กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. HSR-CT-(4001-4006):2567

ชุดมาตรฐานการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสด (FRESH CONCRETE) สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

- สำนักพัฒนาการวิจัยและนวัตกรรมเทคโนโลยีระบบราง
- กลุ่มวิจัยและพัฒนามาตรฐานและการทดสอบ

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. HSR-CT-(4001-4006):2567

ชุดมาตรฐานการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสด (FRESH CONCRETE)สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

จัดทำโดย
- สำนักพัฒนาการวิจัยและนวัตกรรมเทคโนโลยีระบบราง
- กลุ่มวิจัยและพัฒนามาตรฐานและการทดสอบ

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency

คำนิยม

โครงการรถไฟความเร็วสูงหนึ่งในนโยบายสำคัญของรัฐบาลที่แสดงถึงวิสัยทัศน์ในการพัฒนาประเทศสู่ยุคสมัยใหม่ โดยมุ่งเน้นการยกระดับระบบคมนาคมให้มีประสิทธิภาพ สะดวก รวดเร็ว และปลอดภัย ตอบโจทย์ความต้องการของประชาชนและส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะยาว ทั้งนี้กระทรวงคมนาคมได้มอบหมายให้สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน) หรือ สทร. ทำหน้าที่เป็นหน่วยวิจัยและพัฒนาภายใต้กระทรวง ดำเนินการจัดมาตรฐานที่เกี่ยวข้องและรับการถ่ายทอดองค์ความรู้ทางเทคโนโลยีรถไฟความเร็วสูง เพื่อต่อยอดและสร้างความยั่งยืนในการพัฒนาให้พึ่งพาตนเองได้ในอนาคต

ดังนั้น การจัดทำมาตรฐานรถไฟความเร็วสูงของไทย นับเป็นก้าวสำคัญที่สะท้อนถึงความมุ่งมั่นในการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมระดับโลกมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ทั้งด้านวิศวกรรม ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ การกำหนดมาตรฐานที่เป็นสากลจะช่วยให้การพัฒนาโครงการมีความมั่นคง น่าเชื่อถือ และสามารถเชื่อมโยงกับเครือข่ายรถไฟความเร็วสูงในภูมิภาคได้อย่างเป็นระบบ การพัฒนาและจัดทำมาตรฐานต่าง ๆ สทร. ได้ดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพและอยู่บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน ทั้งหน่วยงานรัฐ เอกชน นักวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญด้านรถไฟความเร็วสูงทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งถือเป็นแบบอย่างที่ดีของการพัฒนาตามมาตรฐานสากล

สทร. เชื่อมั่นว่าโครงการรถไฟความเร็วสูงนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างสูงต่อประเทศ ทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม ส่งผลให้ประเทศไทยก้าวสู่การเป็นศูนย์กลางคมนาคมทางรถไฟในอาเซียนอย่างเต็มภาคภูมิ ในโอกาสนี้ ผมขอชื่นชมทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องที่ทุ่มเทแรงกายแรงใจในการร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการผลักดันโครงการสำคัญนี้ให้สำเร็จ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่ามาตรฐานรถไฟความเร็วสูงของไทยจะได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ พร้อมเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาระบบขนส่งทางรางสมัยใหม่ของประเทศสืบไป

รศ.ดร.โชติชัย เจริญงาม
ประธานกรรมการสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง

สารบัญ

หน้า

มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนาม สำหรับโครงการรถไฟฟ้าความเร็วสูง (สทร. HSR-CT-4001:2567)

1. ขอบข่าย 1
2. นิยาม 1
3. เครื่องมือ 2
4. การเก็บตัวอย่าง 2
5. การร่อนเปียก 3
6. เอกสารอ้างอิง 4

มาตรฐานการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสด สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง (สทร. HSR-CT-4002:2567)

1. ขอบข่าย 5
2. มาตรฐานอ้างถึง 5
3. นิยาม 5
4. เครื่องมือ 6
5. การเตรียมตัวอย่าง 7
6. วิธีการทดสอบ 7
7. การรายงานผล 9
8. ข้อแนะนำสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง 9
9. เอกสารอ้างอิง 10

มาตรฐานการทดสอบการไหลแผ่ของคอนกรีตสด สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง (สทร. HSR-CT-4003:2567)

1. ขอบข่าย 11
2. มาตรฐานอ้างถึง 11
3. นิยาม 11
4. เครื่องมือ 11
5. การเตรียมตัวอย่าง 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6. วิธีการทดสอบ 13
7. การคำนวณ 14
8. การรายงานผล 14
9. ข้อแนะนำสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง 15
10. เอกสารอ้างอิง 15

มาตรฐานการทดสอบอุณหภูมิของคอนกรีตสด สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง (สทร. HSR-CT-4004:2567)

1. ขอบข่าย 17
2. มาตรฐานอ้างถึง 17
3. นิยาม 17
4. อุปกรณ์และเครื่องมือ 17
5. การสอบเทียบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ 18
6. การเตรียมตัวอย่าง 19
7. วิธีการทดสอบ 19
8. การรายงานผล 19
9. ข้อแนะนำสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง 19
10. เอกสารอ้างอิง 19

มาตรฐานการทดสอบการเยิ้มของคอนกรีตสด สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง (สทร. HSR-CT-4005:2567)

1. ขอบข่าย 21
2. มาตรฐานอ้างถึง 21
3. นิยาม 21
4. อุปกรณ์และเครื่องมือ 22
5. การเตรียมตัวอย่าง 25
6. วิธีการทดสอบ 25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7. การคำนวณ	26
8. การรายงานผล	26
9. ข้อแนะนำสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง	27
10. เอกสารอ้างอิง	27
มาตรฐานการทดสอบปริมาณอากาศคอนกรีตโดยวิธีวัดความดัน สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง (สทร. HSR-CT-4006:2567)	
1. ขอบข่าย	29
2. มาตรฐานอ้างถึง	29
3. นิยาม	29
4. เครื่องมือ	30
5. การเตรียมตัวอย่าง	31
6. วิธีการทดสอบ	31
7. ค่าปรับแก้จากมวลรวม	32
8. การคำนวณ	33
9. การรายงานผล	33
10. ข้อแนะนำสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง	33
11. เอกสารอ้างอิง	34
12. ผนวก ก	ก - 1
13. ผนวก ข	ข - 1

รายนามคณะทำงานพิจารณามาตรฐานงานโครงสร้างคอนกรีตในระบบราง

ดร.เสถียร เจริญเหรียญ สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)	ประธานคณะทำงาน
รศ.เอนก ศิริพานิชกร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	คณะทำงาน
นายสุรชัย พรภัทรกุล ผู้เชี่ยวชาญด้านงานวิศวกรรมโยธา	คณะทำงาน
ศ.ดร.สมนึก ตั้งเติมสิริกุล สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร	คณะทำงาน
ดร.ธนิต ใจสอาด กรมโยธาธิการและผังเมือง	คณะทำงาน
ดร.ทยากร จันทรางศุ กรมการขนส่งทางราง	คณะทำงาน
รศ.ดร.ภาณุวัฒน์ จ้อยกลัด วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	คณะทำงาน
รศ.ดร.ณัฐพงศ์ มกระธัช สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย	คณะทำงาน
นายเมธา หนูสลุง การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย	คณะทำงาน
นายศักรินทร์ เหลืองกำจร บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด	คณะทำงาน
ดร.พัชริญา เพชรผ่อง สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)	คณะทำงานและเลขานุการ
นายสฤษฏ์โรจ จันทร์เพิ่มพูนผล สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ
นายศราวุฒิ เปล่งเจริญศิริชัย สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบบราง (องค์การมหาชน)	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

นายพลวิวัฒน์ ศรีบุตรราช	วิศวกร 6 การรถไฟแห่งประเทศไทย
นายสมชัย เหล่าสวัสดิ์	วิศวกร Mater & Testing โครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 กรุงเทพ-นครราชสีมา สัญญา C3-3

โดย กลุ่มวิจัยและพัฒนามาตรฐานและการทดสอบ
สำนักพัฒนาการวิจัยและนวัตกรรมเทคโนโลยีระบบราง
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
อาคารศูนย์บริหารทางพิเศษ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.)
เลขที่ 111 ชั้น 10 ถนนริมคลองบางกะปิ
แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310
โทรศัพท์ 082 204 2998

สทร. HSR-CT-4001:2567

มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนาม

สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

กระทรวงคมนาคม

สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนามาตรฐานและการทดสอบระบบราง

www.rtrda.or.th

สทร. HSR-CT-4001:2567
มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนาม สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ครอบคลุมขั้นตอนการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดที่จะขนส่งหรือลำเลียงไปยังสถานที่ก่อสร้าง เพื่อใช้สำหรับการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตสดในการควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามข้อกำหนด เช่น การทดสอบการยุบตัว การไหลแผ่ อุณหภูมิ การเยิ้ม และปริมาณอากาศของคอนกรีตสด ซึ่งการเก็บตัวอย่างตามมาตรฐานนี้ใช้ได้กับการเก็บตัวอย่างจากเครื่องผสมคอนกรีตแบบติดตั้งกับที่ (stationary mixer) เครื่องผสมและปูคอนกรีต (paving mixer) รถผสมคอนกรีต (truck mixer) และเครื่องมือที่ใช้ขนส่งคอนกรีตจากการผสมที่ส่วนกลาง (central mixing) ทั้งที่มีการกวนและไม่มีการกวน (agitating and nonagitating equipment) มาตรฐานนี้ไม่ครอบคลุมถึงการเก็บตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

1.2 มาตรฐานนี้ครอบคลุมถึงขั้นตอนการร่อนเปียก (wet-sieving) ซึ่งเป็นขั้นตอนการกำจัดมวลรวมหยาบที่มีขนาดใหญ่กว่าเกณฑ์ที่กำหนดในแต่ละมาตรฐานการทดสอบ

1.3 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง สำหรับระบบรางอื่น ๆ เช่น รถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมือง และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน สามารถนำมาตรฐานการทดสอบฉบับนี้ไปใช้ศึกษาอ้างอิงประกอบงานก่อสร้างได้ตามความเหมาะสม

2. นิยาม

“การผสมที่ส่วนกลาง” (central mixing) หมายถึง การผสมคอนกรีตที่สถานที่ผสมซึ่งอยู่นอกสถานที่ก่อสร้าง จากนั้นทำการขนส่งคอนกรีตสดที่ผสมเสร็จแล้วไปยังสถานที่ก่อสร้าง

“คอนกรีต” (concrete) หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ปูนซีเมนต์ หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียด เช่น ทราย มวลรวมหยาบ เช่น หินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม

“คอนกรีตสด” (fresh concrete) หมายถึง คอนกรีตในสภาพเหลวที่สามารถเทเข้าแบบหล่อและทำให้แน่นได้ตามวิธีหรือขั้นตอนที่กำหนด

“ตัวอย่างผสม” (composite sample) หมายถึง ตัวอย่างสำหรับการทดสอบที่ได้จากการนำตัวอย่างที่เก็บได้ตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป มาผสมคลุกเคล้ากันจนเนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอเป็นตัวอย่างเดียว

3. เครื่องมือ

3.1 เครื่องมือสำหรับเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วย ภาชนะ ถาด เกรียง พลั่ว ถุงมือ และผ้าสำหรับทำความสะอาด

4. การเก็บตัวอย่าง

4.1 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตต้องมีปริมาณที่เหมาะสมและเพียงพอกับการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตสด โดยแนะนำให้ปริมาณคอนกรีตที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างมากกว่าประมาณร้อยละ 30 ถึงร้อยละ 50 ของปริมาณที่ใช้ในการทดสอบสมบัตินั้น

4.2 การเก็บตัวอย่างต้องดำเนินการด้วยความระมัดระวัง เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีสภาพและสมบัติใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างมากที่สุด โดยมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างตามแบบการผสมคอนกรีตดังต่อไปนี้

4.2.1 การเก็บตัวอย่างจากเครื่องผสมแบบติดตั้งกับที่ – เก็บตัวอย่างคอนกรีตโดยการเก็บอย่างน้อย 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้ง ให้เก็บจากส่วนกลางของคอนกรีตที่ออกจากเครื่องผสม ให้นำตัวอย่างที่เก็บได้ในแต่ละครั้งมาผสมคลุกเคล้ากันเป็นตัวอย่างผสมเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบ ห้ามเก็บตัวอย่างจากส่วนแรกหรือส่วนสุดท้ายที่ออกจากเครื่องผสม การเก็บตัวอย่างให้นำภาชนะดักผ่านการไหลของคอนกรีตจากเครื่องผสม หรือเบนการไหลของคอนกรีตให้ลงในภาชนะโดยตรง หากการไหลออกจากเครื่องผสมเร็วเกินกว่าจะเบนการไหลได้ ให้ปล่อยคอนกรีตไหลลงในภาชนะหรือหน่วยขนส่งที่มีขนาดเพียงพอที่จะรองรับปริมาณคอนกรีตจากเครื่องผสมได้ทั้งหมด จากนั้นจึงเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากภาชนะหรือหน่วยขนส่งดังกล่าวตามแนวทางดังกล่าวข้างต้น ระมัดระวังอย่าให้การเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากเครื่องผสม ภาชนะ หรือหน่วยขนส่งทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว (segregation) ข้อกำหนดนี้ใช้ได้ทั้งกับเครื่องผสมแบบเอียงและไม่เอียง

4.2.2 การเก็บตัวอย่างจากเครื่องผสมและปูคอนกรีต - หลังจากเครื่องผสมปล่อยคอนกรีตออกมากองแล้ว ให้เก็บตัวอย่างจากส่วนต่าง ๆ บนกองมา 5 ส่วน ให้นำตัวอย่างที่เก็บได้ในแต่ละส่วนมาผสมคลุกเคล้ากันเป็นตัวอย่างผสมเดียวเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบ หลีกเลี่ยงการปนเปื้อนกับวัสดุชั้นรองพื้น (subgrade material) หรือการสัมผัสกับวัสดุชั้นรองพื้นที่ดูดซับน้ำได้เป็นระยะเวลานาน ทั้งนี้ ในการป้องกันการปนเปื้อนหรือการดูดซับน้ำกับวัสดุชั้นรองพื้น อาจวางถาด 3 ใบกระจายบนชั้นรองพื้น แล้วปล่อยคอนกรีตจากเครื่องผสมลงบนถาดทั้ง 3 ใบ รวมตัวอย่างที่เก็บได้เป็นตัวอย่างเดียวสำหรับการทดสอบ ถาดทั้งสามใบต้องมีขนาดเพียงพอที่จะเก็บปริมาณตัวอย่างสำหรับการทดสอบ และเหมาะสมกับขนาดโตสุดของมวลรวมด้วย

4.2.3 การเก็บตัวอย่างจากรถผสมแบบถังหมุน (revolving drum mixer truck) หรือรถกวน (agitator truck) – เก็บตัวอย่างคอนกรีตโดยการเก็บอย่างน้อย 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้ง ให้เก็บจากส่วนกลางของคอนกรีตที่ปล่อยออกจากรถ ให้นำตัวอย่างที่เก็บได้ในแต่ละครั้งมาผสมคลุกเคล้ากันเป็นตัวอย่างผสมเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบ ห้ามเก็บตัวอย่างจากส่วนแรกหรือส่วนสุดท้ายที่ปล่อยออกจากรถ และห้ามเก็บตัวอย่างจนกว่าน้ำทั้งหมดจะถูกเติมลงในเครื่องผสมแล้ว การเก็บตัวอย่างให้นำภาชนะดักผ่านการไหลของคอนกรีตจากเครื่องผสมหรือเบนการไหลของคอนกรีตให้ลงในภาชนะโดยตรง ควบคุมอัตราไหลของคอนกรีตจากรถโดยอัตราการหมุนของโม่ ไม่ใช้วิธีการควบคุมจากขนาดของประตูทางไหลของคอนกรีต

การเก็บตัวอย่างจากรถผสมหรือรถกวนดังกล่าวข้างต้น อาจเก็บคอนกรีตที่ปล่อยออกจากรถเพียงครั้งเดียวก็ได้ แต่ทั้งนี้ ก่อนที่จะปล่อยคอนกรีตออกจากรถ ให้โม่คอนกรีตของรถหมุนด้วยอัตราความเร็วตามที่กำหนด จนเนื้อคอนกรีตมีการคลุกเคล้ากันจนสม่ำเสมอ และให้ปล่อยคอนกรีตส่วนหนึ่งทิ้งไปจนสังเกตเห็นคอนกรีตที่มีการผสมคลุกเคล้าเข้ากันดี จึงทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

4.2.4 การเก็บตัวอย่างจากรถผสมแบบเปิดบน (open-top truck mixer) เครื่องกวน (agitator) อุปกรณ์ที่ไม่มีการกวน (nonagitating equipment) หรือภาชนะเปิดอื่น ๆ – เก็บตัวอย่างโดยวิธีใดวิธีหนึ่งตามข้อ 4.2.1 ข้อ 4.2.2 หรือข้อ 4.2.3 แล้วแต่ความเหมาะสม

4.3 ระยะเวลาระหว่างการเก็บตัวอย่างครั้งแรกและครั้งสุดท้ายเพื่อนำมาผสมคลุกเคล้ากันเป็นตัวอย่างผสมต้องไม่เกิน 15 นาที

4.4 การส่งตัวอย่างไปยังสถานที่ที่ทำการทดสอบให้ใช้เวลาน้อยที่สุด

4.5 การทดสอบเพื่อหาค่าการยุบตัว อุณหภูมิ และปริมาณอากาศของคอนกรีตสด ให้เริ่มทดสอบภายใน 5 นาทีหลังจากได้ตัวอย่างผสมแล้ว ให้ป้องกันตัวอย่างจากแสงแดด ลม และเหตุใด ๆ ที่ทำให้คอนกรีตสูญเสียน้ำ และการปนเปื้อน

5. การร่อนเปียก (wet-sieving)

กรณีที่คอนกรีตมีส่วนผสมของมวลรวมหยาบที่มีขนาดใหญ่ ไม่เหมาะสมกับขนาดของแบบหล่อหรือเครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดสอบ ให้ทำการร่อนคอนกรีตผ่านตะแกรงตามขนาดที่กำหนด เพื่อแยกมวลรวมหยาบขนาดใหญ่ที่ไม่ต้องการออกก่อนที่จะนำตัวอย่างไปทำการทดสอบ

5.1 เครื่องมือสำหรับการร่อนเปียก

5.1.1 ตะแกรงที่มีขนาดช่องผ่านตามที่กำหนดในแต่ละมาตรฐานการทดสอบ การเขย่าตะแกรงสามารถทำได้ด้วยมือหรือใช้เครื่องเขย่าหรือเครื่องสั่น การเขย่าหรือสั่นใช้การเคลื่อนที่กลับไปมาในแนวนอน

5.1.2 เครื่องมืออื่น เช่น ภาชนะ ถาด เกรียง พลั่ว ถุงมือ และผ้าสำหรับทำความสะอาด

5.2 ขั้นตอน

5.2.1 เตรียมภาชนะหรือพื้นที่สำหรับการร่อนเปียก โดยภาชนะหรือพื้นที่ดังกล่าวต้องสะอาด ชื้น มีผิวที่ไม่ดูดซับน้ำ และมีขนาดหรือพื้นที่ที่เหมาะสมกับปริมาณตัวอย่างคอนกรีตที่จะนำไปทดสอบ

5.2.2 สุ่มเก็บตัวอย่างคอนกรีต จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงตามขนาดที่กำหนด โดยเขย่าหรือสั่นคอนกรีตด้วยมือหรือด้วยเครื่องสั่นจนไม่มีวัสดุขนาดเล็กค้างอยู่บนตะแกรง ความหนาของชั้นมวลรวมที่ค้างอยู่บนตะแกรงต้องไม่เกินกว่าขนาดของมวลรวมโตสุดที่ค้างอยู่บนตะแกรง คอนกรีตที่ผ่านตะแกรงจะตกลงในภาชนะหรือพื้นที่ตามข้อ 5.2.1 ให้ทิ้งมวลรวมที่ค้างบนตะแกรงโดยไม่ต้องเช็ดมอร์ทาร์ที่ติดอยู่กับมวลรวมหยาบออก

5.2.3 ขูดมอร์ทาร์ที่ติดอยู่กับด้านข้างของตะแกรงลงในภาชนะหรือกองตัวอย่าง คลุกเคล้าตัวอย่างจนเนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอ แล้วทำการทดสอบโดยทันที

6. เอกสารอ้างอิง

6.1 กรมทางหลวง (2532). *การทดลองที่ ทล. - ท. 304/2532 วิธีการทดลองหาความยุบตัวของคอนกรีต*, หน้า 214-218.

6.2 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2560). *มาตรฐานเลขที่ มอก. 213 – 2560: คอนกรีตผสมเสร็จ*

6.3 American Concrete Institute. (2013). *ACI CT-13: ACI Concrete Terminology, An ACI Standard*.

6.4 American Society for Testing and Materials. (1999). *ASTM C172-99: Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete*. In Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02.

สทร. HSR-CT-4002:2567

มาตรฐานการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสด

สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

กระทรวงคมนาคม

สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนามาตรฐานและการทดสอบระบบราง

www.rtrda.or.th

สทร. HSR-CT-4002:2567
มาตรฐานการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสด
สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

1. ขอบข่าย

1.1 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ใช้สำหรับการหาค่ายุบตัวของคอนกรีตสด ซึ่งเป็นการตรวจสอบความสามารถเทได้ (workability) ของคอนกรีต ที่สามารถทดสอบได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม โดยวัดค่าความสูงของคอนกรีตที่ยุบตัวลงเทียบกับความสูงของกรวยสำหรับวัดการยุบตัว

1.2 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ ไม่สามารถใช้กับคอนกรีตชนิดไม่มีความเหนียว (non-plastic concrete) ที่มีค่ายุบตัวน้อยกว่า 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) และชนิดไม่มีการยึดเหนี่ยว หรือ (non-cohesive concrete) ที่มีค่าการยุบตัวเกินกว่า 230 มิลลิเมตร (9 นิ้ว)

1.3 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ ให้ใช้ได้กับตัวอย่างคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบขนาดโตไม่เกิน 37.5 มิลลิเมตร (1.5 นิ้ว) ในกรณีที่มวลรวมหยาบมีขนาดโตเกิน 37.5 มิลลิเมตร ให้เทคอนกรีตผ่านตะแกรงขนาด 37.5 มิลลิเมตร เพื่อแยกมวลรวมหยาบที่มีขนาดโตเกิน 37.5 มิลลิเมตรออก ก่อนทำการทดสอบหาค่าการยุบตัว

1.4 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง สำหรับระบบรางอื่น ๆ เช่น รถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมือง และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน สามารถนำมาตรฐานการทดสอบฉบับนี้ไปใช้ศึกษาอ้างอิงประกอบงานก่อสร้างได้ตามความเหมาะสม

1.5 มาตรฐานการทดสอบนี้ใช้หน่วย SI (International System of Units) เป็นหลัก

2. มาตรฐานอ้างถึง

มาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001:2567 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

3. นิยาม

“คอนกรีต” (concrete) หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียด เช่น ทราย มวลรวมหยาบ เช่น หินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม

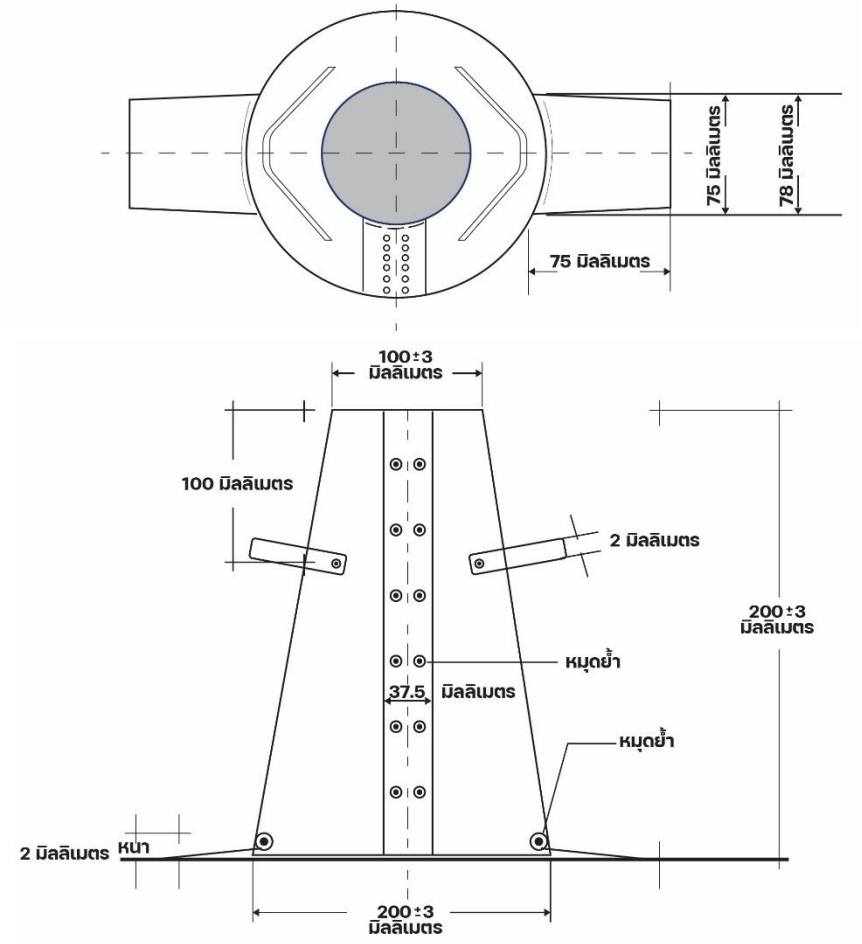
“คอนกรีตสด” (fresh concrete) หมายถึง คอนกรีตในสภาพเหลวที่สามารถเทเข้าแบบหล่อและทำให้แน่นได้ตามวิธีหรือขั้นตอนที่กำหนด

“**ค่ายุบตัว**” **(slump value)** หมายถึง ระยะยุบของคอนกรีตสดที่บรรจุอยู่ภายในกรวยสำหรับวัดการยุบตัว โดยวัดในทันทีที่ยกกรวยนั้นขึ้นตรง ๆ

4. เครื่องมือ

4.1 กรวยสำหรับวัดการยุบตัว (slump cone)

มีลักษณะเป็นรูปกรวยหัวตัด ทำจากโลหะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ ความหนาไม่น้อยกว่า 1.14 มิลลิเมตร (0.045 นิ้ว) ความสูง 300±3 มิลลิเมตร (12±1/8 นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนฐาน 200±3 มิลลิเมตร (12±1/8 นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนตัดตอนบน 100±3 มิลลิเมตร (4±1/8 นิ้ว) ฐานต้องมีแผ่นเหล็กสำหรับเหยียบทั้งสองข้าง กรวยที่ใช้ทดสอบจะต้องไม่บิดเบี้ยวหรือเสียรูป (รูปที่ 1)



การแปลงมิติของขนาดระบุ

มิลลิเมตร	2	3	12.5	25	75	78	100	200	300
นิ้ว	1/16	1/8	1/2	1	3	3	4	8	12

รูปที่ 1 กรวยสำหรับวัดการยุบตัว
(ข้อ 4.1)

4.2 แท่งกระทุ้ง (tamping rod)

เป็นแท่งเหล็กกลมสำหรับกระทุ้งคอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) ยาวประมาณ 600 มิลลิเมตร (24 นิ้ว) ปลายด้านที่ใช้กระทุ้งเป็นรูปมน

4.3 อื่น ๆ

แผ่นถาดรอง อุปกรณ์ตัก แปรง และอุปกรณ์วัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

5. การเตรียมตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างคอนกรีตให้เป็นไปตามมาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001:2567 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง โดยการทดสอบตามมาตรฐานนี้ให้ใช้ได้กับตัวอย่างคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบที่มีขนาดโตไม่เกิน 37.5 มิลลิเมตร (1.5 นิ้ว) ในกรณีที่มวลรวมหยาบมีขนาดโตเกิน 37.5 มิลลิเมตร ให้ร่อนเปียก (wet-sieving) โดยการเทคอนกรีตผ่านตะแกรงขนาด 37.5 มิลลิเมตร (1.5 นิ้ว) ก่อนที่จะนำตัวอย่างไปทำการทดสอบ

6. วิธีการทดสอบ

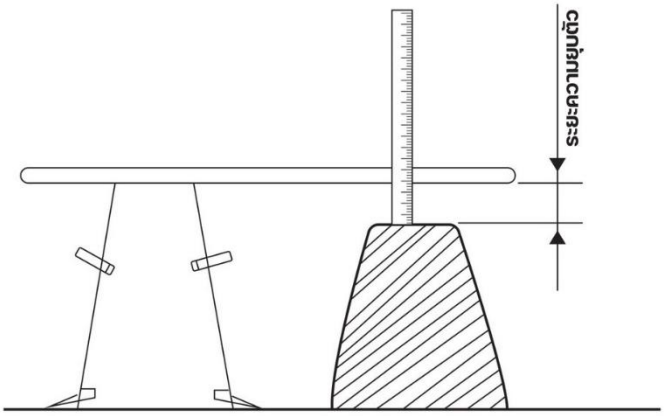
6.1 ทำความสะอาดกรวยและทำผิวกรวยให้ชื้น วางกรวยลงบนพื้นราบและเรียบที่ไม่ดูดซึมน้ำ ให้ด้านที่มีปลายตัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร อยู่ด้านบน ด้านฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร อยู่ด้านล่าง ใช้เท้าเหยียบแผ่นเหล็กที่ฐานทั้งสองข้างให้แน่น

6.2 ใส่คอนกรีตที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างในข้อ 5 ลงในกรวยจำนวน 3 ชั้น โดยการแบ่งปริมาณในแต่ละชั้นตามปริมาตรของกรวย แต่ละชั้นมีปริมาณ 1 ใน 3 ของปริมาตรกรวย แล้วใช้แท่งกระทุ้ง กระทุ้งให้ทั่วอย่างสม่ำเสมอ จำนวน 25 ครั้ง

6.3 ทำตามวิธีในข้อ 6.2 ซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยในการทำครั้งที่ 3 ให้เผื่อคอนกรีตไว้เกินขอบบนของกรวย ในกรณีที่กระทุ้งแล้วคอนกรีตพร่อง ต้องเติมให้เต็มเสมอ

6.4 ปาดขอบผิวบนของกรวยจนคอนกรีตเรียบ จับหูยก แล้วยกขึ้นตามแนวดิ่งอย่างช้า ๆ โดยไม่หมุนหรือเอียง ไม่ให้กระทบเนื้อคอนกรีตภายในกรวย ระยะเวลาที่ใช้ยกประมาณ 5-10 วินาที แล้ววางกรวยเพื่อวัดค่ายุบตัว ระยะเวลาต่อเนื่องที่ใช้ในการทดสอบตั้งแต่การใส่คอนกรีตลงในกรวยจนถึงการยกไม่ควรเกิน 2.5 นาที

6.5 วัดระยะยุบตัวของคอนกรีตเทียบกับระยะความสูงของกรวยทันที (ให้วัดที่บริเวณจุดศูนย์กลางของตัวอย่างคอนกรีตเมื่อยกกรวยออก) (รูปที่ 2)

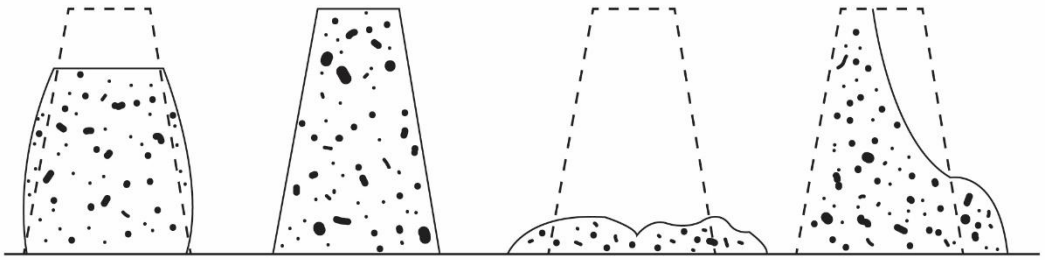


(ข้อ 6.5)

ที่มา: ประยุกต์ภาพจากการทดลองที่ ทล. - ท. 304/2532 วิธีการทดลองหาความยุบตัวของคอนกรีต

หมายเหตุ การใส่คอนกรีตชั้นแรกปริมาณ 1 ใน 3 ของปริมาตรกรวยในข้อ 6.2 มีความสูงของคอนกรีตประมาณ 70 มิลลิเมตร (2-5/8 นิ้ว) และการใส่คอนกรีตชั้นที่ 2 หรือปริมาณรวม 2 ใน 3 ของปริมาตรกรวยในข้อ 5.3 มีความสูงของคอนกรีตประมาณ 160 มิลลิเมตร (6-1/8 นิ้ว)

6.6 กรณีคอนกรีตทดสอบเกิดการล้มหรือทลายลงทันทีที่ยกกรวยขึ้น หรือไหลออกข้างใดข้างหนึ่ง (รูปที่ 3) ให้ถือว่าการทดสอบยังไม่ได้มาตรฐาน ต้องยกเลิกและทำการทดสอบใหม่



รูปที่ 3 ลักษณะของการยุบตัว

(ข้อ 6.6)

ที่มา: ประยุกต์ภาพจาก ACI 238 State of the Art Report

7. การรายงานผล

ให้รายงานผลในสิ่งต่อไปนี้

7.1 มาตรฐานที่ทำการทดสอบ

7.2 หน่วยงานที่ทดสอบ

7.3 วันและเวลาที่ผสมคอนกรีต วันและเวลาที่ทำการทดสอบ

7.4 ค่ายุบตัวของคอนกรีตที่มีความละเอียดถึง 5 มิลลิเมตร

7.5 ลักษณะรูปร่างการยุบตัวของตัวอย่าง

8. ข้อแนะนำสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง

8.1 หลักเกณฑ์การทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูงให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลน หากเอกสารดังกล่าวไม่ได้กำหนดหลักเกณฑ์ไว้ ให้ทดสอบครั้งแรกของการเทคอนกรีตในแต่ละครั้ง และทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตทุก ๆ 50 ลูกบาศก์เมตร และเศษที่เหลือของ 50 ลูกบาศก์เมตรด้วย

8.2 หากแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลนไม่ได้กำหนดค่าการยุบตัวที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูงไว้ แนะนำให้ใช้ค่ายุบตัวสำหรับชนิดงานก่อสร้างต่าง ๆ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่ายุบตัวแนะนำสำหรับชนิดงานก่อสร้างต่าง ๆ

(ข้อ 8.2)

ชนิดงานก่อสร้าง	ค่าความยุบตัว (มิลลิเมตร)	
	ต่ำสุด	สูงสุด
ฐานราก	50	75
แผ่นพื้น คาน ผนัง ค.ส.ล.	50	100
เสา ตอม่อ	50	125
ครีบ ค.ส.ล. และผนังบาง ๆ	50	150
โครงสร้างที่เหล็กเสริมแน่น	100	150

สำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูงที่ใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวใกล้ศูนย์ (no-slump concrete) หรือคอนกรีตสดที่มีค่ายุบตัวน้อย เช่น คอนกรีตบดอัด คอนกรีตทำเสาเข็มแรงเหวี่ยง สามารถใช้ค่ายุบตัวที่ต่ำกว่าค่าที่ระบุในตารางที่ 1 ได้ ส่วนโครงการที่ใช้คอนกรีตสมรรถนะสูง (high performance concrete) คอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (self-compacting concrete) หรือคอนกรีตที่ใช้สารเคมีผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำ สารหน่วงการก่อตัว หรือสารอื่น ในส่วนผสม

คอนกรีต เพื่อให้สามารถไหลเข้าแบบหล่อได้ง่ายโดยคอนกรีตไม่แยกตัวในชนิดงานก่อสร้างต่าง ๆ เช่น งานก่อสร้างเข็มเจาะขนาดใหญ่ งานหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปขนาดใหญ่ และงานเทโครงสร้างคอนกรีตขนาดใหญ่ สามารถใช้ค่ายุบตัวที่สูงกว่าค่ายุบตัวในตารางที่ 1 ได้ แต่ทั้งนี้ ค่ายุบตัวสูงสุดจะต้องไม่เกิน 230 มิลลิเมตร กรณีที่ค่ายุบตัวเกิน 230 มิลลิเมตร ให้ทดสอบการไหลแผ่ของคอนกรีตตามมาตรฐาน สทร. HSR-CT-4003:2567 มาตรฐานการทดสอบการไหลแผ่ของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

9. เอกสารอ้างอิง

9.1 กรมทางหลวง (2532). *การทดลองที่ ทล. - ท. 304/2532 วิธีการทดลองหาความยุบตัวของคอนกรีต*, หน้า 214-218.

9.2 กรมทางหลวงชนบท (2550). *มาตรฐานการทดสอบที่ มถ.(ท) 103.1-2550 มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวคอนกรีต (Slump Test),* หมวดงานโครงสร้างและปฐพีวิศวกรรม, หน้า 1-39 ถึง 1-42.

9.3 กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550). มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมืองที่ *มยผ. 1209-50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Standard Test Method for Slump of Concrete)*

9.4 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2560). *มาตรฐานเลขที่ มอก. 213 – 2560: คอนกรีตผสมเสร็จ*

9.5 American Society of Testing Materials. (2003). *ASTM C143/C 143M-03: Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. In Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02.

9.6 International Organization for Standardization. (2016). *International Standard ISO 1920-2 Testing of Concrete-Part 2: Properties of Fresh Concrete*. In Annual Book of ISO Standards, pp. 2-5.

สทร. HSR-CT-4003:2567

มาตรฐานการทดสอบการไหลแผ่ของคอนกรีตสด

สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

กระทรวงคมนาคม

สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนามาตรฐานและการทดสอบระบบราง

www.rtrda.or.th

สทร. HSR-CT-4003:2567
มาตรฐานการทดสอบการไหลแผ่ของคอนกรีตสด สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

1. ขอบข่าย

1.1 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ ใช้สำหรับการหาค่าการไหลแผ่ของคอนกรีตสด ซึ่งเป็นการตรวจสอบความสามารถเทได้ (workability) ของคอนกรีตที่สามารถทดสอบได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม

1.2 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ ให้ใช้ได้กับตัวอย่างคอนกรีตที่มีสภาพการไหลสูง (high-fluidity concrete) คอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (self-compacting concrete) คอนกรีตใต้น้ำต้านทานการชะล้าง (anti-washout under water concrete) และคอนกรีตลักษณะอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยวิธีนี้ใช้ได้กับคอนกรีตที่มีค่ายุบตัวมากกว่า 230 มิลลิเมตร

1.3 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง สำหรับระบบรางอื่น ๆ เช่น รถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมือง และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน สามารถนำมาตรฐานการทดสอบฉบับนี้ไปใช้ศึกษาอ้างอิงประกอบงานก่อสร้างได้ตามความเหมาะสม

1.4 มาตรฐานการทดสอบนี้ใช้หน่วย SI (International System of Units) เป็นหลัก

2. มาตรฐานอ้างถึง

มาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001:2567 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

3. นิยาม

“คอนกรีต” (concrete) หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียด เช่น ทราย มวลรวมหยาบ เช่น หินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม

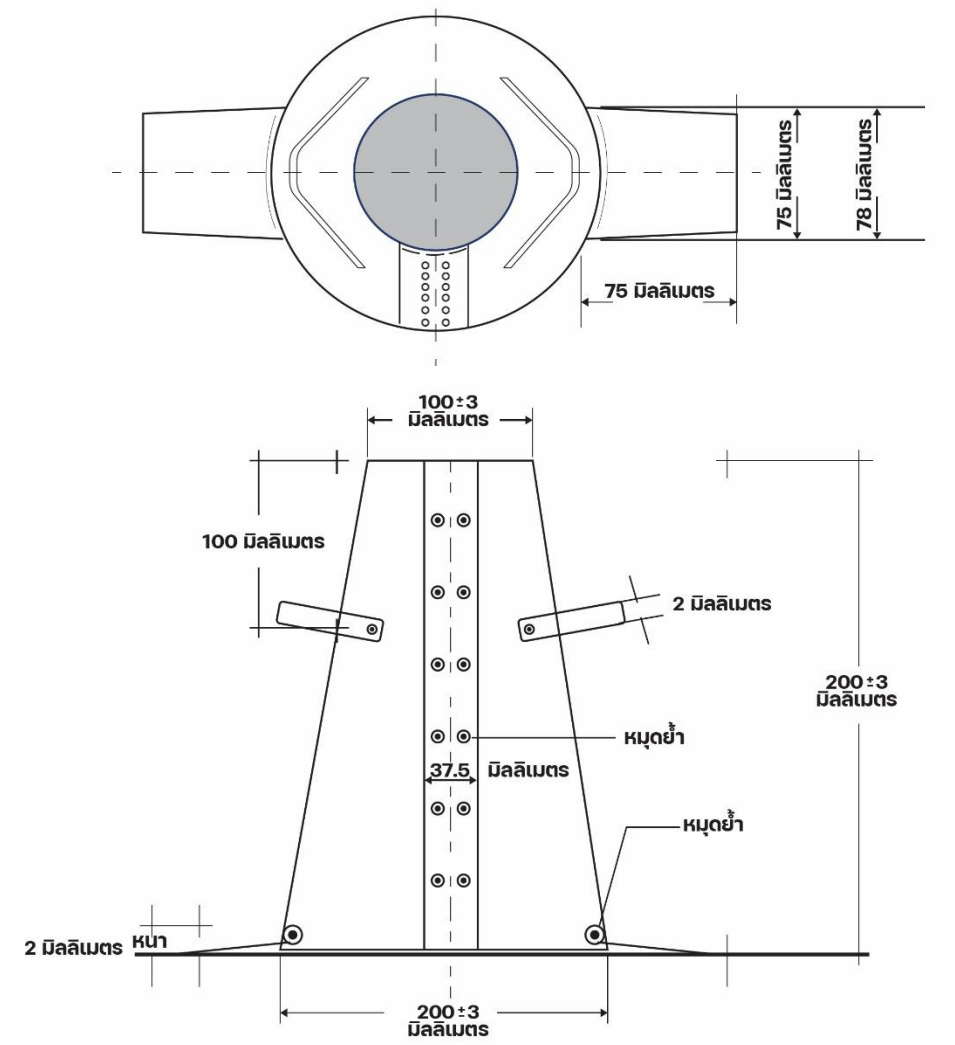
“คอนกรีตสด” (fresh concrete) หมายถึง คอนกรีตในสภาพเหลวที่สามารถเทเข้าแบบหล่อและทำให้แน่นได้ตามวิธีหรือขั้นตอนที่กำหนด

4. เครื่องมือ

4.1 กรวยสำหรับวัดการไหลแผ่ (slump-flow cone)

มีลักษณะเป็นรูปทรงกรวยหัวตัด ทำจากโลหะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ ความหนาไม่น้อยกว่า 1.14 มิลลิเมตร (0.045 นิ้ว) ความสูง 300±3 มิลลิเมตร (12±1/8 นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนฐาน

200±3 มิลลิเมตร (8±1/8 นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนตัดตอนบน 100±3 มิลลิเมตร (4±1/8 นิ้ว) ฐานต้องมีแผ่นเหล็กสำหรับเหยียบทั้งสองข้าง กรวยที่ใช้ทดสอบจะต้องไม่บิดเบี้ยวหรือเสียรูป (รูปที่ 1)



การแปลงมิติของขนาดระบุ

มิลลิเมตร	2	3	12.5	25	75	78	100	200	300
นิ้ว	1/16	1/8	1/2	1	3	3	4	8	12

รูปที่ 1 กรวยสำหรับวัดการไหลแผ่

(ข้อ 4.1)

4.2 แท่งกระทุ้ง (tamping rod)

เป็นแท่งเหล็กกลมสำหรับกระทุ้งคอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) ยาวประมาณ 600 มิลลิเมตร (24 นิ้ว) ปลายด้านที่ใช้กระทุ้งเป็นรูปมน

4.3 เกรียงเหล็กหรือแผ่นเหล็ก

เป็นแผ่นเหล็กแบนตรง ขนาดอย่างน้อย 3×20×300 มิลลิเมตร หรือแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูงแบนตรง หรือพลาสติกชนิดอื่นที่มีความต้านทานการขัดสีเท่ากันหรือมากกว่า ขนาดอย่างน้อย 6×20×300 มิลลิเมตร

4.4 แผ่นรอง (base plate)

แผ่นรองทำจากวัสดุไม่ดูดซึม เรียบ แข็งแรง มีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือขนาดในแต่ละด้านไม่น้อยกว่า 915 มิลลิเมตร

4.5 เครื่องมือวัด (measuring scale)

ไม้บรรทัด ตลับเมตรโลหะแบบม้วน หรืออุปกรณ์วัดอื่น ๆ ที่มีขีดบอกระยะห่างที่มีความละเอียดอย่างต่ำ 5 มิลลิเมตร

4.6 ภาชนะ

กระบะหรือรถเข็นที่กันน้ำได้ มีพื้นผิวที่ไม่ดูดซึม และมีขนาดใหญ่พอที่จะผสมตัวอย่างทั้งหมดซ้ำได้ และสามารถเก็บปริมาณคอนกรีตที่เพียงพอสำหรับเติมลงในกรวยได้

4.7 นาฬิกาจับเวลา

นาฬิกาจับเวลา จำนวน 2 เรือน ที่สามารถวัดเวลาได้แม่นยำ ±0.1 วินาที โดยต้องสอบเทียบนาฬิกาจับเวลาก่อนการใช้งานทดสอบ

4.8 อื่น ๆ

ผ้าชุบน้ำหมาด อุปกรณ์ตัก แปรง และอื่น ๆ

5. การเตรียมตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างคอนกรีตให้เป็นไปตามมาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001:2567 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

6. วิธีการทดสอบ

6.1 คลุกเคล้าตัวอย่างคอนกรีตที่ได้มาตามข้อ 5 ในภาชนะบรรจุตัวอย่างด้วยพลั่วหรือกระบวยให้เป็นเนื้อเดียวกัน

6.2 เทคอนกรีตลงในกรวยโดยปฏิบัติตามวิธีการเทใส่ ก หรือวิธีการเทใส่ ข

6.3 วิธีการเทใส่ ก (แบบกรวยตั้ง) – ทำให้ด้านในของกรวยเปียกชื้น และวางลงบนพื้นผิวงานหรือตรงกลางแผ่นรอง โดยให้ปากกว้างคว่ำลง จับกรวยไว้ให้แน่นในระหว่างการเทโดยการยืนกดน้ำหนักลงบนแผ่นเหล็กสำหรับเหยียบ

6.4 วิธีการเทใส่ ข (แบบกรวยคว่ำ) - ทำให้ด้านในของกรวยเปียกชื้น และวางลงบนพื้นผิวงานหรือตรงกลางแผ่นรอง โดยให้ปากแคบคว่ำลง จับกรวยไว้ให้แน่นในระหว่างการเทโดยการยืนกดน้ำหนักลงบนแผ่นเหล็กสำหรับเหยียบ

6.5 ปรับผิวหน้าคอนกรีตให้เสมอระดับด้านบนของกรวยให้เป็นแนวเดียวกัน เอาคอนกรีตส่วนที่อยู่โดยรอบฐานของกรวยออกเพื่อไม่ให้เป็นอุปสรรคต่อการไหลของคอนกรีต

6.6 ยกกรวยออกจากคอนกรีตด้วยการยกขึ้นในแนวดิ่งสูงประมาณ 225±75 มิลลิเมตร ในเวลา 3±1 วินาที โดยยกขึ้นในแนวดิ่งตรง ๆ อย่างช้า ๆ โดยไม่มีการเอียงไปด้านข้าง ทำการทดสอบทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นการเทใส่จนถึงการยกกรวยออกอย่างต่อเนื่องภายในระยะเวลา 2.5 นาที

6.7 รอจนคอนกรีตหยุดไหล จากนั้นวัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดของวงกลมคอนกรีตที่ไหลแผ่ออกมา (d_1) หากมีบริเวณขอบนอกของวงกลมคอนกรีตที่ค่อนข้างจางกว่า ให้นับรวมบริเวณนั้นเข้าเป็นส่วนหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางด้วย จากนั้นวัดเส้นผ่านศูนย์กลางอีกหนึ่งค่า (d_2) โดยให้อยู่ในมุมประมาณ 90 องศากับเส้นผ่านศูนย์กลางแรก (d_1) ที่วัดไว้ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งสองให้มีความละเอียดถึง 5 มิลลิเมตร คำนวณหาค่าการไหลแผ่ตามสมการที่กำหนดในข้อ 7

6.8 หากค่าเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งสองแตกต่างกันเกิน 50 มิลลิเมตร ให้ถือว่าการทดสอบยังไม่ได้มาตรฐานต้องยกเลิกและทำการทดสอบใหม่

7. การคำนวณ

ค่าการไหลแผ่ของคอนกรีต (Slump Flow) สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Slump Flow} = (d_1 + d_2)/2$$

เมื่อ Slump Flow คือ ค่าการไหลแผ่ของคอนกรีต

d_1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดของวงกลมคอนกรีตที่ไหลแผ่ออกมา

d_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ตั้งฉากกับเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดที่คอนกรีตไหลแผ่ออกมา (d_1)

8. การรายงานผล

ให้รายงานผลในสิ่งต่อไปนี้

8.1 มาตรฐานที่ทำการทดสอบ

8.2 หน่วยงานที่ทดสอบ

8.3 วันและเวลาที่ผสมคอนกรีต วันและเวลาที่ทำการทดสอบ

8.4 เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ที่สุดที่คอนกรีตไหลตัว (d1)

8.5 เส้นผ่านศูนย์กลางที่ตั้งฉากกับเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ที่สุดที่คอนกรีตไหลตัว (d2)

8.6 ระยะเวลาในการยกกรวย และระยะเวลาในการไหลแผ่ของคอนกรีต

8.7 ค่าการไหลแผ่ของคอนกรีตที่มีความละเอียดถึง 10 มิลลิเมตร

9. ข้อแนะนำสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง

9.1 หลักเกณฑ์การทดสอบการไหลแผ่ของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูงให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลน หากเอกสารดังกล่าวไม่ได้กำหนดหลักเกณฑ์ไว้ คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวเกินกว่า 230 มิลลิเมตร ให้ทดสอบการไหลแผ่และให้ทดสอบครั้งแรกของการเทคอนกรีตในแต่ละครั้ง และทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตทุก ๆ 50 ลูกบาศก์เมตร และเศษที่เหลือของ 50 ลูกบาศก์เมตรด้วย

9.2 หากแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลนไม่ได้กำหนดค่าการไหลแผ่ที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูงไว้ แนะนำให้ใช้ค่าการไหลแผ่สำหรับชนิดงานก่อสร้างต่าง ๆ ตามตารางที่ 1 ส่วนคอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (self-compacting concrete) สามารถใช้ค่าการไหลแผ่ที่สูงกว่าค่าในตารางที่ 1 ได้

ตารางที่ 1 ค่าการไหลแผ่แนะนำสำหรับชนิดงานก่อสร้างต่าง ๆ

(ข้อ 9.2)

ชนิดงานก่อสร้าง	ค่าการไหลแผ่ (มิลลิเมตร)
เสาสูง (tower column) เสาท่อเหล็ก (steel pipe column)	≤650
เสาเข็มหล่อในที่ (cast-in-place pile)	≤600

10. เอกสารอ้างอิง

10.1 กรมทางหลวง (2532). *การทดลองที่ ทล. - ท. 304/2532 วิธีการทดลองหาความยุบตัวของคอนกรีต*, หน้า 214-218.

10.2 กรมทางหลวงชนบท (2550). *มาตรฐานการทดสอบที่ มถ.(ท) 103.1-2550 มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวคอนกรีต (Slump Test),* หมวดงานโครงสร้างและปฐพีวิศวกรรม, หน้า 1-39 ถึง 1-42.

10.3 กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550). มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมืองที่ *มยผ. 1209-50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Standard Test Method for Slump of Concrete)*

10.4 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2560). *มาตรฐานเลขที่ มอก. 213 – 2560: คอนกรีตผสมเสร็จ*

10.5 American Society of Testing Materials. (2003). *ASTM C143/C 143M-03: Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. In Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02.

10.6 American Society of Testing Materials (2021). *ASTM C1611/C1611M-21: Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete*. In Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02.

10.7 International Organization for Standardization. (2016). *International Standard ISO 1920-2 Testing of Concrete-Part 2: Properties of Fresh Concrete*. In Annual Book of ISO Standards, pp. 2-5.

10.8 European Committee for Standardization. (2019). *BS EN 12350-8:2019: Testing Fresh Concrete Part 8: Self-compacting concrete – Slump-flow test*.

สทร. HSR-CT-4004:2567

มาตรฐานการทดสอบอุณหภูมิของคอนกรีตสด

สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
กลุ่มงานวิจัยและพัฒนามาตรฐานและการทดสอบระบบราง
www.rtrda.or.th

สทร. HSR-CT-4004:2567
มาตรฐานการทดสอบอุณหภูมิของคอนกรีตสด สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

1. ขอบข่าย

1.1 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ใช้สำหรับการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตสด ซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพของคอนกรีตสด โดยอุณหภูมิที่วัดได้แสดงถึงอุณหภูมิที่เวลาทดสอบและอาจไม่ใช่ข้อบ่งชี้ของอุณหภูมิของคอนกรีตสดในช่วงเวลาถัดไป

1.2 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ใช้กับตัวอย่างคอนกรีตที่มวลรวมหยาบมีขนาดระบุโตเกิน 75 มิลลิเมตร (3 นิ้ว) อาจใช้เวลาถึง 20 นาทีในการถ่ายเทความร้อนจากมวลรวมหยาบไปยังคอนกรีต

1.3 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง สำหรับระบบรางอื่น ๆ เช่น รถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมือง และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน สามารถนำมาตรฐานการทดสอบฉบับนี้ไปใช้ศึกษาอ้างอิงประกอบงานก่อสร้างได้ตามความเหมาะสม

1.4 มาตรฐานการทดสอบนี้ใช้หน่วย SI (International System of Units) เป็นหลัก

2. มาตรฐานอ้างถึง

มาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001:2567 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

3. นิยาม

“คอนกรีต” (concrete) หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียด เช่น ทราย มวลรวมหยาบ เช่น หินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม

“คอนกรีตสด” (fresh concrete) หมายถึง คอนกรีตในสภาพเหลวที่สามารถเทเข้าแบบหล่อและทำให้แน่นได้ตามวิธีหรือขั้นตอนที่กำหนด

4. อุปกรณ์และเครื่องมือ

4.1 ภาชนะ (container)

ต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่ทำให้เนื้อคอนกรีตหุ้มรอบเซนเซอร์ (sensor) ของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร (3 นิ้ว) และไม่น้อยกว่า 3 เท่าของขนาดระบุโตสุดของมวลรวมหยาบในทุกทิศทาง

4.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (temperature measuring device)

4.2.1 เทอร์โมมิเตอร์ (thermometers)

เทอร์โมมิเตอร์ชนิดของเหลวบรรจุในหลอดแก้วปิดจุ่มแช่บางส่วน (partial immersion liquid-in-glass thermometers) (อาจรวมถึงชนิดอื่น ๆ ด้วย) ที่มีเครื่องหมายถาวร และเมื่อจุ่มแล้วไม่ต้องปรับแก้ค่า

4.2.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิประเภทอื่น

เป็นอุปกรณ์สำหรับการวัดอุณหภูมิโดยมีความแม่นในการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตสด ± 0.5 องศาเซลเซียส (±1 องศาฟาเรนไฮต์) ในช่วงอุณหภูมิการวัด 0 ถึง 50 องศาเซลเซียส (30 ถึง 120 องศาฟาเรนไฮต์) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิต้องสามารถจุ่มลงในคอนกรีตสดได้ลึกอย่างน้อย 75 มิลลิเมตร (3 นิ้ว) ในขณะใช้งาน

4.2.3 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิอ้างอิง (reference temperature measuring device)

อุปกรณ์วัดอุณหภูมิอ้างอิง ต้องมีความละเอียดและความแม่น ±0.2 องศาเซลเซียส (±0.5 องศาฟาเรนไฮต์) ที่จุดสอบเทียบในข้อ 4.1 ต้องมีใบรับรองหรือรายงานผลที่ยืนยันความแม่นให้ตรวจสอบได้ในห้องปฏิบัติการ การตรวจสอบความแม่นของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอ้างอิงชนิดของเหลวบรรจุในหลอดแก้วปิด (liquid-in-glass reference temperature measuring devices) ต้องตรวจสอบเพียงครั้งเดียว และต้องตรวจสอบความแม่นของเครื่องวัดอุณหภูมิอ้างอิงแบบอ่านค่าได้โดยตรง ทุก 12 เดือน โดยต้องมีใบรับรองหรือรายงานผลที่แสดงหลักฐานว่ามาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ในการตรวจสอบ สามารถสอบย้อนกลับได้ถึงห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองคุณภาพ

5. การสอบเทียบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

5.1 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิคอนกรีตสดต้องได้รับการสอบเทียบอย่างน้อยปีละครั้งหรือเมื่อมีข้อสงสัยเกี่ยวกับความถูกต้องแม่นยำ โดยเปรียบเทียบการอ่านค่าที่จุดอุณหภูมิ 2 จุด ต้องแตกต่างกันอย่างน้อย 15 องศาเซลเซียส (30 องศาฟาเรนไฮต์)

5.2 การสอบเทียบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอาจทำในน้ำมันหรือของเหลวอื่นที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ โดยมีขั้นตอนการจัดเตรียม ดังนี้

5.2.1 คงอุณหภูมิอ่างน้ำมันหรือของเหลวอื่นให้คงที่ 0.2 องศาเซลเซียส (0.5 องศาฟาเรนไฮต์) ในระหว่างการทดสอบ

5.2.2 ให้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอ้างอิงอยู่ในอ่างอย่างน้อย 5 นาที ก่อนอ่านอุณหภูมิ

5.2.3 กวนของเหลวในอ่างอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้อุณหภูมิสม่ำเสมอ

5.2.4 เคาะเทอร์โมมิเตอร์ที่มีของเหลวเบา ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการยึดติดของของเหลวกับแก้ว หากการสัมผัสอุณหภูมิลดลง

6. การเตรียมตัวอย่าง

6.1 สามารถใช้อุปกรณ์ขนส่งหรือแบบหล่อหลังการเทคอนกรีตแล้วเป็นภาชนะสำหรับการวัดอุณหภูมิได้ โดยเนื้อคอนกรีตที่หุ้มอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิต้องไม่น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร (3 นิ้ว) ในทุกทิศทาง

6.2 หากไม่ใช้อุปกรณ์ขนส่งหรือแบบหล่อเป็นภาชนะ ให้เตรียมตัวอย่างดังนี้

6.2.1 ทำภาชนะให้ชื้นทันทีก่อนเก็บตัวอย่าง

6.2.2 เก็บตัวอย่างคอนกรีตสดตามมาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001:2567 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง หากเป็นการทดสอบเฉพาะเพื่อหาค่าอุณหภูมิของคอนกรีตสด ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างผสมตามมาตรฐานดังกล่าวก็ได้

6.2.3 ใส่ตัวอย่างคอนกรีตสดลงในภาชนะ

7. วิธีการทดสอบ

7.1 วางอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยให้ปลายตัวตรวจวัดอุณหภูมิจมในเนื้อคอนกรีตสดอย่างน้อย 75 มิลลิเมตร (3 นิ้ว) ปิดช่องว่างที่เกิดจากการวางอุปกรณ์ด้วยการกดผิวหน้าคอนกรีตรอบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิเบา ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอุณหภูมิอากาศโดยรอบอันส่งผลต่อการอ่านค่าอุณหภูมิ

7.2 ทิ้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิไว้ในคอนกรีตสดอย่างน้อย 2 นาที แต่ไม่เกิน 5 นาที จากนั้น อ่านและบันทึกอุณหภูมิที่ใกล้เคียงที่สุดถึง 0.5 องศาเซลเซียส (1 องศาฟาเรนไฮต์) โดยห้ามนำอุปกรณ์ออกจากคอนกรีตขณะอ่านอุณหภูมิ

8. การรายงานผล

ให้รายงานผลในสิ่งต่อไปนี้

8.1 มาตรฐานที่ทำการทดสอบ

8.2 หน่วยงานที่ทดสอบ

8.3 วันและเวลาที่ผสมคอนกรีต วันและเวลาที่ทำการทดสอบ

8.4 รายงานอุณหภูมิที่ใกล้เคียงที่สุดถึง 0.5 องศาเซลเซียส (1 องศาฟาเรนไฮต์)

9. ข้อแนะนำสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง

หากแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลนไม่ได้กำหนดค่าอุณหภูมิของคอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูงไว้ แนะนำให้ใช้ค่าอุณหภูมิคอนกรีตสดขณะเทเข้าแบบหล่อไม่ควรเกิน 35 องศาเซลเซียส

10. เอกสารอ้างอิง

10.1 American Society of Testing Materials, *ASTM C 1064/C 1064-08 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete*, 2008.

10.2 China Railway International Co., Ltd. (CRIC) and China Railway Design Corporation (CRDC), *Technical Conditions of High-Performance Concrete of Thailand High Speed Railway*, 2020.

สทร. HSR-CT-4005:2567

มาตรฐานการทดสอบการเยิ้มของคอนกรีตสด

สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

กระทรวงคมนาคม

สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
กลุ่มงานวิจัยและพัฒนามาตรฐานและการทดสอบระบบราง
www.rtrda.or.th

สทร. HSR-CT-4005:2567
มาตรฐานการทดสอบค่าการเยิ้มของคอนกรีตสด
สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

1. ขอบข่าย

1.1 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ใช้สำหรับการหาค่าการเยิ้มของคอนกรีตสด โดยการเยิ้มเป็นการที่น้ำในคอนกรีตสดบางส่วนลอยตัวขึ้นมาบนผิวหน้าของคอนกรีตอันเนื่องมาจากการจมลงของมวลรวมและวัสดุประสาน ค่าการเยิ้มของคอนกรีตสดสามารถแสดงได้โดย 1) ค่าปริมาตรการเยิ้ม (ปริมาตรการเยิ้มต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวหน้าคอนกรีต) และ 2) ค่าอัตราการเยิ้ม (อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำจากการเยิ้มต่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต)

1.2 การทดสอบตามมาตรฐานนี้สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีทดสอบแบบ ก และ แบบ ข ขึ้นอยู่กับวิธีการทำตัวอย่างคอนกรีตให้แน่นตัว โดยวิธีทดสอบแบบ ก เป็นการทำให้แน่นตัวโดยใช้แท่งกระทุ้ง และวิธีทดสอบแบบ ข เป็นการทำให้แน่นตัวโดยใช้แท่นสั่น โดยการทดสอบทั้งสองวิธีถึงแม้ตัวอย่างคอนกรีตที่ได้มาจากส่วนผสมในคราวเดียวกัน ก็อาจให้ผลการทดสอบที่แตกต่างกันได้

1.3 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง สำหรับระบบรางอื่น ๆ เช่น รถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมือง และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน สามารถนำมาตรฐานการทดสอบฉบับนี้ไปใช้ศึกษาอ้างอิงประกอบงานก่อสร้างได้ตามความเหมาะสม

1.4 มาตรฐานการทดสอบนี้ใช้หน่วย SI (International System Unit) เป็นหลัก

2. มาตรฐานอ้างถึง

มาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001:2567 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

3. นิยาม

“การเยิ้ม” (bleeding) หมายถึง การที่น้ำในคอนกรีตสดบางส่วนลอยตัวขึ้นมาบนผิวหน้าของคอนกรีตอันเนื่องมาจากการจมลงของมวลรวมและวัสดุประสาน

“คอนกรีต” (concrete) หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียด เช่น ทราย มวลรวมหยาบ เช่น หินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม

“คอนกรีตสด” (fresh concrete) หมายถึง คอนกรีตในสภาพเหลวที่สามารถเทเข้าแบบหล่อและทำให้แน่นได้ตามวิธีหรือขั้นตอนที่กำหนด

“สารเคมีผสมเพิ่ม” (chemical admixtures) หมายถึง สารเคมีที่ใช้ผสมในคอนกรีต ไม่ว่าจะผสมในน้ำผสมคอนกรีตก่อนการผสมคอนกรีต หรือผสมในขณะที่ผสมคอนกรีต หรือผสมก่อนการเทคอนกรีต เพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น เพิ่มความสามารถในการทำงาน เพิ่มกำลัง หน่วงหรือเร่งการแข็งตัว เป็นต้น

“สารผสมเพิ่ม” (admixtures) หมายถึง สารใด ๆ นอกเหนือไปจากวัสดุประสาน น้ำ และมวลรวม อันใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตไม่ว่าก่อนหรือกำลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ

4. อุปกรณ์และเครื่องมือ

4.1 สำหรับวิธีทดสอบแบบ ก

4.1.1 ภาชนะ

ภาชนะโลหะทรงกระบอกสำหรับใส่ตัวอย่างคอนกรีต มีความจุประมาณ 14 ลิตร (1/2 ลูกบาศก์ฟุต) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 255±5 มิลลิเมตร (10±1/4 นิ้ว) ความสูงภายใน 280±5 มิลลิเมตร (11±1/4 นิ้ว) หนา 2.67 ถึง 3.40 มิลลิเมตร (0.105 ถึง 0.134 นิ้ว) และเสริมความแข็งแรงภายนอกบริเวณขอบบนด้วยแถบโลหะหนา 2.67 ถึง 3.40 มิลลิเมตร (0.105 ถึง 0.134 นิ้ว) กว้าง 40 มิลลิเมตร (1½นิ้ว) ภายในภาชนะต้องเรียบและปราศจากการกัดกร่อน สารเคลือบ หรือสารหล่อลื่นใด ๆ

4.1.2 เครื่องชั่ง

เครื่องชั่งที่มีขีดความสามารถเพียงพอในการวัดมวลโหลดที่ต้องการด้วยความแม่นร้อยละ 0.5 ของค่าที่อ่านได้ โดยเครื่องชั่งต้องได้รับการสอบเทียบอย่างน้อยปีละครั้งหรือเมื่อมีข้อสงสัยเกี่ยวกับความแม่นของเครื่องชั่ง

4.1.3 ปิเปต

ปิเปตหรือเครื่องมือที่คล้ายกัน สำหรับดูดน้ำที่ผิวบนของตัวอย่างคอนกรีต

4.1.4 กระบอกตวง

ความจุ 100 มิลลิลิตร สำหรับรวบรวมและวัดปริมาณน้ำที่ดูดออกมา

4.1.5 แท่งกระทุ้ง (Tamping Rod)

แท่งเหล็กกลมสำหรับกระทุ้งคอนกรีต ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) ยาวประมาณ 600 มิลลิเมตร (24 นิ้ว) ปลายด้านที่ใช้กระทุ้งเป็นรูปมน

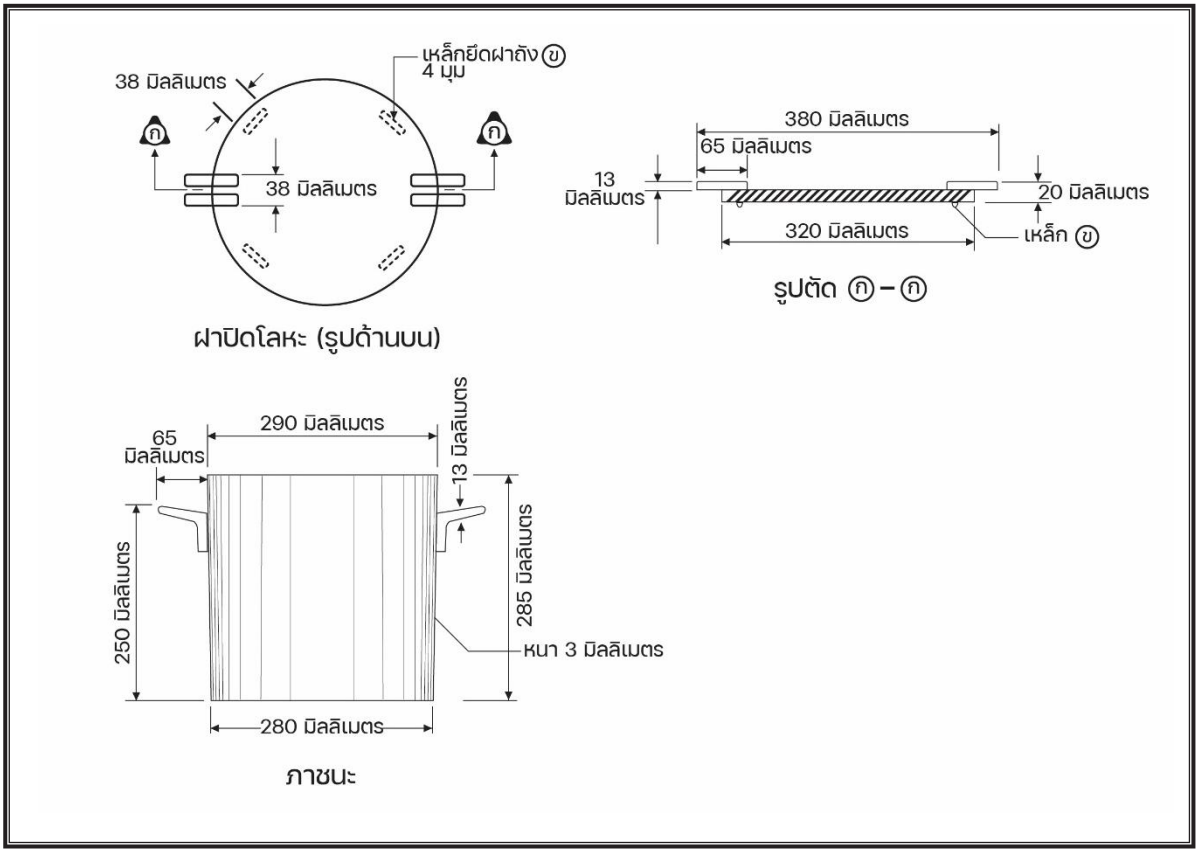
4.1.6 อื่น ๆ

เกรียงเหล็ก ค้อนยาง

4.2 สำหรับวิธีทดสอบแบบ ข

4.2.1 ภาชนะ

ภาชนะโลหะสำหรับใส่ตัวอย่างคอนกรีต ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนบน 290 มิลลิเมตร (11½ นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนฐาน 280 มิลลิเมตร (11 นิ้ว) สูง 285 มิลลิเมตร (11 นิ้ว 1/8 นิ้ว) พร้อมฝาปิดโลหะ ตามที่แสดงในรูปที่ 1



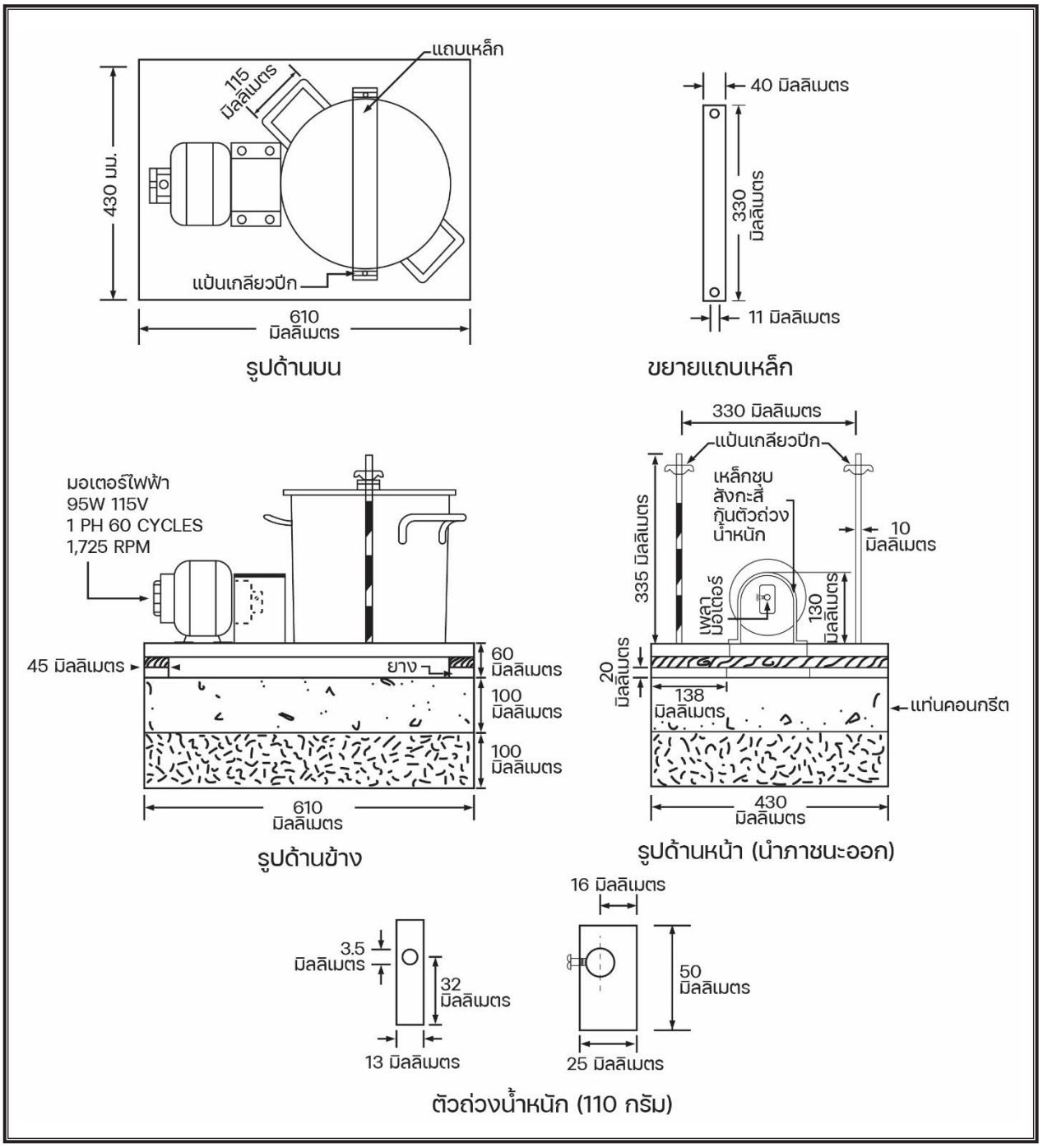
รูปที่ 1 ภาชนะสำหรับวิธีทดสอบแบบ ข

(ข้อ 4.2.1)

ที่มา: ประยุกต์ภาพจาก ASTM C232-07

4.2.2 แท่นสั่น (vibrating platform)

แท่นที่ทำให้ภาชนะบรรจุตัวอย่างคอนกรีตเกิดการสั่นจากการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ยึดติดกับแท่น มอเตอร์ไฟฟ้ามีขนาด 95 วัตต์ หรือ 1/8 แรงม้า มีมวลขนาดประมาณ 110 กรัมติดเข้ากับเพลาในลักษณะเป็นตัวถ่วงน้ำหนักที่ไม่สมดุล ตัวอย่างรายละเอียดของแท่นสั่น มอเตอร์ไฟฟ้า การยึดของภาชนะเข้ากับแท่น และการรองรับแท่น แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างแท่นสั่นสำหรับวิธีทดสอบแบบ ข

(ข้อ 4.2.2)

ที่มา: ประยุกต์ภาพจาก ASTM C232-07

4.2.3 เครื่องจับเวลา

สำหรับการควบคุมช่วงเวลาของการสั่น

4.2.4 เครื่องมืออื่น ให้เป็นไปตามวิธีทดสอบแบบ ก

5. การเตรียมตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างคอนกรีตให้เป็นไปตามมาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001:2567 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง โดยการทดสอบตามมาตรฐานนี้ ให้ใช้ได้กับตัวอย่างคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบที่มีขนาดระบุโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ในกรณีที่มวลรวมหยาบมีขนาดระบุโตสุดเกิน 37.5 มิลลิเมตร ให้ร่อนเปียก (wet-sieving) โดยการเทคอนกรีตผ่านตะแกรงขนาด 37.5 มิลลิเมตร (1.5 นิ้ว) ก่อนที่จะนำตัวอย่างไปทำการทดสอบ

6. วิธีการทดสอบ

6.1 ทำความสะอาดแบบและทำผิวแบบให้ชื้นโดยใช้ผ้าชื้น และบันทึกน้ำหนักของภาชนะทันที ในระหว่างการทดสอบให้รักษาอุณหภูมิโดยรอบไว้ระหว่าง 28±2 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิใกล้เคียงกับการใช้งานจริง

6.2 การทำตัวอย่างคอนกรีตให้แน่นตัว

6.2.1 วิธีทดสอบแบบ ก

ใส่คอนกรีตที่ได้จากข้อ 5 ลงในภาชนะโดยแบ่งเป็น 2 ชั้น แต่ละชั้นใช้แท่งกระทุ้งกระทุ้งให้ทั่วอย่างสม่ำเสมอ จำนวน 20 ครั้ง และหลังจากกระทุ้งในแต่ละชั้นเสร็จแล้ว ให้ใช้ค้อนยางเคาะผนังด้านนอกของภาชนะประมาณ 5 ถึง 10 ครั้ง เพื่อให้คอนกรีตแน่นตัวขึ้น ผิวบนของตัวอย่างคอนกรีตควรอยู่ต่ำกว่าขอบบนสุดของภาชนะ 30±3 มิลลิเมตร

6.2.2 วิธีทดสอบแบบ ข

ใส่คอนกรีตที่ได้จากข้อ 5 ลงในภาชนะที่ความลึกประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงภาชนะ โดยขนาดของตัวอย่างคอนกรีตให้ควบคุมจากมวลที่ประมาณ 20±0.5 กิโลกรัม (45±1 ปอนด์) ยึดภาชนะเข้ากับแท่นสั่น ทำการสั่นแท่นจนกระทั่งผิวบนของตัวอย่างเรียบและเริ่มเกิดการเยิ้มที่ผิวหน้าคอนกรีต

6.3 ปรับผิวหน้าของตัวอย่างคอนกรีตให้เรียบ บันทึกเวลาและน้ำหนักรวมของภาชนะและตัวอย่างคอนกรีตทันที

6.4 วางภาชนะลงบนแท่นหรือพื้นที่ได้ระดับและไม่มีการสั่นสะเทือน คลุมหรือปิดฝาภาชนะเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำตลอดการทดสอบ เว้นแต่เวลาที่ดูดน้ำที่เยิ้มบนผิวหน้าในทุกช่วงเวลา 10 นาที ตลอดช่วง 40 นาทีแรก และหลังจากนั้นทุกช่วงเวลา 30 นาที จนกระทั่งไม่มีการเยิ้ม บันทึกเวลา

ที่หยุดการเยิ้ม และเพื่อสะดวกในการดูดน้ำที่เยิ้มออกในแต่ละครั้ง อาจใช้บล็อกหนาประมาณ 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) วางใต้ด้านใดด้านหนึ่งของภาชนะเป็นเวลา 2 นาทีก่อนที่จะดูดน้ำออก การเอียงภาชนะให้ทำอย่างระมัดระวัง หลังจากดูดน้ำออกแล้ว ให้วางภาชนะกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมโดยไม่ให้เกิดการสั่นสะเทือน

6.5 หลังจากการดูดน้ำออกในแต่ละครั้ง ให้ถ่ายน้ำที่ดูดลงในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิเมตร บันทึกปริมาณน้ำสะสมหลังการถ่ายน้ำแต่ละครั้ง ในกรณีที่ต้องการหาเฉพาะปริมาตรรวมของการเยิ้ม ไม่จำเป็นต้องทำการดูดน้ำออกเป็นช่วง ๆ สามารถดำเนินการดูดน้ำออกเพียงครั้งเดียวก็ได้

7. การคำนวณ

7.1 ค่าปริมาตรการเยิ้มต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวหน้าคอนกรีต V คำนวณได้จาก

$$V = V_1/A \qquad (1)$$

เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรของน้ำจากการเยิ้มสะสมที่วัดได้ในช่วงเวลาใดๆ มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

A คือ พื้นที่ผิวหน้าคอนกรีต มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร

7.2 ค่าอัตราการเยิ้ม ซึ่งแสดงโดยอัตราส่วนระหว่างมวลของน้ำสะสมจากการเยิ้มเทียบกับมวลน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตที่อยู่ในตัวอย่างทดสอบ เป็นร้อยละ คำนวณได้จาก

$$C = (w/W) \times S \qquad (2)$$

$$\text{ค่าอัตราการเยิ้ม เป็นร้อยละ} = (D/C) \times 100 \qquad (3)$$

เมื่อ C คือ มวลของน้ำในตัวอย่างทดสอบ มีหน่วยเป็นกรัม

W คือ มวลทั้งหมดของคอนกรีตที่ผสม (batch) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรคอนกรีต

w คือ มวลของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตสุทธิ (น้ำหนักของน้ำทั้งหมดหักด้วยน้ำหนักของน้ำที่ดูดซึมโดยมวลรวม) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรคอนกรีต

S คือ มวลของตัวอย่างทดสอบ มีหน่วยเป็นกรัม

D คือ มวลของน้ำที่ได้จากการเยิ้ม มีหน่วยเป็นกรัม หรือปริมาตรรวมของน้ำที่ดูดออกจากตัวอย่างคอนกรีตในหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตรคูณด้วย 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

8. การรายงานผล

ให้รายงานผลในสิ่งต่อไปนี้

8.1 มาตรฐานที่ทำการทดสอบ

8.2 หน่วยงานที่ทดสอบ

8.3 วันและเวลาที่ผสมคอนกรีต วันและเวลาที่ทำการทดสอบ

8.4 สัดส่วนผสมของคอนกรีต

8.5 แหล่งและลักษณะของวัสดุที่ใช้

8.6 วิธีการทำตัวอย่างคอนกรีตให้แน่น (วิธีทดสอบแบบ ก หรือ แบบ ข)

8.7 ค่าปริมาตรการเยิ้ม และค่าอัตราการเยิ้ม

8.8 เวลาที่หยุดการเยิ้ม

9. ข้อแนะนำสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง

9.1 หลักเกณฑ์การทดสอบการเยิ้มของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูงให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลน หากเอกสารดังกล่าวไม่ได้กำหนดหลักเกณฑ์ไว้ การทดสอบตามมาตรฐานนี้ แนะนำให้ใช้สำหรับกรณีที่มีสารเคมีผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำ (water reducer) สารเพิ่มความเหลว (plasticizer) หรือสารกักฟองอากาศ (air-entraining agent) ในส่วนผสมคอนกรีต หรือกรณีอื่นตามความเหมาะสม หากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ให้ทำการทดสอบตามเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

(1) สำหรับการใช้สารลดน้ำและสารเพิ่มความเหลว ให้ทดสอบทุกครั้งที่มีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มทุก ๆ มวล 50 ตัน และเศษที่เหลือของ 50 ตัน และสำหรับการใช้สารกักกระจายฟองอากาศให้ทดสอบทุกครั้งที่มีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มทุก ๆ มวล 5 ตัน และเศษที่เหลือของ 5 ตันด้วย

(2) เมื่อมีการเปลี่ยนแหล่งทราย หิน กรวด หรือผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ และสารผสมเพิ่ม

(3) เมื่อการใช้ปูนซีเมนต์โดยผู้ผลิตรายเดียวเป็นระยะเวลาเกิน 6 เดือน หรือปูนซีเมนต์ที่มีอายุเกินกว่า 6 เดือน

9.2 ค่าปริมาตรการเยิ้มหรือค่าอัตราการเยิ้มของคอนกรีตสดที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูงให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลนของแต่ละโครงการ

10. เอกสารอ้างอิง

10.1 American Society for Testing and Materials. (2010). *ASTM C232-07: Standard Test Methods for Bleeding of Concrete*. In *Annual Book of ASTM Standards.* Vol. 04.02, pp. 1-5.

10.2 China Railway International Co., Ltd. (CRIC) and China Railway Design Corporation (CRDC). (2020). *Technical Conditions of High-Performance Concrete of Thailand High Speed Railway*.

10.3 China National Standard. (2016). *GB/T 50080-2016: Standard for test method of performance on ordinary fresh concrete.*

สทร. HSR-CT-4006:2567

มาตรฐานการทดสอบปริมาณอากาศคอนกรีตโดยวิธีความดัน

สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

กระทรวงคมนาคม

สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนามาตรฐานและการทดสอบระบบราง

www.rtrda.or.th

สทร. HSR-CT-4006:2567
มาตรฐานการทดสอบปริมาณอากาศของคอนกรีตสดโดยวิธีความดัน สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

1. ขอบข่าย

1.1 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ใช้สำหรับการหาค่าปริมาณอากาศ (air content) ของคอนกรีตสด โดยไม่รวมปริมาณอากาศใด ๆ ที่อาจมีอยู่ในช่องว่างภายในอนุภาคของมวลรวม

1.2 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ให้ใช้กับคอนกรีตที่ผสมด้วยมวลรวมที่มีมวลค่อนข้างแน่น (relatively dense aggregates) และไม่เหมาะที่จะใช้กับคอนกรีตที่มีมวลรวมประเภท มวลรวมน้ำหนักเบา (lightweight aggregates) กากเตาถลุงเย็นด้วยอากาศ (air-cooled blast-furnace slag) มวลรวมที่มีความพรุนสูง (aggregates of high porosity) หรือมวลรวมที่มีการดูดซึมน้ำสูง (high-absorption aggregates) เป็นส่วนผสมคอนกรีต

1.3 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง สำหรับระบบรางอื่น ๆ เช่น รถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมือง และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน สามารถนำมาตรฐานการทดสอบฉบับนี้ไปใช้ศึกษาอ้างอิงประกอบงานก่อสร้างได้ตามความเหมาะสม

1.4 มาตรฐานการทดสอบนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก

2. มาตรฐานอ้างถึง

มาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001:2567 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

3. นิยาม

“คอนกรีต” (concrete) หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียด เช่น ทราย มวลรวมหยาบ เช่น หินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม

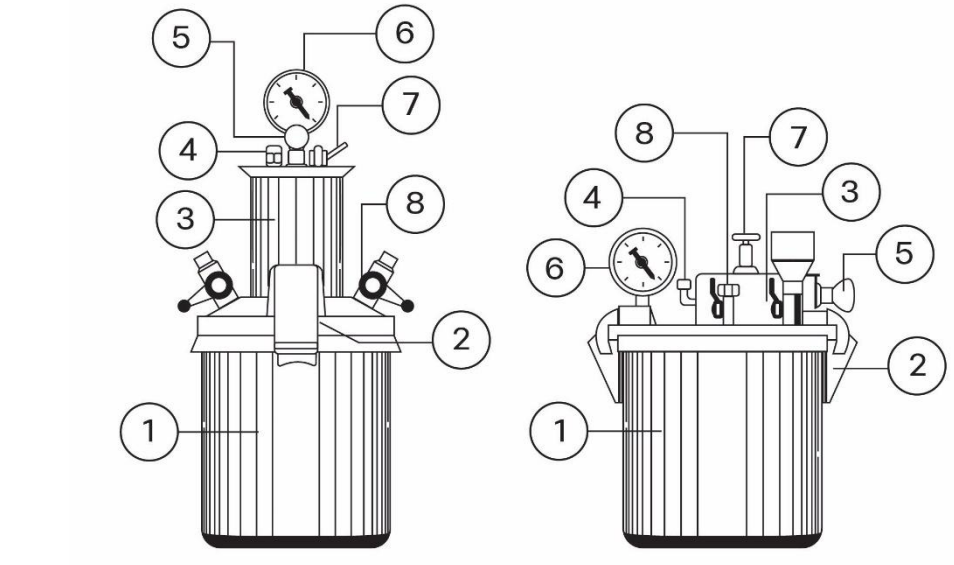
“คอนกรีตสด” (fresh concrete) หมายถึง คอนกรีตในสภาพเหลวที่สามารถเทเข้าแบบหล่อและทำให้แน่นได้ตามวิธีหรือขั้นตอนที่กำหนด

“สารเคมีผสมเพิ่ม” (chemical admixtures) หมายถึง สารเคมีที่ใช้ผสมในคอนกรีต ไม่ว่าจะผสมในน้ำผสมคอนกรีตก่อนการผสมคอนกรีต หรือผสมในขณะที่ผสมคอนกรีต หรือผสมก่อนการเทคอนกรีต เพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น เพิ่มความสามารถในการทำงาน เพิ่มกำลัง หน่วงหรือเร่งการแข็งตัว เป็นต้น

“**ปริมาณอากาศ” (air content)** หมายถึง ปริมาตรของช่องว่างในคอนกรีต ไม่นับรวมช่องว่างในเม็ดมวลรวม ปรกติคิดเป็นร้อยละของปริมาตรทั้งหมดของคอนกรีต

4. เครื่องมือ

4.1 มาตรวัดอากาศ (air meter) ประกอบด้วยถังใส่ตัวอย่าง และชุดฝาครอบ (cover assembly) (รูปที่ 1) โดยมีหลักการทำงานประกอบด้วยการปรับเทียบอากาศที่ทราบค่าปริมาณและค่าความดันซึ่งอยู่ในห้องอากาศ (air chamber) ที่ปิดสนิทกับอากาศที่ไม่ทราบปริมาณซึ่งอยู่ในตัวอย่างคอนกรีต เกจวัดความดันได้รับการสอบเทียบแสดงเป็นหน่วยร้อยละของอากาศ ณ ความดันที่ทำการปรับเทียบ



รูปที่ 1 มาตรวัดอากาศ (air meter)

(ข้อ 4.1)

ที่มา: ประยุกต์ภาพจาก ASTM C231/C231M-17a

4.1.1 **ถังใส่ตัวอย่าง** มีรูปทรงกระบอก ทำจากเหล็ก โลหะแข็ง หรือวัสดุแข็งอื่นที่ไม่เสียหายได้ง่ายจากน้ำปูน (cement paste) มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดเท่ากับ 0.75 ถึง 1.25 เท่าของความสูง มีความจุอย่างน้อย 5.7 ลิตร (0.20 ลูกบาศก์ฟุต)

4.1.2 **ชุดฝาครอบ** ทำจากเหล็ก โลหะแข็ง หรือวัสดุแข็งอื่นที่ไม่เสียหายได้ง่ายจากซีเมนต์เพสต์ ชุดฝาครอบต้องติดตั้งให้สามารถอ่านปริมาณอากาศได้โดยตรง หน้าปัดของเกจวัดความดันต้องได้รับการสอบเทียบเพื่อระบุร้อยละของปริมาตรอากาศ ช่วงของปริมาณอากาศที่สามารถใช้วัดได้อย่างน้อยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 8 และสามารถอ่านได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ที่กำหนดโดยการสอบเทียบความดันอากาศที่เหมาะสม

4.2 **แท่งกระทุ้ง** (tamping rod) แท่งเหล็กกลมสำหรับกระทุ้งคอนกรีต ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) ยาวประมาณ 600 มิลลิเมตร (24 นิ้ว) ปลายด้านที่ใช้กระทุ้งเป็นรูปมน

4.3 **เครื่องมืออื่น** เช่น เกรียงเหล็กหรือแผ่นเหล็ก ค้อนยาง และกระบอกฉีดยา (syringe)

5. การเตรียมตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างคอนกรีตให้เป็นไปตามมาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001:2567 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง โดยการทดสอบตามมาตรฐานนี้ ให้ใช้ได้กับตัวอย่างคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบที่มีขนาดระบุโตไม่เกิน 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ในกรณีที่มวลรวมหยาบมีขนาดระบุโตกว่า 37.5 มิลลิเมตร ให้ร่อนเปียก (wet-sieving) โดยการเทคอนกรีตผ่านตะแกรงขนาด 37.5 มิลลิเมตร (1.5 นิ้ว) ก่อนที่จะนำตัวอย่างไปทำการทดสอบ

6. วิธีการทดสอบ

6.1 ทำความสะอาดถังใส่ตัวอย่างและชุดฝาครอบ ทำด้านในของถังใส่ตัวอย่างให้ชื้น วางถังใส่ตัวอย่างบนพื้นผิวเรียบที่ได้ระดับและมั่นคง

6.2 การทำตัวอย่างคอนกรีตให้แน่นตัว ใส่คอนกรีตลงในถังใส่ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น ปริมาตรประมาณเท่า ๆ กัน แต่ละชั้นใช้แท่งกระทุ้งกระทุ้งให้ทั่วอย่างสม่ำเสมอ จำนวน 25 ครั้ง และหลังจากกระทุ้งในแต่ละชั้นเสร็จแล้ว ให้ใช้ค้อนยางเคาะผนังด้านนอกของถังประมาณ 10 ถึง 15 ครั้ง เพื่อไม่ให้เกิดช่องว่างจากการกระทุ้งและไล่ฟองอากาศที่ถูกกักไว้ในคอนกรีตออก

หากตัวอย่างมีค่าการยุบตัว (slump) น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร ให้ทำตัวอย่างคอนกรีตให้แน่นโดยการสั่นสะเทือน (vibration)

(1) หากใช้เครื่องสั่นคอนกรีต (vibrator) เครื่องต้องสั่นด้วยความถี่ไม่น้อยกว่า 120 เฮิรตซ์ (7,200 รอบต่อนาที) เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสั่นต้องไม่เกินกว่า 1 ใน 4 ของมิติที่น้อยที่สุดของถังใส่ตัวอย่าง ในการสั่นต้องระวังไม่ให้หัวสั่นถูกหรือสัมผัสกับถัง และไม่สั่นมากเกินไปจนทำให้คอนกรีตแยกตัวหรือสูญเสียฟองอากาศที่ต้องการในการกักกระจาย (entrained air)

(2) หากใช้แท่นสั่น (vibrating platform) ให้สั่นด้วยความถี่ไม่น้อยกว่า 40 เฮิรตซ์ (2,400 รอบต่อนาที) และต้องไม่สั่นมากเกินไปจนทำให้คอนกรีตแยกตัวหรือสูญเสียฟองอากาศที่ต้องการในการกักกระจาย

6.3 ใช้เกรียงเหล็กหรือแผ่นเหล็กปาดผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ

6.4 ทำความสะอาดหน้าแปลนหรือขอบของชามตวงและชุดฝาครอบ ยึดฝาครอบเข้าที่ โดยฝาครอบและชามตวงต้องยึดกับอย่างแน่นสนิท ปิดวาล์วอากาศหลัก เปิดวาล์วสำหรับใส่น้ำทั้งสองข้างบนฝาครอบ ใช้กระบอกฉีดยาฉีดน้ำผ่านวาล์วตัวหนึ่งจนกระทั่งน้ำไหลออกมาจากวาล์วตัวตรงข้าม เคาะมาตรวัดเบา ๆ จนกระทั่งอากาศทั้งหมดถูกไล่ออกจากวาล์ว

6.5 ปิดวาล์วไล่อากาศบนห้องอากาศ และอัดอากาศเข้าไปในห้องอากาศด้วยที่ปั๊ม จนกระทั่งเข็มวัดความดันอยู่บนเส้นความดันเริ่มต้น (initial pressure line) รอสักครู่เพื่อให้อากาศอัดเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ปรับเข็มวัดให้คงที่ที่เส้นความดันเริ่มต้นโดยการอัดอากาศหรือปล่อยให้อากาศออก ปิดวาล์วสำหรับใส่น้ำทั้งสองตัว เปิดวาล์วอากาศหลัก ใช้ค้อนยางเคาะด้านข้างถังใส่ตัวอย่างเบา ๆ อ่านและบันทึกค่าร้อยละของอากาศบนเกจวัดความดัน (ค่าที่ได้ คือ ปริมาณอากาศปรากฏ หรือ apparent air content) ในการถอดฝาครอบหลังเสร็จสิ้นการวัด ให้เปิดวาล์วสำหรับใส่น้ำทั้งสองตัวเพื่อปล่อยความดัน

7. ค่าปรับแก้จากมวลรวม (aggregate correction factor)

7.1 หาค่าปรับแก้จากมวลรวมโดยการให้ความดันกับตัวอย่างผสมมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดในปริมาณ สัดส่วน และสภาพความชื้นโดยประมาณตามที่ใช้กับตัวอย่างคอนกรีต การได้มาซึ่งตัวอย่างของมวลรวมอาจใช้วิธีการล้างซีเมนต์ผ่านตะแกรง 150 ไมโครเมตร จากตัวอย่างคอนกรีตที่ทดสอบหรือใช้ตัวอย่างรวมของมวลรวมละเอียดและหยาบคล้ายกับที่ใช้ในการผสมคอนกรีต

7.2 เติมน้ำบางส่วนลงในถังใส่ตัวอย่าง จากนั้นใช้ที่ตักขนาดเล็กเติมตัวอย่างมวลรวมลงไป การเติมมวลรวมให้กระทำในลักษณะที่ให้มีการกักเก็บอากาศให้น้อยที่สุด หากจำเป็น ให้เติมน้ำเพิ่มเติมเพื่อให้น้ำท่วมมวลรวมทั้งหมด หลังจากนั้นให้เอาฟองอากาศที่เกิดขึ้นออกทันที คนส่วนผสมด้วยแท่งกระทุ้งแล้วใช้ค้อนยางเคาะผนังด้านนอกของถัง เพื่อไล่ฟองอากาศที่ถูกกักไว้ออก

7.3 ทำความสะอาดหน้าแปลนหรือขอบของถังใส่ตัวอย่าง และชุดฝาครอบ ยึดฝาครอบเข้าที่ โดยฝาครอบและถังใส่ตัวอย่างต้องยึดกันอย่างแน่นสนิท ปิดวาล์วอากาศหลัก เปิดวาล์วสำหรับใส่น้ำทั้งสองตัวบนฝาครอบ ใช้กระบอกฉีดยาฉีดน้ำผ่านวาล์วตัวหนึ่งจนกระทั่งน้ำไหลออกมาจากวาล์วตัวตรงข้าม เคาะมาตรวัดเบา ๆ จนกระทั่งอากาศทั้งหมดถูกไล่ออกจากวาล์ว นำปริมาณน้ำออกจากถังใส่ตัวอย่างประมาณเทียบเท่ากับปริมาณของอากาศที่อยู่ในตัวอย่างคอนกรีตที่มีขนาดเท่ากับปริมาณของถังใส่ตัวอย่าง ทำการทดสอบต่อตามขั้นตอนในข้อ 6.5 ค่าปรับแก้จากมวลรวม (G) ซึ่งแสดงด้วยค่าร้อยละของความจุของถังใส่ตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ ค่าที่อ่านได้จากเกจลบด้วยปริมาณน้ำที่นำออกจากถังใส่ตัวอย่าง

8. การคำนวณ

ค่าปริมาณอากาศ A_S ของตัวอย่างทดสอบเป็นร้อยละ สามารถคำนวณได้จาก

$$A_S = A_1 - G \qquad (1)$$

เมื่อ A_1 คือ ปริมาณอากาศปรากฏของตัวอย่างทดสอบ เป็นร้อยละ
G คือ ค่าปรับแก้จากมวลรวม เป็นร้อยละ

9. การรายงานผล

ให้รายงานผลในสิ่งต่อไปนี้

9.1 มาตรฐานที่ทำการทดสอบ
9.2 หน่วยงานที่ทดสอบ
9.3 วันและเวลาที่ผสมคอนกรีต วันและเวลาที่ทำการทดสอบ
9.4 วิธีการทำตัวอย่างคอนกรีตให้แน่นตัว
9.5 ค่าปริมาณอากาศ A_S ของตัวอย่างทดสอบเป็นร้อยละ ที่มีความละเอียดถึงร้อยละ 0.1
9.6 ปริมาณอากาศปรากฏของตัวอย่างทดสอบ A_1 และค่าปรับแก้จากมวลรวม G เป็นร้อยละ

10. ข้อแนะนำสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง

10.1 หลักเกณฑ์การทดสอบปริมาณอากาศของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูงให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลน หากเอกสารดังกล่าวไม่ได้กำหนดหลักเกณฑ์ไว้ การทดสอบตามมาตรฐานนี้ แนะนำให้ใช้สำหรับกรณีที่มีสารเคมีผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำ (water reducer) สารเพิ่มความเหลว (plasticizer)

หรือสารกักฟองอากาศ (air-entraining agent) ในส่วนผสมคอนกรีต หรือกรณีอื่นตามความเหมาะสม หากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ให้ทำการทดสอบตามเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

(1) สำหรับการใช้สารลดน้ำหรือสารเพิ่มความเหลว ให้ทดสอบทุกครั้งที่มีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มทุก ๆ มวล 50 ตัน และเศษที่เหลือของ 50 ตัน และสำหรับการใช้สารกักฟองอากาศ ให้ทดสอบทุกครั้งที่มีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มทุก ๆ มวล 5 ตัน และเศษที่เหลือของ 5 ตันด้วย

(2) เมื่อมีการเปลี่ยนแหล่งทราย หิน กรวด หรือผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ หรือสารผสมเพิ่ม

(3) เมื่อการใช้ปูนซีเมนต์โดยผู้ผลิตรายเดียวเป็นระยะเวลาเกิน 6 เดือน หรือปูนซีเมนต์ที่มีอายุเกินกว่า 6 เดือน

10.2 ค่าปริมาณอากาศของคอนกรีตสดที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลนของแต่ละโครงการ

11. เอกสารอ้างอิง

11.1 American Society for Testing and Materials. (2022). ASTM C231/C231M-17a: *Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method*. In Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02.

11.2 China National Standard. (2016). GB/T 50080-2016: *Standard for test method of performance on ordinary fresh concrete.*

11.3 China Railway International Co., Ltd. (CRIC) and China Railway Design Corporation (CRDC). (2020). *Technical Conditions of High-Performance Concrete of Thailand High Speed Railway.*

11.4 International Organization for Standardization. (2016). *International Standard ISO 1920-2 Testing of Concrete-Part 2: Properties of Fresh Concrete*. In Annual Book of ISO Standards, pp. 2-5.

ผนวก ก
ความเป็นมาในการพัฒนาชุดมาตรฐานการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสด สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

กระทรวงคมนาคมมีนโยบายมุ่งเน้นการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการคมนาคมที่สะดวก รวดเร็ว และเชื่อมต่อการเดินทางของภูมิภาคและของประเทศ เพื่อที่จะยกระดับประเทศไทยสู่การเป็นศูนย์กลางการคมนาคมในภูมิภาคอาเซียน โครงการรถไฟความเร็วสูงเป็นก้าวสำคัญและเป็นความท้าทายในการพัฒนาประเทศไทยสู่เป้าหมายดังกล่าว นอกจากนี้การดำเนินโครงการรถไฟความเร็วสูงยังเป็นการยกระดับขีดความสามารถของอุตสาหกรรมรางของไทย รองรับการขยายโครงข่ายรถไฟความเร็วสูงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้ประเทศไทยให้ก้าวสู่การสร้างเทคโนโลยีระบบรางระดับสูงได้อย่างยั่งยืน

เมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2560 คณะรัฐมนตรีได้มีมติเห็นชอบการดำเนินโครงการความร่วมมือด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 ช่วงกรุงเทพ-นครราชสีมา ตามกรอบความร่วมมือระหว่างรัฐบาลแห่งราชอาณาจักรไทยและรัฐบาลแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีนว่าด้วยการกระชับความร่วมมือในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ งบประมาณโครงการรวมทั้งสิ้น 179,412 ล้านบาท ซึ่งการดำเนินโครงการดังกล่าวถือว่าเป็นเรื่องใหม่สำหรับประเทศไทยที่ยังไม่เคยดำเนินโครงการรถไฟความเร็วสูงมาก่อน ไม่เคยมีการกำหนดมาตรฐานรถไฟความเร็วสูงของประเทศไทยเป็นการเฉพาะ ต้องพึ่งพาและรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากสาธารณรัฐประชาชนจีน กระทรวงคมนาคมจึงมีนโยบายที่จะพัฒนามาตรฐานโครงการรถไฟความเร็วสูงในด้านต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ปฏิบัติกับการดำเนินโครงการรถไฟความเร็วสูงของประเทศไทยในระยะต่อไป คณะกรรมการสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบรางได้ตอบรับนโยบายของกระทรวงคมนาคมที่เห็นถึงความสำคัญในการพัฒนามาตรฐานรถไฟความเร็วสูงดังกล่าว โดยมอบหมายให้สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง หรือ สทร. พัฒนามาตรฐานโครงการรถไฟความเร็วสูง ซึ่งในขั้นแรก ให้ สทร. นำร่องยกร่างมาตรฐานการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการในการพัฒนามาตรฐานรถไฟความเร็วสูง และได้มาซึ่งมาตรฐานที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ และสามารถนำไปใช้อ้างอิงหรือปฏิบัติงานได้อย่างแท้จริง

คอนกรีตสด หรือ fresh concrete เป็นคอนกรีตที่อยู่ในสภาพเหลว สามารถเทเข้าแบบหล่อและทำให้แน่นได้ ซึ่งคุณภาพของคอนกรีตสดมีผลต่อสมบัติของคอนกรีตโดยตรง ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดในงานก่อสร้าง สำหรับงานก่อสร้างในโครงการรถไฟความเร็วสูงต้องการคอนกรีตที่มีสมรรถนะและสมบัติที่แตกต่างจากงานก่อสร้างคอนกรีตทั่วไป ภายใต้เงื่อนไข อันได้แก่ (1) อายุการใช้งานหรือ return period สำหรับโครงสร้างสำคัญในงานวิศวกรรมโยธากำหนดให้ไม่น้อยกว่า 100 ปี (2) ระบบรางต้องรองรับแรงกระแทกและน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำจากรถไฟความเร็วสูง (3) เส้นทางรถไฟต้องผ่านสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ทั้งในเมือง ในเทือกเขา ใกล้แหล่งน้ำ และ (4) ลักษณะของการก่อสร้างมีทั้ง

งานก่อสร้างในระดับดิน ทางยกระดับ งานสะพาน และอุโมงค์ ทำให้มาตรฐานงานคอนกรีตในโครงการรถไฟความเร็วสูงต้องกำหนดไว้เป็นการเฉพาะ

สทร. ได้ศึกษาข้อกำหนดเกี่ยวกับการทดสอบคอนกรีตสดในโครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 ช่วงกรุงเทพ-นครราชสีมา และข้อกำหนดของโครงการระบบรางอื่นในประเทศ พบว่า การดำเนินโครงการส่วนใหญ่ได้อ้างอิงมาตรฐานงานคอนกรีตที่จัดทำขึ้นโดยหน่วยงานที่เป็นที่ยอมรับทั้งในประเทศและต่างประเทศ จากนั้นได้ศึกษามาตรฐานการทดสอบคอนกรีตสดที่จัดทำโดยหน่วยงานที่เป็นที่ยอมรับของประเทศไทย เช่น มาตรฐานของกรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท กรมโยธาธิการและผังเมือง สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมคอนกรีต และมาตรฐานของต่างประเทศที่เป็นสากล เช่น มาตรฐาน ASTM และมาตรฐาน AASHTO ของประเทศสหรัฐอเมริกา มาตรฐาน ISO ของสหภาพยุโรป และมาตรฐาน GB ของสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่ง GB เป็นมาตรฐานที่โครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 ใช้อ้างอิงและถือปฏิบัติ และจากการศึกษามาตรฐานเหล่านี้พบว่า กระบวนการทดสอบมีขั้นตอนวิธีการที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่อาจมีรายละเอียดปลีกย่อยที่แตกต่างกันบ้าง เช่น ขนาดของภาชนะใส่ตัวอย่างทดสอบ นอกจากนี้ การทดสอบคอนกรีตสดในโครงการรถไฟความเร็วสูงบางเรื่อง ยังไม่มีหน่วยงานในประเทศไทยจัดทำหรือพัฒนามาตรฐานขึ้นเพื่อใช้ปฏิบัติหรืออ้างอิง เช่น การทดสอบเพื่อหาค่าการไหลแผ่ การเยิ้ม และปริมาณอากาศ และการวัดอุณหภูมิของคอนกรีตสด สทร. จึงได้ดำเนินการจัดทำชุดมาตรฐานการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูงขึ้น จำนวน 6 ฉบับ ดังต่อไปนี้

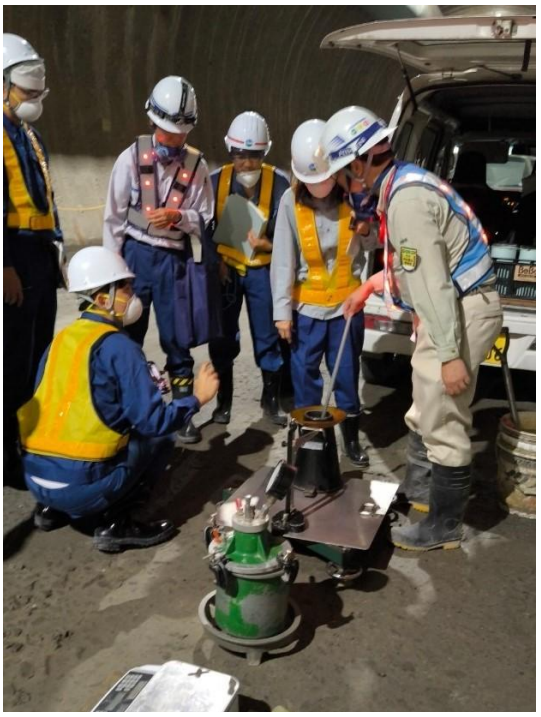
(1) มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง
(2) มาตรฐานการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง
(3) มาตรฐานการทดสอบการไหลแผ่ของคอนกรีตสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง
(4) มาตรฐานการทดสอบอุณหภูมิของคอนกรีตสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง
(5) มาตรฐานการทดสอบค่าการเยิ้มของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง
(6) มาตรฐานการทดสอบปริมาณอากาศคอนกรีตโดยวิธีความดันสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

นอกจากนี้ สทร. ยังได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลในสนามทั้งโครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 ช่วงกรุงเทพ - นครราชสีมา และโครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูง Hokkaido Shinkansen Construction Project ประเทศญี่ปุ่น (รูป ก-1) เพื่อทราบถึงแนวทางการปฏิบัติ รวมถึงประเด็นปัญหาและอุปสรรคในการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดในโครงการรถไฟความเร็วสูงเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการยกร่างมาตรฐาน

การยกร่างมาตรฐานได้อาศัยมาตรฐาน ASTM ของประเทศสหรัฐอเมริกา และมาตรฐาน GB ของสาธารณรัฐประชาชนจีนเป็นมาตรฐานหลักในการอ้างอิง สำหรับการใช้มาตรฐาน ASTM ในการอ้างอิงมาจากเหตุผลที่ว่า การออกแบบและก่อสร้างงานโครงสร้างคอนกรีตของประเทศไทยได้ปฏิบัติหรืออ้างอิงตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนการใช้มาตรฐาน GB ในการอ้างอิงมาจากการก่อสร้างงานโยธา โครงการรถไฟ

ความเร็วสูง ระยะที่ 1 ได้ปฏิบัติเป็นไปตามมาตรฐาน GB ซึ่งหลังจากยกร่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้เสนอร่างต่อของคณะทำงานเพื่อพิจารณาร่างมาตรฐานงานโครงสร้างคอนกรีตในระบบรางที่ สทร. แต่งตั้ง อันประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยงานระบบรางที่เกี่ยวข้อง ผู้ทรงคุณวุฒิด้านงานคอนกรีตของประเทศไทย เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไขร่างมาตรฐานที่ สทร. ยกร่างขึ้น ให้มีความถูกต้องทางวิชาการ และเหมาะสมต่อการนำไปใช้ปฏิบัติ หลังจากคณะทำงานพิจารณาร่างฯ ได้พิจารณาปรับปรุงแก้ไขร่างเสร็จแล้ว สทร. ได้จัดประชุมรับฟังความเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียให้รอบด้าน เมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2567 และได้การจัดทำ public hearing รับฟังความเห็นเป็นการทั่วไป ผ่านทางเว็บไซต์ของ สทร. ระหว่างวันที่ 12 ถึง 26 กันยายน 2567 สำหรับประเด็นสำคัญในการพิจารณาข้อมูลประกอบการยกร่างมาตรฐานการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูงชุดนี้ แสดงใน ผนวก ข

(1) โครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 ช่วงกรุงเทพ-นครราชสีมา



(2) โครงการรถไฟความเร็วสูง Hokkaido Shinkansen ประเทศญี่ปุ่น

รูป ก-1 เจ้าหน้าที่ของ สทร. ลงพื้นที่เก็บข้อมูลการทดสอบคอนกรีตสดในสนามโครงการรถไฟความเร็วสูง

ผนวก ข
ประเด็นสำคัญในการพิจารณาข้อมูลประกอบการยกร่างมาตรฐาน

การจัดทำชุดมาตรฐานการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้อ้างอิงในการควบคุมคุณภาพคอนกรีตสดในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูงของประเทศไทยให้เป็นไปอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ เหมาะสมกับงานก่อสร้างคอนกรีตในระบบรางของประเทศไทย สำหรับระบบรางอื่น ๆ เช่น รถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมือง และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน สามารถนำชุดมาตรฐานการทดสอบนี้ไปใช้ศึกษาอ้างอิงประกอบงานก่อสร้างได้ตามความเหมาะสม ซึ่ง สทร. มีโครงการที่จะปรับปรุงชุดมาตรฐานการทดสอบคอนกรีตสดนี้เพื่อใช้อ้างอิงสำหรับงานก่อสร้างระบบรางอื่นต่อไปด้วย

ในการจัดทำชุดมาตรฐานนี้มีประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาเพื่อยกร่างมาตรฐานให้สอดคล้องกับสภาพการก่อสร้างคอนกรีตในโครงการรถไฟความเร็วสูงของประเทศไทย โดยมีรายละเอียดของประเด็นต่าง ๆ ตามมาตรฐานในแต่ละฉบับที่ได้จัดทำ ดังต่อไปนี้

1. มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

มาตรฐานฉบับนี้กำหนดขั้นตอนวิธีการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดที่จะขนส่งหรือลำเลียงไปยังสถานที่ก่อสร้างเพื่อทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตให้มีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนด โดยการเก็บตัวอย่างตามมาตรฐานฉบับนี้สามารถใช้ได้กับการเก็บตัวอย่างจากเครื่องผสมคอนกรีตแบบติดตั้งกับที่ (stationary mixer) เครื่องผสมและปูคอนกรีต (paving mixer) รถผสมคอนกรีต (truck mixer) รถกวน (agitator truck) และเครื่องมือที่ใช้ขนส่งคอนกรีตจากการผสมที่ส่วนกลาง (central mixing) ซึ่งการผสมคอนกรีตในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูงระยะที่ 1 เป็นการผสมที่ส่วนกลางที่สถานที่ผสมซึ่งอยู่นอกสถานที่ก่อสร้าง จากนั้นทำการขนส่งคอนกรีตสดที่ผสมเสร็จแล้วไปยังสถานที่ก่อสร้าง และมาตรฐานฉบับนี้ยังกำหนดขั้นตอนการร่อนเปียก (wet-sieving) ซึ่งเป็นขั้นตอนการกำจัดมวลรวมหยาบในตัวอย่างคอนกรีตที่มีขนาดใหญ่กว่าเกณฑ์ที่กำหนดในแต่ละมาตรฐานการทดสอบด้วย สำหรับมาตรฐานที่ใช้ประกอบการยกร่าง ได้แก่

(1) มาตรฐาน ทล. - ท. 302: มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนาม

(2) มาตรฐาน ASTM C172: Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete.

(3) มาตรฐาน GB/T/50080: Standard for test method of performance on ordinary fresh concrete.

โดยมีประเด็นการพิจารณาที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1.1 การเก็บตัวอย่างใช้หลักการการเก็บตัวอย่างผสม (composite sample) ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างที่ได้จากการนำตัวอย่างคอนกรีตสดที่เก็บได้ตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป มาผสมคลุกเคล้ากันจนเนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอเป็นตัวอย่างเดียว อันเป็นหลักการที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ASTM C172 และมาตรฐาน ทล. - ท. 302

แต่จากการรวบรวมข้อมูลโครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 และโครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูง Hokkaido Shinkansen พบว่า การเก็บตัวอย่างจากรถผสมหรือรถกวน หากโม่ของรถได้หมุนด้วยอัตราความเร็วที่กำหนดและปล่อยคอนกรีตส่วนหนึ่งออกมาก่อน จนสามารถสังเกตเห็นคอนกรีตที่มีการผสมคลุกเคล้าเข้ากันดีแล้ว แล้วทำการเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียว ซึ่งคณะทำงานพิจารณาร่างฯ เห็นว่า หลักการการเก็บตัวอย่างผสมเป็นหลักการที่สำคัญและเป็นไปตามหลักวิชาการ ควรกำหนดไว้ในมาตรฐาน แต่ให้เพิ่มเติมข้อยกเว้นกรณีการเก็บตัวอย่างจากรถผสมหรือรถกวนตามแนวทางการปฏิบัติของทั้งสองโครงการดังกล่าวข้างต้น

1.2 การกำหนดปริมาณในการเก็บตัวอย่างคอนกรีต ซึ่งการเก็บตัวอย่างคอนกรีตควรมีปริมาณที่เหมาะสมและเพียงพอกับการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตสด อันสอดคล้องกับปริมาตรของภาชนะทดสอบ (ตาราง ข-1) รวมทั้งต้องเผื่อปริมาณการเก็บไว้ด้วย แต่หากกำหนดมากเกินความจำเป็นจะเป็นการสิ้นเปลืองได้

ตาราง ข-1 ขนาดของภาชนะสำหรับการทดสอบคอนกรีต

การทดสอบ	ASTM	ISO	GB
การยุบตัว	5.89	5.89	
ปริมาณอากาศ	≥ 5.7	≥ 5.0	7.0
การเยิ้ม	14.0		5.0
การหล่อแท่งรูปลูกบาศก์ขนาด 150 มม. (3 แท่ง)	10.12		
การหล่อแท่งรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. สูง 300 มม. (3 แท่ง)	15.90		
การหล่อคานขนาด 150 มม.× 150 มม. ยาว 600 มม. (3 ตัว)	40.50		

มาตรฐานที่ศึกษามีการกำหนดปริมาณในการเก็บตัวอย่างคอนกรีตที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) มาตรฐาน GB/T/50080 กำหนดการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสำหรับการทดสอบปริมาณอากาศให้มีปริมาณมากกว่า 1.5 เท่าของปริมาณที่ใช้ในการทดสอบ แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า 20 ลิตร

2) มาตรฐาน ASTM C172 กำหนดปริมาณตัวอย่างสำหรับการทดสอบกำลัง (strength test) ไม่น้อยกว่า 28 ลิตร หรือ 1 ลูกบาศก์ฟุต แต่สำหรับการทดสอบอื่น เช่น การทดสอบเพื่อหาปริมาณอากาศ อุณหภูมิ และการยุบตัว สามารถใช้ปริมาณที่น้อยกว่าค่าดังกล่าวได้

3) มาตรฐาน ทล. - ท. 302 กำหนดปริมาณตัวอย่างตามการทดสอบในแต่ละประเภท เช่น การทดสอบการยุบตัวให้เก็บตัวอย่างที่มีปริมาณไม่น้อยกว่า 8 ลิตร ตาราง ข-2 เปรียบเทียบปริมาณตัวอย่างที่เก็บตามมาตรฐานดังกล่าวกับปริมาตรภาชนะของการทดสอบแต่ละประเภท

ตาราง ข-2 เปรียบเทียบปริมาณตัวอย่างคอนกรีตตามมาตรฐานทล. - ท. 302 กับปริมาตรภาชนะ

การทดสอบ	ปริมาณคอนกรีต (ลิตร)		
	ปริมาณตัวอย่าง	ปริมาตรภาชนะ	ร้อยละ[1)]
การยุบตัว	8	5.89	136
ปริมาณอากาศ	8	5.7	140
การหล่อแท่งรูปลูกบาศก์ขนาด 150 มม. (3 แท่ง)	12	10.12	119
การหล่อแท่งรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. สูง 300 มม. (3 แท่ง)	18	15.9	113
การหล่อแท่งรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. สูง 300 มม. (3 แท่ง)	50	40.5	123

หมายเหตุ 1) ร้อยละเท่ากับ (ปริมาณตัวอย่าง/ปริมาตรภาชนะ) × 100

จากข้อกำหนดตาม 1) 2) และ 3) คณะทำพิจารณาร่างฯ จึงกำหนดข้อแนะนำเกี่ยวกับปริมาณในการเก็บตัวอย่างคอนกรีตว่า ให้มีปริมาณที่เหมาะสมและเพียงพอกับการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตสด โดยแนะนำให้ใช้ปริมาณคอนกรีตสำหรับการเก็บตัวอย่างมากกว่าประมาณร้อยละ 30 ถึงร้อยละ 50 ของปริมาณที่ใช้ในการทดสอบสมบัตินั้น

2. มาตรฐานการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

มาตรฐานฉบับนี้กำหนดขั้นตอนวิธีการทดสอบเพื่อหาค่ายุบตัวของคอนกรีตสด ซึ่งเป็นการตรวจสอบความสามารถเทได้ (workability) ของคอนกรีต โดยวัดค่าความสูงของคอนกรีตที่ยุบตัวลงเทียบกับความสูงของกรวยสำหรับวัดการยุบตัว สำหรับมาตรฐานที่ใช้ประกอบการยกร่าง ได้แก่

(1) มาตรฐาน ทล. - ท. 304: วิธีการทดลองหาความยุบตัวของคอนกรีต

(2) มาตรฐาน มอก. 213: คอนกรีตผสมเสร็จ

(3) มาตรฐาน ASTM C143: Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete.

(4) มาตรฐาน GB/T/ 50080: Standard for test method of performance on ordinary fresh concrete.

(5) มาตรฐาน ISO 1920-2 Testing of Concrete - Part 2: Properties of Fresh Concrete.

โดยมีประเด็นการพิจารณาที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

2.1 กำหนดช่วงค่ายุบตัวสำหรับการทดสอบตามมาตรฐานฉบับนี้ ซึ่งกำหนดให้ใช้ได้กับคอนกรีตสดที่มีค่ายุบตัวไม่น้อยกว่า 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) และไม่เกินกว่า 230 มิลลิเมตร (9 นิ้ว)

2.2 มาตรฐาน ทล. - ท. 304 และมาตรฐาน GB/T/50080 กำหนดให้การใส่ตัวอย่างคอนกรีตลงในกรวยจำนวน 3 ชั้น ตามความสูงของกรวย (แต่ละชั้นมีความสูงประมาณ 1 ใน 3 ของความสูงกรวย) ขณะที่มาตรฐาน ASTM C143 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213 และโครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูง Hokkaido Shinkansen กำหนดให้ การใส่ตัวอย่างคอนกรีตลงในกรวยจำนวน 3 ชั้น ในแต่ละชั้นมีปริมาณเป็น 1 ใน 3 ของปริมาตรกรวย โดยมาตรฐาน ASTM C143 ได้กำหนดเพิ่มเติมให้การใส่คอนกรีตชั้นแรก (ปริมาณ 1 ใน 3 ของปริมาตรกรวย) มีความสูงของคอนกรีตประมาณ 70 มิลลิเมตร (2-5/8 นิ้ว) และการใส่คอนกรีตชั้นที่ 2 (ปริมาณรวม 2 ใน 3 ของปริมาตรกรวย) มีความสูงของคอนกรีตประมาณ 160 มิลลิเมตร (6-1/8 นิ้ว) ซึ่งคณะทำงานพิจารณาร่างฯ ได้มีความเห็นให้กำหนดตามมาตรฐาน ASTM C143

2.3 การเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบการยุบตัว-มาตรฐานต่าง ๆ ไม่ได้ระบุว่า ให้ทำการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสดเมื่อใด ซึ่งคณะทำงานพิจารณาร่างฯ มีความเห็นว่า เรื่องดังกล่าวมีความสำคัญ จึงเห็นควรกำหนดไว้ในมาตรฐาน เพื่อเสนอแนะแนวทางในการปฏิบัติ โดยนำข้อกำหนดในรายการคุณลักษณะเฉพาะโครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 มาประกอบการพิจารณายกร่าง ซึ่งเอกสารดังกล่าวกำหนดให้ทดสอบทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตทุก ๆ 50 ลูกบาศก์เมตร และเศษที่เหลือของ 50 ลูกบาศก์เมตรด้วย

2.4 การกำหนดค่ายุบตัวสำหรับชนิดงานก่อสร้างต่าง ๆ ซึ่งในมาตรฐานฉบับนี้ได้กำหนดค่ายุบตัวของคอนกรีตธรรมดาตามมาตรฐาน วสท 011014-22 ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต พ.ศ. 2565 ดังนี้

ตาราง ข-3 ค่ายุบตัวของคอนกรีตธรรมดาที่กำหนดในมาตรฐาน วสท 011014-22

ประเภทของงาน	ค่ายุบตัว (มิลลิเมตร)
ฐานราก	50-75
พื้นถนน แผ่นพื้น คาน ผนัง ค.ส.ล.	50-100
โครงสร้างทั่วไป	50-100
เสา	50-125
ผนังบาง และครีบ ค.ส.ล.	50-150
โครงสร้างที่เหล็กเสริมแน่น	100-150

แต่เนื่องจากการก่อสร้างงานคอนกรีตในโครงการรถไฟความเร็วสูงมีลักษณะของงานก่อสร้างที่แตกต่างจากงานก่อสร้างทั่วไป เช่น งานก่อสร้างเข็มเจาะขนาดใหญ่ งานหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปขนาดใหญ่ และงานเทโครงสร้างคอนกรีตขนาดใหญ่ ซึ่งจำเป็นต้องปรับปรุงสมรรถนะของคอนกรีตโดยเฉพาะการเทคอนกรีตให้สูงขึ้น โดยอาจใช้สารเคมีผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำ สารหน่วงการก่อตัว รวมไปถึงการใช้คอนกรีตประเภทไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (self-compacting concrete) เพื่อให้สามารถไหลเข้าแบบหล่อได้ง่ายโดยคอนกรีตไม่แยกตัว

ซึ่งการใช้คอนกรีตดังกล่าวสามารถใช้ค่ายุบตัวที่สูงกว่าค่ายุบตัวในตาราง ข-3 ได้ แต่ทั้งนี้ ค่ายุบตัวสูงสุดให้เป็นไปตามที่กำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลน แต่ต้องไม่เกิน 230 มิลลิเมตร กรณีที่ค่ายุบตัวเกิน 230 มิลลิเมตร ให้ทดสอบการไหลแผ่ของคอนกรีตด้วย

3. มาตรฐานการทดสอบการไหลแผ่ของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

มาตรฐานฉบับนี้กำหนดขั้นตอนวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าการไหลแผ่ของคอนกรีตสด ซึ่งเป็นการตรวจสอบความสามารถเทได้ (workability) ของคอนกรีตสดที่มีสภาพการไหลสูง เช่น คอนกรีตไหลอัดแน่นด้วยตัวเอง (self-compacting concrete) โดยการทดสอบนี้แนะนำให้ใช้กับคอนกรีตสดที่มีค่ายุบตัวของคอนกรีตมากกว่า 230 มิลลิเมตร สำหรับมาตรฐานที่ใช้ประกอบการยกร่าง ได้แก่

(1) มาตรฐาน ASTM C1611/C1611M: Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete.

(2) มาตรฐาน SO 1920-2: Testing of Concrete - Part 2: Properties of Fresh Concrete.

โดยมีประเด็นการพิจารณาที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

3.1 การเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบการไหลแผ่-มาตรฐานต่าง ๆ ไม่ได้ระบุว่า ให้ทำการทดสอบการไหลแผ่ของคอนกรีตสดเมื่อใด ซึ่งคณะทำงานพิจารณาร่างฯ มีความเห็นว่า เรื่องดังกล่าวมีความสำคัญ จึงเห็นควรกำหนดไว้ในมาตรฐาน เพื่อเสนอแนะแนวทางในการปฏิบัติ โดยนำข้อกำหนดในรายการคุณลักษณะเฉพาะโครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 มาประกอบการพิจารณายกร่าง ซึ่งเอกสารดังกล่าวกำหนดให้ทดสอบทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตทุก ๆ 50 ลูกบาศก์เมตร เช่นเดียวกับการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสด

3.2 การไหลแผ่สำหรับชนิดงานก่อสร้างต่าง ๆ ควรกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลนของแต่ละโครงการ แต่หากเอกสารดังกล่าวไม่ได้กำหนด มาตรฐานฉบับนี้ได้แนะนำค่าการไหลแผ่สำหรับชนิดงานก่อสร้างต่าง ๆ ตามตารางที่ ข-4 โดยนำข้อมูลจากรายการคุณลักษณะเฉพาะโครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 มาประกอบการพิจารณายกร่าง

ตาราง ข-4 ค่าการไหลแผ่สำหรับชนิดงานก่อสร้างต่าง ๆ

ชนิดงานก่อสร้าง	ค่าการไหลแผ่ (มิลลิเมตร)
เสาสูง (tower column) เสาท่อเหล็ก (steel pipe column)	≤650
เสาเข็มหล่อในที่ (cast-in-place pile)	≤600

4. มาตรฐานการทดสอบอุณหภูมิของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

มาตรฐานฉบับนี้กำหนดขั้นตอนวิธีการทดสอบเพื่อวัดอุณหภูมิของคอนกรีตสด โดยมาตรฐานที่ใช้ประกอบการยกร่าง ได้แก่ มาตรฐาน ASTM C 1064/C 1064: Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete และมีประเด็นการพิจารณาที่สำคัญ ได้แก่ คอนกรีตสดก่อนการเทเข้าแบบควรมีค่าอุณหภูมิเท่าใด ซึ่งการพิจารณาได้นำข้อมูลดังต่อไปนี้มาประกอบการพิจารณา

(1) รายการคุณลักษณะเฉพาะโครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 กำหนดให้คอนกรีตสดขณะเทเข้าแบบหล่อต้องมีอุณหภูมิไม่เกิน 33 °C

(2) โครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูง Hokkaido Shinkansen กำหนดให้คอนกรีตสดขณะเทเข้าแบบหล่อมีอุณหภูมิ 5-35 °C

(3) มาตรฐาน ACI 305 Specification for Hot Weather Concreting ยอมให้การก่อสร้างงานคอนกรีตในเมืองที่มีสภาพอากาศร้อน สามารถใช้อุณหภูมิคอนกรีตสดในการเทได้ถึง 35 °C

คณะทำงานพิจารณาร่างฯ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า การกำหนดอุณหภูมิของคอนกรีตสดก่อนการเทเข้าแบบที่กำหนดให้ไม่เกินกว่า 33 °C นั้น อาจเป็นการกำหนดค่าที่ต่ำเกินไป เนื่องจากประเทศไทยถือว่าเป็นประเทศที่มีสภาพอากาศร้อน จึงเห็นควรกำหนดค่าสูงสุดตามที่กำหนดในโครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูง Hokkaido Shinkansen และมาตรฐาน ACI 305 ที่กำหนดให้ใช้อุณหภูมิของคอนกรีตสดในการเทได้ไม่เกิน 35 °C

5. มาตรฐานการทดสอบค่าการเยิ้มของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

มาตรฐานฉบับนี้กำหนดขั้นตอนวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าการเยิ้มของคอนกรีตสด โดยการเยิ้มเป็นการที่น้ำในคอนกรีตสดบางส่วนลอยตัวขึ้นมาบนผิวหน้าของคอนกรีตอันเนื่องมาจากการจมลงของมวลรวมและวัสดุประสาน ค่าการเยิ้มของคอนกรีตสดสามารถแสดงได้โดย (1) ค่าปริมาตรการเยิ้ม (ปริมาตรการเยิ้มต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวหน้าคอนกรีต) และ (2) ค่าอัตราการเยิ้ม (อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำจากการเยิ้มต่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต) สำหรับมาตรฐานที่ใช้ประกอบการยกร่าง ได้แก่

(1) มาตรฐาน ASTM C232: Standard Test Methods for Bleeding of Concrete.

(2) มาตรฐาน GB/T/ 50080: Standard for test method of performance on ordinary fresh concrete.

โดยมีประเด็นการพิจารณาที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

5.1 การทดสอบตามมาตรฐานนี้สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีทดสอบแบบ ก และ แบบ ข ขึ้นอยู่กับวิธีการทำตัวอย่างคอนกรีตให้แน่นตัว โดยวิธีทดสอบแบบ ก เป็นการทำให้แน่นตัวโดยใช้แท่งกระทุ้ง และวิธีทดสอบแบบ ข เป็นการทำให้แน่นตัวโดยใช้แท่นสั่น ถึงแม้การทดสอบในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการทำให้แน่นตัวโดยใช้แท่งกระทุ้งก็ตาม

5.2 การดูดน้ำที่เยิ้มบนผิวหน้า ในมาตรฐาน ASTM C232 กำหนดให้ดูดน้ำในทุกช่วงเวลา 10 นาที ตลอดช่วง 40 นาทีแรก และหลังจากนั้นทุกช่วงเวลา 30 นาที จนกระทั่งไม่มีการเยิ้ม ขณะที่มาตรฐาน GB/T/50080 กำหนดให้ดูดน้ำที่เยิ้มบนผิวหน้าในทุกช่วงเวลา 10 นาที ตลอดช่วง 60 นาทีแรก และหลังจากนั้นทุกช่วงเวลา 30 นาที จนกระทั่งไม่มีการเยิ้ม ซึ่งในการประชุมรับฟังความเห็นมีความเห็นร่วมกันว่าการดำเนินการที่แตกต่างกันดังกล่าวไม่น่าจะมีผลกระทบแต่อย่างไร เห็นควรให้กำหนดการดูดน้ำที่เยิ้มบนผิวหน้าตามมาตรฐาน ASTM C232 ที่ใช้เป็นมาตรฐานต้นร่าง

5.3 หลักเกณฑ์การทดสอบการเยิ้มของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูงให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลน ซึ่งหากเอกสารดังกล่าวไม่ได้กำหนดหลักเกณฑ์ดังกล่าวไว้ มาตรฐานฉบับนี้แนะนำให้ใช้กับกรณีที่มีสารเคมีผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำ (water reducer) สารเพิ่มความเหลว (plasticizer) หรือสารกักฟองอากาศ (air-entraining agent) เป็นส่วนผสมคอนกรีต หรือกรณีอื่นที่ความเหมาะสมตามการพิจารณาของผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งหากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่นแล้ว ให้ทำการทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนดในรายการคุณลักษณะเฉพาะโครงการรถไฟความเร็วสูงระยะที่ 1 ที่กำหนดให้ทดสอบในกรณีที่ใช้สารสารเคมีผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำ สารเพิ่มความเหลว ให้ทดสอบทุกครั้งที่มีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มทุก ๆ มวล 50 ตัน และกรณีที่ใช้สารเคมีผสมเพิ่มประเภทสารกักกระจายฟองอากาศ ให้ทดสอบทุกครั้งที่มีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มทุก ๆ มวล 5 ตัน ส่วนค่าปริมาตรการเยิ้มหรือค่าอัตราการเยิ้มของคอนกรีตสดที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลนของแต่ละโครงการ

6. มาตรฐานการทดสอบปริมาณอากาศคอนกรีตโดยวิธีความดัน สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

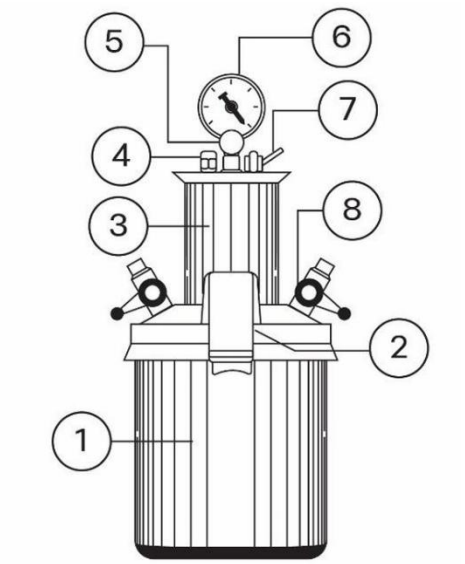
มาตรฐานฉบับนี้กำหนดขั้นตอนวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าปริมาณอากาศ (air content) ของคอนกรีตสด ซึ่งเป็นปริมาตรของช่องว่างในคอนกรีต ไม่นับรวมช่องว่างในเม็ดมวลรวม ปรกติคิดเป็นร้อยละของปริมาตรทั้งหมดของคอนกรีต การทดสอบตามมาตรฐานนี้ให้ใช้กับคอนกรีตที่ผสมด้วยมวลรวมที่มีมวลค่อนข้างแน่น ไม่เหมาะที่จะใช้กับคอนกรีตที่มีมวลรวมประเภทมวลรวมน้ำหนักเบา (lightweight aggregates) กากเตาถลุงเย็นด้วยอากาศ (air-cooled blast-furnace slag) มวลรวมที่มีความพรุนสูง (aggregates of high porosity) หรือมวลรวมที่มีการดูดซึมน้ำสูง (high-absorption aggregates) เป็นส่วนผสมคอนกรีต สำหรับมาตรฐานที่ใช้ประกอบการยกร่าง ได้แก่

(1) มาตรฐาน ASTM C232: Standard Test Methods for Bleeding of Concrete.

(2) มาตรฐาน GB/T/50080: Standard for test method of performance on ordinary fresh concrete.

โดยมีประเด็นการพิจารณาที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

6.1 ขนาดของถังใส่ตัวอย่าง (measuring bowl) ในแต่ละมาตรฐานมีการกำหนดขนาดที่แตกต่างกัน โดยมาตรฐาน ASTM C232 กำหนดให้มีขนาดไม่น้อยกว่า 5.7 ลิตร หรือ 0.20 ลูกบาศก์ฟุต ในขณะที่มาตรฐาน GB/T/50080 กำหนดให้มีขนาดเท่ากับ 7 ลิตร ซึ่งจากการสำรวจขนาดของถังใส่ตัวอย่างของห้องทดสอบ 2 แห่งในประเทศไทยพบว่า มีขนาดประมาณ 7 ลิตร ส่วนในโครงการรถไฟความเร็วสูงระยะที่ 1 มีขนาดเป็นตามมาตรฐาน GB/T/50080 ซึ่งในการประชุมรับฟังความเห็นมีความเห็นร่วมกันว่า การกำหนดขนาดตามมาตรฐาน ASTM C232 ที่กำหนดให้มีขนาดไม่น้อยกว่า 5.7 ลิตร สามารถใช้ได้กับการทดสอบตามมาตรฐาน GB/T/50080 ที่กำหนดให้มีขนาดเท่ากับ 7 ลิตรด้วย



1 ถังใส่ตัวอย่าง
2 ยึดฝาครอบ (clamp)
3 ห้องอากาศ (air chamber)
4 วาล์วไล่อากาศ (air bleeder valve)
5 ที่ปั๊ม (pump)
6 เกจวัดความดัน (pressure gauge)
7 วาล์วอากาศหลัก (main air valve)
8 วาล์วสำหรับใส่น้ำ (petcock)

รูป ข-1 มาตรวัดอากาศ (air meter)
ที่มา: ประยุกต์ภาพจาก ASTM C231/C231M

6.2 หลักเกณฑ์การทดสอบปริมาณอากาศของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูงให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลน ซึ่งหากเอกสารดังกล่าวไม่ได้กำหนดหลักเกณฑ์ดังกล่าวไว้ มาตรฐานฉบับนี้แนะนำให้ใช้กับกรณีที่มีสารเคมีผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำ (water reducer) สารเพิ่มความเหลว (plasticizer) หรือสารกักฟองอากาศ (air-entraining agent) เป็นส่วนผสมคอนกรีต หรือกรณีอื่นที่ความเหมาะสมตามการพิจารณาของผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งหากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่นแล้ว ให้ทำการทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนดในรายการคุณลักษณะเฉพาะโครงการรถไฟความเร็วสูง ระยะที่ 1 ที่กำหนดให้ทดสอบในกรณีที่ใช้สารสารเคมีผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำ สารเพิ่มความเหลว ให้ทดสอบทุกครั้งที่มีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มทุก ๆ มวล 50 ตัน และกรณีที่ใช้สารเคมีผสมเพิ่มประเภทสารกักกระจายฟองอากาศให้ทดสอบทุกครั้งที่มีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มทุก ๆ มวล 5 ตัน ส่วนค่าปริมาณอากาศของคอนกรีตสดที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบแปลนหรือรายการคุณลักษณะเฉพาะประกอบแบบแปลนของแต่ละโครงการ

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

แบบสอบถามแสดงความคิดเห็น

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency

สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency