6.0 ± 0.5 มีลักษณะใส สะอาดและสามารถดื่มได้

5. กระดาษเหลือใช้: เศษกระดาษจากสำนักงาน เอกสาร ที่ถูกคัดแยกสิ่งปนเปื้อน

การแต่งเติมสี ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มความสวยงาม โดยการเติมผงสีสำหรับทำตกแต่งสีของพื้นหินขัด (Brown Iron pigment) KS M 5131



ปูนซีเมนต์



ผงยิบซั่ม



ทราย



เศษกระดาษ

ภาพที่ 4.1 แสดงวัตถุดิบใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตชิ้นทดสอบ

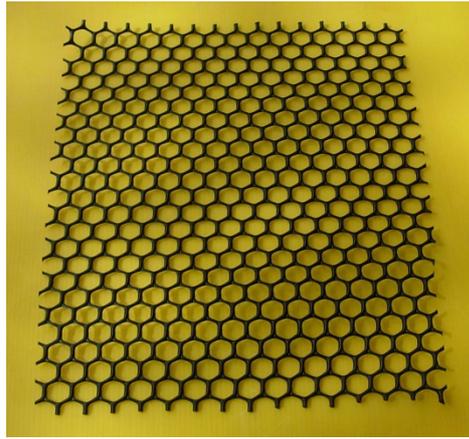
4.2 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดสอบ

นำวัตถุดิบตามอัตราส่วนที่ออกแบบไว้ในตารางที่ 4.2 มาใช้ในการผลิตชิ้นทดสอบ

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราส่วนผสมและชนิดของเยื่อกระดาษ

| สัญลักษณ์ | อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก | | | |
|-----------|------------------------|------|-----------|-------------|
| | ซีเมนต์ | ทราย | ผงยิบซั่ม | เยื่อกระดาษ |
| S_05 | 1 | 0.25 | 0.25 | 5 |
| S_10 | 1 | 0.25 | 0.25 | 10 |
| S_15 | 1 | 0.25 | 0.25 | 15 |
| S_20 | 1 | 0.25 | 0.25 | 20 |

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน 4 อัตราส่วน และศึกษาการหล่อขึ้นรูปเป็นแผ่น 2 รูปแบบคือ แบบไม่เสริมการรับแรง และแบบเสริมการรับแรงด้วยตาข่ายพลาสติกแสดงดังภาพที่ 4.2 ในการผลิตแผ่นทดสอบอย่างละ 3 ชิ้น



ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะของตาข่ายพลาสติก

4.3 กรรมวิธีการผลิตขึ้นทดสอบ

4.3.1 การเตรียมเชื้อกระดาษกระดาษ

การเตรียมเชื้อกระดาษมีลำดับในการจัดเตรียมดังนี้

นำเศษกระดาษเหลือใช้มาคัดแยก แล้วนำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

นำมาปั่นจนเป็นเชื้อกระดาษด้วย สว่านมือที่มีใบมีดเป็นรูปเครื่องหมาย + เป็นเวลาประมาณ 5 นาที

นำไปกองและตากแดดให้มีความชื้นประมาณ 5 % ใส่พาดมะเตรียมไว้



ภาพที่ 4.3 แสดงการเตรียมเชื้อกระดาษเหลือใช้

4.3.2 การเตรียมขั้นตอนทดสอบ

ขั้นตอนการผลิตขั้นตอนทดสอบสามารถอธิบายได้ดังนี้

- เตรียมวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมและชั่งน้ำหนัก แยกเป็นถุงตามอัตราส่วนที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 4.2
- เทเยื่อกระดาษ ผงยิบซัม ทราย และซีเมนต์ ตามลำดับลงในภาชนะผสมให้เข้ากัน แล้วจึงเทน้ำตาม ปริมาตรที่กำหนด แล้วใช้ส่วนมือที่มีใบมีดเป็นเครื่องหมาย + ปั่นให้เข้ากันประมาณ 5 นาที
- นำส่วนผสมที่ได้ไปเทลงแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้ กระทั่งให้วัสดุกระจายทั่วแบบ แล้วปาดผิวหน้าให้ เรียบ
- ผ่านไปประมาณ 1 ชั่วโมงจึงถอดแบบออก แล้วเก็บรายละเอียดพื้นผิวขั้นตอนทดสอบให้เรียบ
- ผ่านไป 24 ชั่วโมง นำขั้นตอนทดสอบที่ได้ไปทำการบ่ม ณ อุณหภูมิอากาศในที่ร่ม โดยทำการคลุมด้วยผ้า พลาสติกจนครบ 28 วันก่อนนำมาทดสอบ

4.4 วิธีการทดสอบและเครื่องมือทดสอบ

4.4.1 การหาค่าความหนาแน่น

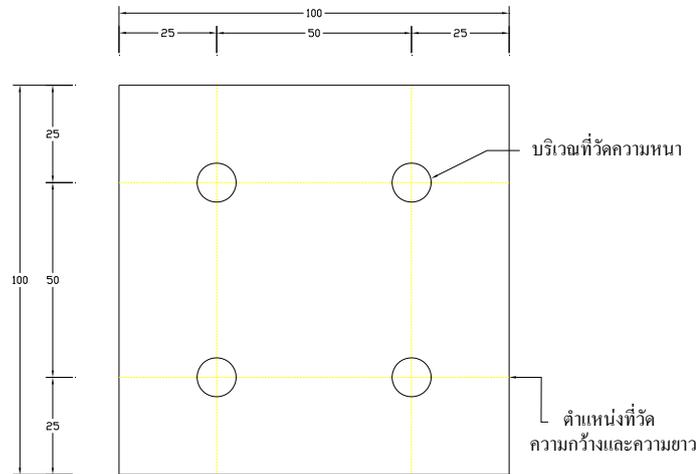
ในการทดสอบเตรียมชิ้นงานทดสอบและใช้วีเนียร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้น วัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบ ของแผ่นเส้นใยอัดทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 4.4 มี ลำดับขั้นตอนดังนี้

1. วัดตัวอย่าง 1 ชิ้น ขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร วัดละเอียด 0.1 มิลลิเมตร แล้วหาค่าเฉลี่ย
2. นำชิ้นงานทดสอบชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดถึง 0.001 กรัม
3. วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง ด้วยวีเนียร์ตามภาพที่ 4.4 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบแล้วหาค่าเฉลี่ย
4. วิธีคำนวณหาค่าความหนาแน่นจากสูตร [4.1]

$$D = \frac{m}{v} \times 100 \dots\dots\dots(4.1)$$

กำหนด ให้ D = ปริมาณความชื้น หน่วย เปอร์เซ็นต์ (%)

m = มวล หน่วย กรัม (g)
 v = ปริมาตร หน่วย ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm³)



ภาพที่ 4.4 แสดงตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของแผ่น

4.4.2 การทดสอบปริมาณความชื้น

1. เตรียมชิ้นงานทดสอบขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตรยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น
2. ชั่งชิ้นทดสอบ ด้วยเครื่องซึ่งผ่านการวัดขนาดแล้ว ให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นมวลก่อนอบ
3. อบชิ้นทดสอบในเตาอบเส้นใยที่หือ SFL รุ่น EC67A ที่อุณหภูมิ 103 ±2 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่
4. นำชิ้นทดสอบมาใส่ในเคชิตเตอร์ ปล่อยให้เย็น
5. ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นมวลเมื่ออบแห้ง และวิธีคำนวณหาค่าความชื้นจากสูตร [4.2]

$$MC = \frac{ml}{mo} \times 100 \dots\dots\dots(4.2)$$

กำหนด ให้ MC = ปริมาณความชื้น หน่วย เปอร์เซ็นต์ (%)
 ml = น้ำหนักก่อนอบ หน่วย กรัม (g)
 mo = น้ำหนักหลังอบ หน่วย กรัม (g)

4.4.3 การทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าว และมอดูลัสยืดหยุ่น

เครื่องทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น วัดแรงกดไว้ละเอียดถึง 5 นิวตันหรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ การวางชิ้นงานทดสอบมีลักษณะโดยหัวกดต้องมีปลายส่วนที่ชี้กดเป็นรูปครึ่งทรงกลมมีรัศมีไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ และมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบแทนรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลมหรือครึ่งวงกลม มีรัศมีไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ ความยาวไม่น้อยกว่าของชิ้นทดสอบมาตรการแอนตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตรและมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้คือ

1. วางชิ้นทดสอบลงบนแทนรองรับซึ่งมีระยะห่าง 24 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากแทนรองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่าๆกัน
2. ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที
3. วิธีการคำนวณหา

1. ค่ามอดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture หรือ MOR)

จากสูตร [4.3]

$$MOR = \frac{3pL}{2bd^2} \dots \dots \dots (4.3)$$

| | | |
|---------------|---|---|
| กำหนด ให้ MOR | = | มอดูลัสแตกร้าว หน่วย เมกะพาสคัล (Mpa) |
| P | = | แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หน่วย นิวตัน (N) |
| L | = | ความยาวของ span ระหว่างแทนรองรับ หน่วย มิลลิเมตร (mm) |
| b | = | ความกว้างของชิ้นงานทดสอบ หน่วย มิลลิเมตร (mm) |
| d | = | ความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานทดสอบ หน่วย มิลลิเมตร (mm) |

2. ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity หรือ MOE)

จากสูตร [4.4]

$$MOE = \frac{PpLL^3}{4bd^3\delta l} \dots \dots \dots (4.4)$$

| | | |
|---------------|---|--|
| กำหนด ให้ MOR | = | มอดูลัสยืดหยุ่น หน่วย เมกะพาสคัล (Mpa) |
|---------------|---|--|

- L = ความยาวของ Span ระหว่างแท่นรองรับ หน่วย มิลลิเมตร(mm)
- Ppl = น้ำหนักที่จุด P, L หน่วย มิลลิเมตร (mm)
- b = ความกว้างของชิ้นงานทดสอบ หน่วย มิลลิเมตร (mm)
- d = ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ หน่วย มิลลิเมตร (mm)
- S = ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง

4.4.4 การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

โดยมีขั้นตอนของการทดสอบดังนี้

1. นำชิ้นงานที่ได้ วัดขนาดทั้งสามด้าน และชั่งน้ำหนักเพื่อใช้น้ำหนักจำเพาะ
2. นำชิ้นงานที่จะทำการทดสอบ ไปแช่ในน้ำสะอาด อย่างน้อย 24 ชั่วโมงเพื่อให้ชิ้นทดสอบดูดซึมน้ำได้อย่างเต็มที่
3. นำชิ้นงานขึ้นจากน้ำ วางผึ่งไว้บนตะแกรงตาห่าง ซับหยดน้ำที่ติดอยู่ที่ผิวออก นำไปชั่งน้ำหนัก พร้อมทั้งบันทึกผล
4. นำชิ้นงานไปอบในตู้อบที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ เป็นเวลา 24 ชม. หรือจนกว่าการชั่งน้ำหนักแต่ละครั้งห่างกัน 2 ชั่วโมง แล้วน้ำหนักที่ได้ต่างกันไม่เกิน 0.2%
ทำการคำนวณหาการดูดซึมน้ำของกระดาศ โดยใช้สูตร

$$WA (\%) = \frac{M_o - M_i}{M_i} \times 100 \quad \dots\dots\dots(4.3)$$

- เมื่อ WA = การดูดซึมน้ำ (%)
- M_o = น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)
- M_i = น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)

4.4.5 การขยายตัวตามความหนา

วิธีการคำนวณค่าการขยายตัวตามความหนา จากสูตร

$$SW (\%) = \frac{T_i - T_o}{T_o} \times 100 \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

- เมื่อ SW = การพองตัวตามความหนา (%)
- M_i = ความหนาหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)
- M_o = ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)

4.4.6 การทดสอบหาสมบัติด้านแรงดึงภายใน

เครื่องทดสอบแรงดึงภายในใช้ระบบไฮดรอลิกควอลเปิร์ตซึ่งสามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกจากกันภายในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที แผ่นดึงหล่อขึ้นรูปตามกำหนด โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

- นำแผ่นทดสอบแรงดึงยึดกับจุดยึดของเครื่องทดสอบ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นงานทดสอบออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 นาทีและไม่เกิน 120 วินาที
- วิธีการคำนวณหาค่าแรงดึงภายใน (Internal Born หรือ BI จากสูตร

$$IB = \frac{P \max}{At} \dots\dots\dots [4.4]$$

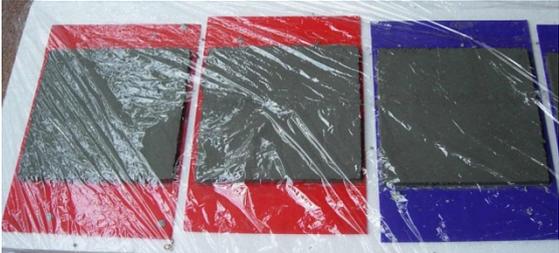
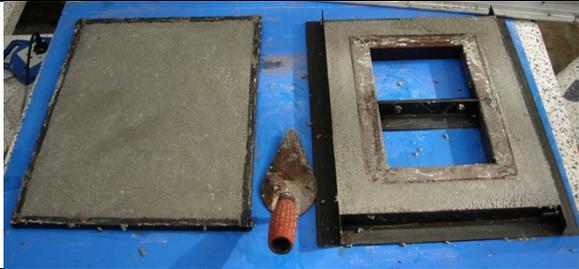
กำหนดให้ IB = แรงดึงดึงจากผิวหน้าเป็นเมกะพาสคัล
 P max = แรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาดเป็นกิโลกรัม
 At = พื้นที่ของชิ้นงานที่รับแรงดึงเป็นตารางมิลลิเมตร

4.5 เครื่องมือทดสอบ



ภาพที่ 4.5 แสดงเครื่องมือทดสอบวัสดุ

4.6 เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>สว่านไฟฟ้า</p> | <p>ภาชนะบรรจุ</p> |
|  |  |
| <p>เครื่องมือและวัสดุตกแต่ง</p> | <p>แบบหล่อโลหะ</p> |
|  |  |
| <p>การบ่มชื้นทดสอบ</p> | <p>แบบแม่พิมพ์หล่อแก้ว</p> |
|  |  |
| <p>แบบหล่อแบบแผ่นและแบบกรอบรูป</p> | <p>การเตรียมชื้นทดสอบ</p> |

ภาพที่ 4.6 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต