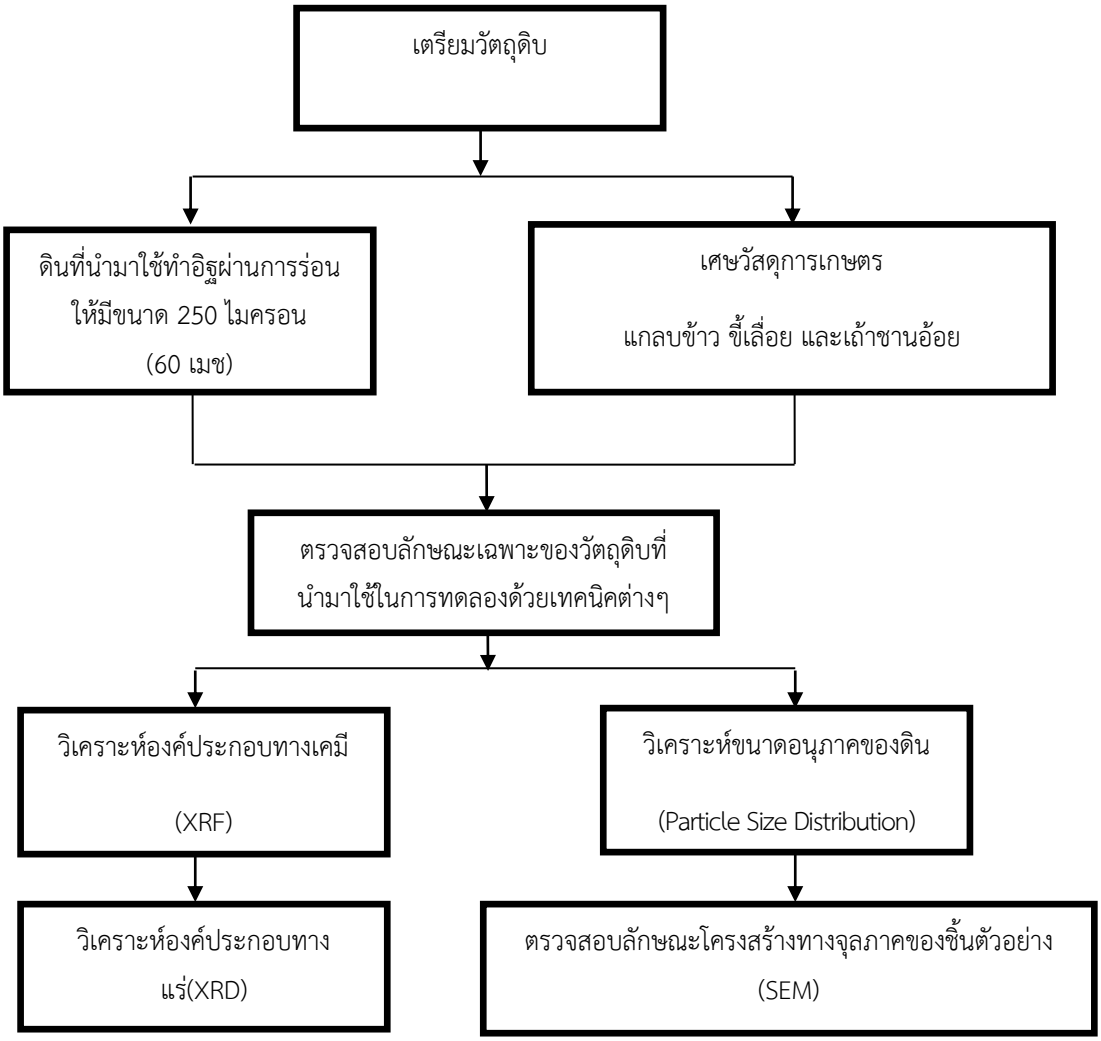
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการทดลอง

ในบทนี้จะได้อธิบายวิธีการและขั้นตอนในการทดลอง โดยจะศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกล ค่าการนำความร้อนของตัวอย่างชิ้นทดสอบ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเศษวัสดุ เช่น แกลบข้าว ขี้เลื่อย และเถ้าชานอ้อย นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐดังรายละเอียดดังนี้

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ดินที่ใช้นำมาศึกษาในครั้งนี้ได้จากแหล่งของการผลิตอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม วัตถุดิบที่นำมาจะทำการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี (Chemical compositions) โดยใช้เทคนิค X-ray fluorescence, XRF องค์ประกอบทางแร่ (Mineral compositions) โดยใช้เทคนิค X-ray diffractometer, XRD ตรวจสอบขนาดอนุภาคของดิน (Particle size distribution) ซึ่งวิธีการทดลองแสดงดังแผนภาพที่ 3.1



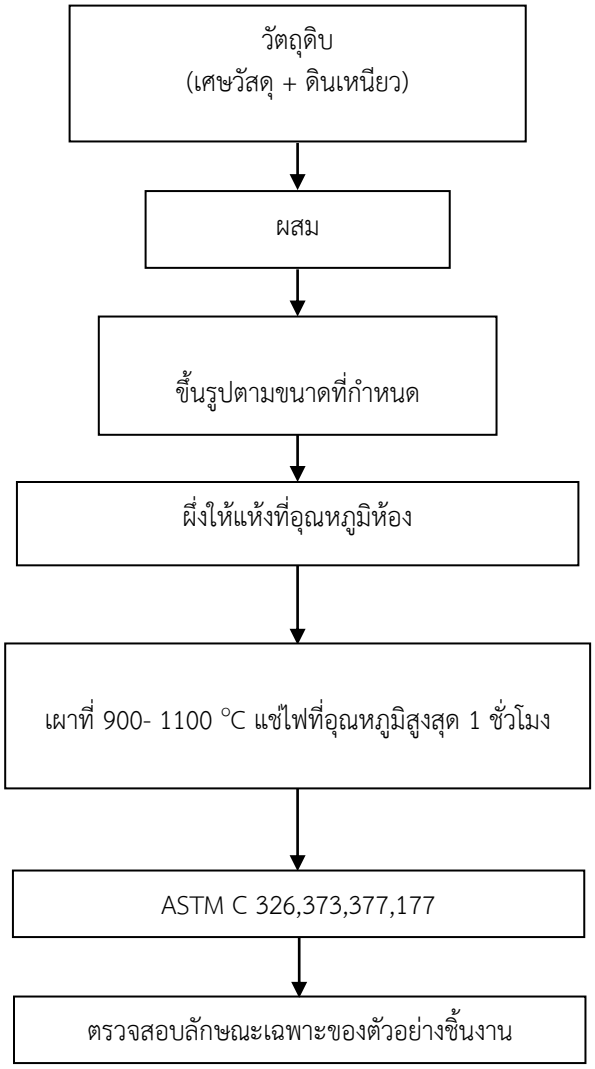
ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.2 การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

ในการทดลองนี้ได้นำเศษวัสดุที่ผ่านการบดบดละเอียดมาใช้ผสมในการขึ้นรูปอิฐด้วยอัตราส่วนแตกต่างกันออกไปคือ 0%, 2.5%, 5.0%, 7.5% และ 10% โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 3.1 วิธีการขึ้นรูปอ้างอิงจากการผลิตแบบชาวบ้านเป็นการอัดดินลงในแบบที่มีขนาด 140 x 65 x 40 มิลลิเมตร หลังการขึ้นรูปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างของอิฐไปเผาด้วยเตาแบบปิดที่อุณหภูมิ 900-1100 องศาเซลเซียส แช่ไฟไว้ที่อุณหภูมิสูงสุดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้อง และตรวจสอบลักษณะของชิ้นตัวอย่างอิฐ ทางด้านสมบัติทางกายภาพ เช่น การหดตัวหลังหารเผา ตามมาตรฐาน ASTM C 326-09 (2014) สมบัติเชิงกลได้แก่ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ ความพรุนตัวปรากฏ ASTM C 373-14a (2014) ค่าความแข็งแรง ตามมาตรฐาน ASTM C 773-88 (2011) และสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน (Thermal conductivity) ASTM C177-97 ตามลำดับ แผนการดำเนินการทดลองดังแสดงตามแผนภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง (โดยน้ำหนัก) เตรียมดิน และเศษวัสดุ คือ แกลบข้าว ขี้เลื่อย และเถ้าชานอ้อย โดยอัตราส่วนผสมของดินต่อเศษวัสดุดังตาราง (การทดลองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มจากการใช้ แกลบข้าว ขี้เลื่อย และเถ้าชานอ้อย)

ตัวอย่าง	ดิน (%)	เศษวัสดุทั้ง 3 ชนิด (%)
1	100	0
2	97.5	2.5
3	95	5
4	92.5	7.5
5	30	10



ภาพที่ 3.2 แสดงวิธีการทดลองและการตรวจสอบลักษณะของชิ้นตัวอย่างอิฐ

3.3 ตรวจสอบลักษณะเฉพาะของวัสดุ

3.3.1 ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี

3.3.3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence (XRF: Mesa-500W, Horiba, Japan).

3.3.2 ตรวจสอบองค์ประกอบทางแร่

3.3.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่และความเป็นผลึกเป็นวัตถุดิบด้วยเทคนิค X-ray Diffraction Technique (XRD: X' Pert Pro MPD, Philips, Netherlands).

3.3.3 วิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดิน

3.3.3.1 วิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินด้วยเทคนิค Particle size analyzer (Mastersizer 2000+Hydro 2000 MU, Malvern Instruments Limited, UK)

3.3.4 ทดสอบสมบัติทางกายภาพ

3.3.4.1 การหดตัวหลังการเผา (Fired shrinkage) ของชิ้นตัวอย่างหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900-1100 °C. ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

- วัดความยาวของอิฐหรือชิ้นทดสอบ หลังทำการอบแห้ง เป็นค่าความยาวหลังการแห้ง (ซม.)
- วัดความยาวของอิฐหรือชิ้นทดสอบ หลังทำการเผา เป็นค่าความยาวหลังการเผา (ซม.)
- คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังการเผาตาม สมการ

$$\%\ \text{การหดตัวหลังการเผา} = \frac{\text{ความยาวหลังการอบแห้ง} - \text{ความยาวกลังการเผา}}{\text{ความยาวหลังการอบแห้ง}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.3.4.2 การหาค่าความพรุนตัว (Porosity) เป็นการเปรียบเทียบปริมาตรของรูพรุนกับปริมาตรหรือน้ำหนักของชิ้นทดสอบ สมการที่ใช้หาความพรุนตัวปรากฏ (Apparent porosity) คือ อัตราส่วนของปริมาตร รูพรุนเปิด (Open pores volume) ต่อ ปริมาตรทั้งหมด (Total volume) ดังจะหาได้จากสมการ

$$\% \, Porosity = \frac{W - D}{W - S} \times 100 \quad (3.2)$$

โดยที่ W – D = น้ำหนักของน้ำที่อยู่ในเนื้ออิฐ (กรัม)

= (มวลอิฐ + มวลน้ำ) – (มวลอิฐ) = มวลน้ำ

W – S = (มวลอิฐ + มวลน้ำ) – (มวลอิฐ + มวลน้ำ – แรงลอยตัวของอิฐ)

= แรงรอยตัวของอิฐ

3.3.4.3 การหาค่าการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ค่าการดูดซึมน้ำเป็นสมบัติทางกายภาพอีกอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญ เพราะต้องมีค่าอยู่ในพิสัยที่เหมาะสมเพื่อให้การนำอิฐไปใช้งานได้ดี ดังนั้นค่าการดูดซึมน้ำของอิฐจึงต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ โดยกาหาค่าการดูดซึมน้ำหาได้จากสมการคือ

$$\% \, Water \, absorption = \frac{W - D}{D} \times 100 \quad (3.3)$$

โดยที่ W – D = น้ำหนักของน้ำที่อยู่ในเนื้ออิฐ (กรัม)

D = น้ำหนักเนื้ออิฐแห้ง (กรัม)

3.3.4.4 การหาค่าความหนาแน่น (Bulk density) ความหนาแน่นของอิฐเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่มีความสำคัญต่อการเลือกใช้อิฐพอสมควรเนื่องจากต้องคำนึงถึงภาระของโครงสร้างของสิ่งก่อสร้าง ซึ่งค่าความหนาแน่นหาได้สมการดังนี้

$$Density = \frac{D}{W - S}\ (g/cm^3) \qquad (3.4)$$

โดยที่ Density = ความหนาแน่นทั้งก้อนของอิฐ (g/cm^3)

D = น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)

W – S = (มวลอิฐ + มวลน้ำ) – (มวลอิฐ + มวลน้ำ – แรงลอยตัวของอิฐ)

= แรงลอยตัวของอิฐ ซึ่งเท่ากับปริมาตรของอิฐ

3.3.4.5 การหาค่าความหนาแน่นปรากฏของของแข็ง (Apparent density) วัสดุที่มีรูพรุน (Porous solid) จะมีหลายวิธีที่จะแสดงถึงปริมาตร และค่านี้จะต้องหาได้ก่อนที่จะหาค่าความหนาแน่น (Density) ที่ถูกต้องและแม่นยำ (ปริมาตรจะแสดงเป็นปริมาตรก่อนบดและปริมาตรหลังบด) ซึ่งจะหาได้จากสมการ

เมื่อ S – I = ปริมาตรของรูพรุนเปิด + ปริมาตรรูพรุนปิด + ปริมาตรของของแข็ง

S – D = ปริมาตรรูพรุนปิด

D – I = ปริมาตรรูพรุนปิด + ปริมาตรของของแข็ง

ความหนาแน่นปรากฏของของแข็งคือ

$$Apparent\ density = \frac{D}{D - I}\ (g/cm^3) \qquad (3.5)$$

โดยที่ D = น้ำหนักของชิ้นงานที่แห้ง (กรัม)

S = น้ำหนักของชิ้นงานที่ Soaked (กรัม)

I = น้ำหนักของชิ้นงานที่ immersed (กรัม)

3.3.5 การทดสอบสมบัติเชิงกล

3.3.5.1 การทดสอบค่าความต้านทานความเค้นอัด (Compressive strength) การตรวจสอบค่าความต้านทานความเค้นอัดของอิฐ เป็นการตรวจสอบค่าความแข็งแรงของอิฐประการหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบคุณสมบัติความต้านทานความเค้นอัดของอิฐนั้นจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ โดยการทดสอบหาค่าต้านทานความเค้นอัดหาได้จากสมการดังนี้

$$C = \frac{P}{A}\ (MPa) \qquad (3.6)$$

โดยที่ C = ความต้านทานความเค้นอัด (MPa)

P = น้ำหนักประลัย (N)

A = พื้นที่หน้าตัดของอิฐที่รับแรงอัด (mm^2)

3.3.6 การทดสอบสมบัติค่าการนำความร้อน

3.3.6.1 Thermal conductivity คือ ค่าการนำความร้อน หรือสัมปะสิทธิ์การนำความร้อน เป็นสมบัติเชิงความร้อน (Thermal croperties) ของวัสดุ ที่บ่งถึงอัตราเร็วของการส่งผ่านพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน (Conduction) ของสารต่างๆ ซึ่งเป็นการส่งผ่านความร้อนภายในโมเลกุลของสาร จากโมเลกุลที่มีระดับพลังงานสูงกว่า ไปยังระดับที่ต่ำกว่า

นิยาม
สัมปะสิทธิ์การนำความร้อน ได้มาจากค่า ปริมาณความร้อน Q ที่ถ่ายเทภายในเวลา t ผ่านที่หนา x และมีพื้นที่หน้าตัด A
โดยการทดสอบค่าการนำความร้อนหาได้จากสมการดังนี้

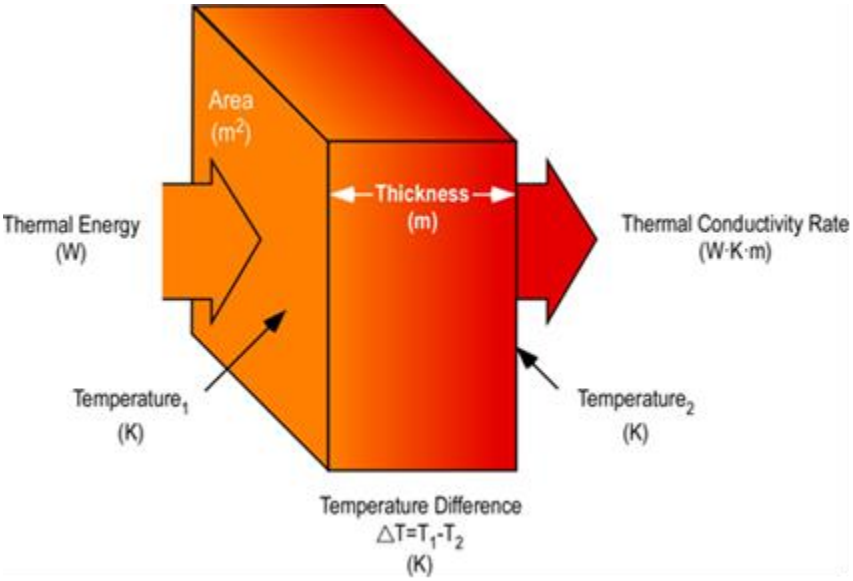
$$\frac{dq}{dA} = k\frac{dT}{dx} \qquad (3.7)$$

โดย q คือปริมาณความร้อนที่ไหลตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด (W)

A คือพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ (m^2)

dT/dx คือความแตกต่างอุณหภูมิตามระยะทาง *d*T (K), *d*x (m)

k คือค่าการนำความร้อน (W/m.K)



3.3.5.2 ทดสอบลักษณะฉะเพราะของอิฐหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้

1. ตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของอิฐหลังการเผาเพื่อดูความพรุนที่พบในเนื้ออิฐ

จุดมุ่งหมายของการทดลองในครั้งนี้เพื่อต้องการศึกษาและทดสอบคุณสมบัติของวัสดุดังนี้ ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ทางแร่ ขนาดอนุภาค นอกจากนั้นยังทดสอบสมบัติเชิงกายภาพและสมบัติเชิงกล ตามมาตรฐาน ASTM C326-09, ASTM C177-97, ASTM C373-88, ASTM C773-88, ตามลำดับ เพื่อให้ได้ชิ้นทดสอบที่มีสมบัติตามที่ต้องการ