

## บทที่ 3

### วิธีการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง วัสดุที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการเตรียมวัสดุที่ใช้ทำการทดลอง วิธีการทดลองต่างๆและขั้นตอนการทดสอบตัวอย่างอิฐมวลเบาและมอร์ต้า ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดใน โครงการวิจัยนี้ โดยก่อนที่จะทำการทดลองควรมีการเตรียมการเกี่ยวกับวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง เพื่อความรวดเร็วและยังช่วยให้การดำเนินงานในการทำโครงการวิจัยเป็นไปตามแผนที่ได้วางไว้ อีกทั้งการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ดีและการทำการทดลองที่เป็นขั้นตอนย่อมจะทำให้ผลการทดลองที่ได้มีประสิทธิภาพตามจุดประสงค์ที่ได้วางไว้

#### 3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิง

มาตรฐาน ASTM C 31

( การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีต )

มาตรฐาน ASTM C 33

( การทดสอบหาส่วนขนาดผลของมวลรวมด้วยตะแกรง )

มาตรฐาน ASTM C 39

( การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีต )

มาตรฐาน ASTM C 40

( การทดสอบสารอินทรีย์ในทราย )

มาตรฐาน ASTM C 42

( การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีต )

มาตรฐาน ASTM C 78

( การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีต )

มาตรฐาน ASTM C 109

( การทดสอบหาค่าถังของมอร์ต้าปูนซีเมนต์ )

มาตรฐาน ASTM C 136

( การทดสอบหาส่วนขนาดผลของมวลรวมด้วยตะแกรง )

มาตรฐาน ASTM C 138

( การทดสอบหน่วยน้ำหนัก )

มาตรฐาน ASTM C 187

( การทดสอบหาความชื้นเหลือปกติของซีเมนต์ โดยใช้เข็มแบบไวแคต )

มาตรฐาน ASTM C 188

( การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ไฮดรอลิก )

มาตรฐาน ASTM C 190

( การทดสอบหาลำดับของมอร์ต้าซีเมนต์ )

มาตรฐาน ASTM C 191

( การทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคต )

มาตรฐาน ASTM C 305

( การทดสอบหาลำดับของมอร์ต้าซีเมนต์ )

มาตรฐาน ASTM D 1544

( การทดสอบสารอินทรีย์ในทราย )

มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1

( การทดสอบหาลำดับของมอร์ต้าซีเมนต์ )

มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 8

( การทดสอบหาความชื้นเหลือปกติของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคต )

มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 9

( การทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคต )

มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 12

( การทดสอบหาลำดับของมอร์ต้าซีเมนต์ )

มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 19

( การทดสอบหาลำดับของมอร์ต้าซีเมนต์ )

มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 77-2517

( การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีต )

ร่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต

( การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีต )

### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง

- เครื่องมือทดสอบแบบไวแคต
- เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียดไม่น้อยกว่า 0.1 กรัม
- หลอดพลาสติกสำหรับตวงขนาด 200 ,500 และ 1000 มิลลิลิตร มีขีดอ่านปริมาตรได้ละเอียดถึง 1 มิลลิลิตรอย่างละ 1 ใบ
- เกรียงเหล็ก จำนวน 3 อัน

- ภาชนะสำหรับใส่วัสดุ 5 ใบ
- ถังมือยาง 3 ถัง
- ขวดแก้ว ที่มีจุดบิดแน่น และสามารถวัดความจุได้ ขนาดประมาณ 350 มิลลิลิตร
- แผ่นกระดาษอินทรีย์มาตรฐาน
- ขวดทดลองมาตรฐานเลขที่เสกซ์
- หลอดกรวยสำหรับกรอกซีเมนต์ผงลงในขวดมาตรฐาน
- เทอร์โมมิเตอร์ (0-100°C) จำนวน 1 อัน
- น้ำมันก๊าด ปริมาตรประมาณ 1000 มิลลิลิตร
- แบบหล่อบริคเท
- อ่างน้ำขนาดประมาณ 2000 มิลลิลิตร จำนวน 1 ใบ
- เครื่องมือทดสอบกำลังคั้งแบบบริคเท (Briquet Testing Machine)
- แท่งกระทุ้งขนาด 13x25 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 120-150 มิลลิเมตร
- แบบหล่อตัวอย่างรูปลูกบาศก์ขนาด 50 มิลลิเมตร
- เครื่องทดสอบแรงกดทั่วไป (Universal Testing Machine)
- แบบหล่อรูปลูกบาศก์ 15x 15 x 15 เซนติเมตร
- เครื่องทดสอบแรงกดมาตรฐานแบบไฮดรอลิก
- เวอร์เนีย คาลิเปอร์ (Vernier Caliper) อ่านได้ละเอียด 0.1 มิลลิเมตร
- แบบหล่อคอนกรีต ขนาด 15x60x15 เซนติเมตร
- อุปกรณ์สำหรับการทดสอบแรงค้ำของคาน มีหัวกด(Loading Heading) และฐานรองคาน

#### ตัวอย่างทดสอบ (Support Block)

- ตะแกรงมาตรฐานอเมริกา (U.S Sieves) สำหรับร่อนทราย 4, 8, 16, 30, 50, 100
- แปรงทำความสะอาดตะแกรง
- เครื่องร่อนมวลรวมละเอียด
- เตาอบ (0-160°C) 1 เครื่อง
- อ่างน้ำขนาด ประมาณ 200 ลิตร
- นาฬิกาจับเวลา 1 อัน

### 3.3 วัสดุที่ใช้ทำการทดสอบ

- ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราช้าง ผลิตโดยบริษัทปูนซีเมนต์ไทยจำกัด(มหาชน) ประเทศไทย แต่ละถังมี น้ำหนัก 50 กิโลกรัม
- ทรายจากบริษัท CPL จำกัด จังหวัดพิษณุโลก
- ฝุ่นหิน

- น้ำประปาสะอาด

### 3.4 การเตรียมวัสดุ

- ทรายที่จะใช้ทำการทดสอบล้างน้ำให้สะอาดอบให้แห้งโดยมีขนาดค้ำคะแครงเบอร์ 100 และเก็บไว้ในที่แห้ง
- ฝุ่นหิน เป็นฝุ่นหินที่ได้จากการย่อยหินโดยร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 100 และเก็บไว้ในที่แห้ง

### 3.5 วิธีการทดลอง

การทดสอบหาค่าความชื้นเหลือของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคด

1. ชั่งซีเมนต์จำนวน 500 กรัม และใส่ลงในถาดสำหรับผสม
2. เกลี่ยซีเมนต์ให้มีลักษณะเป็นรูปกรวยภูเขาไฟ แล้วเทน้ำที่ทราบปริมาณที่แน่นอนลงไป (ในการทดสอบครั้งแรกอาจใช้น้ำประมาณ 26% หรือ 130 มิลลิลิตร) และในขณะที่เทน้ำนั้นให้ใช้เกรียงเกลี่ยซีเมนต์ด้านนอก เข้าไปด้านในด้วยเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ ให้เทน้ำให้หมดภายในระยะเวลา 30 วินาที
3. ปลอบทิ้งไว้ให้ซีเมนต์ดูดซึมน้ำอีก เป็นเวลา 30 วินาที ในระหว่างนี้อาจใช้เกรียงช่วยป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกไป
4. หลังจากนั้นให้ใช้มือบีบ นวด ขยำ อย่างแรงเพื่อให้น้ำกับซีเมนต์ผสมเข้ากันอย่างทั่วถึง เป็นระยะเวลา 90 วินาที
5. จากนั้นให้ใช้มือทั้งสองข้างบีบซีเมนต์เพสต์ที่ได้ให้เป็นก้อนกลมๆ อย่างรวดเร็ว แล้วโยนจากมือหนึ่ง ไปอีกมือหนึ่งสลับกันไปจำนวน 6 ครั้ง โดยให้มือทั้งสองห่างกันประมาณ 15 เซนติเมตร
6. จากนั้นในขณะที่มือข้างหนึ่งถือซีเมนต์เพสต์ลูกกลมอยู่นั้น ให้อัดซีเมนต์เพสต์เข้าไปทางก้านใหญ่ของแบบ แหวนรูปกรวยของเครื่องมือ ไวแคด ซึ่งถือไว้ด้วยมืออีกข้างหนึ่ง
7. ปาดซีเมนต์เพสต์ที่เกินอยู่ทางด้านใหญ่ของแบบออก โดยใช้มือเลื่อนเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
8. วางแบบด้านใหญ่ลงบนแผ่นแก้วแล้ว ปาดซีเมนต์เพสต์ที่เกินอยู่ทางด้านเล็กออก โดยใช้เกรียงตัดเฉียงๆ กับด้านบนของแบบ จากนั้นให้ตกแต่งผิวหน้าให้เรียบร้อย โดยใช้ปลายเกรียงแตะๆ เท่านั้นห้ามมิให้มีการอัดซีเมนต์เพสต์ด้วยแรงใดๆทั้งสิ้น
9. วางซีเมนต์เพสต์ให้อยู่ได้เข็ม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ของเครื่องมือไวแคด (ควรตรวจสอบๆ เครื่องมือก่อนว่า เข็มของเครื่องมือไวแคดสามารถเลื่อนขึ้นลงได้อย่างสม่ำเสมอ)
10. เลื่อนปลายเข็มให้แตะกับผิวของเพสต์ตรงกลางแบบจากนั้นอ่านสเกลหน้าปัด

(หรืออาจตั้งให้อ่านสเกลที่ศูนย์ ก็ได้)

11. ให้ปล่อยเข็มทันทีเมื่อผสมซีเมนต์เพสต์เสร็จแล้ว 30 วินาที
12. อ่านสเกลหน้าปัดอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ปล่อยเข็มไปได้ 30 วินาที ซึ่งจะช่วยให้ทราบได้ว่าเข็มจมลง ไปเท่าใด
13. ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้(เป็น%) กับส่วนที่เข็มจม (เป็นมิลลิเมตร)
14. ให้ทำการทดสอบซ้ำหลายๆ ครั้ง(จากข้อ 1 ถึงข้อ 13) โดยใช้ซีเมนต์ใหม่ทุกครั้ง จนกระทั่งสามารถหา ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับส่วนที่เข็มจมลงไป 10 มม. ได้จากกราฟ ปริมาณน้ำที่หาได้ก็คือ ความชื้นเหลวปกติของซีเมนต์นั้นๆ

**การทดสอบหาระยะเวลาก่อตัวของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคต**

1. ชั่งซีเมนต์จำนวน 500 กรัม แล้วใส่ลงในถาดสำหรับผสม
  2. เกลี่ยซีเมนต์ให้มีลักษณะเป็นรูปกรวยภูเขาไฟ แล้วใส่น้ำในปริมาณที่ทำให้ซีเมนต์เพสต์มีความชื้นเหลวปกติ (ได้จากการทดสอบความชื้นเหลวปกติของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคต) และในขณะที่เทน้ำนั้น ให้ใช้เกรียงเกลี่ยซีเมนต์ด้านนอกเข้าไปด้านในด้วยเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำในการเทน้ำให้เทให้ หมดภายในระยะเวลา 30 วินาที
  3. ปล่อยให้ซีเมนต์คูดซึมน้ำอีกเป็นเวลา 30 วินาที ในระหว่างนี้อาจใช้เกรียงเกลี่ยซีเมนต์ เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้ น้ำระเหยออกไป
  4. หลังจากนั้นนวด ขยำ อย่างแรงเพื่อให้น้ำกับซีเมนต์ผสมเข้ากันอย่างทั่วถึงเป็นระยะเวลา 90 วินาที
  5. จากนั้นให้ใช้มือทั้งสองปั้นซีเมนต์เพสต์ที่ได้ให้เป็นก้อนกลมๆอย่างรวดเร็ว แล้วโยนจากมือหนึ่ง ไปอีกมือหนึ่งสลับกันไป จำนวน 6 ครั้ง โดยให้มือทั้งสองห่างกันประมาณ 15 เซนติเมตร
  6. จากนั้นในขณะที่มือข้างหนึ่งถือซีเมนต์เพสต์ลูกกลมอยู่นั้น ให้อัดซีเมนต์เพสต์เข้าไปทางด้านใหญ่ของแบบแหวนรูปกรวยของเครื่องมือไวแคต ซึ่งถือไว้ด้วยมืออีกข้างหนึ่ง
  7. ปาดซีเมนต์เพสต์ที่เกินอยู่ทางด้านใหญ่ของแบบออก โดยใช้มือเลื่อนเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
  8. วางแบบด้านใหญ่ลงบนแผ่นแก้ว แล้วปาดซีเมนต์เพสต์ที่เกินอยู่ทางด้านเล็กออก โดยใช้เกรียงตัดเฉียงๆ กับด้านบนของแบบ จากนั้นให้ตกแต่งผิวหน้าให้เรียบร้อย โดยใช้ปลายเกรียงแตะๆ เท่านั้นห้ามมิให้มีการอัดซีเมนต์เพสต์ด้วยแรงใดๆทั้งสิ้น
- (หมายเหตุ ขั้นตอน 1 –8 เป็น ไปเช่นเดียวกับการทำการทดสอบหาค่าความชื้นเหลวปกติของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคต )
9. หลังจากเตรียมตัวอย่างแล้ว ให้เก็บตัวอย่างไว้ในห้องเก็บความชื้นทันที และให้เก็บไว้เช่นนั้นตลอดเวลา ยกเว้นเฉพาะเวลานำออกมาทดสอบหาระยะเวลาก่อตัวเท่านั้น

10. ให้ทำการทดสอบหาระยะที่เริ่มจมลงไปเมื่อปล่อยเข็มขนาด 1 มิลลิเมตร เมื่อเวลาผ่านไป หลังจากเตรียม ตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว 30 นาที และให้ทำการทดสอบซ้ำทุกๆ 15 นาที หลังจากนั้นทุกๆ 10 นาที (สำหรับซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทสาม) จนกระทั่งได้ระยะเริ่มจมน้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

11. ในการทดสอบแต่ละครั้งให้เลื่อนปลายเข็มให้แตะกับผิวของเพสต์ จากนั้นให้อ่านสเกลหน้าปิด(หรือ อาจตั้งสเกลให้อ่านที่ศูนย์ก็ได้) แล้วปล่อยเข็มให้เลื่อนลงทันทีเป็นระยะเวลา 30 วินาที จากนั้นจึงอ่านสเกลอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ทราบได้ว่าเข็มจมลงไปเท่าใด(ในกรณีที่เพสต์เหลวมากๆ อาจใช้มือช่วยรั้งเพื่อป้องกันเข็ม 1 มิลลิเมตร งอก็ได้)

12. ในการทดสอบแต่ละครั้งไม่ควรทดสอบใกล้กว่าจุดเดิม 6.4 มิลลิเมตร หรือไม่ควรใกล้กว่า 9.5 มิลลิเมตร จากขอบ ด้านในของแบบรูปวงแหวน

13. หาคความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปในขณะที่เข็มจมลงไป 25 มิลลิเมตร ได้จากกราฟระยะเวลาหาได้คือระยะเวลาก่อตัวของซีเมนต์นั้นๆ

#### การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ไฮดรอลิต

1. จัดเตรียมน้ำในอ่างให้มีอุณหภูมิคงที่ที่  $20^{\circ}\text{C}$  ตามที่กำหนดไว้ พยายามควบคุมอุณหภูมิในอ่างน้ำให้มีอุณหภูมิคงที่ตลอดเวลาการทดลอง

2. เทน้ำมันก๊าดลงในขวดทดลองมาตรฐานเลขเซททีเลียร์ จนกระทั่งระดับของน้ำมันก๊าดอยู่ระหว่างขีดบอกปริมาตร 0 และ 1 มิลลิลิตร(ml) คอขวดซึ่งอยู่เหนือระดับน้ำมันก๊าดควรเช็ดให้แห้ง

3. จุ่มขวดทดลองในอ่างน้ำในข้อที่ 1 แล้วให้ทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำมันก๊าด และน้ำในอ่างเท่ากันอ่านค่าอุณหภูมิของน้ำและขีดค่าปริมาตรของน้ำมันก๊าดในขวดทดลอง

4. ชั่งน้ำหนักของซีเมนต์และภาดใส่ จากนั้นค่อยๆ ใส่ซีเมนต์ลงในขวดทดลอง ในการใส่ซีเมนต์ควร พยายามไม่ให้ซีเมนต์ตกกระจาย และจะต้องระวังไม่ให้ซีเมนต์เกาะติดตามคอขวดทดลองด้วย

5. ให้หยดใส่ซีเมนต์เมื่อระดับของน้ำมันก๊าดขึ้นมาอยู่ระหว่างช่วงของขีดบอกปริมาตร ส่วนบนของขวดทดลอง จากนั้นทำการใส่ฟองอากาศซึ่งอาจเกาะอยู่กับผงซีเมนต์การ ใส่ฟองอากาศให้ปิดปากขวดทดลองด้วยจุกแก้วแล้วเอียงขวดและหมุนซ้ำๆ จนกระทั่ง ไม่มีฟองอากาศลอยขึ้นมาอีก

6. จุ่มขวดทดลองลงในอ่างน้ำอีกครั้งหนึ่ง เช่นเดียวกับข้อที่ 3 ก่อนจะอ่านปริมาตรทุกครั้ง ผู้ทำการทดลองจะต้องแน่ใจว่าอุณหภูมิของน้ำมันก๊าดในขวดทดลองเท่ากับอุณหภูมิ ของน้ำในอ่าง เพื่อที่จะไม่ให้อุณหภูมิของน้ำมันก๊าดในการอ่านครั้งแรกและครั้งที่สองต่างกัน ไม่เกินกว่า  $0.2^{\circ}\text{C}$

7. อ่านอุณหภูมิของน้ำและปริมาตรของน้ำมันก๊าดในขวดทดลอง

8. ชั่งน้ำหนักของซีเมนต์ที่หล่อพร้อมถาดใส่ ผลต่างของน้ำหนักของการชั่งสองครั้งจะเท่ากับน้ำหนักของซีเมนต์ที่ใส่ลงไปในช่วงทดลอง

9. ทำการทดลองซ้ำอีกอย่างน้อย 1 ครั้ง จากข้อ 2 ถึง ข้อ 3 จนกว่าจะได้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ

(หมายเหตุ ในการทำความสะอาดขวดทดลอง ให้ใช้น้ำมันก๊าดล้างเท่านั้น ห้ามใช้น้ำล้างเป็นอันขาด )

10. การเตรียมตัวอย่างมาตรฐาน เทตัวอย่างมาตรฐานออกจากหลอดแก้วใส่ขวด ขนาดประมาณ 120 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเขย่าขวดแรงๆ 2 นาที เพื่อให้ซีเมนต์ตัวอย่างฟูไม่จับกันเป็นก้อน หรือเกาะกันเป็นกระจุก ปล่อยขวดทิ้งไว้ 2 นาที แล้งเปิดฝาออกค่อยๆ คนให้ส่วนละเอียดที่อยู่ผิวบนกระจายทั่ว

11. หาน้ำหนักของปูนซีเมนต์มาตรฐาน ที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือ จะใช้น้ำหนักที่ทำให้ชั้นปูนซีเมนต์ มีความพรุน  $0.500 \pm 0.005$  สามารถคำนวณจาก

$$w = V_s(1 - \epsilon)$$

เมื่อ  $w$  = น้ำหนักปูนซีเมนต์มาตรฐานที่ต้องการทราบ

$\rho$  = ความหนาแน่นของตัวอย่าง (สำหรับปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ใช้เท่ากับ 3.15)

$v$  = Bulk Volume ของชั้นซีเมนต์เป็น ลบ.ซม. ได้จากการหาโดยข้อ 5.1

$\epsilon$  = ความพรุนที่กำหนดของชั้นปูนซีเมนต์ ( $0.500 \pm 0.005$ )

12. การอัดเตรียมชั้นซีเมนต์ วางแผ่นโลหะบนปาเบอร์มีมิมิลิตี เอกกระดาษกรอง 1 แผ่น วางบนแผ่นโลหะ โดยใช้แท่งกลมขนาดเล็กกว่าเซลล์เล็กน้อย กดตรงขอบๆ แผ่นลงไปให้สนิทกับแผ่นโลหะ ชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์ให้ละเอียดถึง 0.001 โดยปริมาณเท่ากับที่คำนวณได้ในข้อ 5.3 ใส่ลงไปลงในเซลล์เบา ๆ ที่ข้างเซลล์ เพื่อให้ปูนซีเมนต์เรียบและอยู่ในระดับราบ เอกกระดาษกรองอีก 1 แผ่นวางบนปูนซีเมนต์แล้วใช้แท่งอัดกดลงไปจนกระทั่งขอบของแท่งอัดแตะขอบบนของเซลล์ ค่อยๆ ชักเอาแท่งอัดขึ้นเล็กน้อยหมุนไป 90 องศา แล้วกดลงไปใหม่อีกครั้ง จากนั้นจึงชักแท่งอัดออกมาช้าๆ ในการทดสอบแต่ละชุดให้ใช้กระดาษกรองใหม่ทุกครั้ง

#### การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมด้วยตะแกรง

1. แบ่งทรายที่ต้องการทดสอบออกจากที่เก็บมาประมาณ 500 กรัม โดยวิธีการแบ่งสี ให้ระมัดระวังอย่าให้ฝุ่นที่มีอยู่สูญเสียไปด้วย โดยอาจทำทรายให้เปียกขึ้น เสียก่อนก็ได้

2. นำทรายตามข้อ 1 ไปอบในเตาอบให้ได้น้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิประมาณ  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

3. นำตะแกรงเบอร์ 4, 8, 16, 30, 50, 100 และถาดมาวางซ้อนกันเป็นชุด โดยตะแกรงขนาดใหญ่อยู่ข้างบนสุด วางเรียงกันลงตามลำดับ เททรายลงบนตะแกรงเบอร์ 4 ซึ่งอยู่ ข้างบนสุดปิดฝาให้แน่น นำเข้าเครื่องร่อน

4. เปิดสวิทช์ เครื่องร่อนจะทำการร่อนทราย ใช้เวลาประมาณ 10 นาที แล้วปิดสวิทช์

5. ชั่งน้ำหนักของทรายที่ค้างบนตะแกรงแต่ละเบอร์ รวมทั้งน้ำหนักทรายนบน pan ด้วยไม่วอร์เททรายจากตะแกรงลงบนจานตาชั่งโดยตรง การจะเททรายลงกระต่ายก่อนที่ จะนำไปชั่งเพื่อป้องกันการคกหล่นของเม็ดทราย

6. ทำความสะอาดตะแกรงแต่ละอันด้วยแปรงโดยความระมัดระวัง

7. คำนวณหาร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด

8. คำนวณหาค่าโมดูลัสความละเอียด โดยการรวมการร้อยละน้ำหนักสะสมที่ค้างบนแต่ละตะแกรง ตั้งแต่ เบอร์ 4 ถึงเบอร์ 100 แล้วหารด้วย 100

9. นำเอาการร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาดและขนาดตะแกรงมาตรฐานมาเขียนกราฟ จะได้ “แผนภูมิขนาดละเอียดของทราย”

#### การทดสอบหาสารอินทรีย์ในทราย

1. ตวงทรายลงกระบอกตวงประมาณ 130 มิลลิลิตร แล้วเทใส่ขวดแก้ว
2. เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร โขเคี้ยวให้เข้ากัน ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก พร้อมกับเขย่าขวดเล็กน้อยขณะเดิมเพื่อไล่ฟองอากาศ จนได้ระดับความจุ 200 มิลลิลิตร
3. ปิดขวดแล้วเขย่าอย่างแรงหลายๆครั้ง แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
4. เปรียบเทียบสีของของเหลวในขวดกับสีมาตรฐานว่ามีสีอ่อนหรือแก่อย่างไร

#### การทดสอบหาค่ากำลังดึงของมอร์ต้าซีเมนต์

1. ปฏิภาคส่วนผสมของมอร์ต้ามาตรฐานประกอบด้วยซีเมนต์ 1 ส่วน และทรายมาตรฐาน 3 ส่วน โดยน้ำหนักในการเตรียมตัวอย่าง 6 ตัวอย่าง จะต้องใช้ซีเมนต์ 300 กรัม และทรายมาตรฐาน 900 กรัม และสำหรับ 9 ตัวอย่างจะต้องใช้ซีเมนต์ 450 กรัม และทรายมาตรฐาน 1350 กรัม

2. คำนวณปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมมอร์ต้าจาก  $Y = (P/6)+6.5$

เมื่อ Y เป็นปริมาณน้ำที่ต้องการโดยน้ำหนักเป็นร้อยละของน้ำหนักรวมของซีเมนต์และทราย

P เป็นร้อยละของน้ำที่ทำให้ซีเมนต์ที่ใช้มีความชื้นเหลือปกติได้มาจากการทดสอบหาค่าความชื้นเหลือปกติของซีเมนต์

3. เทซีเมนต์และทรายมาตรฐานตามจำนวนที่ต้องการลงในอ่างผสมมอร์ต้า ผสมแห้งให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงเริ่มเดินเครื่องผสมมอร์ต้าด้วยความเร็วปานกลาง



4. ค่อยๆ เทน้ำปริมาณเท่ากับที่คำนวณได้จากข้อ 2 ลงในอ่างผสมให้เสร็จสิ้นภายในเวลา 30 วินาที

5. เดินเครื่องไปเรื่อยๆ จนส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

6. เทมอร์ต้าซีเมนต์ ที่ผสมแล้วลงในแบบบรีวเทจนพูนออกมา แบบบรีวเทนี้จะต้องสะอาด และชโลมน้ำมันให้ทั่วไว้ก่อนแล้ว จากนั้นใช้หัวแม่มือทั้งสองข้างกดมอร์ต้าให้ทั่วตัวอย่างละ 12 ครั้งแรกที่หัวแม่มือทั้งสองข้างใช้กดประมาณ 6.8 ถึง 9.1 กิโลกรัม

7. ตักมอร์ต้าใส่ให้พูนอีกเล็กน้อย จากนั้นใช้เกรียงปาดและกดหน้าให้เรียบ แรงกดจะต้องไม่เกิน 1.8 ค.ศ.

8. กลับแบบโดยใช้แผ่นแก้วช่วย จากนั้นให้ทำซ้ำตามข้อ 6 และข้อ 7 อีกครั้งหนึ่ง(ห้าม กระทุ้ง กระแทกหรือใช้เกรียงกดนอกเหนือไปจากใช้เกรียงทำให้ผิวหน้าเรียบเท่านั้น)

9. เก็บตัวอย่างทั้งหมดในห้องเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลาประมาณ 20 ถึง 24 ชั่วโมง โดยให้ผิวบนของตัวอย่างสัมผัสกับอากาศขึ้นแต่ไม่ให้ถูกหยดน้ำ หากแกะแบบออกก่อนที่ตัวอย่างจะมีอายุครบ 24 ชั่วโมง ให้เก็บตัวอย่างไว้ในอากาศขึ้นจนครบ 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเอาตัวอย่างไปแช่ไว้ในน้ำ (ยกเว้นตัวอย่างที่ต้องทดสอบที่ 24 ชั่วโมง) น้ำที่ใช้แช่ควรจะสะอาดโดยมีการเปลี่ยนน้ำอยู่เสมอ

10. ทดสอบกำลังดึงของตัวอย่างมอร์ต้าซีเมนต์ ตามอายุที่กำหนดไว้ในมาตรฐานที่อ้างอิง โดยอนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนของอายุได้ดังนี้

อายุทดสอบ	ความคลาดเคลื่อนได้
24 ชม.	$\pm \frac{1}{2}$ ชม.
3 วัน	$\pm 1$ ชม.
7 วัน	$\pm 3$ ชม.
28 วัน	$\pm 12$ ชม.

ก่อนการทดสอบให้เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้งพร้อมทั้งทำความสะอาดตัวอย่างด้วยจากนั้นจึงใส่ตัวอย่างรีเซทในเครื่องทดสอบกำลังดึง โดยใช้แรงดึงสม่ำเสมอด้วยในอัตราการดึงประมาณ 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที จนกระทั่งตัวอย่างขาด (Fail)

(หมายเหตุ ค่ากำลังดึงของแต่ละตัวอย่าง ถ้าหากว่าแตกต่างกันไปจากค่าเฉลี่ยเกิน 15% แล้ว จะถือว่าค่านั้นใช้ไม่ได้ แต่อย่างน้อยจะต้องเหลือไว้ 2 ค่า สำหรับหาค่าเฉลี่ยของกำลังดึง หากเหลือ น้อยกว่า 2 ค่าจะต้องทำการทดสอบใหม่ทั้งหมด )

**การทดสอบหาลำดับอัดของมอร์ต้าปูนซีเมนต์**

1. ให้น้ำมันชนิดเหลวภายในแบบหล่อตัวอย่างบางๆ เพื่อจะได้แกะแบบออกได้ง่าย และพยายามป้องกันไม่ให้น้ำมันไหลออกจากแบบหล่อตัวอย่างได้

2. ให้เตรียมตัวอย่างทรายมาตรฐานตามตารางที่ 2 ให้เพียงพอ สำหรับการทดสอบครั้งนี้

3. อัตราส่วนของวัสดุแห้งของมอร์ต้ามาตรฐานประกอบด้วย ซีเมนต์ 1 ส่วน และทรายมาตรฐาน 2.75 ส่วน โดยน้ำหนัก และใช้น้ำในอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.485 สำหรับ ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ และ 0.460 สำหรับซีเมนต์พอร์ตแลนด์ชนิดที่มีสารกักกระจายฟองอากาศสำหรับซีเมนต์ชนิดอื่นนั้น น้ำที่ผสม(คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักของซีเมนต์) จะต้องมามีปริมาณที่ทำให้เกิดการไหลแผ่  $110 \pm 5$  ตามการทดลองการไหลแผ่ในข้อ(5)ปริมาณของวัสดุที่จะต้องผสมสำหรับการทดสอบตัวอย่างมอร์ต้าจำนวน 6 และ 9 ตัวอย่างได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

4. การเตรียมมอร์ต้า นั้น ให้ผสมวัสดุด้วยเครื่องผสมมอร์ต้า ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 17 การผสมมอร์ต้าปูนซีเมนต์ไอก้อลิกด้วยเครื่องผสม

5. ในการทดลองการไหลแผ่นั้น ให้เข้กแทนให้สะอาดและแห้งแล้ววางแบบลงในที่อยู่กึ่งกลางของแท่น จึงให้ใส่มอร์ต้าที่ผสมแล้วลงในแบบ 1 ชั้น หนาประมาณ 25 มิลลิเมตร. แล้วกระทุ้งด้วยแท่งกระทุ้ง 20 ครั้ง จากนั้นใส่มอร์ต้าอีกชั้นหนึ่งให้ล้นแบบแล้วกระทุ้งเช่นเดียวกับชั้นแรกเพื่อมอร์ต้าส่วนที่เกินออกให้เรียบ ทำความสะอาดแท่นอีกครั้งหนึ่งแล้วยกแบบขึ้นตรง ๆ หลัจากที่ผสมมอร์ต้าเสร็จแล้ว 60 วินาที จากนั้นให้ หมุนให้แท่นตกกระแทกในแนวตั้งสูง 12.7 มิลลิเมตรจำนวน 25 ครั้งในเวลา 15 วินาที เสร็จแล้วให้วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของมอร์ต้าที่กระจายบนแท่น โดยหาค่าเฉลี่ยจากการวัด 4 ครั้งที่ช่วงห่างเท่าๆ กัน

ตารางที่ 3.1 ปริมาณวัสดุสำหรับตัวอย่างมอร์ต้าลูกบาศก์

วัสดุ	จำนวนตัวอย่าง	
	6	9
ซีเมนต์, ก	500	740
ทราย, ก	1375	2035
น้ำ, มล. ซีเมนต์สปอร์แลนด์	242	359
ซีเมนต์สปอร์แลนด์ผสมสารกักกระจาย	230	340
ฟองอากาศ	-	-
ซีเมนต์ชนิดอื่น(ให้มีการแผ่ $110 \pm 5$ )		

ให้คำนวณหาการไหลแผ่จาก

$$\text{การไหลแผ่, \%} = \frac{D_1 - D_2}{D_0} \times 100$$

$$D_0$$

เมื่อ  $D_0$  = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ฐานของแบบ

$D_1$  = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของมอร์ดำที่กระจายบนแท่นให้ทำการทดลองการไหลแผ่ซ้ำอีก โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ จนกระทั่งได้การไหลแผ่น  $110 \pm 5\%$  และในการทดลองแต่ละครั้งให้ใช้มอร์ดำใหม่เสมอ

6. หลังจากที่เหมาะสมตามข้อ 4 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทิ้งไว้ในอ่างอีก 90 วินาที แล้วผสมอีกครั้งหนึ่งด้วยความเร็วปานกลางเป็นระยะเวลา 15 วินาที

7. ให้เริ่มเทมอร์ดำใส่แบบหล่อตัวอย่าง โดยใส่ชั้นแรกหนาประมาณ 25 มิลลิเมตร ให้ครบทุกแบบหล่อกระทู้แต่ละแบบหล่อจำนวน 32 ครั้งให้เสร็จภายในเวลา 10 วินาที การกระทู้เป็น 4 รอบ โดยแต่ละรอบให้ตั้งฉากกับรอบอื่น และกระทู้ชั้นให้มือน้ำหนักเพียงพอที่จะให้มอร์ดำบรรจุได้เต็มแบบหล่อเท่านั้น กระทู้ให้เสร็จ 4 รอบในแต่ละช่องก่อนที่จะไปกระทู้ช่องอื่นต่อไป เมื่อกระทู้ชั้นแรกเสร็จหมดเรียบร้อยแล้ว ให้ใส่มอร์ดำส่วนที่เหลือให้เต็มครบทุกแบบหล่อแล้วกระทู้ชั้นเดียวด้วยชั้นแรก โดยให้มอร์ดำเมื่อกระทู้เสร็จแล้วสูงกว่าแบบเล็กน้อย จากนั้นให้ใช้เกรียงแต่งให้เรียบร้อย

8. หลังจากหล่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้เก็บตัวอย่างซึ่งอยู่ในแบบไว้ในห้องเก็บความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถอดแบบออกแล้วแช่ในน้ำสะอาด (ยกเว้นตัวอย่างที่ต้องทดสอบเมื่ออายุ 24 ชั่วโมง) และให้มันเปลี่ยนอยู่เสมอ

9. ทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างมอร์ตาอุกบาสิก ตามอายุที่กำหนดไว้ โดยอนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนของอายุได้ดังนี้

อายุทดสอบ	ความคลาดเคลื่อนได้
24 ชม.	$\pm \frac{1}{2}$ ชม.
3 วัน	$\pm 1$ ชม.
7 วัน	$\pm 3$ ชม.
28 วัน	$\pm 12$ ชม.

ก่อนการทดสอบให้เขี่ยตัวอย่างให้แห้งพร้อมทั้งทำความสะอาดตัวอย่างด้วยและในการทดสอบให้ทดสอบในเครื่องทดสอบแรงกดทั่วไปโดยให้แรงอัดทางด้านข้างที่มีผิวเรียบทั้งสองด้าน ให้ทดสอบจนกระทั่งตัวอย่างแตกโดยใช้เวลาทดสอบระหว่าง 20 ถึง 80 วินาที

#### การทดสอบความต้านทานแรงอัดของอิฐ

- วัดขนาดและที่ซึ่งน้ำหนักของอิฐ (กระทำก่อนการเคลือบผิวหน้า)
- ทำความสะอาดแท่งอิฐและผิวแท่นชาร (Bearing Faces) ทั้งบนและล่างของเครื่อง

ทดสอบแรงกด

3. วางแท่นทดสอบให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของน้ำหนักรีดแล้วเลื่อนหรือหมุนผิวแท่นได้สัมผัสกับแท่งทดสอบสนิท

4. เปิดเครื่องทดสอบให้น้ำหนักรีดเป็นอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราคงที่อยู่ในเกณฑ์ช่วง 14-34 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที ในระยะครั้งแรกของน้ำหนักรีด กดสูงสุดที่แท่งทดสอบจะรับได้นั้น อาจใช้กดอัตราเร่งสูงกว่าที่กำหนดให้ ส่วนในการควบคุมเครื่องทดสอบขณะที่แท่งทดสอบถึงจุดคราก (Yielding) อย่างรวดเร็วทันทีก่อนถึงจุดประลัย (Ultimate) นั้น ห้ามปรับอัตราเร่งหรือส่วนใดๆ ของเครื่องทดสอบถึงจุดประลัย

5. ให้กดจนกระทั่งแท่งทดสอบถึงจุดประลัย

6. บันทึกค่าน้ำหนักรีดสูงสุดที่แท่งทดสอบสามารถรับได้ พร้อมทั้งบันทึกรูปลักษณะการแตกของแท่งทดสอบนั้นด้วย

7. คำนวณหาความต้านแรงอัดของแท่งทดสอบจากสูตร

$$f_c = \frac{P_u}{A}$$

โดยที่  $f_{act}$  = ความต้านแรงอัดของแท่งทดสอบ, กก./ซม.<sup>2</sup>

$P_u$  = น้ำหนักรีดสูงสุดที่แท่งทดสอบรับได้, กก.

$A$  = พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของแท่งทดสอบ, ซม.<sup>2</sup>

8. คำนวณหาความหนาแน่นของแท่งทดสอบ (หรือหน่วยน้ำหนักของอิฐ) จากสูตร

$$W_c = \frac{W}{V}$$

โดยที่  $W_c$  = ความหนาแน่นทดสอบ, กก./ม.<sup>3</sup>

$W$  = น้ำหนักของแท่งทดสอบ, กก.

$V$  = ปริมาตรของแท่งทดสอบ, ม.<sup>3</sup>

(หมายเหตุ ถ้าแท่งทดสอบซึ่งได้จากการเจาะมีส่วนสูงน้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางให้แก้ไขค่าการต้านทานแรงอัดดังนี้)

ตาราง 3.2 ตารางแก้ไขการต้านทานแรงอัดที่มีแทนทดสอบสูงน้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง

อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบ	ตัวคูณสำหรับแก้ไขค่าการต้านทานแรงอัด
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

#### การทดสอบค่ากำลังอัดของอิฐ

- วัดความกว้างเฉลี่ย ความลึกเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ย ของแท่งทดสอบที่กึ่งกลางให้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร
- ชั่งน้ำหนักของแท่งทดสอบให้ละเอียดถึง 1 กรัม
- วางแท่งทดสอบให้ได้ศูนย์กลางบนแท่งทดสอบ โดยให้ด้านเรียบทั้ง 2 ด้านอยู่บนด้าน และด้านล่าง
- กดแท่งทดสอบอย่างช้า ๆ จนกระทั่งแตก ( failure)
- วัดความกว้างและความลึกเฉลี่ยของแท่งทดสอบที่ตรงรอยแตกให้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร
- ให้ร่างรูปแบบลักษณะการแตกหักของแท่งทดสอบ

#### การทดสอบหน่วยน้ำหนัก

- ชั่งน้ำหนักถังเปล่าแล้วบันทึกค่า
- เติมน้ำให้เต็มถังแล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาตรของถัง โดยคำนวณจากปริมาตรของถัง  $[V_c] = \text{น้ำหนักของน้ำที่ชั่งได้} / \text{ความหนาแน่นของน้ำ}$
- อัดแน่นอิฐโดยวิธีการตำ เมื่ออิฐมีค่ายุบตัวเกิน 7.5 เซนติเมตร ตำหรือจี้เขย่า เมื่ออิฐมีค่ายุบตัว 2.5 – 7.5 เซนติเมตร และอัดแน่นโดยวิธีการจี้เขย่า เมื่ออิฐมีค่ายุบตัวน้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร
- กรณีการตำ : ตักอิฐใส่ลงไปในถังโดยแบ่งเป็น 3 ชั้นเท่าๆกันโดยประมาณ แต่ละชั้นตำ 25 ครั้ง แล้วเคาะด้านข้างภาชนะด้วยค้อนยาง 10 – 15 ครั้งต่อชั้น การตำสองชั้นบนให้ตำทะลุผ่านชั้นข้างใต้ 2.5 เซนติเมตร (1นิ้ว)

5. กรณีการจี้เข่าภายใน : ตักอิฐใส่แล้วจี้เข่า โดยแบ่งเป็น 2 ชั้นเท่าๆกัน โดยประมาณ จี้เข่า 3 จุดต่อชั้น การจี้เข่าชั้นบนสุด ให้ทะลุผ่านชั้นข้างใต้ 2.5 ซม. (1 นิ้ว)
6. ใช้เหล็กปาดหน้าอิฐให้เรียบ ทำความสะอาดข้างถึง
7. นำไปซังน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกน้ำหนักที่ได้ [ $W_c$ ]

- **การคำนวณ**

หน่วยน้ำหนักอิฐ = น้ำหนักอิฐในถัง [ $W_c$ ] ปริมาตรถัง [ $V_c$ ]

### การทดสอบการดูดซึมน้ำ

1. อบอุ่นอย่างประเทหะห้าแผ่น ให้แห้งจนน้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส การอบต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง จากนั้นนำมาแยกซังที่ละแผ่น การซังให้อ่านรายละเอียดดังร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักของซังทดสอบ น้ำหนักที่ซังได้นี้ถือเป็นน้ำหนักอิฐแห้ง ( $n_1$ )
2. อิฐประเภทหนึ่งที่ 1 ให้นำอิฐที่ซังแล้วตามข้อ 1 จำนวนห้าแผ่น แชลงในน้ำกลั่นจนท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ยกอิฐออก ใช้ผ้าเปียกซับน้ำบนผิวที่ละก้อนแล้วซังใหม่ให้เสร็จภายใน 3 นาที น้ำหนักที่ซังได้นี้ถือว่าเป็นน้ำหนักอิฐที่ดูดซึมน้ำ ( $n_2$ )
3. อิฐประเภทที่ 2 ให้นำอิฐที่ซังแล้วตามข้อ 1 จำนวนห้าแผ่น ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง การวางอิฐในภาชนะที่ใช้ต้ม ไม่ควรวางแผ่นอิฐติดกับผิวภาชนะ เสร็จแล้วปล่อยให้เย็นไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ยกอิฐออก ใช้ผ้าเปียกซับน้ำ บนผิวที่ละก้อน แล้วซังใหม่ให้เสร็จภายใน 3 นาที น้ำหนักที่ซังได้นี้ถือเป็นน้ำหนักอิฐที่ดูดซึมน้ำ ( $n_2$ )