

### บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน

#### 3.1 แผนการดำเนินงาน

- 1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตเปลือกมวลเบาแบบมีฟองอากาศ (แบบไม่อบไอน้ำ)
- 2) เตรียมอัตราส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาตามที่กำหนด โดยมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ เถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษยิปซัม ผงอะลูมิเนียม ททราย น้ำ สารกักกระจายฟองอากาศ เป็นสำคัญ นำมาหล่อเป็นก้อนมอร์ต้าทรงลูกบาศก์มาตรฐาน ใช้วิทยาการด้านคอนกรีตเทคโนโลยีเพื่อทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต โดยมีสารกักกระจายฟองอากาศเป็นตัวช่วย แล้วทำการบ่มขึ้นเป็นเวลา 7 วัน และ 28 วัน ในแต่ละส่วนผสมดังตารางที่ 3.1
- 3) นำก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่หล่อเตรียมไว้ นำมาตรวจสอบดูสภาพความคงตัวทดสอบหาค่าความหนาแน่นและทดสอบค่ากำลังอัดประลัยที่อายุบ่มต่างๆ
- 4) เมื่อได้ทดสอบอัตราส่วนทั้งหมดแล้ว จึงเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจำนวน 1 อัตราส่วน นำมาออกแบบส่วนผสมมอร์ต้าระหว่างปูนซีเมนต์กับผงอะลูมิเนียม ดังตาราง 3.3
- 5) บ่มที่ตัวอย่างมอร์ต้าระหว่างปูนซีเมนต์กับผงอะลูมิเนียมที่อายุ 28 วัน
- 6) นำก้อนตัวอย่างมอร์ต้าระหว่างปูนซีเมนต์กับผงอะลูมิเนียมที่หล่อเตรียมไว้ นำมาตรวจสอบดูสภาพความคงตัวทดสอบหาค่าความหนาแน่นและทดสอบค่ากำลังอัดประลัยที่อายุบ่มต่างๆ
- 7) เมื่อได้ทดสอบอัตราส่วนมอร์ต้าระหว่างปูนซีเมนต์กับผงอะลูมิเนียมทั้งหมดแล้ว จึงเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจำนวน 1 อัตราส่วน นำมาออกแบบส่วนผสมมอร์ต้าระหว่างปูนซีเมนต์กับกากอุตสาหกรรม ดังตาราง 3.2
- 8) บ่มที่ตัวอย่างมอร์ต้าระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษที่อายุ 28 วัน
- 9) นำก้อนตัวอย่างมอร์ต้าระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษที่หล่อเตรียมไว้ นำมาตรวจสอบดูสภาพความคงตัวทดสอบหาค่าความหนาแน่นและทดสอบค่ากำลังอัดประลัยที่อายุบ่มต่างๆ
- 10) เมื่อได้ทดสอบอัตราส่วนทั้งหมดแล้ว จึงเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจำนวน 1 อัตราเทลงในแบบขนาด 7.5x 15 x15 ซม. ที่เตรียมไว้

- 11) นำตัวอย่างขนาด 7.5x 15 x15 ซม. ที่เตรียมไว้ส่งทดสอบค่าการทนไฟตามมาตรฐาน มยผ. 8205 - 51
- 12) ทดตัวอย่างส่วนผสมที่เฝ้าจากเตาเผาจากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ ปูนซีเมนต์ และ เฝ้าจากเตาเผาจากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ
- 13) นำตัวอย่างอัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ ปูนซีเมนต์ และ เฝ้าจากเตาเผาจากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษส่งทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
- 14) เมื่อได้ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์นำค่า (K) 10%เฝ้าจากเตาเผาจากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษมาคำนวณค่า OTTV ของการเสริมบล็อกแก้วที่ร้อยละ 0, 25, 50, 75, และ 100 โดยปริมาตร
- 15) วิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้โดยใช้หลักทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดขึ้น พิจารณาคูณสมบัติต่างๆ โดยเฉลี่ยของบล็อกคอนกรีตมวลเบาและบล็อกแก้ว เทียบกับค่าเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป หาค่าผันแปร จัดทำบทสรุปและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมแนวทางในการวิจัยเพิ่มเติม

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของมอร์ต้าร์

ลำดับ	สัญลักษณ์	ปูนซีเมนต์	ทราย	กากอุตสาหกรรม	ยิปซัม	ผง อะลูมิเนียม	น้ำ
1	Mix 1	30%	50%	18%	0%	2%	0.8
2	Mix 2	35%	50%	15%	0%	2%	0.8
3	Mix 3	30%	40%	28%	0%	2%	0.8
4	Mix 4	35%	50%	24%	0%	1%	0.8
5	Mix 5	30%	50%	9%	9%	2%	0.8
6	Mix 6	30%	50%	13%	5%	2%	0.8
7	Mix 7	30%	50%	10%	9.75%	0.25%	0.8
8	Mix 8	30%	50%	10%	9.50%	0.50%	0.8
9	Mix 9	30%	50%	10%	9.25%	0.75%	0.8

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมของมอร์ต้าร์ระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้าจากเตาเผากากอุตสาหกรรมผลิต  
กระดาษ

ลำดับ	สัญลักษณ์	ปูนซีเมนต์	ทราย	กากอุตสาหกรรม	ยิปซัม	ผง อะลูมิเนียม	น้ำ
1	Mix LL1	40%	50%	0%	9%	1%	0.8
2	Mix LL2	35%	50%	5%	9%	1%	0.8
3	Mix LL3	30%	50%	10%	9%	1%	0.8
4	Mix LL4	25%	50%	15%	9%	1%	0.8
5	Mix LL5	30.25%	50%	10%	9%	0.75%	0.8
6	Mix LL6	35.25%	50%	15%	9%	0.75%	0.8

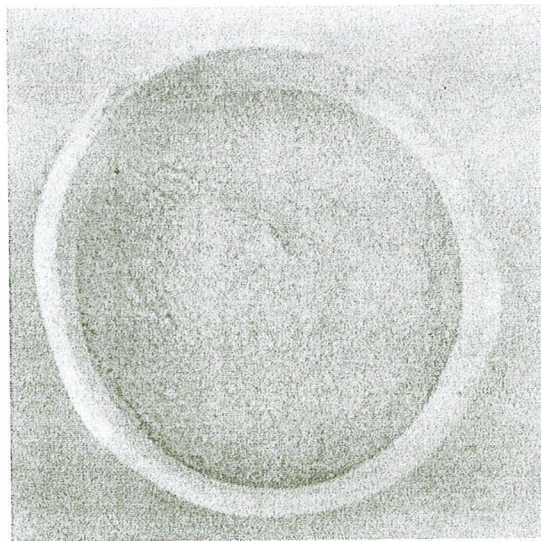
ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนผสมของมอร์ต้าระหว่างปูนซีเมนต์กับผงอะลูมิเนียม

ลำดับ	สัญลักษณ์	ปูนซีเมนต์	ทราย	กากอุตสาหกรรม	ยิปซัม	ผงอะลูมิเนียม	น้ำ
1	Mix AL1	32%	50%	9%	9%	0%	1
2	Mix AL2	31.5%	50%	9%	9%	0.5%	1
3	Mix AL3	31%	50%	9%	9%	1%	1
4	Mix AL4	30.5%	50%	9%	9%	1.5%	1
5	Mix AL5	30%	50%	9%	9%	2%	1

### 3.2 เครื่องมือ

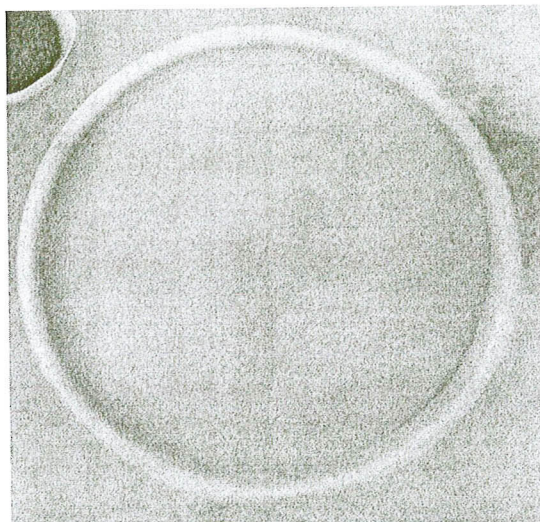
#### 3.2.1) วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1



รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

- 2) ทราขหายบร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30



รูปที่ 3.2 ทราขหายบร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30

- 3) เถ้าจากเตาเผาากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ



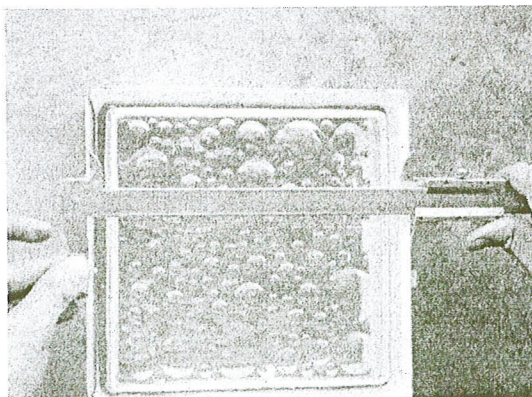
รูปที่ 3.3 เถ้าจากเตาเผาากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ

## 4) ผงอะลูมิเนียม



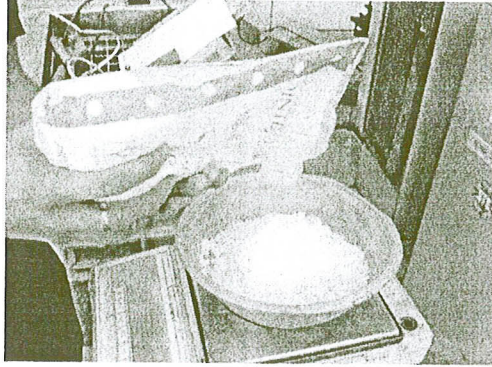
รูปที่ 3.4 ผงอะลูมิเนียม

## 5) บล็อกแก้ว ขนาด 19x19x7.5 ซม.



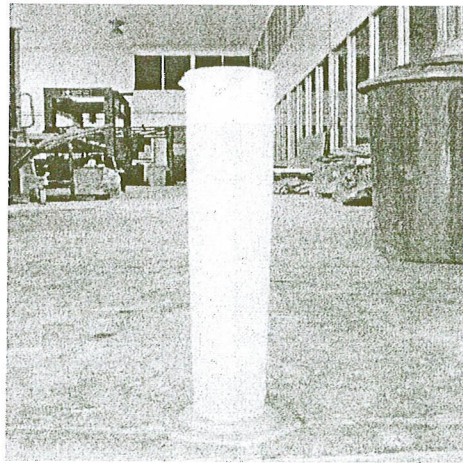
รูปที่ 3.5 บล็อกแก้ว ขนาด 19x19x7.5 ซม.

## 6) ผงยิปซัม



รูปที่ 3.6 ผงยิปซัม

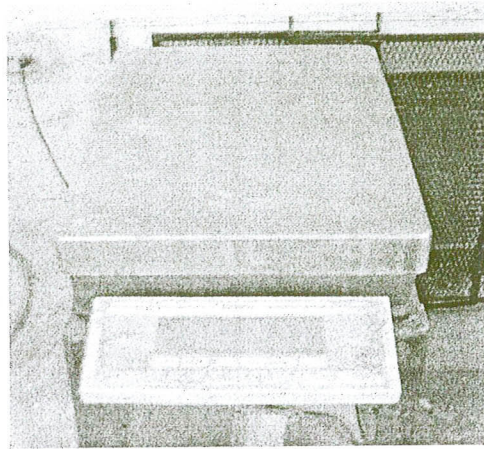
## 7) น้ำประปา



รูปที่ 3.7 น้ำประปา

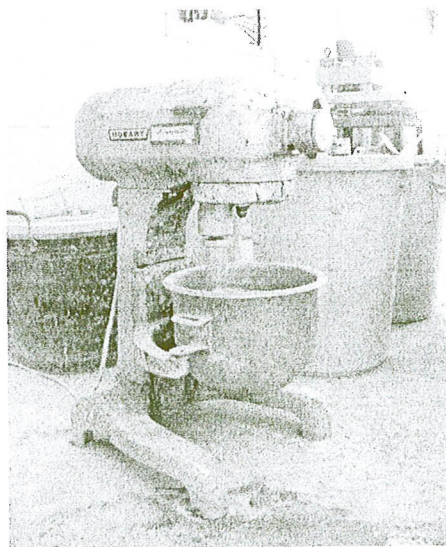
### 3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

#### 1) ตาชั่ง



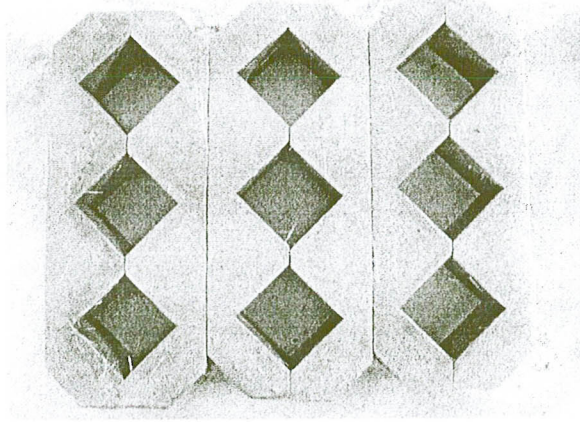
รูปที่ 3.8 ตาชั่ง

#### 2) เครื่องผสมบด

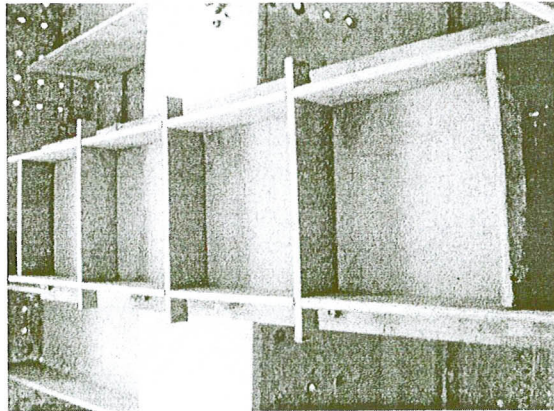


รูปที่ 3.9 เครื่องผสมบด

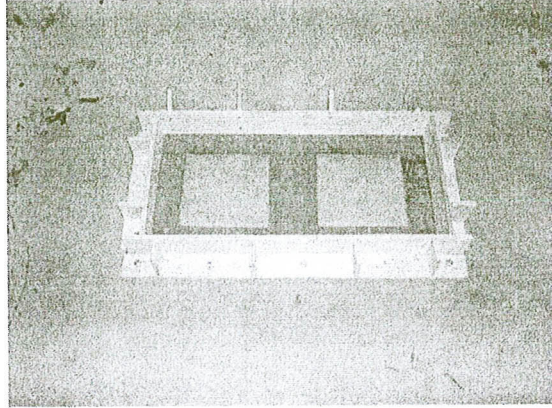
- 3) แบบหล่อขนาด 5x5x5 ซม. , 7.5x15x15 ซม. และ 7.5x30x30 ซม.



รูปที่ 3.10 แบบหล่อขนาด 5x5x5 ซม.

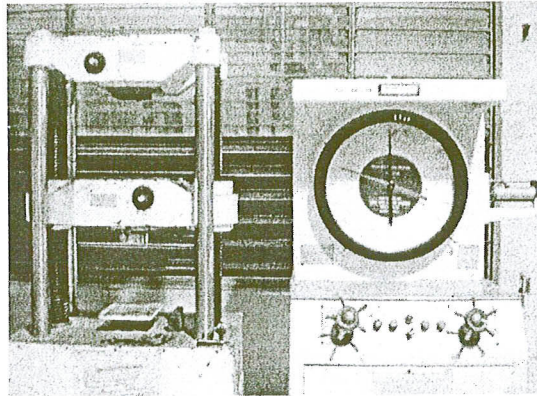


รูปที่ 3.11 แบบหล่อขนาด 7.5x 15 x15 ซม.



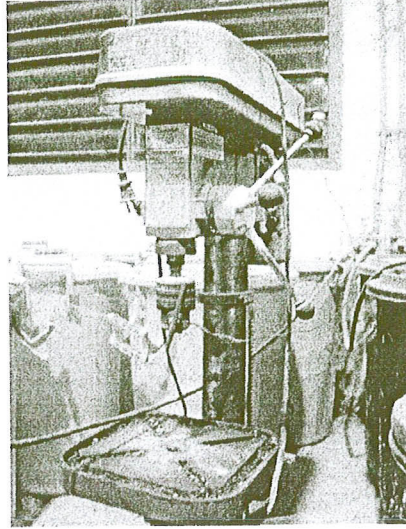
รูปที่ 3.12 แบบหล่อขนาด 7.5x30x30 ซม.(2ก้อน)

4) เครื่องทดสอบกำลังอัด



รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบกำลังอัด

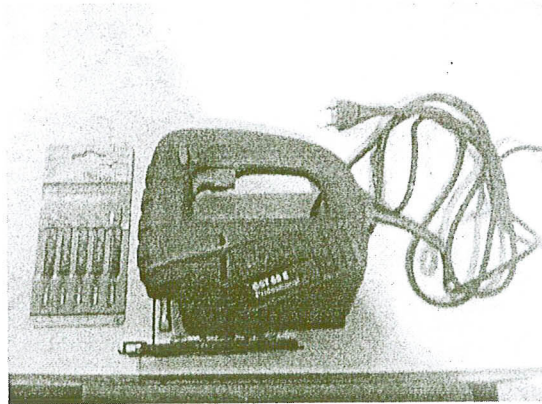
## 5) เครื่องสว่านแท่น



รูปที่ 3.14 เครื่องสว่านแท่น

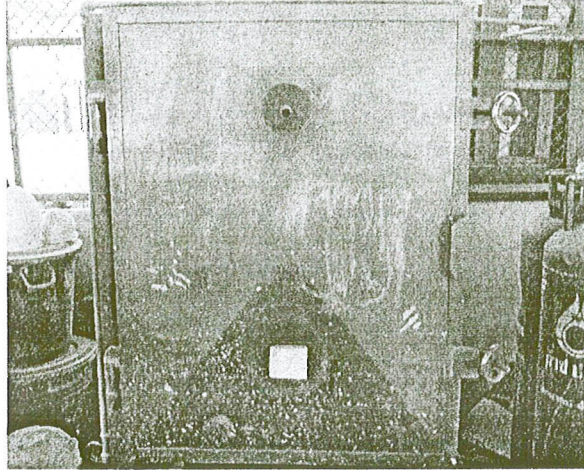


## 6) เครื่องเลื่อยฉลุไฟฟ้า (จิ๊กซอว์)



รูปที่ 3.15 เครื่องเลื่อยฉลุไฟฟ้า (จิ๊กซอว์)

## 7) เตาเผาชนิดเตาแก๊ส



รูปที่ 3.16 เตาเผาชนิดเตาแก๊ส

## 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

## 3.3.1 การเตรียมตัวอย่างมอดาร์

- 1) ทำการผสมส่วนผสมปูนซีเมนต์ ทราย กากอุตสาหกรรม ยิปซัม ผงอะลูมิเนียม เข้าด้วยกัน
- 2) เติมน้ำลงในส่วนผสม ผสมให้เข้ากัน
- 3) เทส่วนผสมลงในแบบรอกจนครบ 24 ชม. จึงแกะตัวอย่างออกจากแบบ
- 4) นำก้อนตัวอย่างไปบ่มเป็นเวลา 7, 14 และ 28 วัน
- 5) เมื่อบ่มได้เวลาที่ต้องการจึงนำก้อนตัวอย่างมาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ที่กำหนดไว้

## 3.3.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อส่งทดสอบความทนไฟและทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(K)

- 1) ทำการผสมส่วนผสมปูนซีเมนต์ ทราย กากอุตสาหกรรม ยิปซัม ผงอะลูมิเนียม เข้าด้วยกัน
- 2) เติมน้ำลงในส่วนผสม ผสมให้เข้ากัน
- 3) เทส่วนผสมลงในแบบขนาด 15x15x7.5 cm. รอกจนครบ 24 ชม. จึงแกะตัวอย่างออกจากแบบ

4) เมื่อบ่มได้เวลาที่ต้องการจึงนำก้อนตัวอย่างไปส่งทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ที่กำหนดไว้

### 3.3.3 การเตรียมสารตัวอย่าง

สารตัวอย่างที่ใช้ในการวัดด้วยเทคนิค XRFS มีอยู่ 3 ประเภทด้วยกันคือ

1) สารตัวอย่างที่เป็นผง (Powder Samples) ต้อง Homogeneous ให้เป็นเนื้อเดียวกันขนาดของอนุภาคประมาณ 20 ไมโครเมตร สารตัวอย่างประเภทนี้สามารถใช้ Surface Probe ในการวัดได้

2) สารตัวอย่างที่เป็นของเหลว (Liquid Samples) สารตัวอย่างประเภทนี้ง่ายต่อการวัด โดยการใช้ Sample Cups

3) สารตัวอย่างที่เป็นของแข็ง (Solid Samples) สารตัวอย่างประเภทนี้สามารถทำการวัดด้วย Sample Probe โดยตรงได้

## 3.4 วิธีการทดสอบ

### 3.4.1 การทดสอบหาความหนาแน่นเชิงปริมาตร

#### 1) เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร
- เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม
- ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 105 องศาเซลเซียส +/-5 องศาเซลเซียส

เซียส

#### 2) วิธีการทดสอบ

- ตัดชิ้นทดสอบที่กึ่งกลางความยาวของตัวอย่าง 50×50×50 มิลลิเมตร โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 1$  มิลลิเมตร
- วัดปริมาตรและมวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

#### 3) การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งของชิ้นทดสอบแต่ละค่าและค่าเฉลี่ยจากสูตรดังสมการที่ (3.1)

$$\text{ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง} = \frac{\text{มวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบ}}{\text{ปริมาตรชิ้นทดสอบ}} \quad (3.1)$$

### 3.4.2 การทดสอบหากล้างด้านทานแรงอัด

#### 1) เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม
- เครื่องกดที่อ่านค่าได้ละเอียดถึง 1 นิวตัน และสามารถควบคุมอัตราการเพิ่มแรงอัดได้ 0.05 ถึง 0.2 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที
- ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 105 องศาเซลเซียส  $\pm$  5 องศาเซลเซียส และควบคุมอุณหภูมิให้ไม่เกิน 75 องศาเซลเซียส สำหรับการอบหาปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์ร้อยละ  $10 \pm$  ร้อยละ 2

#### 2) วิธีการทดสอบ

- ตัดชิ้นทดสอบที่ตำแหน่งตอนบนตอนกลางและตอนล่างของก้อนบล็อกรูปขนาด  $50 \times 50 \times 50$  มิลลิเมตร โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 1$  มิลลิเมตร ทำเครื่องหมายแสดงด้านความยาวของตัวอย่างทำการทดสอบเมื่อชิ้นทดสอบมีปริมาณความชื้นร้อยละ  $10 \pm 2$
- ให้กดชิ้นทดสอบตามที่ระบุไว้ใน มอก. 109 โดยใช้อัตราการเพิ่มแรงอัดตามตารางที่ 3.4 ในแนวตั้งฉากกับด้านยาวของชิ้นทดสอบจนได้ค่าแรงอัดสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตกเสียหาย

#### 3) การรายงานผล

รายงานค่าความต้านทานแรงอัดของชิ้นทดสอบและค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 3.4 อัตราการเพิ่มแรงอัด

ชั้นคุณภาพ	อัตราการเพิ่มแรงอัด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที)
2	0.05
4	0.1
6	0.15
8	0.2

### 3.4.3 การทดสอบความทนไฟ

#### 1) เครื่องมือและอุปกรณ์

- เต้าเผาชนิดแก๊ส
- ตัววัดอุณหภูมิ

#### 2) วิธีการทดสอบ

- นำชิ้นตัวอย่างเข้าวางในเต้าเผาชนิดเต้าแก๊ส
- ก่อนที่จะนำไปเผาในเต้าต้องเผาชิ้นตัวอย่างก่อนซึ่งเป็นการไล่ความชื้นในแท่งทดสอบเพื่อป้องกันการระเบิดของตัวอย่างทดสอบ
  - หลังจากนั้นจึงค่อยนำไปเผาในเต้าเผาโดยให้อุณหภูมิอิสระและบันทึกค่าอุณหภูมิที่วัดได้ ทุกช่วง 5 นาที หรือน้อยกว่า สำหรับช่วงการทดสอบ 120 นาทีแรก และ ทุกช่วง 10 นาที หรือน้อยกว่า สำหรับช่วงการทดสอบหลังจาก 120 นาทีแรกทดสอบทั้งหมด 4 ชั่วโมง

#### 3) การรายงานผล

สรุปตามมาตรฐาน มขพ. 8205 - 51

### 3.4.4 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(K)

#### 1) เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(K)

#### 2) วิธีการทดสอบ

- วัดขนาดชิ้นส่วนตัวอย่าง
- นำชิ้นงานตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(K) โดยให้อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส
  - นำค่าที่ได้เข้าโปรแกรม OTTV เพื่อสรุปผลที่ได้

#### 3) การรายงานผล

รายงานค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(K)ของชิ้นทดสอบและค่าเฉลี่ย

### 3.4.5 การทดสอบค่า X-ray Florescent

#### 1) เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่อง X-rays Source ซึ่งการเลือกใช้ Source ว่าธาตุที่จะ วิเคราะห์อยู่ใน Range ของ Source ไດ

#### 2) วิธีการวัดปริมาณรังสีเอ็กซ์

ในการวัด X-rays Fluorescence Intensity ที่เกิดจากธาตุที่ทำการวิเคราะห์ด้วย

ดีเทคเตอร์ ผลที่ได้ จากการวัดจะเป็น Count-Rate (CPM หรือ CPS) ซึ่งจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับ ความเข้มข้นของธาตุนั้นในตัวอย่าง การวัด ความเข้มของรังสีเอ็กซ์นี้จัดว่าเป็นการวัดแบบสุ่ม (Random) ดังนั้นความผิดพลาดของค่าที่วัด ได้ขึ้นอยู่กับ Count-Rate เพื่อลด ความผิดพลาด ให้ เหลือน้อยที่สุด ควรจะต้องนำเอาหลักการทางสถิติเข้าไปใช้ในการวัดรังสีด้วย เรียกความสัมพันธ์นี้ ว่า สถิติกับ การวัด รังสีเอ็กซ์ (Counting Statistics)