

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดเกี่ยวกับการปฏิบัติงานและการดำเนินการวิจัย
ในขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้งานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ โดยจำแนกเป็นหัวข้อดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
- 3.5 สถิติที่ใช้และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ วัตถุประสงค์จำนวน 7 ชนิด คือ

- 3.1.1.1 แกรนิตเหลือทิ้ง
- 3.1.1.2 ดินขาววังเหนือ
- 3.1.1.3 ดินขาวแจ้ห่ม
- 3.1.1.4 ดินขาวระนอง
- 3.1.1.5 ดินดำ
- 3.1.1.6 เฟลด์สปาร์
- 3.1.1.7 ซิลิกา

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ สัดส่วนวัตถุประสงค์จำนวน 7 ส่วนผสม ที่มีปริมาณ
หินผุ ดินขาว เฟลด์สปาร์ และซิลิกาแตกต่างกัน โดยเทคนิคการสุ่มแบบเจาะจง ด้วยวิธีคำนวณ
ทดแทน ร้อยละ 0, 50 และ 100 ระหว่างวัตถุประสงค์ 2 ชนิด จากสูตรเนื้อดินที่ใช้ในอุตสาหกรรมจริง

ตารางที่ 3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	สัดส่วน เนื้อดิน	แกรนิต เหลือทิ้ง (%)	ดินขาว วังเหนือ (%)	ดินขาว แจ้ห่ม (%)	ดินขาว ระนอง (%)	ดินดำ (%)	เฟลด์สปาร์ (%)	ซิลิกา (%)	รวม (%)
1	*KFSG0	0	12	24	8	9	15	32	100
2	KG50	22	6	12	4	9	15	32	100
3	KG100	44	0	0	0	9	15	32	100

ตารางที่ 3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย (ต่อ)

ลำดับ	เนื้อดิน	หินผุ	ดินขาว วังเหนือ	ดินขาว แจ้ห่ม	ดินขาว ระนอง	ดินดำ	เฟลด์สปาร์	ซิลิกา	รวม
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
4	FG50	7.5	12	24	8	9	7.5	32	100
5	FG100	15	12	24	8	9	0	32	100
6	SG50	16	12	24	8	9	15	16	100
7	SG100	32	12	24	8	9	15	0	100

หมายเหตุ : KFSG0 เป็นสัดส่วนวัตถุดิบที่ใช้จริงในอุตสาหกรรม

3.1.3 ตัวแปรที่ศึกษา

3.1.3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

- 1) สัดส่วนวัตถุดิบจำนวน 7 ส่วนผสม
- 2) อุณหภูมิในการเผาจำนวน 3 อุณหภูมิ คือ 1075, 1100 และ 1125

องศาเซลเซียส

3.1.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

- 1) สมบัติในการหล่อน้ำดิน
 - (1) ความหนาแน่น
 - (2) ความหนืด
 - (3) ความชื้น
- 2) สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินก่อนการเผา
 - (1) การหดตัวเมื่อแห้ง
- 3) สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินหลังการเผา
 - (1) การหดตัวหลังการเผา
 - (2) การดูดซึมน้ำ
 - (3) ความต้านทานแรงดัด
 - (4) การเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติก

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

3.2.1.1 วัตถุดิบจำนวน 7 ชนิด

3.2.1.2 โกร่งบดไฟฟ้า (Electric grinder)

3.2.1.3 เครื่องอัดผงวัสดุแบบไฮดรอลิกส์ (Hydraulics pressing machine)

3.2.1.4 เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์สเปกโตรมิเตอร์ (XRF spectrometer)

- 3.2.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการเตรียมแท่งทดสอบเนื้อดิน
- 3.2.2.1 บอลมิล (Ball mill)
 - 3.2.2.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าระบบดิจิทัล (Digital balance)
 - 3.2.2.3 น้ำกลั่น (Distillation water)
 - 3.2.2.4 มาตรวัดความหนืดแบบเกลเลนแคมป์ (Gallenkamp torsion viscometer)
 - 3.2.2.5 สารช่วยกระจายตัว ได้แก่ โซเดียมซิลิเกต (Sodium silicate) และโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate)
 - 3.2.2.6 บีกเกอร์ (Beaker)
 - 3.2.2.7 กระจกทรงวง (Cylinder)
 - 3.2.2.8 แม่พิมพ์แท่งทดสอบ (สัดส่วนน้ำต่อพลาสติกเท่ากับ 75:100)
 - 3.2.2.9 อุปกรณ์ยึดแม่พิมพ์
 - 3.2.2.10 นาฬิกาจับเวลา
 - 3.2.2.11 ตู้อบแห้งระบบลมร้อน (Hot air oven)
 - 3.2.2.12 เตาเผาอุณหภูมิสูงชนิดขดลวดไฟฟ้า (Electric kiln)
- 3.2.3 เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการทดสอบและวิเคราะห์สมบัติของเนื้อดิน
- 3.2.3.1 เกจเวอเนียร์ (Venire gage)
 - 3.2.3.2 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดัด (Tree point bending machine)

3.3 สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

- 3.3.1 สถานที่ที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3.1.1 ห้องปฏิบัติการทดลอง สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย
 - 3.3.1.2 ห้องปฏิบัติการทดสอบและวิเคราะห์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร
- 3.3.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 18 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือน มกราคม 2557 ถึงเดือน มิถุนายน 2558

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

3.4.1.1 ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ จำนวน 1 ชนิด 20 กรัม

3.4.1.2 บดย่อยวัตถุดิบด้วยโม่บดไฟฟ้า เวลาในการบด 30 นาที อัดผงวัตถุดิบเป็นแผ่นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร

3.4.1.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วย XRF

3.4.2 ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมแท่งทดสอบเนื้อดิน

3.4.2.1 ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ จำนวน 7 ชนิด ปริมาณรวม 3,000 กรัม ตามสัดส่วนในตารางที่ 3.1 จำนวน 7 สัดส่วน

3.4.2.2 เติมโซเดียมซิลิเกต 9 กรัม และโซเดียมคาร์บอเนต 3 กรัม

3.4.2.3 บดผสมวัตถุดิบกับน้ำ ปริมาณ 1,350 ลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยบอลมิล เวลาในการบดผสม 15 นาที กรองด้วยตะแกรงความละเอียดขนาด 100 เมช

3.4.2.4 ตรวจสอบสมบัติในการหล่อน้ำดิน

3.4.2.5 ขึ้นรูปแท่งทดสอบเป็นแท่งสี่เหลี่ยม ขนาดความกว้าง 25 มิลลิเมตร ความหนา 15 มิลลิเมตร และความยาว 250 มิลลิเมตร โดยวิธีหล่อน้ำดิน สัดส่วนละ 10 แท่ง ด้วยแม่พิมพ์พลาสติก เวลาที่ใช้ในการหล่อ 1 ชั่วโมง 30 นาที วัดขนาดแท่งทดสอบขณะเปียก และปล่อยให้แห้ง

3.4.3 ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

3.4.3.1 ทดสอบการหดตัวเมื่อแห้งตาม ASTM C326-09 โดยอบแท่งทดสอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส และวัดขนาดแท่งทดสอบเมื่อแห้ง จำนวน 10 แท่ง

3.4.3.2 ทดสอบการหดตัวหลังการเผาตาม ASTM C326-09 โดยเผาแท่งทดสอบที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเผา 4 ± 1 องศาเซลเซียสต่อนาที และวัดขนาดแท่งทดสอบหลังการเผา จำนวน 10 แท่ง

3.4.3.3 ทดสอบการดูดซึมน้ำตาม ASTM C373-88 โดยอบแท่งทดสอบหลังการเผาให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักแท่งทดสอบเมื่อแห้ง ต้มแท่งทดสอบที่อุณหภูมิ 150 ± 5 องศาเซลเซียส เวลาในการต้ม 5 ชั่วโมง และแช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักแท่งทดสอบหลังการต้ม จำนวน 10 แท่ง

3.4.3.4 ทดสอบความต้านทานแรงดัดตาม ASTM C674-88 โดยวัดขนาดความกว้างและความหนา ณ ตำแหน่งรับแรงของแท่งทดสอบหลังการเผา วางแท่งทดสอบลงระหว่างใบมีดรองรับ ระยะห่าง (Span width) 100 มิลลิเมตร กดแท่งทดสอบด้วยความเร็วการเคลื่อนที่ (Cross head speed) 1 มิลลิเมตร/นาที จนกระทั่งแท่งทดสอบหัก จำนวน 10 แท่ง

3.4.3.5 ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติก โดยวางแท่งทดสอบลงบนอุปกรณ์ทนไฟรองรับการตัดโค้ง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของแท่งทดสอบ ทำการเผาแท่งทดสอบที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเผา 4 ± 1 องศาเซลเซียสต่อนาที จากนั้นวัดระยะการตัดโค้งของแท่งทดสอบจากตำแหน่งกึ่งกลางของแท่งทดสอบถึงพื้นระนาบ จำนวน 10 แท่ง

3.4.4 ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

3.4.4.1 คำนวณค่าการหดตัวเมื่อแห้งตาม ASTM C326-09 จากความสัมพันธ์

$$S_d = \frac{L_p - L_d}{L_p} \times 100$$

เมื่อ S_d คือ ร้อยละของการหดตัวเมื่อแห้ง (Drying shrinkage%)

L_p คือ ความยาวขณะเปียกของแท่งทดสอบ (in หรือ mm)

L_d คือ ความยาวเมื่อแห้งของแท่งทดสอบ (in หรือ mm)

3.4.4.2 คำนวณค่าการหดตัวหลังการเผาตาม ASTM C326-09 จากความสัมพันธ์

$$S_t = \frac{L_p - L_f}{L_p} \times 100$$

เมื่อ S_t คือ ร้อยละของการหดตัวรวมหลังการเผา
(Total shrinkage%)

L_p คือ ความยาวขณะเปียกของแท่งทดสอบ (in หรือ mm)

L_f คือ ความยาวหลังการเผาของแท่งทดสอบ (in หรือ mm)

3.4.4.3 คำนวณค่าการดูดซึมน้ำตาม ASTM C373-88 จากความสัมพันธ์

$$A = \frac{M - D}{D} \times 100$$

เมื่อ A คือ ร้อยละของการดูดซึมน้ำ (Water absorption%)

D คือ น้ำหนักเมื่อแห้งของแท่งทดสอบ (lb หรือ g)

M คือ น้ำหนักอิ่มตัวด้วยน้ำของแท่งทดสอบหลังการเผา
(lb หรือ g)

3.4.4.4 คำนวณค่าความต้านทานแรงดัดตาม ASTM C674-88 จากความสัมพันธ์

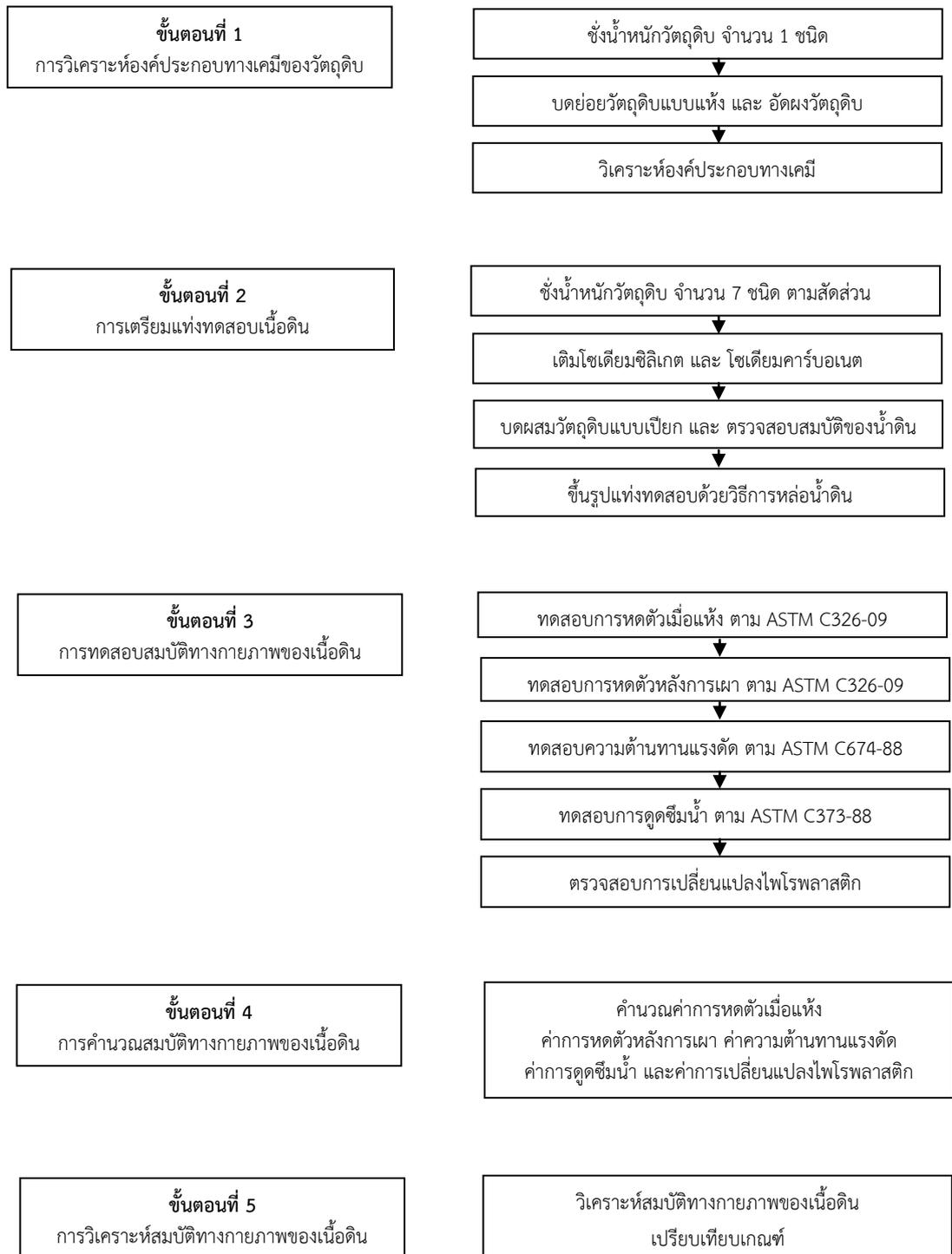
$$M = \frac{8PL}{\pi d^3}$$

เมื่อ M คือ โมดูลัสของการแตกหัก (psi หรือ MPa)

P คือ แรงกดขณะแตกหัก (lbf หรือ N)

L คือ ระยะห่างระหว่างโบริมรองรับ (in หรือ mm)

d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกลางแท่งทดสอบ (in หรือ mm)



ภาพประกอบที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.5 สถิติที่ใช้และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 สถิติที่ใช้

3.5.1.1 ค่าร้อยละ (Percentages) จากความสัมพันธ์ (สมจิต วัฒนาชยากุล, 2546 : 47)

$$\text{ค่าร้อยละ} = \left(\frac{\text{ส่วนหนึ่งของข้อมูล}}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}} \right) \times 100$$

3.5.1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) จากความสัมพันธ์ (ชาญณรงค์ สายแก้ว, 2553 : 4)

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$$

\bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย
 ΣX คือ ผลรวมของข้อมูล
 n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.5.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากความสัมพันธ์ (ชาญณรงค์ สายแก้ว, 2553 : 6)

$$SD = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X คือ ข้อมูล
 \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย
 n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.2.1 วิเคราะห์สมรรถนะทางกายภาพของเนื้อดินก่อนการเผาเปรียบเทียบเกณฑ์

1) การหัดตัวเมื่อแห้ง ไม่มีเกณฑ์กำหนด

3.5.2.2 วิเคราะห์สมรรถนะทางกายภาพของเนื้อดินหลังการเผาเปรียบเทียบเกณฑ์

1) เนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์ (มอก.601-2546)

(1) การหัดตัวหลังการเผา ไม่มีเกณฑ์กำหนด
 (2) การดูดซึมน้ำ ไม่เกิน ร้อยละ 8
 (3) ความต้านทานแรงตัด ไม่มีเกณฑ์กำหนด
 (4) การเปลี่ยนแปลงไฟโรพลาสติก ไม่มีเกณฑ์กำหนด

2) เนื้อดินสโตนแวร์ (มอก.602-2546)

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| (1) การหดตัวหลังการเผา | ไม่มีเกณฑ์กำหนด |
| (2) การดูดซึมน้ำ | ไม่เกิน ร้อยละ 3 |
| (3) ความต้านทานแรงดัด | ไม่มีเกณฑ์กำหนด |
| (4) การเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติก | ไม่มีเกณฑ์กำหนด |

3) เนื้อดินพอร์ซเลน (มอก.564-2546)

- | | |
|-------------------------------|--------------------|
| (1) การหดตัวหลังการเผา | ไม่มีเกณฑ์กำหนด |
| (2) การดูดซึมน้ำ | ไม่เกิน ร้อยละ 0.2 |
| (3) ความต้านทานแรงดัด | ไม่มีเกณฑ์กำหนด |
| (4) การเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติก | ไม่มีเกณฑ์กำหนด |

3.5.2.3 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางการคำนวณ
(Microsoft Office Excel/Data analysis)

3.5.2.4 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาด้วยการบรรยายเปรียบเทียบ