

โครงการวิจัย

เรื่อง การศึกษาสมบัติด้านกายภาพของวัสดุซีเมนต์เคลือบหลุมร่องฟันตามมาตรฐาน ISO 9917-1:2007 (Dentistry — Water-based cements — Part 1: Acid-base cements) (Interlaboratory Test (ILT)-Pit and Fissure Sealing Cements)

หลักการและเหตุผล

The members of ISO/TC 106/SC 1/WG 10 who kindly participate in ILT (2019-2020) for pit and fissure sealing cements.....

ประโยชน์และคุณค่าของโครงการคือได้องค์ความรู้ใหม่ซึ่งสามารถตีพิมพ์เผยแพร่ได้ สามารถวิจัยและพัฒนาต่อยอดจนเป็นผลิตภัณฑ์สู่ตลาดได้ รวมทั้งได้ทักษะในการทดสอบผลิตภัณฑ์ เพื่อการเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบเครื่องมือแพทย์ของประเทศไทยที่ได้มาตรฐานระดับสากล

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบสมบัติด้านกายภาพของวัสดุซีเมนต์เคลือบหลุมร่องฟันตามมาตรฐาน ISO 9917-1:2007
ครอบคลุมการทดสอบสมบัติด้านกายภาพของวัสดุซีเมนต์เคลือบหลุมร่องฟัน คือ

1. ความแข็งแรงอัด (Compressive Strength)
2. เวลาสุทธิของการก่อตัว (Net Setting Time)
3. การกัดกร่อนด้วยกรด (Acid Erosion)
4. ปริมาณสารตะกั่วที่ละลายในกรด (Acid-soluble Lead Contents)

วัสดุอุปกรณ์

วัสดุ Pit and Fissure Sealing Cements

Sealing Cements	ยี่ห้อ/ Lot no.	ชนิด	Mixing Time	Working Time	Net Setting Time
1.GC Fuji III	GC/1910231,1908261	ผง/น้ำ (1.2g/1.0g)	15-20 วินาที	1 นาที 40 วินาที	2 นาที 30 วินาที
2.GC Fuji VII	GC/1912021 (Exp.2022-12-01)	ผง/น้ำ (0.3g/0.15g)	10 วินาที	1 นาที 40 วินาที	2 นาที 30 วินาที
3.SDI riva protect (Regula)	SDI/F1911291 (Exp.2022-02)	แคปซูล (0.34g/0.19g)	10 วินาที	1 นาที 5 วินาที	4 นาที 10 วินาที

การทดสอบความแข็งแรงอัด (Compressive Strength)

อุปกรณ์/ เครื่องมือ	รายละเอียด
ตู้อบ (Cabinet) รุ่น Contherm160M, ยี่ห้อ Contherm, New Zealand.	ตั้งอุณหภูมิที่ 37 ± 1 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์อย่างน้อย 30%
แม่พิมพ์แยกส่วนและแผ่นประกบ (Split mould and plate)	มีมิติที่มีความสูง 6.0 ± 0.1 มม. และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0 ± 0.1 มม. แม่พิมพ์และแผ่นประกบควรทำมาจากเหล็กสแตนเลสหรือวัสดุอื่นใดที่ไม่มีผลกระทบจากซีเมนต์
อุปกรณ์หนีบจับชิ้นงาน (Screw clamps)	ตามรูปอ้างอิงในภาคผนวก Annex D
เครื่องวัดขนาด (Screw micrometer) ยี่ห้อ Mitutoyo, Japan.	มีความละเอียดในการวัด 2 ไมครอน หรือที่มีความละเอียดกว่า
เครื่องทดสอบทางกล (Mechanical Tester)) รุ่น LR10K ยี่ห้อ LLOYD Instruments, England.	สามารถควบคุมความเร็วในการทดสอบได้ 0.75 ± 0.30 มม./นาที หรืออัตราเพิ่มแรง 50 ± 16 นิวตัน/นาที
เครื่องชั่ง (Balance) รุ่น AS200 ยี่ห้อ RADWAG, Poland.	ความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
เครื่องปั่นอมัลกัม, เครื่องปั่น GI, ปั่นฉืด	รุ่น ProMix 402E, ยี่ห้อ Dentsply, U.S.A.
อุปกรณ์ชั่งตวงวัด: ช้อนตวง ปิเปต หลอดหยด กระจก/แผ่นแก้วผสม ช้อนผสม (spatula) ชูตตักแต่งคอมโพสิต	
น้ำกลั่น	เกรด 3
กระจกทรายน้ำซิลิกอนคาร์ไบด์ ยี่ห้อ PACE TECHNOLOGIES, USA	มีความละเอียด 400 กริต หรือละเอียดกว่า
กระจกกรอง	เบอร์ 1
แผ่นใสอซิเตด/ celluloid strip	เพื่อปิดแม่พิมพ์/รองแผ่นประกบ
วาสลิน	สำหรับทารอบแม่พิมพ์
ถ้วยพลาสติกมีฝาปิดแช่เก็บชิ้นงาน	ขนาดบรรจุอย่างน้อย 10 มล.
วัสดุ Pit and Fissure Sealing Cements 3 ชนิดคือ 1.GC Fuji III (T1) 2.GC Fuji VII (T2) 3.SDI riva protect (T3)	ชื่อชิ้นงานตัวอย่าง T1-1, T1-2, T1-3, T1-4, T1-5 T2-1, T2-2, T2-3, T2-4, T2-5 T3-1, T3-2, T3-3, T3-4, T3-5

การทดสอบเวลาสุทธิของการก่อกาว (Net Setting Time)

อุปกรณ์/ เครื่องมือ	รายละเอียด
ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Cabinet) รุ่น ยี่ห้อ , Thailand.	ตั้งอุณหภูมิที่ 37 ± 1 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์อย่างน้อย 90%
เครื่องวัดการก่อกาวของซีเมนต์ รุ่น ยี่ห้อ , Thailand.	มีหัวกด (Indenter) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 ± 0.1 มม. น้ำหนัก 400 กรัม
แม่พิมพ์ (mould)	รูปร่างกลมมีความหนา 2.0 ± 0.1 มม. และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.0 ± 0.5 มม. แม่พิมพ์ทำมาจากเหล็กสแตนเลส
แท่นโลหะ (Metal block)	สำหรับรองชิ้นงาน
อลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium foil)	สำหรับรองวัสดุ
แว่นขยาย (Magnifier)	มีกำลังขยายอย่างน้อย 2 เท่า
นาฬิกาจับเวลา (Timer)	
เครื่องปั่นอมัลกัม, เครื่องปั่น GI, ปั่นฉีต	รุ่น ProMix 402E, ยี่ห้อ Dentsply, U.S.A.
อุปกรณ์ชั่งตวงวัด: ช้อนตวง ปิเปต หลอดหยด กระจก/แผ่นแก้วผสม ช้อนผสม (spatula) ชุดตักแต่งคอมโพสิต	
วัสดุ Pit and Fissure Sealing Cements 3 ชนิดคือ 1.GC Fuji III 2.GC Fuji VII 3.SDI riva protect	ชื่อชิ้นงานตัวอย่าง T1-1, T1-2, T1-3 T2-1, T2-2, T2-3 T3-1, T3-2, T3-3

การทดสอบการกัดกร่อนด้วยกรด (Acid Erosion)

อุปกรณ์/ เครื่องมือ	รายละเอียด
ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Cabinet) รุ่น ยี่ห้อ , Thailand.	ตั้งอุณหภูมิที่ 37 ± 1 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์อย่างน้อย 90%
ชุดจับชิ้นงาน (Specimen holder)	Disc (30x5 mm) hole (5.0±0.5 mm) in diameter, 2.0±0.5 mm deep bored in the Centre
แผ่นประกบ (PMMA plate)	Disc (30x5 mm)
แผ่นปิดชิ้นงาน (Separating sheet)	Polyester strip
อุปกรณ์หนีจับ (clamps/ clips)	คลิปดำใหญ่
เครื่องชั่ง (Balance)	ความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

รุ่น HL-400 ยี่ห้อ AND, Japan.	
ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator 37 °C) รุ่น Contherm160M, ยี่ห้อ Contherm, New Zealand.	ตั้งอุณหภูมิที่ 37±1 °C
เครื่องปั่นอมัลกัม, เครื่องปั่น GI, ปั่นสีด	รุ่น ProMix 402E, ยี่ห้อ Dentsply, U.S.A.
ปิเปตต์ (Pipette)	
ภาชนะบรรจุตัวอย่างในการแช่กรด	มากกว่า 30 ml.
กระดาษทรายซิลิกอนคาร์ไบด์ ยี่ห้อ PACE TECHNOLOGIES, USA	เบอร์ 1,200 grit
เครื่องวัดค่า pH (pH meter) (ศูนย์ฯ Oral Bio)	
Spring-loaded (50 – 100 กรัม) Spherically tipped (diameter of the tip 3.5±0.5 mm.) Dial gauge (ความละเอียด 0.01 mm.)	ใช้ UTM กดหัวกดด้วยแรง และวัดระยะได้
อุปกรณ์เครื่องแก้ว: กระบอกตวง (Cylinder) ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 1000 มิลลิลิตร	
เครื่องกวนสารละลาย ยี่ห้อ IKA, Germany	
สารกักกร่อน 1. Lactic acid 2. Sodium lactate buffer solution	8.27 กรัม (ยืมภาคชีวเคมี) 0.92 กรัม (ยืมแลป อ.ประสิทธิ์)
น้ำกลั่น	Grade 3 as defined in ISO 3696
อุปกรณ์ซึ่งตวงวัด: ช้อนตวง ปิเปต หลอดหยด กระดาษ/แผ่นแก้วผสม ช้อนผสม (spatula) ชุดตัดแต่งคอมโพสิต	
วัสดุ Pit and Fissure Sealing Cements 3 ชนิดคือ 1.GC Fuji III 2.GC Fuji VII 3.SDI riva protect	ชื่อชิ้นงานตัวอย่าง T1-1, T1-2, T1-3, T1-4, T1-5 T2-1, T2-2, T2-3, T2-4, T2-5 T3-1, T3-2, T3-3, T3-4, T3-5

การทดสอบปริมาณสารตะกั่วที่ละลายในกรด (Acid-soluble Lead Contents)

อุปกรณ์/ เครื่องมือ	รายละเอียด
ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator 37 °C) รุ่น Contherm160M, ยี่ห้อ Contherm, New Zealand.	ตั้งอุณหภูมิที่ 37±1 °C
เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) (ศูนย์ฯ Oral Bio)	ไม่มีค่าใช้จ่าย
เครื่องวิเคราะห์โลหะหนัก (ศูนย์ฯ Oral Bio) (Perkin Elmer ICP-OES Optima 7300 DV)	ค่าใช้จ่ายบริการ 150 บาท/ชม. ทดสอบครั้งละ 20 ตัวอย่าง/ชม. ใช้ 5-10 ml./ตัวอย่าง
โถรงบดยา/ครกสากหิน	
สารเคมี Hydrochloric acid conc. (1.18 g./ml.) Hydrochloric acid (diluted) น้ำปราศจากไอออน (DI Water)	20 ml. HCl conc. in 80 ml. water (ใช้ 50 ml.) Grade 2 as defined in ISO 3696
อุปกรณ์ชั่งตวงวัด: ช้อนตวง ปิเปต หลอดหยด กระจก/แผ่นแก้วผสม ช้อนผสม (spatula) ชุดตักแต่งคอมโพสิต	
เครื่องปั่นอัมัลกัม, เครื่องปั่น GI, ปืนฉีดยา	รุ่น ProMix 402E, ยี่ห้อ Dentsply, U.S.A.
วัสดุ Pit and Fissure Sealing Cements 3 ชนิดคือ 1.GC Fuji III 2.GC Fuji VII 3.SDI riva protect	ชื่อชิ้นงานตัวอย่าง (ISO ไม่ได้ระบุจำนวนชิ้นงาน ตย.) 1 ชิ้น mixed cement 3 g. บดเหลือ 2 g. ได้ 3-5 หลอด T1-1, T1-2, T1-3 T2-1, T2-2, T2-3 T3-1, T3-2, T3-3

วิธีการทดสอบ

การทดสอบความแข็งแรงอัด (Compressive Strength)

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

เตรียมแม่พิมพ์และแผ่นประกบ (D.1.2) และอุปกรณ์หนีบจับชิ้นงาน (D.1.3) ที่อุณหภูมิ 23 ± 1 °C ภายใน 60 วินาทีหลังจากผสมซีเมนต์เสร็จ ทำการบรรจุซีเมนต์ที่เตรียมแล้วตามคำแนะนำตามคู่มือของผู้ผลิต บรรจุซีเมนต์ลงในแม่พิมพ์ให้เกินมาเล็กน้อย

เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดฟองอากาศในชิ้นงาน ให้ตักซีเมนต์ที่ผสมแล้วให้ได้ปริมาณที่มากพอในครั้งเดียวแล้วเทลงแม่พิมพ์เพียงด้านเดียวโดยใช้อุปกรณ์ในการตักและบรรจุที่เหมาะสม เมื่อบรรจุให้มากเกินพอแล้ว ทำการกดแม่พิมพ์ให้แผ่นโลหะประกบด้านล่างของแม่พิมพ์แน่น

กำจัดส่วนของซีเมนต์ที่ยื่นเกินออกมาออก แล้วใช้แผ่นโลหะประกบส่วนบนกดทับแม่พิมพ์ให้แน่น นำแม่พิมพ์และแผ่นโลหะประกบใส่ในอุปกรณ์หนีบจับชิ้นงานและขันให้แน่น การบรรจุซีเมนต์ลงในแม่พิมพ์และอุปกรณ์ทั้งหมดต้องใช้เวลารวมไม่เกิน 120 วินาที แล้วนำทั้งหมดเข้าตู้อบ (D.1.1) ทันที

หลังจาก 1 ชั่วโมงที่เริ่มนับจากเวลาที่ผสมเสร็จ แกะแผ่นประกบออก แล้วนำแม่พิมพ์มาขัดด้านบนและด้านล่างให้เรียบเสมอกัน ทำการขัดด้วยกระดาษทรายน้ำซิลิกอนคาร์ไบด์ที่มีความละเอียด 400 กริต หากไม่มีขนาดนี้ ให้ใช้ขนาดที่ละเอียดกว่าได้

หลังขัดแล้วให้แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ทันที ทำการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาโดยไม่ต้องใช้แว่นขยาย สำรวจดูฟองอากาศหรือขอบที่แตกกระเทาะของชิ้นงาน หากสำรวจพบจะไม่ทดสอบชิ้นงานนั้น

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานแต่ละชิ้น โดยทำการวัด 2 ครั้ง ตามแนวตั้งฉากกัน แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยที่ได้ ค่าที่คำนวณได้ต้องมีความละเอียดในการวัด 0.01 มิลลิเมตร และวัดด้วยเครื่องมือวัดขนาดไมโครมิเตอร์ (D.1.4) เตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดทั้งหมด 5 ชิ้น หลังจากเตรียมเสร็จทุกครั้ง ให้นำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่น เก็บไว้ในตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิที่ 37 °C นาน 23 ชั่วโมง

การทดสอบ

หลังจาก 24 ชั่วโมงที่เริ่มนับจากเวลาที่ผสมเสร็จ นำชิ้นงานที่วางบนกระดาษกรองบนแท่นวางชิ้นงานของเครื่องทดสอบทางกล (D.1.5) และด้านบนของชิ้นงานที่จะติดกับหัวกดชิ้นงานของเครื่องทดสอบแรงกดให้หัวกดเคลื่อนที่ตามแนวแกนยาวของชิ้นงาน

บันทึกค่าแรงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานแตกหัก และคำนวณค่าความแข็งแรงอัด (Compressive Strength) ในหน่วย MPa ตามสูตรสมการที่ระบุ...

$$C = 4p / \pi d^2$$

Where

C is the compressive strength, in megapascals

p is the maximum force applied, in newtons

d is the measured diameter of the specimen, in millimeters.

การทดสอบเวลาสุทธิของการก่อตัว (Net Setting Time)

การทดสอบ

เก็บแม่พิมพ์และแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ไว้ที่อุณหภูมิ 23 ± 1 °C เริ่มทำการผสมซีเมนต์และเริ่มจับเวลา บรรจุซีเมนต์ลงแม่พิมพ์

หลังจาก 60 วินาที หลังเวลาผสม นำแม่พิมพ์ที่รองแผ่นฟอยล์เข้าสู่ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยวางบนแท่นโลหะ ตรวจสอบว่ารอยต่อของแม่พิมพ์กับแผ่นฟอยด์ และแผ่นฟอยด์กับแท่นโลหะวางแนบสนิทติดกันดี

หลังจาก 90 วินาที หลังเวลาผสม ค่อยๆ กดหัวกดลงสัมผัสผิวซีเมนต์อย่างช้าๆ ให้ปลายหัวกดกดเข้าไว้ 5 วินาที ทำการยกหัวกดและกดลงใหม่ ทุกๆ 30 วินาที จนถึงเวลาของการก่อตัว โดยทำการตรวจสอบร่องรอยกดด้วยแว่นกำลังขยาย 2 เท่า ตรวจสอบจนพบว่ารอยกดไม่เห็นเป็นรูปเต็มวงกลม แล้วจึงหยุดเวลา ต้องเช็คทำความสะอาดหัวกดทุกครั้งถ้ามีความจำเป็น การยกและกดหัวกด ในช่วงเวลาประมาณ 30 วินาทีก่อนเวลาการก่อตัวที่คาดการณ์ไว้ ให้ยกหัวกดกดที่ผิวซีเมนต์ทุกๆ 10 วินาที

ทำการบันทึกค่า เวลาสุทธิของการก่อตัว โดยเริ่มนับจากเวลาที่ผสมซีเมนต์เสร็จจนถึงเวลาที่เห็นรอยกดไม่เต็มวงกลมบนผิวซีเมนต์ ทำการเตรียมชิ้นงานใหม่และทดสอบเพิ่มอีก 2 ชิ้นตัวอย่าง

การทดสอบการกัดกร่อนด้วยกรด (Acid Erosion)

การเตรียมสารละลายกรด

ซั่งกรดแลคติก (lactic acid) 8.27 กรัม และโซเดียมแลคเตท (Sodium lactate) 0.92 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

ก่อนการใช้งานวัดค่าความเป็นกรด-เบส ของสารละลายที่เตรียม ให้มีค่า 2.72 ± 0.02 ด้วยสารละลายโซเดียมแลคเตท (Sodium lactate solution) ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตรหรือสารละลายกรดแลคติก (lactic acid solution) ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร

หมายเหตุ สารละลายที่ใช้ในการทดสอบต้องมีความใหม่ หรือหากถูกเตรียมก่อนใช้งานไม่น้อยกว่า 18

ชั่วโมง

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

เตรียมชุดจับชิ้นงานโมล แผ่นประกบ แผ่นปิดชิ้นงานและอุปกรณ์หนีบจับชิ้นงาน ที่อุณหภูมิ 23 °C ผสมซีเมนต์ ตามคู่มือและวิธีผสมของซีเมนต์แต่ละชนิด ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส โดยต้องผสมซีเมนต์ให้เสร็จสิ้นภายใน 60 วินาที เทซีเมนต์ที่ผสมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ลงในโมล โดยพยายามเลี่ยงการสัมผัสกับอากาศ ปิดซีเมนต์ที่ผสมเสร็จด้วยแผ่นปิดชิ้นงาน และทับด้วยแผ่นประกบ PMMA plate พร้อมหนีบด้วยอุปกรณ์หนีบจับชิ้นงาน

หลังจากเวลาที่ผสมซีเมนต์เสร็จ ภายใน 180 วินาที นำชุดเตรียมตัวอย่างทดสอบไปไว้ตู้อบ (Cabinet) ที่ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ไม่ต่ำกว่า 90% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เมื่อครบ 24 ชั่วโมง แยกแผ่นปิดและแผ่นประกบออก ขัดชิ้นงานพร้อมโมลด้วยกระดาษทรายน้ำ (abrasive paper) เบอร์ 1200 ให้มีพื้นผิวเรียบสนิทกัน

เตรียมชิ้นงานตัวอย่าง 5 ชิ้น ทำการตรวจสอบชิ้นงาน หากพบว่าชิ้นงานทดสอบขึ้นโหนด ผิวนาน ไม่เรียบ หรือมีฟองอากาศภายในซีเมนต์ ต้องถูกคัดทิ้ง

การวัดและคำนวณค่าความลึกเริ่มต้นที่ตำแหน่งตรงกลางชิ้นงาน (D_0)

ชิ้นงานทุกชิ้น จะใช้บริเวณขอบบนของแม่พิมพ์ เป็นจุดอ้างอิงในการวัดรอยลึกของจุดศูนย์กลาง ชิ้นงานแต่ละตัวอย่าง ในขั้นตอนนี้อาจจำเป็นต้องกำหนดความสูงของซีเมนต์ (เริ่มแรก) และให้ซีเมนต์มีความสูง ประมาณหรือเท่ากับโมล

ผิวชิ้นงานควรมีระดับความสูงของผิวซีเมนต์และผิวแม่พิมพ์ไม่เกิน 5 μm . หากความสูงต่างกัน มากกว่า 5 μm . ให้นำชิ้นงานทดสอบไปขัดเพิ่ม บันทึกค่าความสูงทั้งหมด 4 ตำแหน่งบนผิวแม่พิมพ์ ณ บริเวณ ใกล้เคียงหรือขีดจุดศูนย์กลางของซีเมนต์ที่เกิดเป็นรอยลึก โดยใช้ dial gauge ความสูงทั้งหมด 4 ตำแหน่งบน แม่พิมพ์ ควรวัดโดยการเว้นระยะห่างแต่ละจุดประมาณ 0.5 - 1.0 มิลลิเมตรจากขอบรู ในทิศทางตั้งฉาก (90 องศา) ของแต่ละชิ้นงาน

นำข้อมูลของค่าความสูงทั้ง 4 ตำแหน่งมาหาค่าเฉลี่ยและลบด้วยค่าความสูงของจุดศูนย์กลางของ ชิ้นงาน บันทึกเป็นค่า D_0

การแช่ชิ้นงานในสารกัดกร่อน

ใส่ชิ้นงานในภาชนะแยกแต่ละชิ้นในภาชนะบรรจุสารละลายกัดกร่อนปริมาตร 30 มิลลิลิตร วาง ชิ้นงานทดสอบในแนวระนาบ โดยหงายผิวหน้าของแม่พิมพ์ขึ้น สารละลายกัดกร่อนที่เทลงไปต้องท่วมทั่วบริเวณ ผิวหน้าของชิ้นงานทดสอบและให้สูงกว่าผิวชิ้นงานประมาณ 10 มิลลิเมตร ปิดฝาภาชนะบรรจุ นำไปบ่มที่ตู้ควบคุม อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

หลังจากผ่านการบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานตัวอย่างมาล้างด้วยน้ำกลั่น

การวัดและคำนวณค่าความลึกที่ตำแหน่งตรงกลางชิ้นงานภายหลังการกัดกร่อน

วัดค่าความลึกจากจุดศูนย์กลางของชิ้นงาน โดยใช้ระนาบผิวแม่พิมพ์เป็นระนาบอ้างอิง ค่าความลึกของ ซีเมนต์หลังจากถูกแช่ในสารละลายกัดกร่อน บันทึกเป็นค่า D_t

การรายงานผลการทดสอบ

คำนวณค่าความลึกจากการกัดกร่อน (D) ในหน่วยมิลลิเมตร จากสมการ...

$$D = D_t - D_0$$

การทดสอบปริมาณสารตะกั่วที่ละลายในกรด (Acid-soluble Lead Contents)

สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ต้องเป็นประเภท analytical grade และเป็นกรดที่มีสารตะกั่วต่ำ
กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (1.18 g./ml.)

สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง ที่เตรียมจากการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร ลงในน้ำ
ปราศจากไอออน 80 มิลลิลิตร

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ผสมผงซีเมนต์และน้ำตามสัดส่วนที่ระบุในคู่มือของผู้ผลิต เพื่อให้ได้ซีเมนต์ที่ผสมเสร็จแล้ว 3 กรัม บรรจุ
ซีเมนต์ที่ผสมเสร็จแล้วลงในถุงซิปลิส ใช้มีือกดให้ซีเมนต์แบนเป็นแผ่นบางที่สุด แล้วนำซีเมนต์ไปป้อนในตู้ควบคุม
อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำแผ่นซีเมนต์มาบดด้วยโกร่งบดยาให้
ละเอียด

ทำการชั่งซีเมนต์ที่ถูกลบละเอียดแล้ว 2 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 150 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไฮโดร
คลอริกเจือจาง 50 มิลลิลิตร ปิดจุกขวดแล้วเขย่า วางทิ้งไว้เป็นเวลา 16 ชั่วโมง หลังจากนั้นเทสารละลายลงใน
หลอดปั่น และปั่นด้วย Centrifuge เป็นเวลา 10 นาที ใช้ Auto Pipette ดูดสารละลายที่เป็นส่วนใสในหลอดที่
มีฝาปิดเพื่อการวัดด้วยเครื่องต่อไป

การวัดปริมาณสารตะกั่ว

วิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่วโดยใช้ เครื่องวิเคราะห์โลหะหนัก (ICP-OES) โดยส่งตัวอย่างที่เตรียมนำมา
วิเคราะห์หาปริมาณสารตะกั่ว (Pb) ที่ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก

การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบความแข็งแรงอัด (Compressive Strength)

การประเมินผลการทดสอบ

ถ้าอย่างน้อย 4 ใน 5 ชิ้น มีค่าสูงกว่าค่าต่ำสุดที่ระบุในข้อ 8.3 และในตารางที่ 1. ในเอกสาร ISO แสดงว่าการทดสอบผ่าน ถ้าอย่างน้อย 3 หรือมากกว่า ใน 5 ชิ้น มีค่าต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่ระบุใน ตารางที่ 1. ในเอกสาร ISO แสดงว่าการทดสอบไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

ถ้ามีแค่ 3 ชิ้น มีค่าสูงกว่าค่าต่ำสุดที่ระบุในตารางที่ 1. ให้เตรียมชิ้นงานเพิ่มอีก 5 ชิ้น และทดสอบอีกครั้ง อย่างน้อย 8 ใน 10 ชิ้น มีค่าสูงกว่าค่าต่ำสุดที่ระบุในตารางที่ 1. ในเอกสาร ISO แสดงว่าการทดสอบผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

การทดสอบเวลาสุทธิของการก่อตัว (Net Setting Time)

การประเมินผลการทดสอบ

รายงานผลการทดสอบทั้ง 3 ชิ้นตัวอย่าง ค่าเวลาสุทธิของการก่อตัวของแต่ละชิ้นงานตัวอย่าง ต้องอยู่ในช่วงระหว่างค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด ที่แสดงในตารางที่ 1 ถึงจะแสดงว่าผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

การทดสอบการกัดกร่อนด้วยกรด (Acid Erosion)

การประเมินผลการทดสอบ

เปรียบเทียบค่าความลึกจากการกัดกร่อน (D) ถ้า 4 ชิ้นหรือมากกว่า 4ชิ้น มีค่าเกินกว่าค่าสูงสุดที่ระบุใน ข้อ 8.3 และในตารางที่ 1. ในเอกสาร ISO แสดงว่าการทดสอบผ่าน ถ้าอย่างน้อย 3 หรือมากกว่า ใน 5 ชิ้น มีค่าสูงกว่าค่าสูงสุดที่ระบุใน ตารางที่ 1. ในเอกสาร ISO แสดงว่าการทดสอบไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

ถ้ามีแค่ 3 ชิ้น มีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ระบุในตารางที่ 1. ให้เตรียมชิ้นงานเพิ่มอีก 5 ชิ้น และทดสอบอีกครั้ง ทั้ง 5 ชิ้น ต้องมีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ระบุในตารางที่ 1. ในเอกสาร ISO แสดงว่าการทดสอบผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

การทดสอบปริมาณสารตะกั่วที่ละลายในกรด (Acid-soluble Lead Contents)

การประเมินผลการทดสอบ

ค่าปริมาณสารตะกั่วที่ละลายในกรด ต้องมีค่าไม่เกินค่าที่แสดงในตารางที่ 1 ถึงจะแสดงว่าผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

ระยะเวลาการทำวิจัย

กิจกรรม	สัปดาห์ที่ (เดือนมิถุนายน 2563)				หมายเหตุ
	1	2	3	4	
จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือ	→				
ทดสอบความแข็งแรงอัด		→			
ทดสอบเวลาสุทธิของการก่อตัว		→			
ทดสอบการกักกร่อนด้วยกรด		→	→		
ทดสอบปริมาณสารตะกั่ว		→	→		
วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและรายงาน			→	→	

ภาคผนวก

แผนขั้นตอนการทดสอบโดยละเอียด (ไฟล์ Excel)

แบบบันทึกข้อมูลผลการทดสอบ (ไฟล์ Excel)

นิยาม

เวลาในการผสม (Mixing Time) คือ เวลาส่วนหนึ่งของเวลาในการทำงานที่ใช้ในการผสมส่วนผสมทั้งหมด

เวลาในการทำงาน (Working Time) คือ ช่วงเวลาที่วัดจากการเริ่มผสมส่วนผสมจนเสร็จและนับรวมถึงเวลาที่ยังสามารถจัดการกับวัสดุในการใช้งานตามลำดับขั้นตอนการใช้งานตามหน้าที่ได้อยู่ โดยไม่ทำให้คุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนแปลงไปจนไม่สามารถจัดการใช้งานตามวัตถุประสงค์ได้

เวลาสุทธิของการก่อตัว (Net Setting Time) คือ ช่วงเวลาที่วัดจากเวลาที่ผสมส่วนผสมเสร็จจนถึงเวลาที่วัสดุก่อตัวเสร็จ ตามเงื่อนไขและสถานะที่ระบุใน Annex A และ I

ตารางบันทึกเวลาการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างและทดสอบ(หลังการทำ pilot test 26-27 พ.ค.63)

1. การทดสอบเวลาสุทธิของการก่อตัว (Net Setting Time)

Pilot test ด้วยวัสดุ GI (GC Gold Label HS)

ขั้นตอน	ระยะเวลา (นาที)	หมายเหตุ
ชั่ง/ตวง สาร (ผง+น้ำ)	5	
ผสมสาร-บรรจุลงโมล	3	
เอาโมลเข้าตู้ควบคุม	2	รอ 60 วินาทีหลังผสมเสร็จ
เริ่มกดหัวกด-ก่อตัวเสร็จ	3-8	รอ 90 วินาทีหลังผสมเสร็จ
รวม	18	ต่อ 1 ชิ้นงาน

ทดสอบชิ้นงานชนิดละ 3 ตัวอย่าง รวมใช้เวลา 54 นาที ต่อชนิดของวัสดุ

2. การทดสอบความแข็งแรงอัด (Compressive Strength)

Pilot test ด้วยวัสดุ GI (GC Gold Label HS)

ขั้นตอน	ระยะเวลา (นาที)	หมายเหตุ
ชั่ง/ตวง สาร (ผง+น้ำ)	5	
ผสมสาร	3	
บรรจุลงโมล	1	ภายใน 60 วินาทีหลังผสมเสร็จ โมล 1อันได้ 3 ชิ้นงาน
เอาโมล+clampเข้าตู้อบ	2+60	ภายใน 120 วินาทีหลังผสมเสร็จ แช่ตู้ 60 นาที
ขีดผิวชิ้นงานพร้อมโมล	5	#400
แกะชิ้นงานแช่น้ำ นำเข้าตู้อบ	23 ชม.	
ทดสอบด้วย UTM	45นาที	5 ชิ้น
รวม	25 ชม.	ต่อ 6 ชิ้นงาน

ทดสอบชิ้นงานชนิดละ 5 ตัวอย่าง รวมใช้เวลา 25 ชม. ต่อชนิดของวัสดุ

3. สัดส่วนการผสมสำหรับ วัสดุ GI (GC Gold Label HS)

สัดส่วนตามคู่มือ (%)	ผง (กรัม)	น้ำ (กรัม)	หมายเหตุ
100	1.50	1.00	
75	1.125	0.75	- ปริมาณเตรียมได้พอดี กับ setting time mould 1 อัน 1 ชิ้นงาน (GI)
50	0.75	0.50	- ปริมาณเตรียมได้พอดี กับ compressive mould 1 อัน 3 ชิ้นงาน
25	0.375	0.25	

วัสดุ GI (GC Gold Label HS) น้ำ 1 หยด =0.05 g. ผง 1 ช้อน =0.25 g.

หมายเหตุ เนื่องจาก setting time mould 1 อัน ของ GI มีรูปร่างสี่เหลี่ยมและหนา (ปริมาตร 400 ลูกบาศก์มิลลิเมตร) จึงใช้สัดส่วน 75 % ดังนั้น setting time mould 1 อัน ของ **Sealant** มีรูปร่างวงกลมและบาง (ปริมาตร 228 ลูกบาศก์มิลลิเมตร) จึงควรใช้สัดส่วน **50 %**

ข้อสังเกต

การทดสอบความแข็งแรงอัด (Compressive Strength)

กลุ่ม Fuji III (GC)

1. ใช้เวลาในการผสมนานเกินไป (กำหนด ไม่เกิน 20 วินาที) เวลาผสมได้จริง 30-40 วินาที
2. ใช้เวลาในการบรรจุซีเมนต์ลงโมลนานเกินไป (กำหนด ไม่เกิน 60 วินาที) เวลาบรรจุได้จริง 80-90 วินาที
3. เทคนิคในการบรรจุซีเมนต์ลงรูไม่เต็มและซีเมนต์ไม่ไหลลงฐานส่วนล่าง ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความสูงไม่ถึงที่กำหนดและขอบล่างไม่เรียบ มีตำหนิตรงผิวข้างส่วนบนและส่วนล่างของชิ้นงาน
4. การทาวาสลินหนาเกินไป อาจทำให้เกิดรอยแหงนผิวไม่เรียบด้านข้างของชิ้นงาน
5. ผิวด้านในของโมลบางอันอาจไม่เรียบ อาจทำให้เกิดรอยแหงนผิวไม่เรียบด้านข้างของชิ้นงาน
6. เวลาในการการนำโมลและอุปกรณ์หนีบชิ้นงานเข้าตู้อบความชื้นอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนด 120 วินาที