

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยวิธี Ultrasonic Pulse Velocity

ตามความเห็นของ ACI 228.1R-03

เรียบเรียงโดย

ธงชัย เจริญทวิบุญ

พจน. Concrete Technology ๙



จากหลักการแพร่ของคลื่นผ่านวัสดุที่มีความยืดหยุ่นต่างกัน ความเร็วคลื่นจะมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนกับรากที่สองของโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีต [ACI 228.2R] เนื่องจากโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตและกำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังอัดสูงสุดของคอนกรีต ทำให้เราสามารถใช้เวลาคลื่นมาทำนายกำลังอัดของคอนกรีตได้ ถึงแม้ความเร็วคลื่นจะไม่ได้มีความสัมพันธ์ทางกายภาพโดยตรงกับกำลังอัดของคอนกรีตก็ตามที่

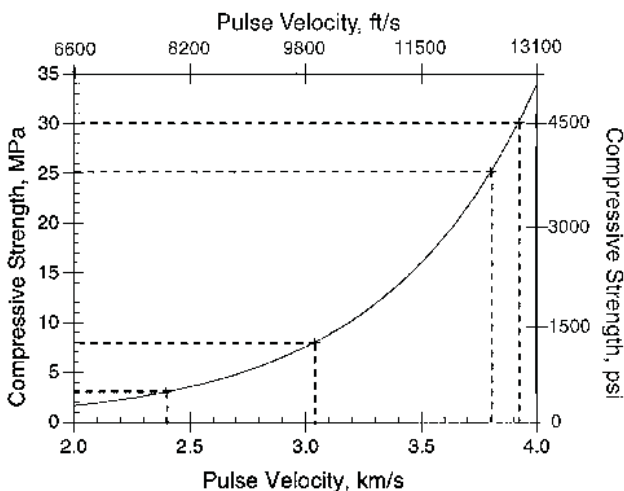
การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตด้วยวิธีการวัดความเร็วคลื่นที่แพร่ผ่านเนื้อวัสดุ มีปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อความเร็วของคลื่นซึ่งอาจทำให้การแปลผลการทดสอบคลาดเคลื่อนได้ จากการรวบรวมปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเห็นของ ACI สามารถแจกแจงได้ดังนี้

1 อายุและการพัฒนา กำลังอัดของคอนกรีต

ขณะที่คอนกรีตอยู่ในช่วงกำลังพัฒนา กำลังอัด ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตและกำลังอัดของคอนกรีตจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ในการพัฒนา กำลังอัดช่วงต้น ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นมากกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังอัด แต่ในการพัฒนา กำลังอัดช่วงปลาย ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

ของคอนกรีตจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นมากกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังอัด แต่ในการพัฒนา กำลังอัดช่วงปลาย ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นน้อยกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังอัด จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ของกำลังอัดสูงสุดของคอนกรีตในหลายช่วงกำลังอัดพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความเร็วคลื่นมี

ความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรง ดังภาพที่ 1 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตและความเร็วคลื่นของคอนกรีตปกติทั่วไป แต่อย่างไรก็ตาม กราฟที่แสดงนี้เป็นเพียงตัวอย่างของคอนกรีตปกติทั่วไป ในการเก็บข้อมูลจริงรูปแบบความสัมพันธ์ที่ได้อาจแตกต่างกันไปจากนี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของส่วนผสมคอนกรีต ในการพัฒนากำลังอัดช่วงต้น การเพิ่มขึ้นของกำลังอัดจะส่งผลอย่างมากต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วคลื่น ในขณะที่การพัฒนากำลังอัดช่วงปลาย การเพิ่มขึ้นของความเร็วคลื่นจะน้อยกว่าการเพิ่มขึ้นของกำลังอัด ยกตัวอย่างเช่น กำลังอัดของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจาก 3 MPa (30.6 ksc.) เป็น 8 MPa (81.6 ksc.) อาจส่งผลให้ความเร็วคลื่นเพิ่มขึ้นจาก 2,400 ม./วินาที เป็น 3,040 ม./วินาที ในทางตรงกันข้าม กำลังอัดของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจาก 25 MPa (255 ksc.) เป็น 30 MPa (306 ksc.) อาจส่งผลให้ความเร็วคลื่นเพิ่มขึ้นจาก 3,800 ม./วินาที เป็นเพียงแค่ 3,920 ม./วินาที เท่านั้น ดังนั้น ในการใช้ความเร็วคลื่นเป็นตัวชี้วัดกำลังอัดของคอนกรีต ความอ่อนไหวของความเร็วคลื่นจะลดลงตามกำลังอัดที่เพิ่มขึ้นและอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์แบบปกติทั่วไประหว่างความเร็วคลื่นและกำลังอัดของคอนกรีต

[Figure 2.11, ACI 228.1-10 In-Place Methods to Estimate Concrete Strength]

2 ชนิดของมวลรวม

ชนิดของมวลรวมในคอนกรีตซึ่งส่งผลอย่างชัดเจนต่อความเร็วคลื่น แต่อย่างไรก็ตามสำหรับคอนกรีตทั่วไปที่มีกำลังอัดน้อยกว่า 40 MPa (408 ksc.) ความเร็วคลื่นจะมีความอ่อนไหวเนื่องจากปัจจัยนี้น้อยลง

3 สัดส่วนของปริมาณหินทราย

ถ้าหากสัดส่วนของหินทรายโดยปริมาตรในคอนกรีตเพิ่มขึ้น ความเร็วคลื่นก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน (Jones 1962)

4 ปริมาณความชื้นในคอนกรีต

ถ้าหากคอนกรีตมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น เช่น คอนกรีตในสภาพแห้งเปลี่ยนไปเป็นคอนกรีตในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ อาจส่งผลให้ความเร็วคลื่นเพิ่มสูงขึ้น 5% (Bungey 1989) ถ้าหากเราไม่ได้พิจารณาผลจากความชื้น ก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำนายกำลังอัดของคอนกรีตได้

5 ปริมาณและทิศทางของเหล็กเสริม

ปริมาณและทิศทางของเหล็กเสริมที่ส่งผลต่อความเร็วคลื่นเช่นกัน เนื่องจากความเร็วคลื่นในเหล็กจะมีความเร็วมากกว่าความเร็วคลื่นในคอนกรีตประมาณ 40% ดังนั้นโครงสร้างที่มีเหล็กเสริมหนาแน่นที่จะมีความเร็วคลื่นมากกว่าโครงสร้างที่มีเหล็กเสริมเบาบาง และจะมีปัญหาในการวัดความเร็วคลื่นมากยิ่งขึ้น ถ้าหากทิศทางของเหล็กเสริมอยู่ในทิศทางที่ขนานกับทิศทางเคลื่อนที่ของคลื่น เนื่องจากคลื่นอาจถูกรบกวน ทำให้หักเหเข้าไปในเหล็กเสริมได้ อาจทำให้เครื่องรับสัญญาณได้รับ สัญญาณคลื่นที่มาจากทางเดินทางในเหล็กเสริม ทำให้ความเร็วคลื่นที่วัดได้มีความเร็วสูงกว่าคลื่นที่เดินทางในคอนกรีต ดังนั้น

ปัจจัยจากเหล็กเสริมและทิศทางของเหล็กเสริมในคอนกรีต อาจจะทำให้เราทำนายกำลังอัดของคอนกรีตผิดพลาดได้ แต่อย่างไรก็ตามได้มีการเสนอค่าปรับแก้พลาดสอบเนื่องจากปัจจัยของเหล็กเสริมโดย Malhotra (1976) และ Bungey (1989) แต่ข้อเสนอค่าปรับแก้นี้ก็ไม่ได้มีการพิสูจน์เกี่ยวกับความแม่นยำประกอบไว้



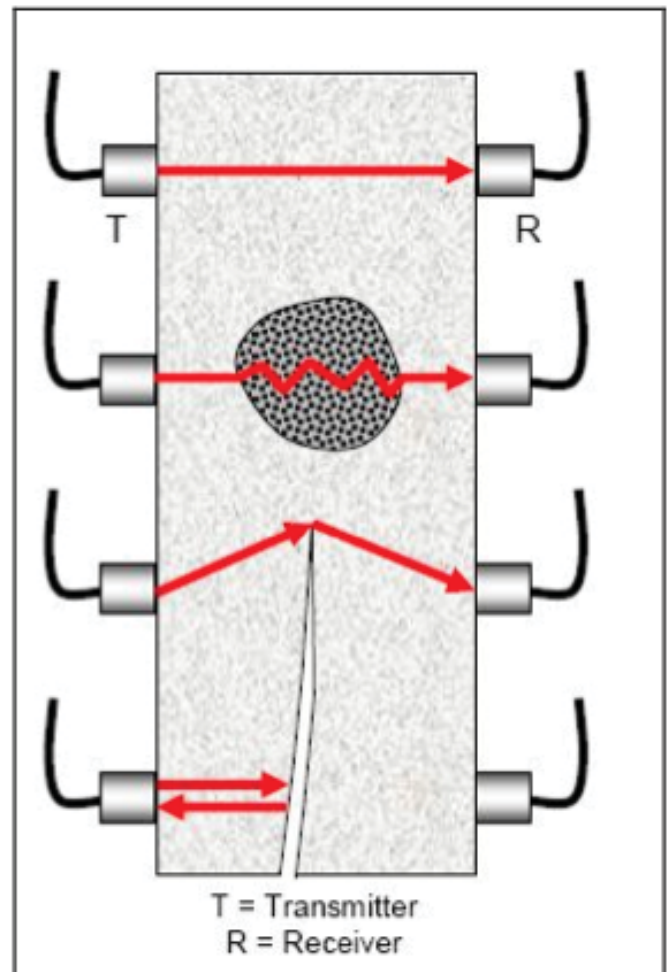
ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างปริมาณและทิศทางเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีต

6 รอยร้าวในคอนกรีต

ปัจจัยของรอยร้าวหรือช่องว่างในคอนกรีตที่เกิดขึ้นระหว่างเส้นทางที่คลื่นเดินทางจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณ จะส่งผลกระทบต่อความเร็วคลื่น เนื่องจากคลื่นอาจถูกทำให้หักเหบริเวณความไม่ต่อเนื่องนั้น ส่งผลให้ระยะทางเพิ่มขึ้นและระยะเวลาในการเดินทางของคลื่นไปยังตัวรับเพิ่มขึ้น ดังนั้น ถ้าหากไม่มีข้อมูลหรือความรู้เกี่ยวกับสภาพภายในของชิ้นส่วนคอนกรีตที่ทดสอบนั้น ก็อาจทำให้การสรุปผลผิดพลาดได้

เอกสารอ้างอิง : ACI (2003), ACI 228.1R-03 In Place Methods to Estimate Concrete Strength. Ultrasonic pulse velocity: 44.

UPV Transducers



ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นความถี่สูงผ่านรอยร้าวและโพรงในคอนกรีต

การใช้ความเร็วคลื่นอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการประมาณการกำลังอัดของคอนกรีตได้ แต่ควรคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญดังกล่าวมาแล้วนี้มาใช้ในการพิจารณาพลาดสอบด้วย