แนวทางการรับทดสอบปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ที่ใช้ในงานกรมทางหลวง

PRESENT BY

นายเอกวิทย์ เถาว์ทิพย์ วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

นายชาติเดช กอเซ็ม วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

ส่วนวิเคราะห์วัสดุทางวิศวกรรม สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

ที่มาและความสำคัญ

ตามที่ประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) และได้ให้สัตยาบันตามข้อตกลงปารีส ในปี พ.ศ. 2558 ที่จะมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20-25 ภายในปี พ.ศ. 2573 เมื่อเทียบกับปีฐาน พ.ศ. 2550 ซึ่งกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์นั้นมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นจำนวนมาก อันเป็นสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลก

หนึ่งในมาตรการที่มีศักยภาพสูงของประเทศไทย ในสาขากระบวนการและการใช้ผลิตภัณฑ์ คือ มาตรการทดแทนปูนเม็ด ผู้ผลิตปูนซีเมนต์จึงได้วิจัยและพัฒนา “ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก” โดยสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตและได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2594 ที่สามารถใช้แทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ เพื่อตอบสนองนโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ



วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้ารับฟังสัมนาได้ทราบถึงข้อกำหนด การทดสอบ อัตราค่าธรรมเนียมการทดสอบ และขีดความสามารถในการทดสอบตามประเด็นสำคัญของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

ขอบเขตเนื้อหา

01 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

02 ข้อกำหนดในการใช้ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

03 การทดสอบปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

04 อัตราค่าธรรมเนียมการทดสอบ

01 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผลิตจากการเผาหินปูนและวัสดุอื่นๆ จากนั้นทำการบดให้ละเอียดเพื่อให้ได้ปูนเม็ด โดยปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกจะมีการเติมส่วนผสมเพิ่มเติมลงไปในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เช่น หินปูนบดละเอียด ตะกรันเหล็กบดละเอียด หรือวัสดุปอซโซลาน เป็นต้น เนื่องจากขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์ ไฮดรอลิกจะมีการใช้วัสดุที่เกิดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิตต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จึงทำให้ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง

ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกนอกจากจะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิตแล้ว ในทางวิศวกรรมยังสามารถเพิ่มความสามารถในการเท (Workability) , เพิ่มความต้านทานต่อซัลเฟต (Sulfate Resistance) , ลดการเยิ้ม (Bleeding) , ลดความพรุนของเนื้อคอนกรีต (Porosity) , ลดความร้อนที่เกิดการปฏิกิริยาไฮเดรชั่น , ลดการหดตัว (Shrinkage) และลดการคืบตามกาลเวลา (Creep)

02 ข้อกำหนดในการใช้ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

3. ข้อกำหนดงานคอนกรีต

3.1 ปูนซีเมนต์

งานคอนกรีตที่กำหนดให้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.15 สามารถใช้ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกชนิดใช้งานทั่วไป สัญญลักษณ์ GU ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2594 หรือเทียบเท่าทดแทนได้

3.2 สำหรับงานสะพานและทางลอด แบบสะพานต่อเนื่อง (CONTINUOUS) หรือ LINK SLAB ที่อยู่ในพื้นที่ภายใต้อิทธิพลของน้ำทะเล ข้อกำหนดสำหรับการใช้คอนกรีตที่ผลิตโดยใช้ปูนซิเมนต์ไฮดรอลิก ชนิดใช้งานทั่วไป สัญลักษณ์ GU

3.2.1 ให้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของคอนกรีตตามข้อ 3.2 ตามคุณสมบัติต่อไปนี้ (ค่าทั่วไป)

การทดสอบ(TEST)	มาตรฐานการทดสอบ*	หน่วย	ค่าที่ใช้ในการออกแบบ						เงื่อนไขการทดสอบ
กำลังอัดของคอนกรีต ที่อายุ 28วัน (CUBE)	AASHTO T22 หรือ ASTM C39	MPa	30	35	40	45	50	60	3.2.2
การยุบตัว***	AASHTO T119 หรือ ASTM C143	cm	ให้ใช้ค่าที่ระบุในแบบหรือคู่มือการควบคุมงานก่อสร้างของกรมทางหลวง						
โมดูลัสยืดหยุ่น	ASTM C469	MPa	>26,290	>28,397	>30,357	>32,199	>33,941	>37,180	3.2.3 – 3.2.5
กำลังดึงของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน**	ASTM C496	MPa	>3.39	>3.66	>3.92	>4.15	>4.38	>4.8	
การทนต่อการขัดสี	ASTM C944	กรัม	<2.8						
การซึมผ่านของคลอไรด์ ที่อายุ 28 วัน***	AASHTO T277 หรือ ASTM C1202	coulomb	<1,500 หรือระบุเป็นอย่างอื่น						
ปฏิกิริยาอัลคาไล– ซิลิกา ที่อายุ 56 วัน	ASTM C441	ร้อยละ	<0.125						
การหดตัว (SHRINKAGE)	AASHTO T160 หรือ ASTM C157	(m/m)	$<5.0X10^{-4}$						
การคืบ (CREEP)(AASHTO) ที่อายุ 90 วัน****	ASTM C512	(m/m)	$<3.78X10^{-4}$	$<3.33X10^{-4}$	$<4.97.X10^{-4}$	$<4.50X10^{-4}$	$<4.12X10^{-4}$	$<3.51X10^{-4}$	

** การคำนวณแรงดึงให้อ้างอิงการคำนวณออกแบบ AASHTO LRFD ฉบับล่าสุดในหัวข้อ 5.9.4

*** ทั้งนี้สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ตามผู้ออกแบบ

**** การทดสอบการคืบ (CREEP) สำหรับโครงสร้างหลักส่วนบนขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ

03 การทดสอบปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต (ASTM C39)

การทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่น (ASTM C469)

การทดสอบหาแรงดึงของคอนกรีต (ASTM C496)

การทดสอบความต้านทานการขัดสีผิวของคอนกรีต (ASTM C944)

การทดสอบการซึมผ่านของคลอไรด์ไอออน (ASTM C1202)

การทดสอบปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกา (ASTM C441)

การทดสอบการหดตัว Shrinkage (ASTM C157)

การทดสอบการเสียรูปของคอนกรีตภายใต้แรงกด Creep (ASTM C512)



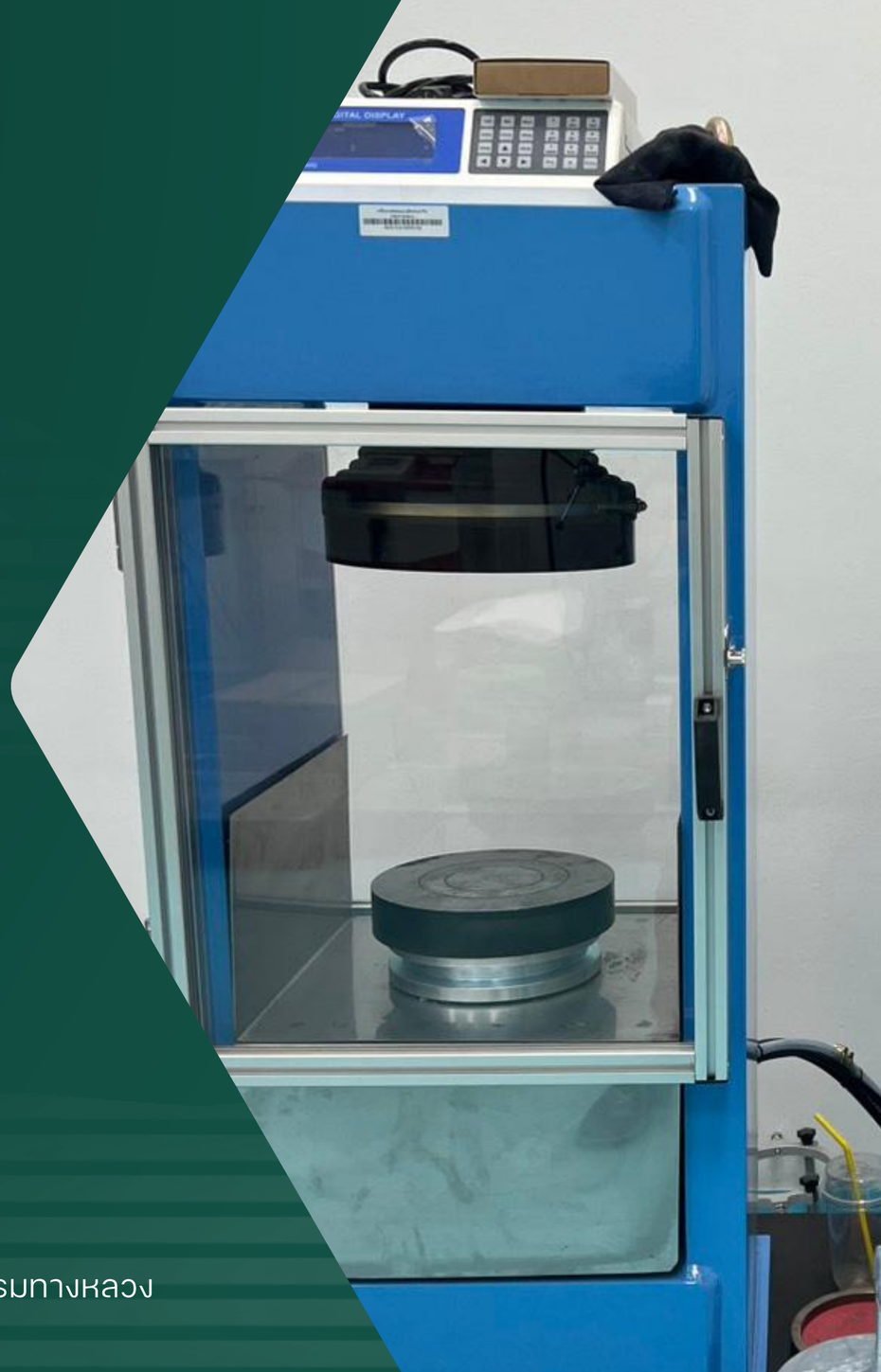
การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต (ASTM C39)

วัตถุประสงค์

- เพื่อหาค่าความต้านทานสูงสุดของแท่งคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน

หลักการทดสอบ

- ใช้ก้อนตัวอย่างทรงกระบอกมาตรฐาน (ขนาด 150x300 มม.)
- กระทำแรงอัดแบบช้า ๆ ในอัตราคงที่จนเกิดการวิบัติ



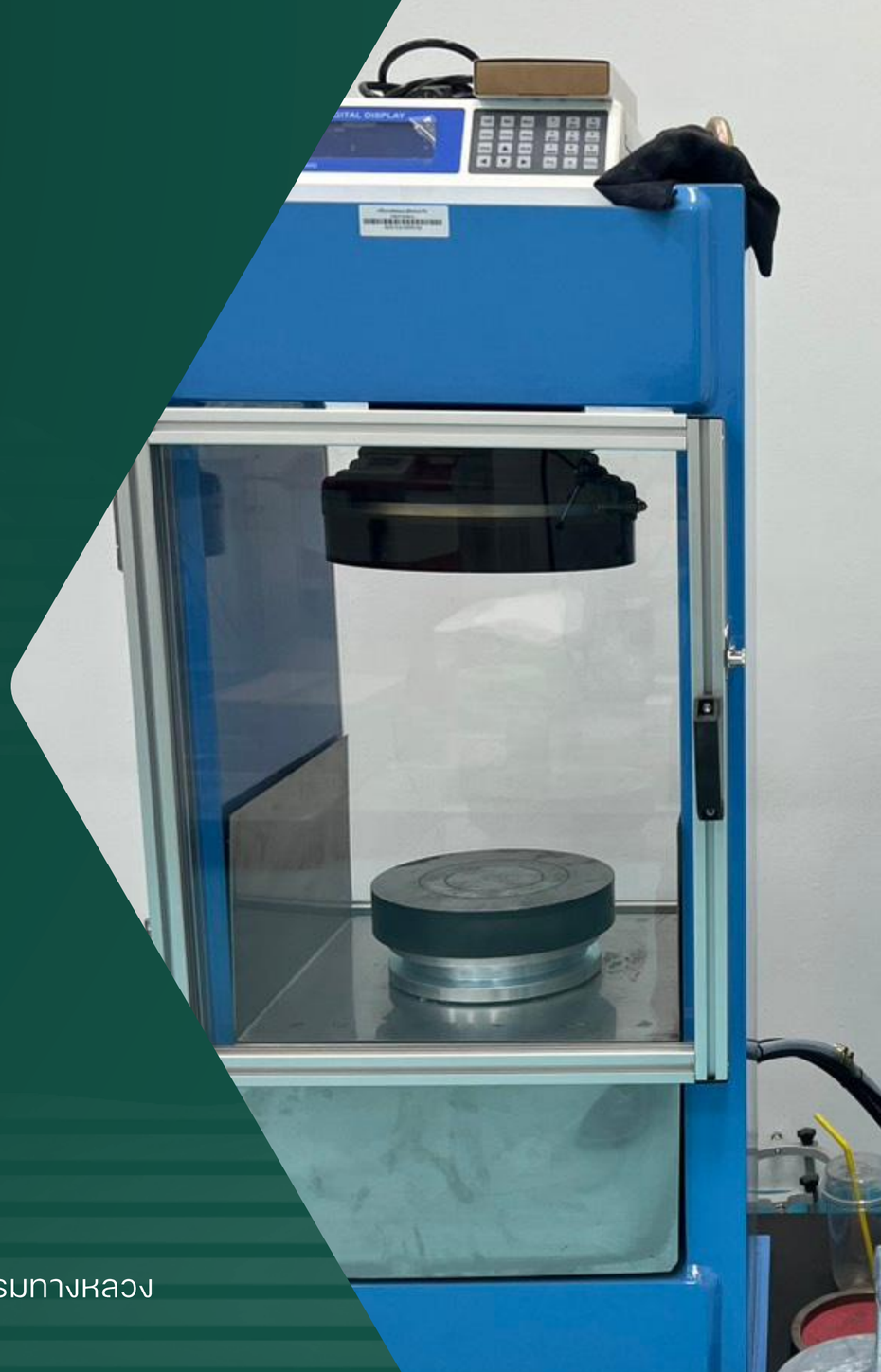
การทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่น (ASTM C469)

วัตถุประสงค์

- เพื่อหาค่าความต้านทานต่อการเสียรูปเชิงยืดหยุ่นของคอนกรีตภายใต้แรงอัด ที่อายุ 28 วัน
- เพื่อประเมินค่า Poisson's Ratio หรืออัตราส่วนการขยายตัวทางข้างต่อการหดตัวตามแนวแกน

หลักการทดสอบ

- ใช้ก้อนตัวอย่างทรงกระบอกมาตรฐาน (ขนาด 150x300 มม.)
- กระทำแรงอัดแบบช้า ๆ ในอัตราคงที่จนถึงช่วง 40% ของกำลังอัดสูงสุด



การทดสอบหาแรงดึงของคอนกรีต (ASTM C496)

วัตถุประสงค์

- เพื่อประเมินกำลังดึงของคอนกรีตทางอ้อมเนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีกำลังอัดสูงแต่กำลังดึงต่ำและการทดสอบหาแรงดึงโดยตรงทำได้ยากในทางปฏิบัติ ที่อายุ 28 วัน

หลักการทดสอบ

- ใช้ก้อนตัวอย่างทรงกระบอกมาตรฐาน (ขนาด 150x300 มม.) วางในแนวนอนบนเครื่องทดสอบแรงอัด
- ออกแรงกดอัดตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางตลอดความยาวของชิ้นงานด้วยอัตราคงที่
- แรงอัดที่กระทำจะเหนี่ยวนำให้เกิด แรงดึงในแนวตั้งฉากกับทิศทางแรงกด จนกระทั่งชิ้นงานเกิดการวิบัติแยกออกเป็นสองส่วนตามแนวดิ่ง (ผ่าซีก)



การทดสอบความต้านทานการขัดสีผิวของคอนกรีต (ASTM C944)

วัตถุประสงค์

- เพื่อประเมินความต้านทานการขัดสี บริเวณผิวหน้าของคอนกรีต หรือมอร์ตาร์ ภายใต้การขัดถูและแรงกดทางกล ที่อายุ 28 วัน

หลักการทดสอบ

- ใช้เครื่องเจาะหมุนหัวตัดบนผิวหน้าชิ้นงานคอนกรีต ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที
- ดำเนินการขัดสีเป็นเวลา 2 นาทีต่อรอบ และทดสอบอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง บนผิวของตัวอย่างที่ทดสอบ
- ประเมินผลจาก มวลที่สูญเสียไป (Mass Loss) ของชิ้นงานหลังการขัดสี



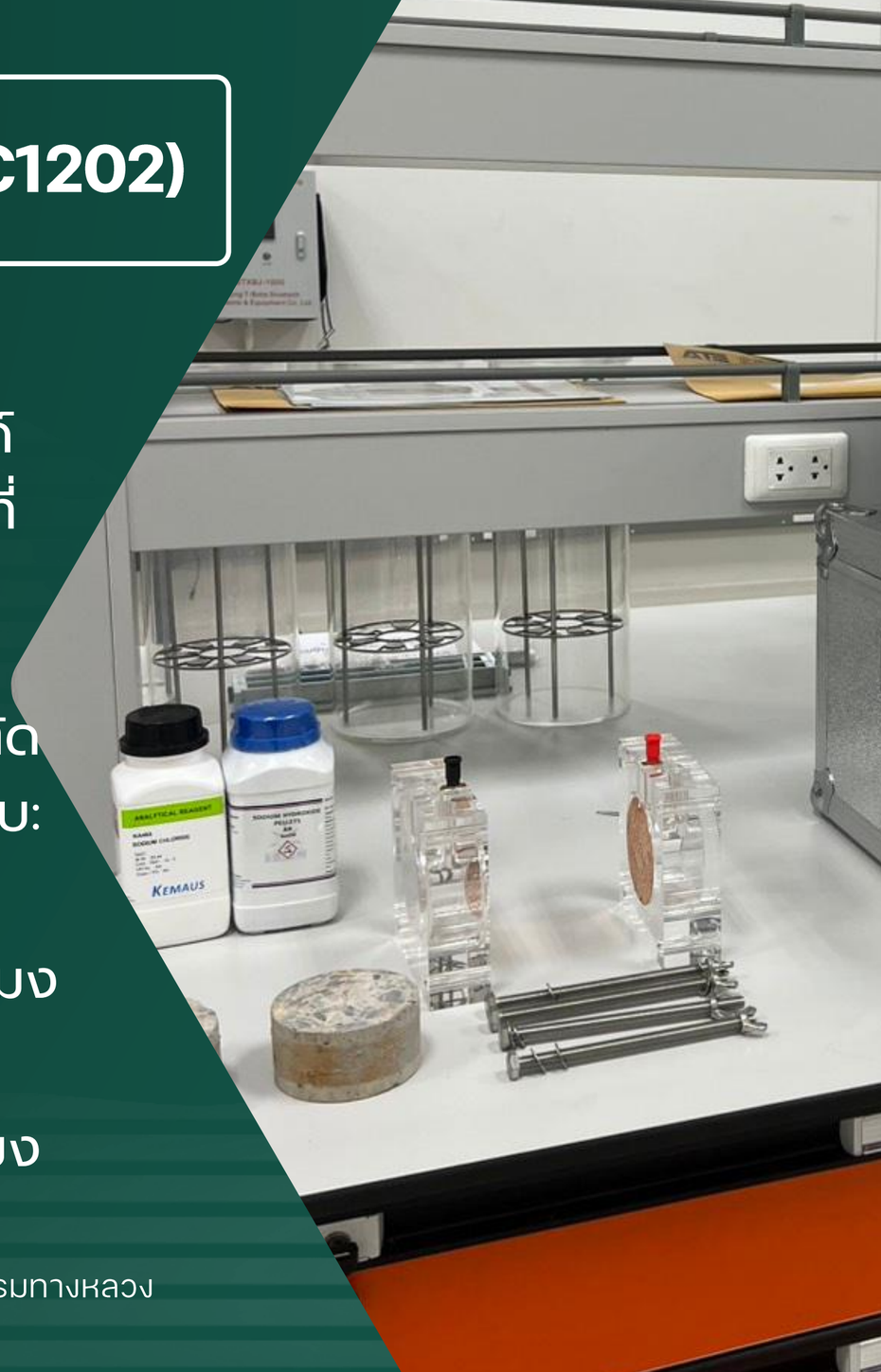
การทดสอบการซึมผ่านของคลอไรด์ไอออน (ASTM C1202)

วัตถุประสงค์

- เพื่อประเมินความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ไอออน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดการกัดกร่อนเหล็กเสริม ที่อายุ 28 วัน

หลักการทดสอบ

- ใช้ก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกหนา 50 มม. (จากการตัดเจาะหรือหล่อ) วางกั้นระหว่างเซลล์สารละลาย 2 ฝั่ง (ฝั่งขั้วลบ: 3%(NaCl) ฝั่งขั้วบวก: 0.3(N NaOH)
- ป้อนความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง 60V DC เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อเร่งให้คลอไรด์ไอออนเคลื่อนที่ผ่านเนื้อคอนกรีต
- วัดและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าทุก 30 นาที ตลอดเวลา 6 ชั่วโมง แล้วคำนวณหา ปริมาณประจุไฟฟ้าสะสมรวม



การทดสอบปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกา (ASTM C441)

วัตถุประสงค์

- เพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบ ของการใช้วัสดุผสมเพิ่มประเภทปอซโซลาน ในการควบคุมและยับยั้งความเสียหายจากการขยายตัวของคอนกรีตอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกา

หลักการทดสอบ

- หล่อแท่งมอร์ตาร์ ขนาด 25x25x285 มม. โดยผสมวัสดุผสมเพิ่มปอซโซลานตามสัดส่วนที่ต้องการทดสอบ (ตามอัตราส่วนที่ออกแบบ)
- บ่มแท่งมอร์ตาร์ไว้ในภาชนะปิดเหนือผิวน้ำ ที่อุณหภูมิควบคุม 38 °C
- วัดและบันทึกค่า เป็นระยะ 3 7 14 28 และ 56 วัน



การทดสอบการหดตัว Shrinkage (ASTM C157)

วัตถุประสงค์

- เพื่อวัดการหดตัวจากการแห้งของชิ้นงานมอร์ตาร์หรือคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ภายใต้สภาวะควบคุมของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

หลักการทดสอบ

- หล่อชิ้นงานแท่งปริซึมมาตรฐาน ขนาด 25x25x285 มม. สำหรับมอร์ตาร์
- ถอดแบบหล่อหลังจากผ่านไป 24 ชั่วโมง และบ่มชิ้นงานในน้ำปูนอิ่มตัวหรือในตู้ควบคุมความชื้น บ่มตลอดการทดสอบ
- วัดความยาวเริ่มต้น จากนั้นนำชิ้นงานไปจัดเก็บในห้องควบคุมสภาวะแห้ง อุณหภูมิ 23 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 50 %
- บันทึกการเปลี่ยนแปลงความยาวอย่างต่อเนื่องตามช่วงเวลาที่กำหนด 4, 7, 14, 28 วัน



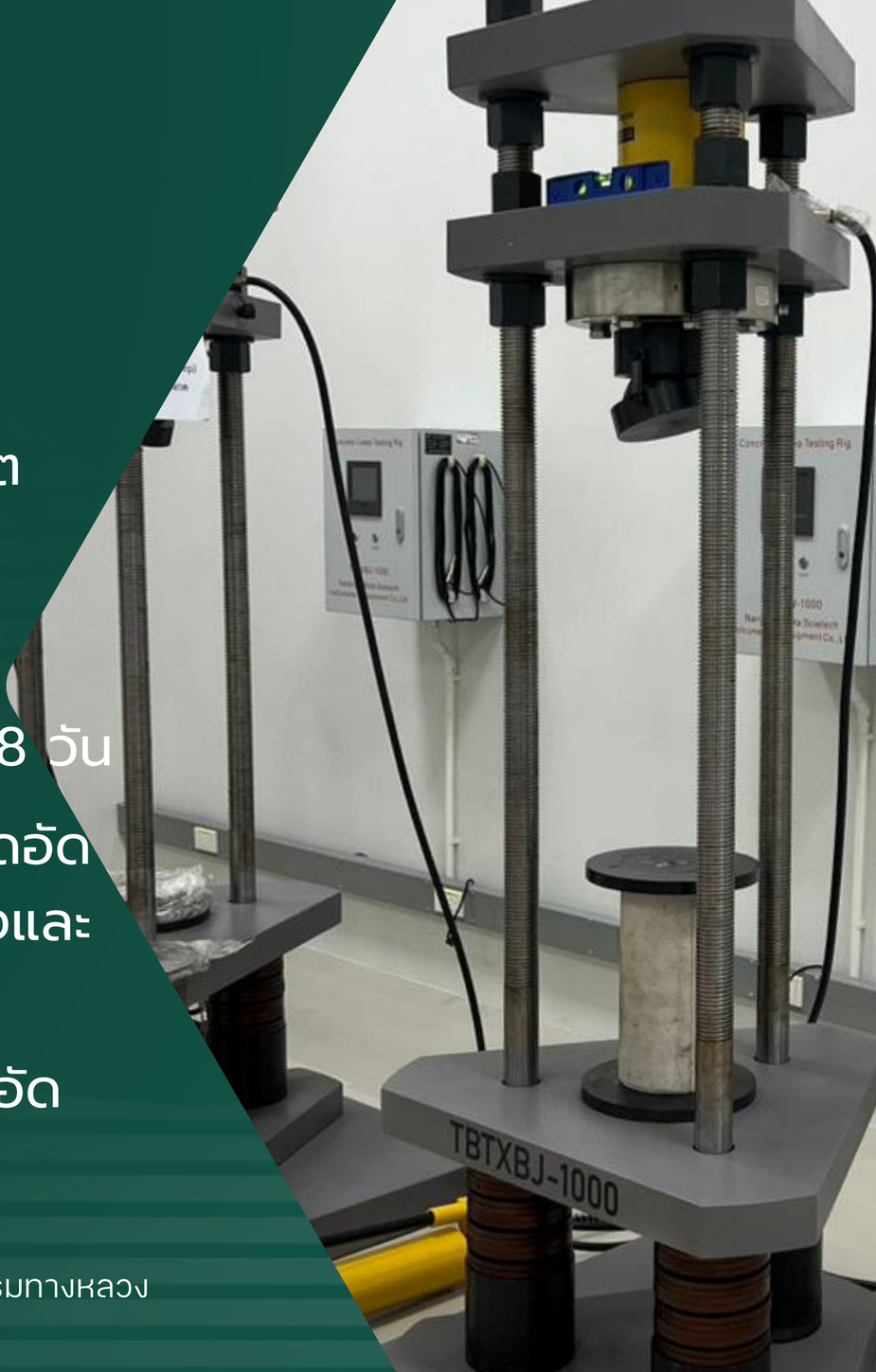
การทดสอบการเสียรูปของคอนกรีตภายใต้แรงกด Creep (ASTM C512)

วัตถุประสงค์

- เพื่อวัด การเสียรูปอย่างถาวรและค่อยเป็นค่อยไป ของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว เมื่อต้องแบกรับแรงกดอัดคงที่เป็นเวลานาน

หลักการทดสอบ

- หล่อชิ้นงานคอนกรีตทรงกระบอกมาตรฐาน และบ่มตามอายุที่ 28 วัน
- ติดตั้งชิ้นงานในแท่นทดสอบ Creep Frame และป้อนแรงกดอัดคงที่ช่วง 30–40% ของกำลังอัดสูงสุด โดยใช้วงสปริงและระบบไฮดรอลิกรักษาระดับแรงกด
- บันทึกการยุบตัว ตามช่วงเวลาที่กำหนด ตั้งแต่ทันทีที่ให้รับแรงอัดจนถึงระยะยาวที่ 90 วัน



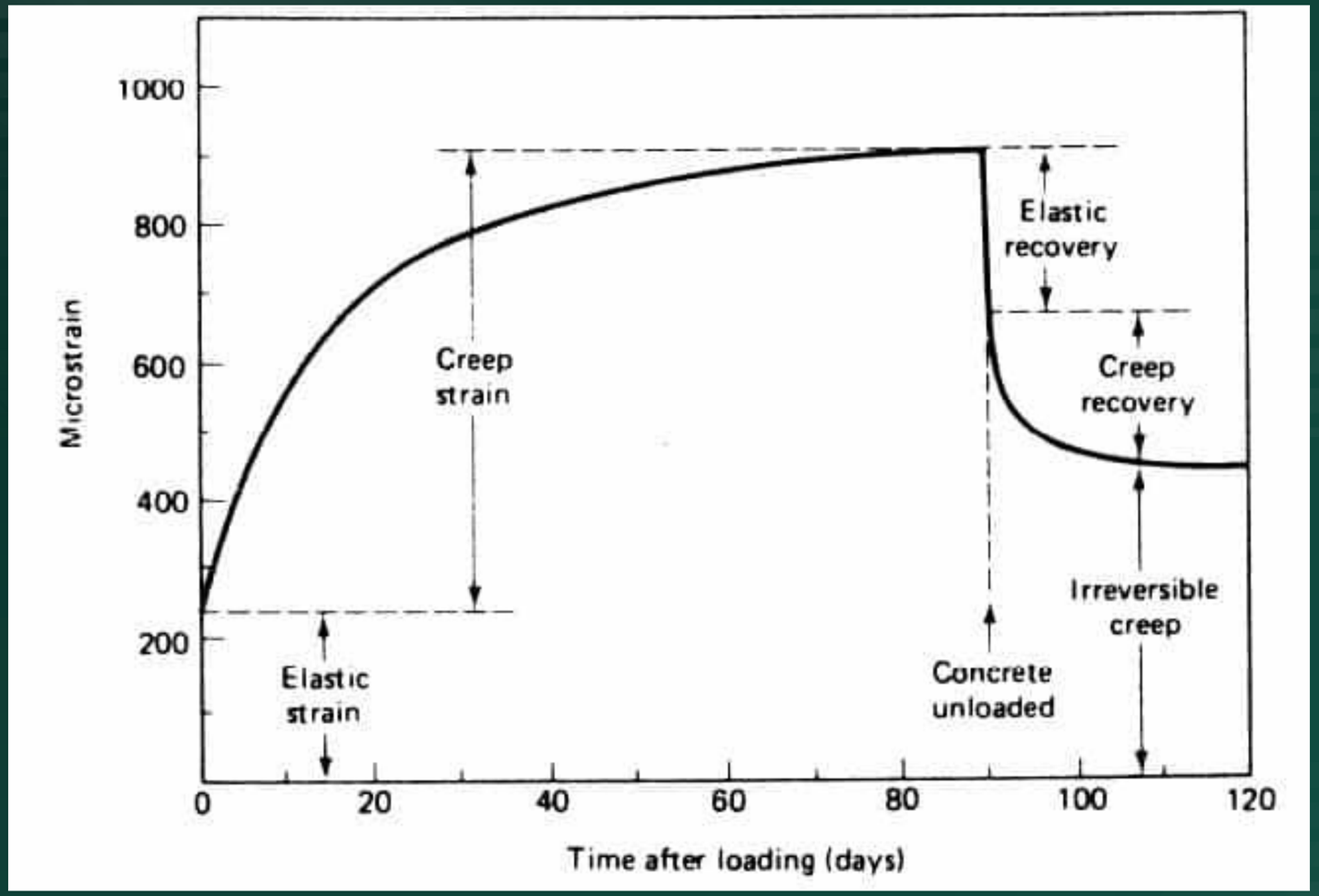
04 อัตราค่าธรรมเนียมการทดสอบ

ลำดับ	การทดสอบ	มาตรฐาน	ประมาณการค่าทดสอบ 1 ชุดตัวอย่าง (บาท)
1	การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต	ASTM C39	180.00
2	การทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่น	ASTM C469	900.00
3	การทดสอบหาแรงดึงของคอนกรีต	ASTM C496	450.00
4	การทดสอบความต้านทานการขัดสีผิวของคอนกรีต	ASTM C944	750.00
5	การทดสอบการซึมผ่านของคลอไรด์ไอออน	ASTM C1202	8,100.00
6	การทดสอบปฏิกิริยาอัลคาไล-ซิลิกา	ASTM C441	4,500.00
7	การทดสอบการหดตัว	ASTM C157	4,500.00
8	การทดสอบการเสียรูปของคอนกรีตภายใต้แรงกด	ASTM C512	75,000.00

ส่วนวิเคราะห์วัสดุทางวิศวกรรม สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

ขอขอบคุณ
จบการนำเสนอ

Creep



การคำนวณและผลลัพธ์

สูตรพื้นฐานในการหาค่า Creep Strain (ϵ_c) ที่เวลา t คือ:

$$\epsilon_c(t) = \epsilon_{total}(t) - \epsilon_e - \epsilon_s(t)$$

- $\epsilon_{total}(t)$ = ค่าความเค้นรวมที่วัดได้ทั้งหมด ณ เวลา t
- ϵ_e = ค่าความเค้นยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันทีเมื่อใส่แรงอัด (Elastic Strain)
- $\epsilon_s(t)$ = ค่าความเค้นจากการหดตัวแห้ง ณ เวลา t (Drying Shrinkage strain จากก้อนตัวอย่างอ้างอิง)

ผลลัพธ์มักจะรายงานออกมาในรูปของ **Creep Coefficient** (อัตราส่วนระหว่างค่าความเค้นการคืบต่อความเค้นยืดหยุ่น) หรือ **Specific Creep** (การคืบต่อหนึ่งหน่วยความเค้น)