

## บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการต่าง ๆ ในการทำวิจัย โดยหัวข้อ 3.1 จะกล่าวถึงวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ หัวข้อ 3.2 จะกล่าวถึงส่วนผสมของวัสดุซีเมนต์เยื่อกระดาษ ในส่วนของลักษณะและขนาดของตัวอย่างจะพูดถึงไว้ในหัวข้อ 3.3 ส่วนของการเตรียมตัวอย่างจะพูดถึงในหัวข้อ 3.4 และการทดสอบตัวอย่างจะพูดถึงในหัวข้อ 3.5

### 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

#### 3.1.1 ปูนซีเมนต์ (Cement)

ปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ที่มีการผลิตขึ้นโดยมีสมบัติตามกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ [12] มอก.15-2514/2517 ประเภทที่ 1 และมาตรฐาน ASTM (150-71 Type I)

#### 3.1.2 น้ำ (Water)

น้ำที่ใช้ในการผสมเป็นน้ำประปาที่สะอาด

#### 3.1.3 เยื่อกระดาษ

เยื่อกระดาษที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้มาจากเศษกระดาษเหลือใช้จากสำนักงาน โดยนำกระดาษมาแช่น้ำนาน 25 วัน แล้วนำมาปั่นให้เยื่อกระดาษแตกตัวออกจากกัน โดยมีรายละเอียด การเตรียมเยื่อกระดาษอธิบายไว้ในหัวข้อ 3.4.1

### 3.2 ส่วนผสม

ส่วนผสมที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างและรายละเอียดอื่นๆ เกี่ยวกับการเตรียมตัวอย่าง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และได้อธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมและลักษณะการบ่มในการเตรียมตัวอย่าง

ชุดตัวอย่าง	กระดาษ : ปูนซีเมนต์	การบ่ม	อายุที่ทำการทดสอบ
CT1-A	1:2	บ่มอากาศ (Air)	7 14 21 28 และ 56 วัน
CT2-A	1:3		
CT1-D	1:2	บ่มรักษาความชื้น (Damped)	
CT2-D	1:3		
MA1-1	1:2	บ่มด้วย Microwave 1 นาที + บ่มอากาศ (Air)	
MA2-1	1:3		
MA1-3	1:2	บ่มด้วย Microwave 3 นาที + บ่มอากาศ (Air)	
MA2-3	1:3		
MA1-5	1:2	บ่มด้วย Microwave 5 นาที + บ่มอากาศ (Air)	
MA2-5	1:3		
MD1-1	1:2	บ่มด้วย Microwave 1 นาที + บ่มรักษาความชื้น (Damped)	
MD2-1	1:3		
MD1-3	1:2	บ่มด้วย Microwave 3 นาที + บ่มรักษาความชื้น (Damped)	
MD2-3	1:3		
MD1-5	1:2	บ่มด้วย Microwave 5 นาที + บ่มรักษาความชื้น (Damped)	
MD2-5	1:3		

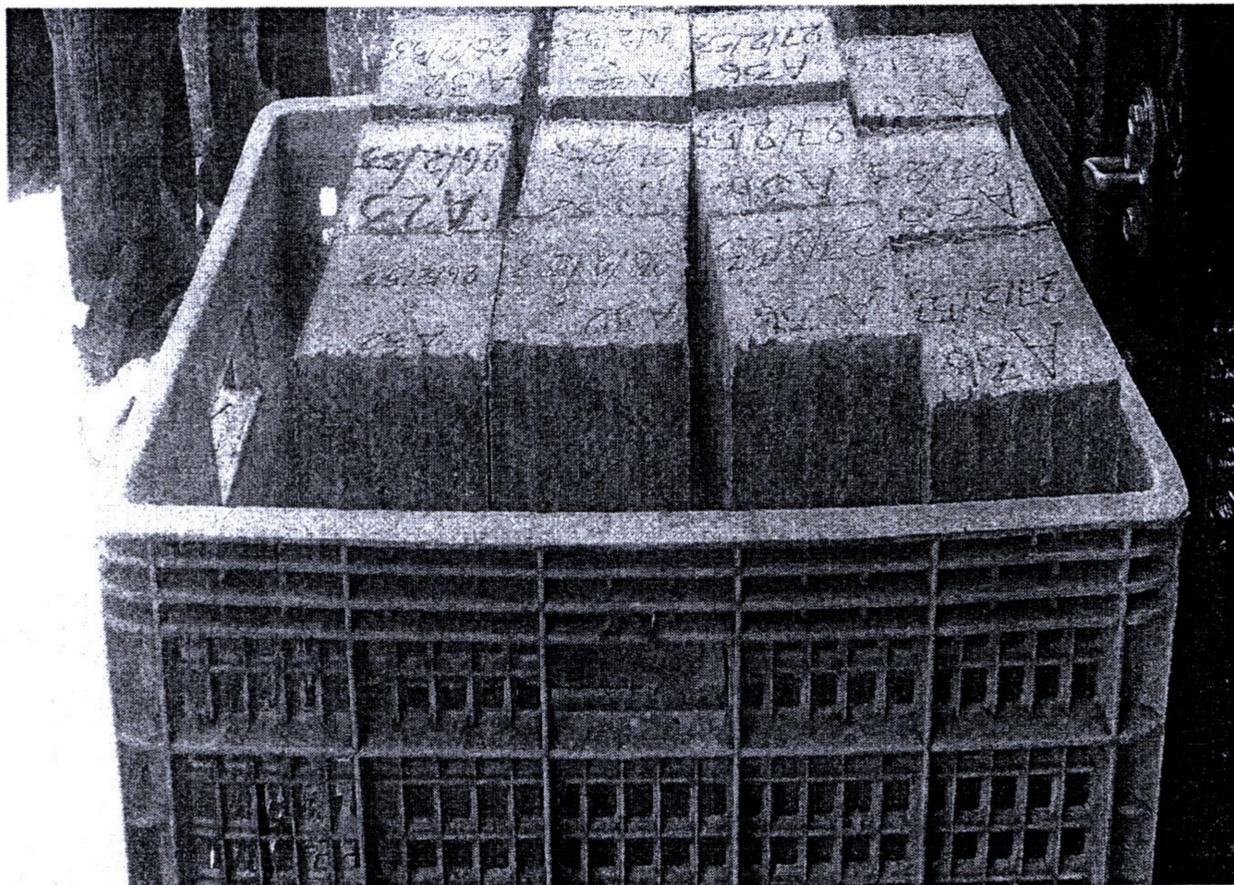
ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมและลักษณะการบ่มในการเตรียมตัวอย่าง (ต่อ)

ชุดตัวอย่าง	กระดาษ : ปูนซีเมนต์	การบ่ม	อายุที่ทำการทดสอบ
AD1-X	1:2	บ่มอากาศ (Air) 7 วัน + บ่มรักษาความชื้น (Damped) 7 วัน + บ่มอากาศ 14 วัน	28 วัน
AD2-X	1:3		
AD1-Y	1:2	บ่มรักษาความชื้น (Damped) 14 วัน + บ่มอากาศ (Air) 14 วัน	
AD2-Y	1:3		
AD1-Z	1:2	บ่มรักษาความชื้น (Damped) 7 วัน + บ่มอากาศ (Air) 21 วัน	
AD2-Z	1:3		

หมายเหตุ แรงอัดขึ้นรูปที่ใช้ 10 ksc

### 3.3 ลักษณะและขนาดของตัวอย่าง

ลักษณะของตัวอย่างอิฐซีเมนต์ผสมทรายและเยื่อกระดาษที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นลูกบาศก์ที่มีขนาด  $5 \times 5 \times 5$  เซนติเมตร (ดูรูปที่ 3.1)

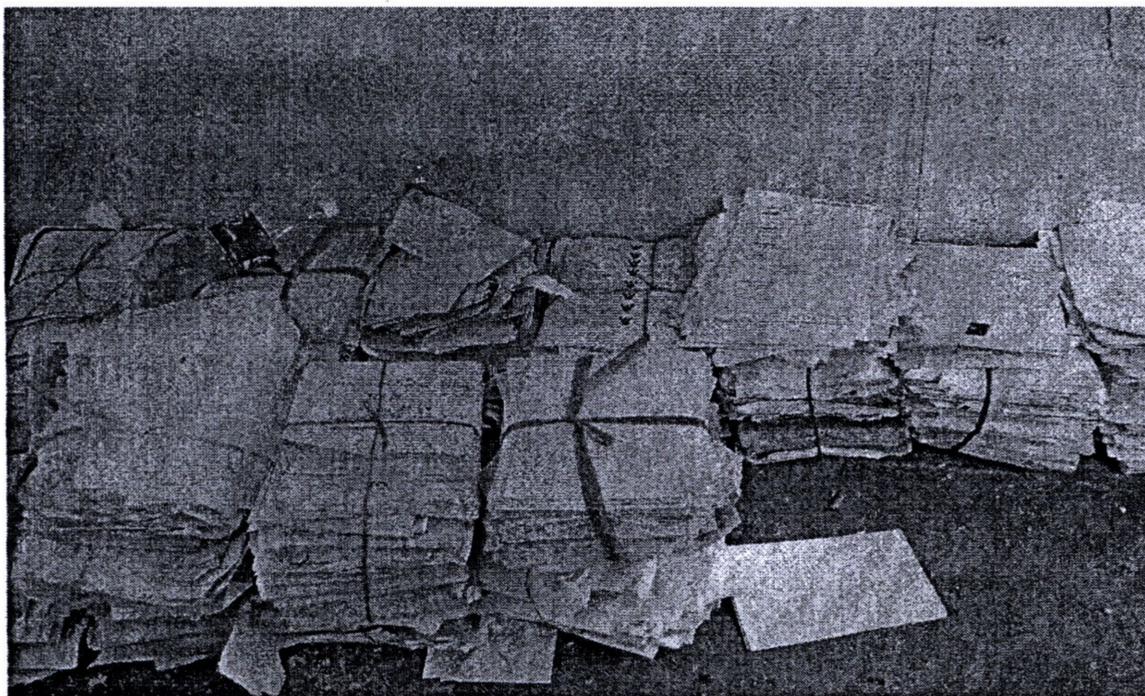


รูปที่ 3.1 ลักษณะตัวอย่างอิฐซีเมนต์เยื่อกระดาษ

## 3.4 การเตรียมตัวอย่าง

### 3.4.1 การเตรียมเยื่อกระดาษ

เยื่อกระดาษ (Paper fiber) จะถูกเตรียมมาจากเศษกระดาษของสำนักงาน ซึ่งมีทั้งเป็นแผ่นและเป็นเส้น (ดูรูปที่ 3.2) นำกระดาษทำการแช่น้ำเป็นเวลา 25 วัน (ดูรูปที่ 3.3) เมื่อครบกำหนดแล้วจึงนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่น (ดูรูปที่ 3.4) จนเป็นเยื่อกระดาษ (ดูรูปที่ 3.5) แล้วนำไปผึ่งแดดให้แห้ง (ดูรูปที่ 3.6) จะได้เยื่อกระดาษที่แห้งสนิทแล้วเก็บไว้ในที่มิดชิด เพื่อป้องกันไม่ให้โดนความชื้น (ดูรูปที่ 3.7)



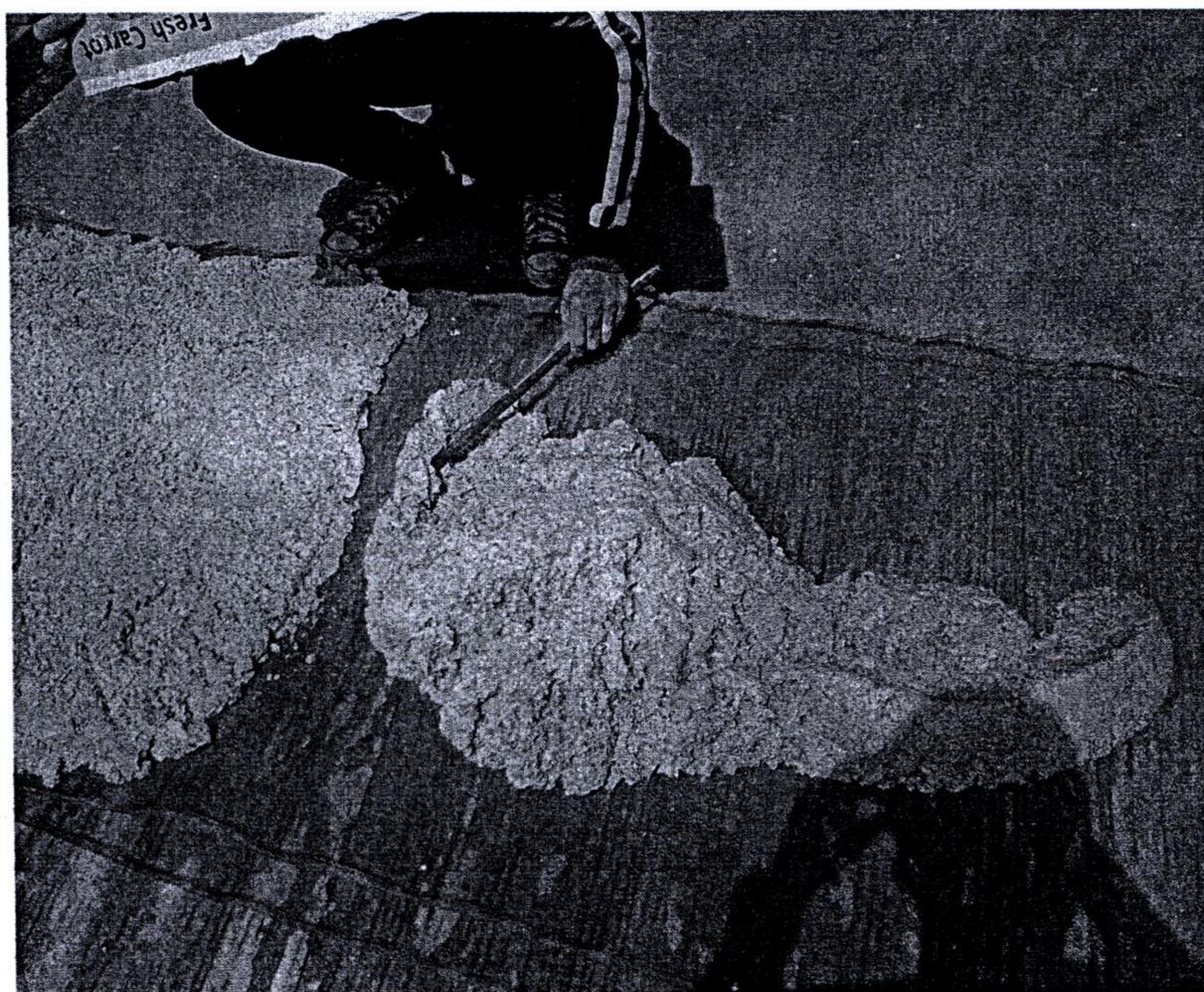
รูปที่ 3.2 กระดาษที่เหลือใช้จากสำนักงาน



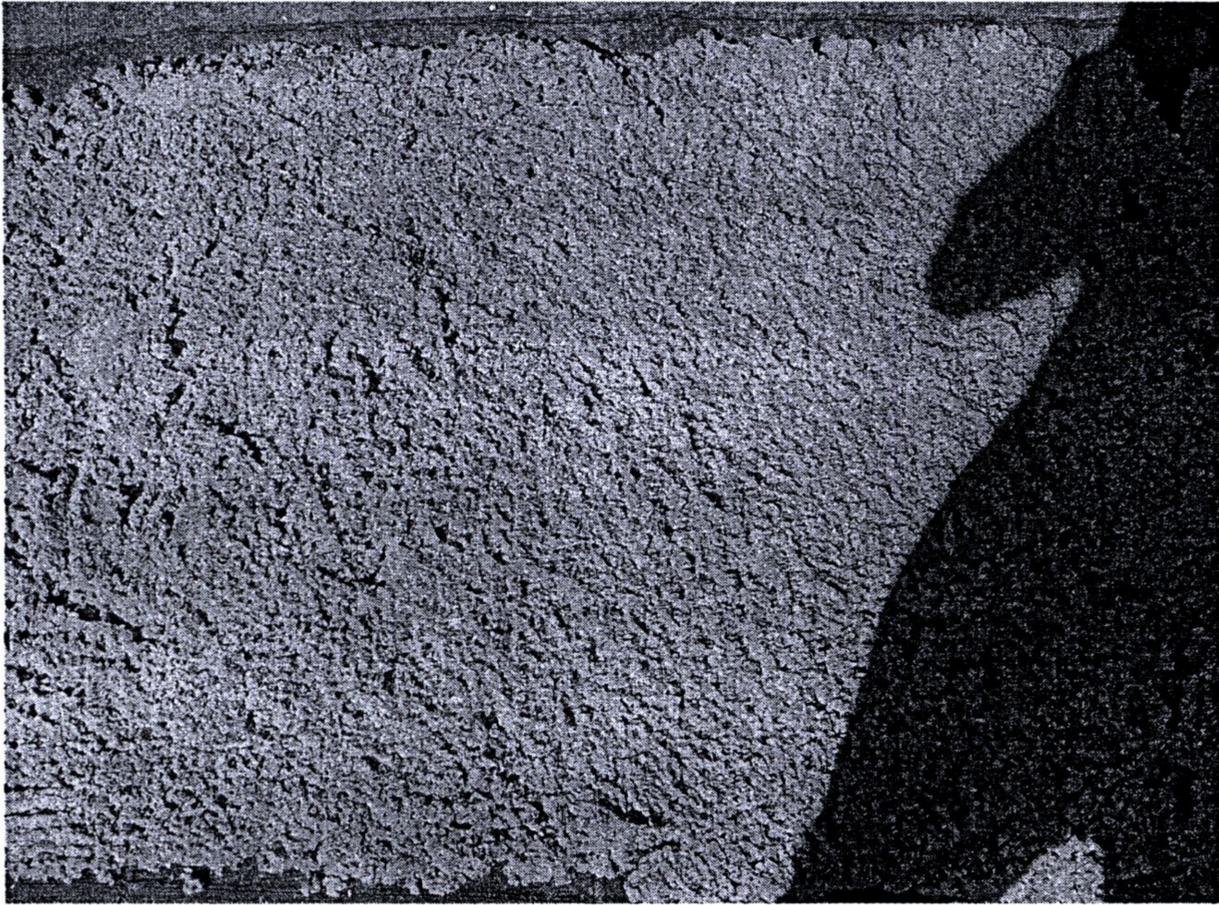
รูปที่ 3.3 การแช่เศษกระดาษในน้ำ



รูปที่ 3.4 ปั่นกระดาศเพื่อให้ได้เชือกกระดาศ



รูปที่ 3.5 เชือกกระดาศที่ได้จากการปั่นกระดาศที่ผ่านการแช่น้ำตามระยะเวลาที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.6 เชือกกระดาศที่ฝังแคคบนตะแกรง



รูปที่ 3.7 เชือกกระดาศที่เตรียมผสมทำอิฐซีเมนต์เชือกกระดาศ

### 3.4.2 การเตรียมส่วนผสม

การผสมแต่ละครั้ง จะเตรียมปริมาณวัสดุให้เพียงพอสำหรับการอัดขึ้นรูปอิฐซีเมนต์ผสมทรายและเชือกกระดาศ ขนาด 40 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร × 5 เซนติเมตร 1 ก้อน ซึ่งใช้อัตราส่วนผสมตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 การผสมจะเริ่มจากการนำเชือกกระดาศผสมกับน้ำในอัตราส่วน กระดาศ : น้ำ

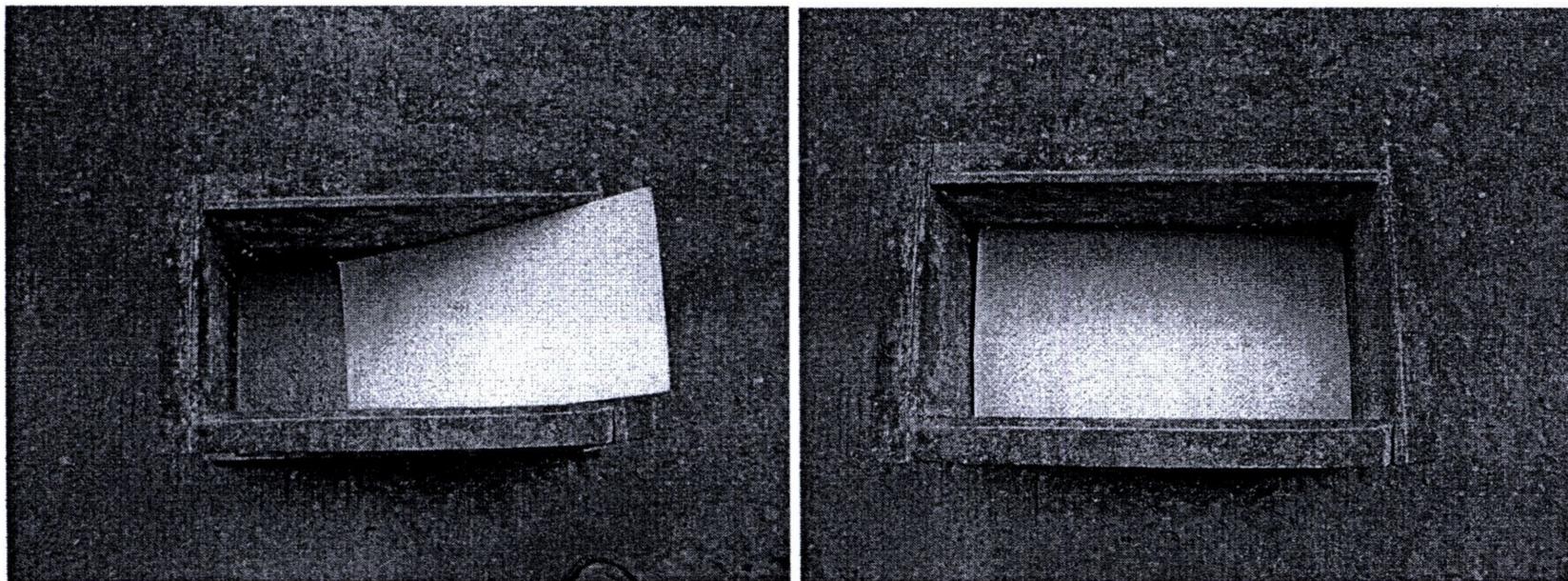
โดยน้ำหนักแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่น (ปริมาณน้ำที่ใช้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความสามารถในการผสมได้ น้ำส่วนเกินจะถูกรีดออกจากตัวอย่างในขั้นตอนการอัดขึ้นรูป ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมจึงไม่มีผลต่อคุณสมบัติของตัวอย่าง) หลังจากที่เยื่อกระดาษผสมกันดีแล้วจึงเติมปูนซีเมนต์ ตามอัตราส่วนที่กำหนดจนทุกอย่างคลุกเคล้ากันดี โดยใช้เวลาผสมประมาณ 3 นาที (ดูรูปที่ 3.8)



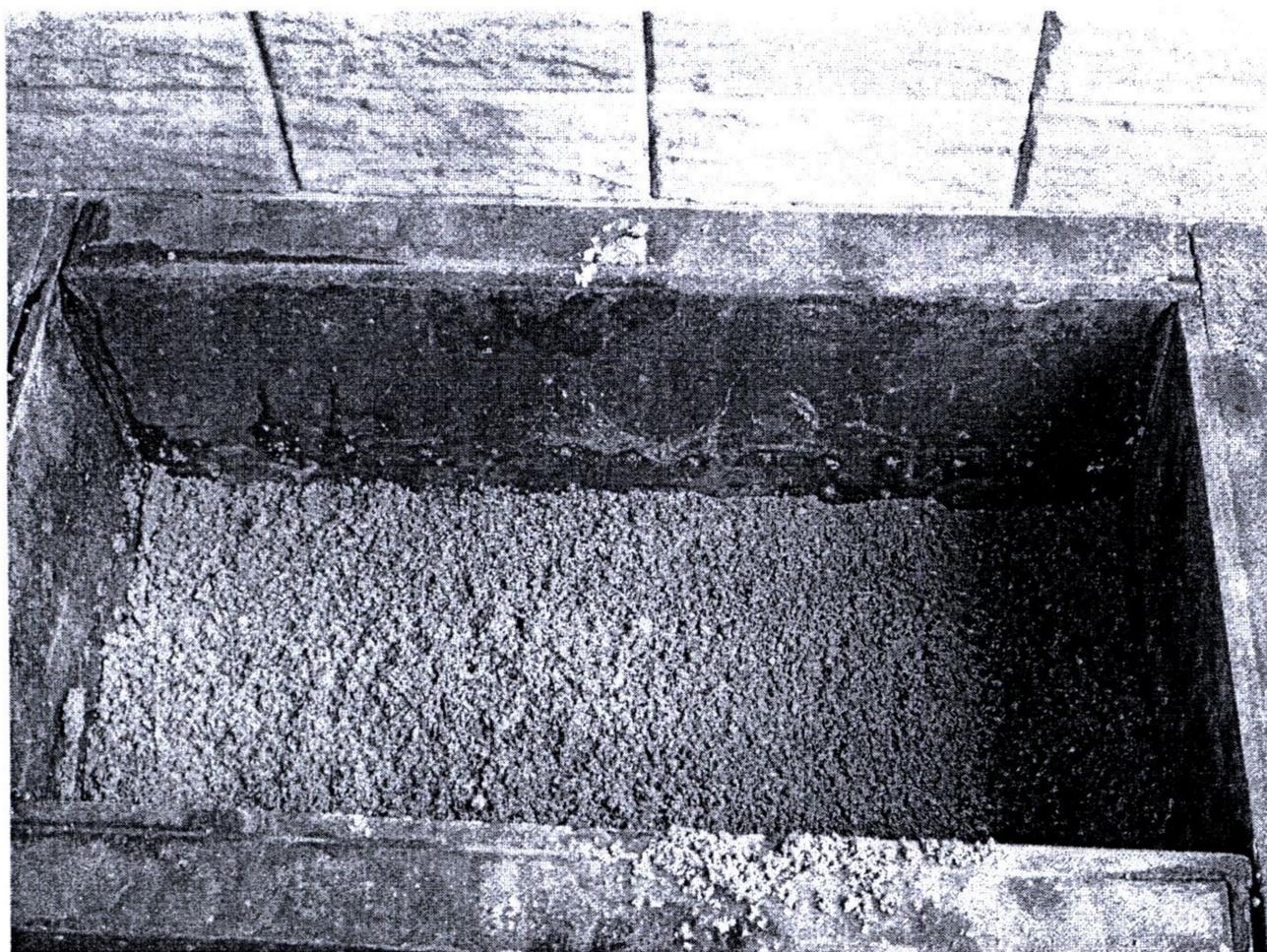
รูปที่ 3.8 ลักษณะการผสมส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน

### 3.4.3 การอัดขึ้นรูปตัวอย่าง

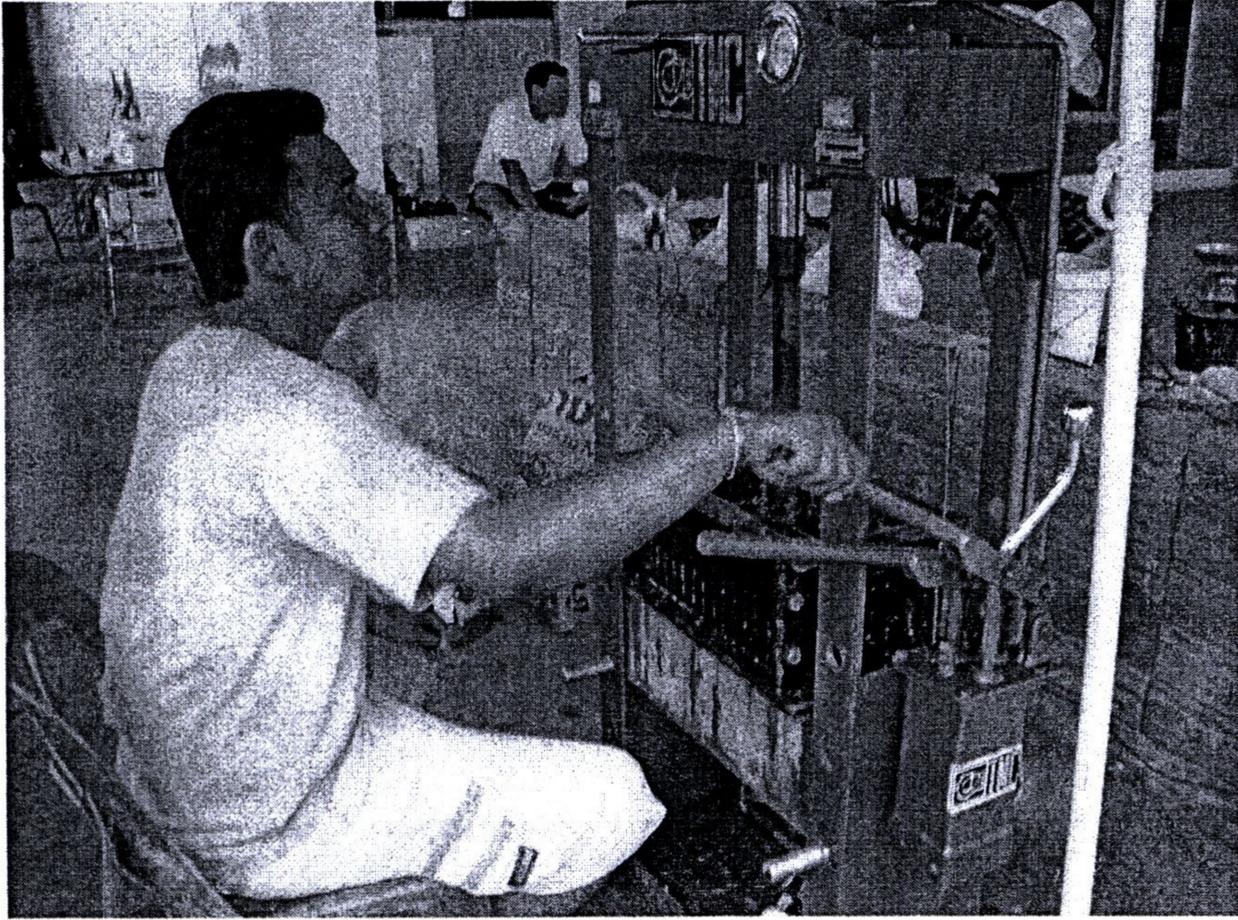
เมื่อได้ส่วนผสมอิฐซีเมนต์เยื่อกระดาษที่เข้ากันดีแล้ว นำกระดาษชานอ้อยวางรองพื้นแบบ (ดูรูปที่ 3.9) เพื่อป้องกันปูนซีเมนต์ไหลออกไปกับน้ำ จึงนำส่วนผสมทั้งหมดที่ได้เทลงในแบบแล้วเกลี่ย ให้ทั่ว จากนั้นทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์ที่กำลังอัด 10 ksc (แรงอัด 8 ตันบนพื้นที่รับแรงขนาด  $20 \times 40$  เซนติเมตร) (ดูรูปที่ 3.10) ด้วยแรงอัดตามที่กำหนดไว้ (ดูรูปที่ 3.11) เมื่อได้กำลังอัดตามที่กำหนดแล้วให้ค้างแรงอัดไว้ประมาณ 1-3 นาที แล้วจึงนำก้อนอิฐซีเมนต์เยื่อกระดาษตัวอย่างออกจากแบบหล่อ ตรวจสอบขนาดว่าตัวอย่างมีขนาดตามต้องการ (ดูรูปที่ 3.12) นำก้อนอิฐซีเมนต์เยื่อกระดาษที่ได้มาตัดให้ได้ขนาด  $5 \times 5 \times 5$  เซนติเมตร (ดูรูปที่ 3.13) แล้วจึงทำการเขียนหมายเลขและสัญลักษณ์ต่าง ๆ กำกับบนตัวอย่าง (ดูรูปที่ 3.14)



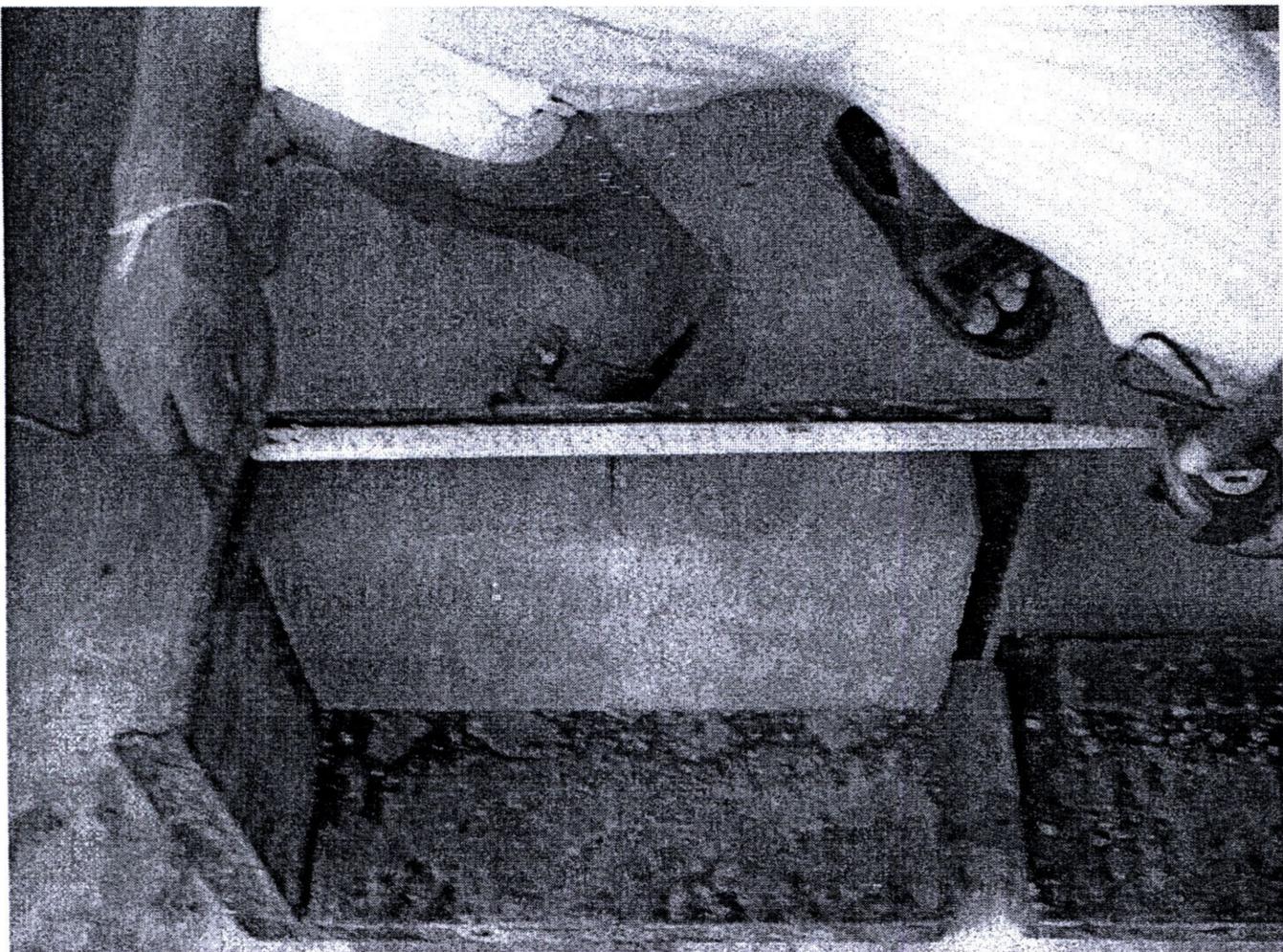
รูปที่ 3.9 นำกระดาษขานอ้อยวางรองพื้นแบบ



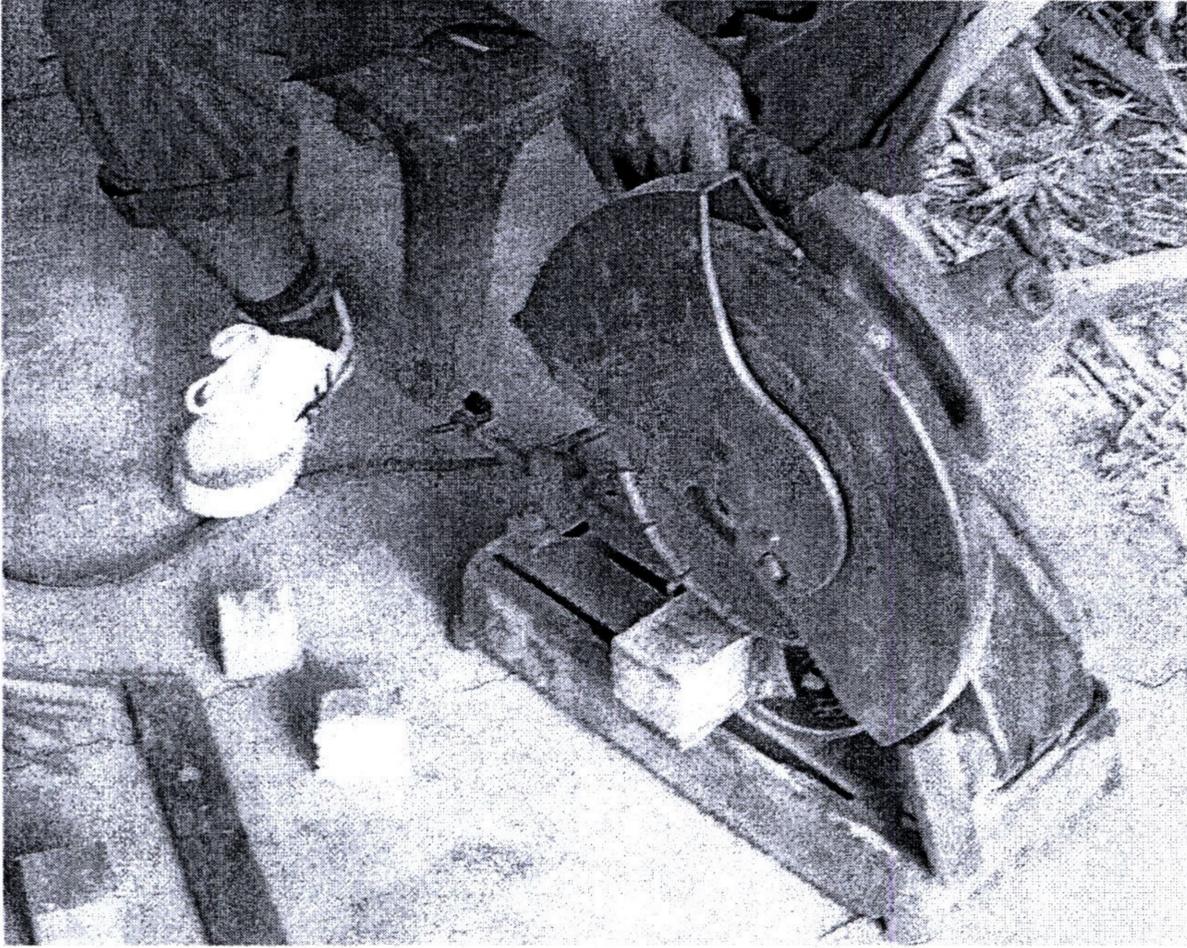
รูปที่ 3.10 นำส่วนผสมลงในแบบ



รูปที่ 3.11 อัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดระบบ ไฮดรอลิกส์



รูปที่ 3.12 อิฐซีเมนต์เยื่อกระดาษเมื่อนำออกจากแบบ



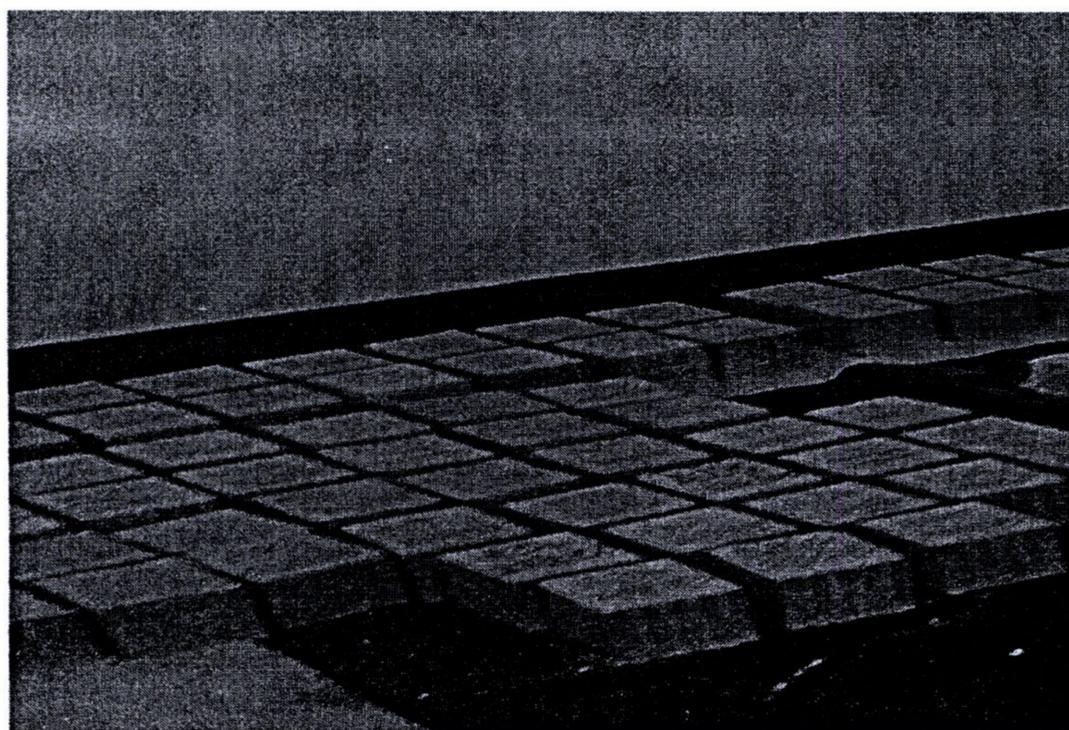
รูปที่ 3.13 นำอิฐซีเมนต์เขี่ยกระดาษนำมาตัดให้ได้ขนาด  $5 \times 5 \times 5$  เซนติเมตร



รูปที่ 3.14 เขียนหมายเลขและสัญลักษณ์ต่างๆกับบนตัวอย่าง

### 3.4.4 การบ่มตัวอย่าง

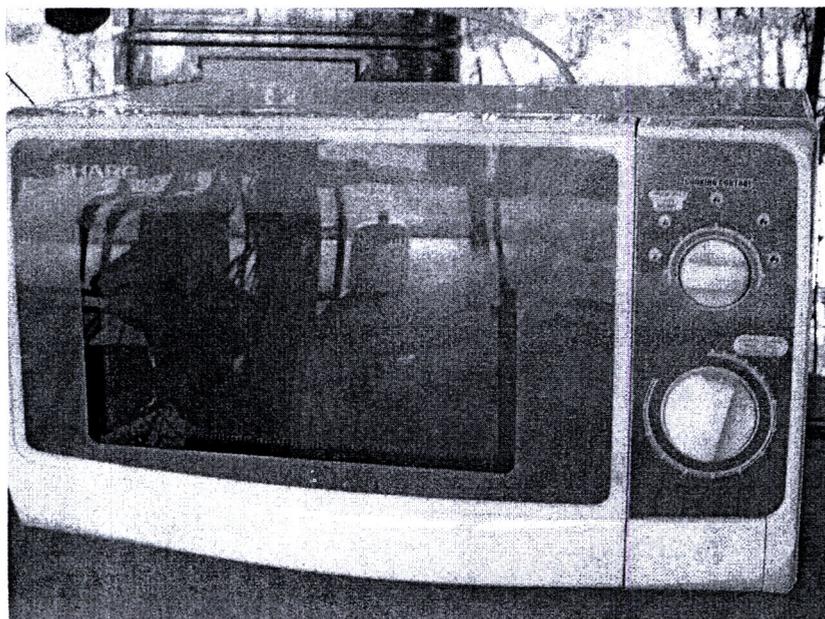
การบ่มตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างมาทำการบ่มด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 4 วิธี ได้แก่ การบ่มในอากาศ (A) (ดูรูปที่ 3.15) การบ่มรักษาความชื้น (D) โดยนำก้อนตัวอย่างใส่ในถุงพลาสติกที่ปิดมิดชิด (ดูรูปที่ 3.16) การบ่มด้วยพลังงานไมโครเวฟ (MA และ MD) โดยใช้ระยะเวลา 1 3 และ 5 นาที (ดูรูปที่ 3.17) ทำการบ่มตัวอย่างที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 56 วัน และการบ่มแบบสลับ (AD) ที่อายุ 28 วัน จึงนำไปทำการทดสอบ



รูปที่ 3.15 การบ่มในอากาศ ณ อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 3.16 การบ่มรักษาความชื้น

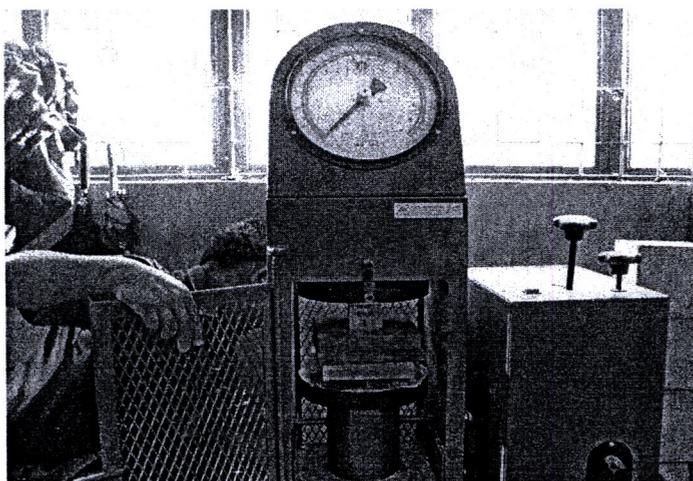


รูปที่ 3.17 การบ่มด้วยไมโครเวฟ

### 3.5 การทดสอบตัวอย่าง

#### 3.5.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

การทดสอบกำลังรับแรงอัดใช้เครื่อง Universal Testing Machine ของวิทยาลัยการอาชีพสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร โดยการทดสอบกำลังรับแรงอัดจะทดสอบในแนวตั้งฉากกับแรงอัดขึ้นรูป (ดูรูปที่ 3.18)



รูปที่ 3.18 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

ในการคำนวณกำลังรับแรงอัดของแต่ละตัวอย่างทดสอบ สามารถหาได้จากสมการ[11]

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

เมื่อ

- $\sigma$  = กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างทดสอบ (ksc)  
 $P$  = แรงอัดสูงสุดที่จุดประลัย (kg)  
 $A$  = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างทดสอบ (cm<sup>2</sup>)

### 3.5.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

การทดสอบการดูดซึมน้ำของตัวอย่าง จะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [1] โดยนำตัวอย่างไปอบให้แห้งจนน้ำหนักคงที่เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ  $105\text{ C}^{\circ} \pm 5\text{ C}^{\circ}$  ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง (ดูรูปที่ 3.19) จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างเพื่อเป็นน้ำหนักอบแห้ง ( $w_1$ ) แล้วนำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ดูรูปที่ 3.20) หลังจากนั้นจุ่มน้ำใช้ผ้าชุมน้ำเช็ดที่ผิวและชั่งน้ำหนักให้เสร็จภายใน 3 นาที น้ำหนักที่ชั่งได้นี้ถือเป็นน้ำหนักอิมมัวผิวแห้ง ( $w_2$ )

การดูดซึมน้ำของตัวอย่าง สามารถหาได้จากสมการ [11]

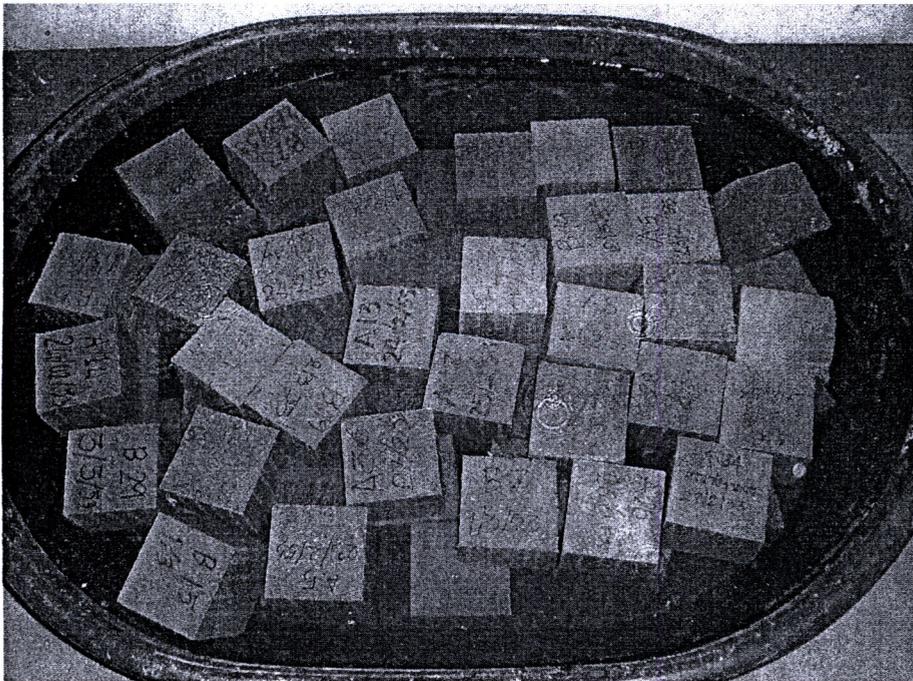
$$\text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100 \quad (3.2)$$

เมื่อ

- $w_1$  = น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง  
 $w_2$  = น้ำหนักอิมมัว



รูปที่ 3.19 การอบตัวอย่าง



รูปที่ 3.20 การแช่ตัวอย่าง

### 3.5.3 การทดสอบความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง

การทดสอบความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งของตัวอย่าง จะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2505-2541 คุณภาพชั้น 4 [1] โดยทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาด หลังผ่าน

การอบในตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ  $105\text{ C}^{\circ} \pm 5\text{ C}^{\circ}$  และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง

ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งของตัวอย่าง สามารถหาได้จากสมการ [11]

$$\gamma = \frac{M}{V} \quad (3.3)$$

เมื่อ

$\gamma$  = ความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$M$  = มวลของตัวอย่างทดสอบหลังอบ (kg)

$V$  = ปริมาตรของตัวอย่างทดสอบ ( $\text{m}^3$ )