

บทที่ 3

วิธีการทดสอบ

บทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ขั้นตอนในการเตรียมวัสดุในการทดสอบ วิธีการทดสอบต่างๆ และขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบลำที่ได้จากการเผาเถ้าของโรงสีข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิง

- 1) มาตรฐาน ASTM C 109
(การทดสอบหาค่ากำลังของมอร์ต้าปูนซีเมนต์)
- 2) มาตรฐาน ASTM C 187
(การทดสอบหาความชื้นเหลือปกติของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคต)
- 3) มาตรฐาน ASTM C 190
(การทดสอบหาค่ากำลังดึงของมอร์ต้าซีเมนต์)
- 4) มาตรฐาน ASTM C 191
(การทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคต)
- 5) มาตรฐาน ASTM C 305
(การทดสอบหาค่ากำลังดึงของมอร์ต้า)
- 6) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1
(การทดสอบหาค่ากำลังดึงของมอร์ต้าซีเมนต์)
- 7) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 8
(การทดสอบหาความชื้นเหลือปกติของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคต)
- 8) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 9
(การทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแคต)
- 9) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 12
(การทดสอบหาค่ากำลังดึงของมอร์ต้าซีเมนต์)
- 10) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 19
(การทดสอบหาค่ากำลังดึงของมอร์ต้าซีเมนต์)

3.2 วัสดุที่ใช้ทำการทดสอบ

1. เถ้าแกลบดำจากโรงสีข้าว 3 แห่งในเขตจังหวัดพิจิตร โลก
2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

3.3 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ

- 1.) เก็บแกลบดำจาก 3 โรงสี (ในเขตจังหวัดพิจิตร โลก)
- 2.) ตากแกลบดำเพื่อที่จะลดความชื้นของแกลบดำ
- 3.) ทำการบดแกลบดำแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 50 และเบอร์ 100 เพื่อคัดขนาดของแกลบดำ
- 4.) ผสมแกลบดำเพื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ตามอัตราส่วน 80:20 , 85:15 , 90:10 , 95:5

3.4 หลักการทดสอบและวิธีการทดสอบ

3.4.1 การทดสอบหาค่ากำลังอัดของมอร์ต้าซีเมนต์

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาค่ากำลังอัดของมอร์ต้าปูนซีเมนต์ผสมแกลบดำตามอัตราส่วนที่กำหนด ใช้ตัวอย่างลูกบาศก์ขนาด 50 มม. (2 นิ้ว)

เอกสารอ้างอิง

- 1) มาตรฐาน ASTM C 109
- 2) มาตรฐาน ASTM C 305
- 3) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1
- 4) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 12
- 5) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 19

วัสดุ

- 1) ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบตามอัตราส่วนที่กำหนดประมาณ 2000 กรัม
- 2) ทรายมาตรฐานประมาณ 5000 กรัม

เครื่องมือ

- 1) เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียดไม่น้อยกว่า 1 กรัม
- 2) ตะแกรงมาตรฐานสหรัฐอเมริกาเบอร์ 100 , 50 , 30 , และเบอร์ 16
- 3) หลอดแก้วสำหรับตวงขนาด 500 มล. จำนวน 1 ใบ
- 4) แบบหล่อตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 50 มม.
- 5) แท่นทดสอบการไหลแผ่ (Flow Table)
- 6) เครื่องเหล็กจำนวน 1 อัน
- 7) คุ้งมือยางจำนวน 1 คู่
- 8) ถาดสำหรับผสมมอร์ต้าจำนวน 1 ใบ
- 9) เครื่องผสมมอร์ต้า
- 10) แท่งกระทุ้งขนาด 13 x 25 มม. ยาวประมาณ 120 ถึง 150 มม.
- 11) เครื่องทดสอบแรงกด (Universal Testing Machine)

ทฤษฎี

การทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าซีเมนต์เป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของซีเมนต์วิธีหนึ่ง ว่าซีเมนต์ที่จะนำมาใช้งานนั้นมีคุณภาพได้มาตรฐานหรือไม่

กำลังอัดของก้อนลูกบาศก์มอร์ต้ามาตรฐานของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ 1 ส่วน และทรายมาตรฐานที่ร่อนได้ตามขนาด 2.75 ส่วน โดยน้ำหนักเตรียมและทดสอบตามวิธีมาตรฐานแล้วจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 1

ทรายมาตรฐาน

ทรายมาตรฐานที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างลูกบาศก์มอร์ต้าจะต้องเป็นทรายแม่น้ำ จากเขตจังหวัด พิษณุโลก และต้องเตรียมขนาดคละดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 เกณฑ์กำหนดกำลังอัดของก้อนมอร์ต้ามาตรฐาน

อายุและการบ่ม	กำลังอัด กก/ซม ²				
	ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1 วันในอากาศชื้น	-	-	120	-	-
1 วันในอากาศชื้น 2 วันในน้ำ	85	70	210	-	-
1 วันในอากาศชื้น 6 วันในน้ำ	150	130	-	55	105
1 วันในอากาศชื้น 27 วันในน้ำ	245	145	-	140	210

ตารางที่ 2 ขนาดคละของทรายมาตรฐาน

ตะแกรงเบอร์ (ช่องว่าง มม)	มวลที่ค้างบนตะแกรง
16(1.180)	0
30(0.600)	2 ± 2
50(0.300)	72 ± 5
100(0.150)	98 ± 2

อุณหภูมิและความชื้น

1. อุณหภูมิของอากาศในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งอุณหภูมิของเครื่องมือควรอยู่ระหว่าง 20 - 27 องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสม ห้องเก็บความชื้น และอุณหภูมิของน้ำที่ใช้เก็บตัวอย่างควรอยู่ระหว่าง 23 ± 1.7 องศาเซลเซียส
3. ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปฏิบัติการไม่ควรน้อยกว่า 50 %
4. ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องเก็บความชื้นไม่น้อยกว่า 90 %

จำนวนตัวอย่าง

ในการทดสอบแต่ละครั้งจะต้องใช้ตัวอย่างไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง

วิธีการทดลอง

- 1) ทาน้ำมันลงในแบบหล่อตัวอย่างต่างๆ เพื่อสะดวกในการแกะแบบออกได้โดยง่ายและพยายามไม่ให้น้ำมันไหลออกจากแบบหล่อตัวอย่าง
- 2) เตรียมตัวอย่างทรายมาตรฐานตามตารางที่ 2 ให้เพียงพอ สำหรับการทดสอบครั้งนี้
- 3) อัตราส่วนของวัสดุแห้งของมอร์ต้ามาตรฐานประกอบด้วย ซีเมนต์ผสมเก่าแก่ 1 ส่วน ทรายมาตรฐาน 2.75 ส่วน โดยน้ำหนัก และใช้น้ำในอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.485 สำหรับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และ 0.460 สำหรับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดมีสารกักกระจายฟองอากาศ สำหรับซีเมนต์ชนิดอื่นนั้น น้ำที่ผสม (คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักซีเมนต์) จะต้องมีปริมาณน้ำที่ทำให้เกิดการไหลแผ่ 100 ± 5 ตามการทดลองการไหลแผ่ในข้อ 5
- 4) การเตรียมมอร์ต้าขึ้นให้เตรียมด้วยเครื่องผสมมอร์ต้าตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1 การผสมมอร์ต้าปูนซีเมนต์ไฮโดรลิกด้วยเครื่องผสม
- 5) ในการทดลองการไหลแผ่นั้นให้ใช้ดินเหนียวให้สะอาดและแห้งแล้ววางแบบลงในที่อยู่ที่กึ่งกลางของแท่นจึงใส่มอร์ต้าที่ผสมแล้วลงในแบบ 1 ชั้น หนาประมาณ 25 มม. แล้วกระทุ้งด้วยแท่งกระทุ้ง 20 ครั้ง จากนั้นใส่มอร์ต้าอีกชั้นหนึ่งให้กลั่นแบบแล้วกระทุ้งเช่นเดียวกับชั้นแรก เมื่อมอร์ต้าที่เกินออกให้เรียบ ทำความสะอาดแท่นอีกครั้งหนึ่งแล้วยกแบบขึ้นตรงๆ หลังจากผสมมอร์ต้าเสร็จแล้ว 60 นาที จากนั้นหมั่นให้แท่นตกกระแทกในแนวตั้งสูง 12.7 มม. จำนวน 25 ครั้งในเวลา 15 นาที แล้ววัดเส้นผ่านศูนย์กลางของมอร์ต้าที่กระจายบนแท่นแล้วหาค่าเฉลี่ยจากการวัด 4 ครั้งในช่วงห่างเท่าๆกัน

ตารางที่ 3 ปริมาณวัสดุสำหรับตัวอย่างมอร์ต้าลูกบาศก์

วัสดุ	จำนวนตัวอย่าง	
	6	9
ซีเมนต์ (ก)	500	740
ทราย (ก)	1375	2035
น้ำ (มล) ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	242	359
ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมสารกักกระจายฟองอากาศ	230	340

คำนวณการไหลแผ่

$$\text{การไหลแผ่, \%} = \left[\frac{D1-D2}{D0} \right] \times 100$$

ทำการทดลองการไหลแผ่ซ้ำอีกโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ จนกระทั่งได้การไหลแผ่ 110 ± 5 % และในการทดลองแต่ละครั้งใช้มอร์ต้าใหม่เสมอ เมื่อได้ค่าการไหลแผ่ที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการเตรียมมอร์ต้าตามข้อ 4 เพื่อเตรียมตัวอย่างลูกบาศก์ต่อไป

- 6) หลังจากผสมตามข้อ 4 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ทิ้งไว้ในอ่างอีก 90 วินาที แล้วผสมอีกครั้งหนึ่งด้วยความเร็วปานกลางเป็นระยะเวลา 15 วินาที
- 7) เริ่มเทมอร์ต้าใส่แบบตัวอย่าง โดยใส่ชั้นแรกหนาประมาณ 25 มม. ให้ครบทุกแบบหล่อ กระทั่งแต่ละแบบหล่อจำนวน 32 ครั้งให้เสร็จภายใน 10 วินาที การกระทุ้งทำ 4 รอบ โดยแต่ละรอบให้ตั้งฉากกับรอบอื่นและกระทุ้งนั้นให้มีน้ำหนักเพียงพอที่จะให้มอร์ต้าบรรจุให้ได้เต็มแบบหล่อเท่านั้น กระทุ้งให้เสร็จ 4 รอบในแต่ละช่องก่อนที่จะไปกระทุ้งช่องอื่นต่อไป เมื่อกระทุ้งชั้นแรกเสร็จหมดเรียบร้อยแล้ว ใส่มอร์ต้าส่วนที่เหลือให้เต็มครบทุกแบบ หล่อแล้วกระทุ้งเช่นเดียวกับชั้นแรก โดยให้มอร์ต้าเมื่อกระทุ้งเสร็จแล้วสูงกว่าแบบเล็กน้อย จากนั้นให้ใช้เกรียงแต่งให้เรียบร้อย
- 8) หลังจากหล่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว เก็บตัวอย่างซึ่งอยู่ในแบบไว้ในห้องเก็บความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถอดแบบออกแล้วแช่ในน้ำสะอาด (ยกเว้นตัวอย่างที่จะทำการทดสอบเมื่ออายุ 24 ชั่วโมง) และหมั่นเปลี่ยนน้ำอยู่เสมอ
- 9) ทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าลูกบาศก์ตามอายุที่กำหนดไว้ โดยอนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนของอายุได้ดังนี้

อายุการทดสอบ	ความคลาดเคลื่อนได้
24 ชม.	$\pm 1/2$ ชม.
3 วัน	± 1 ชม.
7 วัน	± 3 ชม.
28 วัน	± 12 ชม.

ก่อนการทดสอบให้เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้งพร้อมทั้งทำความสะอาดตัวอย่างด้วย ในการทดสอบให้ทดสอบในเครื่องทดสอบแรงกดทั่วไป โดยให้แรงอัดทางด้านข้างที่มีผิวเรียบทั้งสองด้าน ทดสอบจนตัวอย่างแตกโดยใช้เวลาทดสอบ 20-80 วินาที

การคำนวณ

กำลังอัดของแต่ละก้อนคำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ f_c = กำลังอัด, ksc

P = แรงอัดประลัย, kg

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างจริง cm^2

3.4.2 การทดสอบหาค่ากำลังดึงของมอร์ต้าซีเมนต์

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบกำลังดึง (Tensile Strength) ของมอร์ต้าซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบ (Cement Mortars)

โดยใช้ตัวอย่างแบบบริเคท (Briquet Specimen)

เอกสารอ้างอิง

- 1) มาตรฐาน ASTM C 190

วัสดุ

1. ซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบที่ต้องการทดสอบประมาณ 300 กรัม
2. ทรายมาตรฐานประมาณ 900 กรัม

เครื่องมือ

- 1) แบบหล่อบริเคท (Briquet Specimen) ความยาวสุดของตัวอย่างเท่ากับ 7.63 ซม. (3 นิ้ว) ส่วนที่แคบที่สุดเท่ากับ 2.54 ซม. (1 นิ้ว) และมีความหนา 2.54 ซม. (1 นิ้ว)
- 2) เครื่องชั่งซึ่งอ่านได้ละเอียดไม่น้อยกว่า 1 กรัม
- 3) ตะแกรงมาตรฐานสหรัฐอเมริกาซึ่งมีช่องว่าง 0.85 มม. (เบอร์ 20) และ 0.6 มม. (เบอร์ 30)
- 4) หลอดแก้วสำหรับตวง (Glass Graduate) อ่านได้ละเอียดถึง 1 มล.
- 5) เกรียงเหล็ก

- 6) ถุงมือยาง
- 7) เครื่องมือทดสอบกำลังคึงแบบ (Briquet Testing Mechine)
- 8) ถาดผสมมอร์ต้า

ทฤษฎี

การทดสอบหาลำดั้คึงของมอร์ต้าซีเมนต์ใช้ตัวอย่างแบบบริเคทนี้มีได้มีวัตถุประสงค์ที่จะหาลำดั้คึงหรือความแข็งแรงโดยตรง แต่การทดสอบครั้งนี้จะแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของซีเมนต์ที่ใช้ทดสอบว่าซีเมนต์ชนิดนั้นมีคุณภาพได้มาตรฐานหรือไม่และเหมาะที่จะนำไปใช้งานคอนกรีตหรือไม่

หากการทดสอบหาลำดั้คึงของมอร์ต้าซีเมนต์ได้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานแล้ว ก็ไม่ควรที่จะนำซีเมนต์นั้นไปใช้ในงานคอนกรีตอีกต่อไป การที่ค่าที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานอาจเนื่องจากซีเมนต์นั้นเป็นซีเมนต์เก่าที่ผลิตมานานแล้วหรือจากการเก็บรักษาซีเมนต์ดีไม่พอ ซีเมนต์ได้รับความชื้นทำให้เสื่อมคุณภาพได้ ถึงแม้ผู้ผลิตจะรับรองว่าซีเมนต์ ที่ผลิตมีคุณภาพได้มาตรฐานก็ตาม การทดสอบวิธีนี้จะช่วยให้ผู้ควบคุมมีความมั่นใจในคุณภาพของซีเมนต์มากยิ่งขึ้น

มาตรฐาน ASTM C 150 ได้กำหนดคุณภาพของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดต่างๆโดยเมื่อทำการทดสอบหาลำดั้คึงของมอร์ต้าซีเมนต์ซึ่งมีอัตราส่วน 1 ส่วนของซีเมนต์ต่อ 3 ส่วน ของทรายมาตรฐานโดยน้ำหนักแล้วจะมีค่าไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1

ทรายมาตรฐาน

ทรายมาตรฐานเป็นทรายในเขตจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งผ่านตะแกรงเบอร์ 20 และค้ำงตะแกรงเบอร์ 30

ตารางที่ 1 ลำดั้คึงมอร์ต้าซีเมนต์ ปอนต่อตารางนิ้ว (กก/ซม²)

อายุและสภาพการบ่ม	ชนิดของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์				
	1	2	3	4	5
1 วันในอากาศชื้น	-	-	275 (19.3)	-	-
1 วันในอากาศชื้น 2 วันในน้ำ	150 (10.5)	125 (8.8)	375 (26.3)	-	-

1 วันในอากาศชื้น 6 วันในน้ำ	275 (19.3)	250 (17.5)	-	175 (12.3)	250 (17.5)
1 วันในอากาศชื้น 27 วันในน้ำ	350 (24.5)	325 (22.8)	-	300 (21.0)	325 (22.8)

อุณหภูมิและความชื้น

1. อุณหภูมิของอากาศในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งอุณหภูมิของเครื่องมือควรอยู่ระหว่าง 20 - 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสม ห้องเก็บความชื้น และอุณหภูมิของน้ำที่ใช้เก็บตัวอย่าง ควรอยู่ระหว่าง 23 ± 1.7 องศาเซลเซียส
2. ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปฏิบัติการ ไม่ควรน้อยกว่า 50 % ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องเก็บความชื้น ไม่น้อยกว่า 90 %

จำนวนตัวอย่างบริเคท

ในการทดสอบหาค่าลึงคิงของตัวอย่างแต่ละชุดควรทดสอบไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง

วิธีทดลอง

- 1) ส่วนผสมของมอร์ต้ามาตรฐานประกอบด้วยซีเมนต์ 1 ส่วน ทรายมาตรฐาน 3 ส่วน โดยน้ำหนัก ในการเตรียมตัวอย่าง 6 ตัวอย่าง จะต้องใช้ซีเมนต์ 300 กรัม และทรายมาตรฐาน 900 กรัม และสำหรับตัวอย่าง 9 ตัวอย่างจะต้องใช้ซีเมนต์ 450 กรัม ทรายมาตรฐาน 1350 กรัม
- 2) คำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องใช้ผสมมอร์ต้า จาก $Y = (P/6) + 6.5$
เมื่อ Y เป็นปริมาณน้ำที่ต้องการ โดยน้ำหนักของร้อยละน้ำหนักรวมของซีเมนต์และทราย
P เป็นร้อยละของน้ำที่ทำให้ซีเมนต์ที่ใช้มีความชื้นเหลือปกติ (Normal Consistency)
ได้มาจากการทดสอบความชื้นเหลือ
- 3) เทซีเมนต์และทรายมาตรฐานตามจำนวนที่ต้องการลงในอ่างผสมมอร์ต้า ผสมแห้งให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงเริ่มเดินเครื่องผสมมอร์ต้าด้วยความเร็วปานกลาง
- 4) ค่อยๆ เทน้ำปริมาณเท่าที่คำนวณได้จากข้อ 2 ลงในอ่างผสมให้เสร็จสิ้นภายในเวลา 30 วินาที
- 5) เดินเครื่องไปเรื่อยๆ จนส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

- 6) เหมอร์ดำซีเมนต์ที่ผสมเสร็จลงในแบบปริเทจนพูนออกมา แบบปริเทจจะต้องสะอาดและชโลมน้ำมันให้ทั่วไว้ก่อนแล้ว จากนั้นใช้หัวแม่มือทั้งสองข้างกดมอร์ดำให้ทั่วตัวอย่างตัวอย่างละ 12 ครั้ง แรงที่หัวแม่มือทั้งสองข้างให้กดประมาณ 6.8 - 9.1 กิโลกรัม
- 7) ตักมอร์ดำใส่ให้พูนอีกเล็กน้อย แล้วใช้เกรียงปาดแล้วกดให้เรียบ แรงกดต้องไม่เกิน 1.8 กิโลกรัม
- 8) กลับแบบโดยใช้แผ่นแก้วช่วย จากนั้นทำซ้ำตามข้อ 6 และ 7 อีกครั้งหนึ่ง
- 9) เก็บตัวอย่างทั้งหมดในห้องเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลาประมาณ 20 ถึง 24 ชั่วโมง โดยให้ผิวของตัวอย่างสัมผัสกับอากาศชื้นแต่ไม่ให้ถูกหยดน้ำ หากแกะแบบออกก่อนที่ตัวอย่างจะมีอายุครบ 24 ชั่วโมงให้เก็บตัวอย่างไว้ในที่อากาศชื้นจนครบ 24 ชั่วโมงจากนั้นจึงนำเอาตัวอย่างไปแช่ไว้ในน้ำ น้ำที่ใช้แช่ควรจะสะอาดและทำการเปลี่ยนอยู่เสมอ
- 10) ทดสอบกำลังดึงของตัวอย่างมอร์ดำซีเมนต์ ตามอายุที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานอ้างอิง โดยอนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนของอายุได้ดังนี้

อายุการทดสอบ	ความคลาดเคลื่อนได้
24 ชม.	$\pm 1/2$ ชม.
3 วัน	± 1 ชม.
7 วัน	± 3 ชม.
28 วัน	± 12 ชม.

ก่อนการทดสอบให้เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้งพร้อมทั้งทำความสะอาดตัวอย่าง จากนั้นจึงใส่ตัวอย่างปริเทจในเครื่องทดสอบกำลังดึง โดยใช้แรงดึงสม่ำเสมอด้วยในอัตราการดึงประมาณ 5 มม. ต่อวินาที จนกระทั่งตัวอย่างขาด (Fail) (หมายเหตุ ค่ากำลังดึงของแต่ละตัวอย่าง ถ้าหากว่าแตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยเกิน 15 % จะถือว่าค่านั้นใช้ไม่ได้ แต่อย่างน้อยจะต้องเหลือไว้ 2 ค่า สำหรับหาค่าเฉลี่ยของกำลังดึง หากเหลือน้อยกว่า 2 ค่าจะต้องทำการทดสอบใหม่หมด

การคำนวณ

ค่ากำลังดึงของตัวอย่างปริศานี้ จะแสดงออกมาในรูปของหน่วยแรงดึงที่ทำให้ตัวอย่างปริศานขาดพอดี คำนวณได้จากสูตร

$$f_t = \frac{P}{A}$$

เมื่อ f_t = กำลังดึง (Tensile Strength), ksc

P = แรงประลัย, kg

A = พื้นที่หน้าตัดที่เล็กที่สุดของตัวอย่างปริศาน cm^2

3.4.3 การทดสอบหาค่าความชื้นเหลือปกติของซีเมนต์ผสมถ้ำเกลบโดยใช้เข็มไวแคด

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาค่าความชื้นเหลือปกติ (Normal Consistency) ของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไว

แคด

เอกสารอ้างอิง

- 1) มาตรฐาน ASTM C 187
- 2) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 8

วัสดุ

ซีเมนต์ผสมถ้ำเกลบตามอัตราส่วนที่ต้องการทดสอบประมาณ 3000 ก.

เครื่องมือ

- 1) เครื่องมือทดสอบแบบไวแคด
- 2) เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียดไม่น้อยกว่า 0.1 ก.
- 3) หลอดแก้วสำหรับตวงขนาด 200 มล.
- 4) เกรียงเหล็ก จำนวน 1 อัน
- 5) ถาดสำหรับผสมซีเมนต์ผสมถ้ำเกลบ 1 ใบ

- 6) ภาชนะสำหรับใส่ซีเมนต์ผสมเต็ม 1 ใบ
- 7) ถุงมือยาง 1 คู่

ทฤษฎี

ในการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของซีเมนต์ที่ได้มาตรฐานนั้นปริมาณน้ำที่นำไปผสมซีเมนต์จะต้องปริมาณน้ำที่เหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐานมิเช่นนั้นแล้วผลของการทดสอบต่างๆที่ได้ย่อมไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบกันได้

ปริมาณน้ำที่เหมาะสมนั้นหมายถึงปริมาณน้ำ (คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักซีเมนต์) ที่เมื่อเหมาะสมกับน้ำหนักซีเมนต์แล้วทำให้ซีเมนต์เพสต์มีความข้นเหลวปกติ (Normal Consistency) สภาพความข้นเหลวปกติของซีเมนต์หมายถึงสภาพที่เมื่อปล่อยเข็มมาตรฐาน ไวแคด (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม.) แล้วเข็มจะจมลงไปซีเมนต์เพสต์ 10 ซม ในระยะเวลา 30 วินาที

การทดสอบเรื่องนี้เป็น การทดสอบหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมเพื่อนำไปทดสอบหาคุณสมบัติอื่นๆของซีเมนต์เพสต์ต่อไป เช่นระยะเวลาการก่อตัว (Setting Time) แรงดึงของซีเมนต์เพสต์หรือซีเมนต์มอร์ต้า (Tensile Strength) เป็นต้น ค่าความข้นเหลวปกติของปูนซีเมนต์ โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 24-28

อุณหภูมิและความชื้น

- 1) อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสม ห้องเก็บความชื้น และอุณหภูมิของน้ำที่ใช้เก็บตัวอย่างควรอยู่ระหว่าง 23 ± 1.7 องศาเซลเซียส
- 2) ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปฏิบัติการ ไม่ควรน้อยกว่า 50 %

วิธีการทดสอบ

- 1) ชั่งซีเมนต์ผสมเต็มจำนวน 500 ก. ใส่ลงในถาดสำหรับผสม
- 2) เกลี่ยซีเมนต์ให้เป็นลักษณะรูปกรวยภูเขาไฟ เทน้ำที่ทราบปริมาณที่แน่นอนลงไป (ในการทดสอบครั้งแรกอาจใช้น้ำประมาณ 26% หรือ 130 มล.) ในขณะที่เทน้ำนั้นให้ใช้เกรียงเกลี่ยซีเมนต์ด้านนอก เข้าไปด้านในด้วยเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำให้เทน้ำให้หมดภายในเวลา 30 วินาที

TA
489
ค1510
2551



25
สำนักหอสมุด

15 ต.ศ. 2552

- 3) ปลดปล่อยให้ซีเมนต์ดูดซึมน้ำเป็นเวลา 30 วินาที ในระหว่างนั้นอาจใช้เกียงช่วยป้องกันไม่ให้น้ำ
ละเหยออก
- 4) จากนั้นใช้มือ บีบ นวด ขยำ อย่างแรงเพื่อให้น้ำกับซีเมนต์ผสมเข้ากันอย่างทั่วถึงเป็น
ระยะเวลา 90 วินาที
- 5) จากนั้นใช้มือทั้งสองบีบซีเมนต์เพสต์ที่ได้ให้เป็นก้อนกลมๆ อย่างรวดเร็วแล้วโยนจากมือหนึ่ง
ไปอีกมือหนึ่งสลับกันไป จำนวน 6 ครั้ง โดยให้มือทั้งสองห่างกันประมาณ 15 ซม.
- 6) ในขณะที่มือข้างหนึ่งถือซีเมนต์เพสต์รูปกลมอยู่นั้น ให้อัดซีเมนต์เพสต์เข้าไปทางด้านใหญ่ของ
แบบแหวนรูปกรวยของเครื่องมือไวแคต ที่ถือไว้ด้วยมืออีกด้านหนึ่ง
- 7) ปาดซีเมนต์เพสต์ที่เกินออกมาของด้านใหญ่ออก โดยใช้มือเลื้อยเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
- 8) วางแบบด้านใหญ่ลงบนแผ่นแก้ว แล้วปาดซีเมนต์เพสต์ที่เกินอยู่ทางด้านเล็กออก โดยใช้เกรียง
ตัดเฉียงกับด้านบนของขอบแบบ จากนั้นให้ตกแต่งผิวหน้าให้เรียบร้อย โดยใช้ปลายเกรียง
แตะๆ เท่านั้นห้ามไม่ให้อัดซีเมนต์เพสต์ด้วยแรงใดๆทั้งสิ้น
- 9) วางซีเมนต์เพสต์ให้อยู่ได้เต็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. ของเครื่องมือไวแคต (ควร
ตรวจสอบเครื่องมือก่อนการทดสอบทุกครั้ง)
- 10) เลื่อนปลายเข็มให้แตะกับผิวของเพสต์ตรงกลางจากนั้นอ่านสเกลหน้าปัด
- 11) ปลดปล่อยเข็มทันทีเมื่อผสมซีเมนต์เพสต์เสร็จแล้ว 30 วินาที
- 12) อ่านสเกลอีกครั้งหลังปล่อยเข็มไป 30 วินาที ซึ่งจะช่วยให้ทราบได้ว่าเข็มจมลงไปเท่าใด
- 13) เขียนกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้ (เป็น %) กับส่วนที่เข็มจม (เป็น มม.)
- 14) ทำการทดสอบซ้ำหลาย ๆ ครั้ง (จากข้อ 1- ข้อ 13) โดยใช้ซีเมนต์ใหม่ทุกครั้ง จนกระทั่ง
สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้กับส่วนที่เข็มจมลงไป 10 มม. ได้จากกราฟ
ปริมาณน้ำที่หาได้ก็คือความชื้นเหลือปกติของซีเมนต์นั้นๆ

ร. 4516291

การคำนวณ

ปริมาณที่ต้องใช้เพื่อให้ความชื้นเหลือปกติ ให้คำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักปูนซีเมนต์แห้ง โดยคำนวณให้ละเอียดถึงร้อยละ 0.1 และต้องรายงานให้ละเอียดถึงร้อยละ 0.5

$$\text{ปริมาณน้ำ, \%} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่ใช้ (กก.)}}{\text{น้ำหนักปูนซีเมนต์แห้ง (กก.)}} \times 100$$

3.4.4 การทดสอบหาระยะเวลาก่อตัวของซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบโดยใช้เข็มแบบไวแคต

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาระยะการก่อตัว (Time of Setting) ของซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบโดยใช้เข็มแบบ

ไวแคต

เอกสารอ้างอิง

- 1) มาตรฐาน ASTM C 191
- 2) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 9

วัสดุ

ซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบตามอัตราส่วนที่ต้องการทดสอบประมาณ 650 ก.

เครื่องมือ

- 1) เครื่องมือทดสอบแบบไวแคต
- 2) เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียดไม่น้อยกว่า 0.1 ก.
- 3) หลอดแก้วสำหรับตวงขนาด 200 มล.
- 4) เกรียงเหล็ก จำนวน 1 อัน
- 5) ถาดสำหรับผสมซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบ 1 ใบ
- 6) ภาชนะสำหรับใส่ซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบ 1 ใบ
- 7) ถุงมือยาง 1 คู่

ทฤษฎี

ระยะเวลาการก่อตัว (Time of Setting) ของซีเมนต์เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของซีเมนต์ หมายถึงระยะเวลาที่ Cement Paste เปลี่ยนจากสภาพเหลวกลายเป็นสภาพที่ไม่คืนตัว (สภาพที่มีความเข้มข้นมากแต่ยังไม่ถึงกับแข็ง) การหาระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์นั้นจะทำให้ทราบถึงระยะเวลาที่ต้องทำงาน หากซีเมนต์ที่ใช้งานก่อตัวเร็วเกินไป เมื่อนำไปใช้ในงานคอนกรีตต่างๆ ไปผู้ดำเนินงานก็อาจจะไม่มีเวลาเพียงพอในการนำคอนกรีตไปเทลงแบบได้สมบูรณ์ ซีเมนต์อาจก่อตัวก่อน ซึ่งหมายความว่าหลังจากเวลานั้นแล้วเราไม่ควรจะเคลื่อนย้ายคอนกรีตศักดิ์ออกไป เพราะอาจทำให้คอนกรีตเสื่อมคุณภาพได้อย่างไรก็ตาม หากระยะเวลาของคอนกรีตนานมากเกินไป ก่ออาจมีอุปสรรคต่อการก่อสร้างได้ เช่น การทำให้ถอดแบบช้า ทำให้เสียเวลาในการก่อสร้าง

โดยทั่วไปเกณฑ์กำหนดระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทุกชนิด โดยวิธีนี้จะต้องไม่ต่ำกว่า 45 นาที ระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์พิเศษแบ่งออกได้ 2 ระยะคือ

- 1) ระยะเวลาการก่อตัวขั้นต้น (Initial Setting Time) คือ ระยะเวลาที่ซีเมนต์พิเศษก่อตัวจนสามารถรับน้ำหนักเข็มมาตรฐานไวเคต ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม. ปลดปล่อยไปซีเมนต์พิเศษที่ผสมน้ำและมีความชื้นเหลวปกติแล้ว เข็มนั้นจะจมลงไป 25 มม. หลังจากเมื่อปล่อยไป 30 วินาที
- 2) ระยะเวลาการก่อตัวขั้นปลาย (Final Setting Time) คือ ระยะเวลาที่ซีเมนต์พิเศษก่อตัวจนสามารถรับน้ำหนักของเข็มมาตรฐานไวเคตไว้ได้ โดยไม่จมลงในซีเมนต์พิเศษเพียงเป็นรอยกระแทกของเข็มเท่านั้น ระยะเวลาการก่อตัวขั้นปลายนี้อาจเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 2-4 ชั่วโมง

อุณหภูมิและความชื้น

- 1) อุณหภูมิของอากาศในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งอุณหภูมิของเครื่องมือควรอยู่ระหว่าง 20 - 27 องศาเซลเซียส
- 2) อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสม ห้องเก็บความชื้น และอุณหภูมิของน้ำที่ใช้เก็บตัวอย่างควรอยู่ระหว่าง 23 ± 1.7 องศาเซลเซียส
- 3) ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปฏิบัติการไม่ควรน้อยกว่า 50 %
- 4) ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องเก็บความชื้นไม่น้อยกว่า 90 %

วิธีทดสอบ

- 1) ชั่งซีเมนต์ผสมเข้าถังแก้วจำนวน 500 ก. ใส่ลงในถาดสำหรับผสม
- 2) เกลี่ยซีเมนต์ให้เป็นลักษณะรูปกรวยภูเขาไฟ เหนือที่ทราบปริมาณที่แน่นอนลงไป (ในการทดสอบครั้งแรกอาจใช้น้ำประมาณ 26% หรือ 130 มล.) ในขณะที่เหน้านั้นให้ใช้เกรียงเกลี่ยซีเมนต์ด้านนอก เข้าไปด้านในด้วยเพื่อกันการระเหยของน้ำให้เหน้าให้หมาดภายในเวลา 30 วินาที
- 3) ปลดปล่อยให้ซีเมนต์ดูดซึมน้ำเป็นเวลา 30 วินาที ในระหว่างนั้นอาจใช้เกรียงช่วยป้องกันไม่ให้น้ำละลายออก
- 4) จากนั้นใช้มือ บีบ นวด ขยำ อย่างแรงเพื่อให้น้ำกับซีเมนต์ผสมเข้ากันอย่างทั่วถึงเป็นระยะเวลา 90 วินาที
- 5) จากนั้นใช้มือทั้งสองบีบซีเมนต์เพสต์ที่ได้ให้เป็นก้อนกลมๆ อย่างรวดเร็วแล้วโยนจากมือหนึ่งไปอีกมือหนึ่งสลับกันไป จำนวน 6 ครั้ง โดยให้มือทั้งสองห่างกันประมาณ 15 ซม.
- 6) ในขณะที่มือข้างหนึ่งถือซีเมนต์เพสต์รูปกลมอยู่นั้น ให้อีกซีเมนต์เพสต์เข้าไปทางด้านใหญ่ของแบบแหวนรูปกรวยของเครื่องมือไวแคต ที่ถือไว้ด้วยมืออีกด้านหนึ่ง
- 7) ปาดซีเมนต์เพสต์ที่เกินออกมาของด้านใหญ่ออก โดยใช้มือเลื้อยเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
- 8) วางแบบด้านใหญ่ลงบนแผ่นแก้ว แล้วปาดซีเมนต์เพสต์ที่เกินอยู่ทางด้านเล็กออก โดยใช้เกรียงตัดเฉียงกับด้านบนของขอบแบบ จากนั้นให้ตักแต่งผิวหน้าให้เรียบร้อย โดยใช้ปลายเกรียงแตะๆ เท่านั้นห้ามไม่ให้อัดซีเมนต์เพสต์ด้วยแรงใดๆทั้งสิ้น (หมายเหตุ ขั้นตอนที่ 1-8 เป็นเช่นเดียวกับการทดสอบหาค่าความชื้นเหลือปกติของซีเมนต์โดยใช้เข็มไวแคต)
- 9) หลังจากเตรียมตัวอย่างแล้ว ให้เก็บตัวอย่างไว้ในห้องเก็บความชื้นทันที แล้วเก็บไว้เช่นตลอดเวลา ยกเว้นเวลานำออกมาทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัวเท่านั้น
- 10) ทำการทดสอบหาระยะที่เข็มจมลงไปเมื่อปล่อยเข็มขนาด 1 มม. เมื่อเวลาผ่านไปหลังจากที่เตรียมตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว 30 นาที และทำการทดสอบซ้ำทุกๆ 15 นาที (ทุกๆ 10 นาที สำหรับซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทสาม) จนกระทั่งได้ระยะเข็มจมน้อยกว่า 25 มม.
- 11) ในการทดสอบแต่ละครั้งให้เลื่อนปลายเข็มให้แตะกับผิวของเพสต์ จากนั้นอ่านสเกลหน้าปัด แล้วปล่อยให้เข็มเลื่อนลงทันทีเป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นจึงอ่านสเกลอีกครั้ง ทำให้ทราบได้ว่าเข็มจมลงไปเท่าไร

- 12) ในการทดสอบแต่ละครั้งไม่ควรทดสอบใกล้กว่าจุดเดิม 6.4 มม. หรือไม่ควรใกล้กว่า 9.5 มม. จากขอบด้านในของแบบรูปวงแหวน
- 13) หากความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปในขณะที่เข็มจมลงไป 25 มม. จากกราฟ ระยะเวลาหาได้คือ ระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์นั้นๆ

หมายเหตุ

1. ค่าที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้ เป็นค่าของระยะเวลาการก่อตัวขั้นต้น (Initial Setting Time) เท่านั้น
2. ก่อนการทดสอบทุกครั้งควรทำความสะอาดเข็มและคัดเข็มให้ตรงอยู่เสมอ

