บทที่ ๓

สัดส่วนผสมของคอนกรีต

ในการผลิตคอนกรีตกำลังสูงนั้น สัดส่วนผสมของวัสดุต่าง ๆ มีความสำคัญมาก ดังนั้น การวิจัยนี้จึงศึกษาสัดส่วนผสมคอนกรีตและวัสดุที่มีประสิทธิภาพต่อกำลังของคอนกรีต โดยพิจารณาจากงานวิจัยอื่น ๆ และทำการทดลองบางส่วนเพิ่มเติมเอง เพื่อหาระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เมื่อใช้สารผสมคอนกรีต อัตราการใช้สารผสมคอนกรีต ปริมาณซีเมนต์ สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ และสัดส่วนของมวลรวม ซึ่งสัดส่วนการผสมคอนกรีตที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ ๓.๖ ส่วนพิกัดของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ ได้จากการวิจัยนี้ ใช้ตามผลการศึกษาของวิจัยอื่น ๆ และการพัฒนาเพิ่มเติมในการวิจัยนี้เองด้วย

๓.๑ ระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เมื่อใช้สารผสมคอนกรีต

การศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เมื่อใช้สารผสมคอนกรีต ได้ทำการทดลองให้สอดคล้องตามมาตรฐาน ASTM C ๑๙๑ - ๘๐ [๘] โดยใช้สารผสมคอนกรีตเป็นตัวแปร ในการทดลองนี้ได้ใช้สัดส่วนผสมตามที่กำหนดในมาตรฐาน คือ ใช้ซีเมนต์ ๖๕๐ กรัม เพื่อไปหาจำนวนน้ำที่พอเหมาะ (Normal Consistency) โดยอาศัยวิธีการตามที่ระบุในมาตรฐาน ASTM C ๑๘๗ - ๘๐ [๗] พบว่าจำนวนน้ำที่ใช้คิดเป็น ๒๕.๘% ของน้ำหนักซีเมนต์ หรือ ๑๖๗.๗ กรัม จากนั้นจึงเติมสารผสมคอนกรีตเป็นตัวแปรครั้งละ ๑ % โดยน้ำหนักซีเมนต์ แล้วทดลองหาระยะเวลาการก่อตัวโดยเครื่องมือไวแคท (Vicat Apparatus) ตามวิธีการในมาตรฐาน ASTM C ๑๙๑ - ๘๐ ผลการทดสอบดังที่แสดงในตารางที่ ๓.๑ จะเห็นว่าเมื่อไม่เติมสารผสม ระยะเวลาการก่อตัวเท่ากับ ๕๐ นาที และเมื่อใช้สารผสมคอนกรีตเพิ่มขึ้น จะทำให้ระยะเวลาการก่อตัวเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ การก่อตัวเมื่อใช้สารผสมคอนกรีตมากถึง ๖ % จะเพิ่มขึ้นถึง ๑๓๔ % จึงอาจกล่าวได้ว่าสารผสมเพิ่มหน่วงการก่อตัวเช่นเดียวกับสารลดปริมาณน้ำธรรมดาทั่ว ๆ ไป โดยอัตราการหน่วงคิดเป็น ๒๓ % ต่อ ๑ % ของสารผสมคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น

๓.๒ อัตราการใช้สารผสมคอนกรีต

เนื่องจากสารผสมคอนกรีตที่ใช้ได้มาจากโรงงานโดยตรง จึงต้องศึกษาหาอัตราการใช้ที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากการไหลของปูนก่อ (Mortar) ตามมาตรฐาน ASTM C ๒๓๐ - ๘๐ [๔] และจากกำลังอัดของปูนก่อตามมาตรฐาน ASTM C ๑๐๙ - ๘๐ [๔] ในการทดสอบได้กำหนดให้ส่วนผสมที่เป็นซีเมนต์ ทรายและน้ำคงที่ แล้วค่อย ๆ เพิ่มจำนวนสารผสม แล้ววัดค่าการไหลและกำลังอัดสำหรับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ที่ใช้ในส่วนผสม ๕๐๐ กรัม ทรายมาตรฐาน ๑๓๗๕ กรัม และน้ำ ๒๔๒.๕ กรัม ส่วนสารผสมที่เติมลงไปในปูนก่อแปรตามอัตรา ๑ % , ๒ % ....., ๘ % ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ตามลำดับ จากผลการทดลองในรูปที่ ๓.๒ ถึง ๓.๓ พบว่าเมื่อใช้อัตราสารผสมเพิ่มขึ้นทำให้การไหลเพิ่มขึ้นไปด้วย แต่อัตราการเพิ่มจะเป็นไปในลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ (Non - Linear) ส่วนคุณสมบัติเกี่ยวกับกำลังอัด พบว่าจะให้กำลังอัดสูง เมื่อใช้สารผสมน้อย ๆ และเมื่อเติมสารผสมเพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังลดลงเรื่อย ๆ

ตามรูปที่ ๓.๒ เมื่อพิจารณาถึงการไหล จะเห็นว่าเมื่อใช้สารผสมระหว่าง ๑-๒% จะเพิ่มการไหลเพียง ๔ % แต่ถ้าใช้สารผสมระหว่าง ๒ - ๖ % จะเพิ่มการไหลถึง ๔๔ % และในทางกลับกันเมื่อเติมสารผสมเกิน ๖ % จะให้การไหลในอัตราน้อยลง คือ ประมาณ ๔ %

ถ้าพิจารณาถึงเรื่องกำลังอัดของปูนก่อ ตามรูปที่ ๓.๓ แสดงให้เห็นว่าอัตราการใช้สารผสมระหว่าง ๑ - ๖ % โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์จะให้กำลังสูงกว่าปูนก่อที่ไม่เติมสารผสม อัตราการใช้สารผสมระหว่าง ๐.๕ - ๒ % จะให้กำลังอัดสูงสุด แต่ถ้าใช้สารผสมมากกว่า ๖ % จะให้กำลังอัดต่ำกว่าปูนก่อธรรมดา

ถึงแม้ว่าอัตราการใช้สารผสมในปูนก่อจะไม่เท่ากับอัตราส่วนผสมในคอนกรีต แต่ก็สามารถกำหนดพิกัดเพื่อการใช้สารผสมในส่วนผสมคอนกรีต โดยพิจารณาทั้งการไหล และกำลังอัดไม่ให้เกิน ๖ %

๓.๓ ปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม

เนื่องจากคอนกรีตกำลังสูงต้องการปริมาณซีเมนต์ค่อนข้างสูง แต่ก็มีพิกัดที่เหมาะสมเหมือนกัน การเพิ่มปริมาณซีเมนต์ให้มากกว่าพิกัดจะไม่ทำให้กำลังของคอนกรีตเพิ่มสูงขึ้น Gaynor [๔๐] แนะนำไว้ว่าปริมาณซีเมนต์ในคอนกรีตกำลังสูงจะไม่เกิน ๕๖๔ กก/ม^{๓} Mead [๔๑] พบว่าส่วนผสมและชนิดของวัสดุ จะให้ค่าพิกัดของปริมาณซีเมนต์สูงสุด แตกต่างกัน Saucier [๒๑] ได้ทดลองใช้สัดส่วนผสมดังนี้คือ ขนาดโตสุดของมวลรวมเท่ากับ ๑/๒ นิ้ว พบว่าปริมาณซีเมนต์ที่ใช้เท่ากับ ๕๕๘ กก/ม^{๓} จะให้กำลังอัดสูงสุดเท่ากับ ๗๐๐ กก/ซม^{๒} ที่อายุ ๙๐ วัน Watanabe [๔๓] ได้ทดลองโดยใช้ขนาดโตสุดของมวลรวมเท่ากับ ๓/๔ นิ้ว เปอร์เซนต์ทรายต่อมวลรวมเท่ากับ ๓๖.๗ % และสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ ๐.๒๗ พบว่าปริมาณซีเมนต์เท่ากับ ๕๗๐ กก/ม^{๓} จะให้กำลังอัดสูงสุดเท่ากับ ๗๕๐ กก/ซม^{๒} ที่อายุ ๙๐ วัน Thoman [๒๒] ได้ทดลองใช้มวลรวมต่างกันโดยใช้หิน ทราย (Sandstone) กรวด (Gravel) และ หินบะซอล์ท (Basalt) ที่มีขนาดโตสุดเท่ากับ ๓/๔ นิ้ว โดยที่ส่วนผสมอื่น ๆ คงที่คือ เปอร์เซนต์ทรายต่อมวลรวมเท่ากับ ๔๐ % สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ ๐.๓๓๓ และปริมาณซีเมนต์เท่ากับ ๕๖๔ กก / ม^{๓} พบว่าคอนกรีตที่มีหินบะซอล์ทเป็นมวลรวมจะให้กำลังสูงสุดเท่ากับ ๘๔๐ กก/ซม^{๒} ที่อายุ ๙๐ วัน

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ปูนซีเมนต์ชนิด ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ แบบที่สาม(Type III) ประเภทให้กำลังสูงเริ่มแรก ตามมาตรฐาน มอก. ๑๕ หรือ ASTM C ๑๕๐[๖] ทั้งนี้เพราะต้องการกำลังของคอนกรีตในเวลาสั้น การทดลองได้ใช้ปริมาณซีเมนต์ตั้งแต่ ๔๕๐ , ๕๐๐ , ๕๕๐ และ ๖๐๐ กก/ม^{๓} ตามลำดับ โดยให้ส่วนผสมหินและทรายคงที่คือใช้หิน (ขนาดโตสุด ๓/๔ นิ้ว) ๑๐๙๕ กก/ม^{๓} ทราย ๖๗๕ กก/ม^{๓} และสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ ๐.๓๐ จากผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ ๓.๔ และ รูปที่ ๓.๔ พบว่าพิกัดปริมาณซีเมนต์สูงสุดอยู่ประมาณ ๕๕๐ กก/ม^{๓} จะให้กำลังของคอนกรีตที่ ๒๘ วัน สูงสุด

๓.๔ สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ที่ใช้กับคอนกรีตกำลังสูง

โดยทั่วไปคอนกรีตกำลังสูง ควรจะใช้ปริมาณน้ำน้อยที่สุดในการผสมโดยที่สามารถเทได้สะดวก แต่อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำที่ใช้จะต้องเพียงพอ เพื่อให้เกิดปฏิกริยาทางเคมีของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ได้หมด[๔๔] จากการศึกษาพบว่าปฏิกริยาของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์จะสมบูรณ์ได้เมื่อสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ประมาณ ๐.๒๕[๓๗] ดังนั้นส่วนผสมของคอนกรีตจึงไม่ควรใช้สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ต่ำกว่านี้ แต่จากการที่คอนกรีตกำลังสูงมีสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ จึงทำให้สภาพของคอนกรีตมีความแห้งมาก ทำให้ทำงานลำบาก ดังนั้นสารผสมเพิ่มจะทำให้การทำงานสะดวกยิ่งขึ้น

จากงานวิจัยที่ผ่านมา[๒๖,๓๑,๔๒,๔๔,๔๕] พบว่า สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เป็นตัวประกอบที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อกำลังของคอนกรีต Freedman [๔๒] และ Mather [๔๔] แนะนำว่าการผลิตคอนกรีตกำลังสูง จะต้องใช้สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์อยู่ในช่วงระหว่าง ๐.๓๐-๐.๔๐ สัดส่วนที่ต่ำกว่านี้จะทำให้กำลังของคอนกรีตดีขึ้น แต่ทำงานลำบาก และยังกล่าวอีกว่าปริมาณน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ปริมาณทรายเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากคอนกรีตกำลังสูงมีปริมาณซีเมนต์สูง ควรใช้ปริมาณทรายน้อยลง Blick [๒๖] ได้แสดงว่าสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์สูงสุด ที่ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตอยู่ในช่วง ๔๒๐ - ๖๓๐ กก/ซม^{๒} ดังแสดงในตารางที่ ๓.๕ Perenchio [๔๕] กล่าวว่าสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ต่ำสุด ซึ่งจะทำให้ส่วนผสมมีความสามารถในการเทเพียงพอ คือ ๐.๓๐ และสัดส่วนนี้ก็เพียงพอสำหรับปฏิกริยาของปอร์ต-แลนด์ซีเมนต์ Klieger [๓๑] แนะนำว่าการที่จะทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงสุด จะต้องเป็นคอนกรีตที่จะผสมและใช้งาน โดยมีปริมาณน้ำน้อยที่สุด เท่าที่จะทำได้ และในระหว่างเวลาทำการบ่มคอนกรีต จะต้องป้องกันไม่ให้น้ำสูญหายไปได้

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์อยู่ในช่วงระหว่าง ๐.๒๖-๐.๓๒ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างต่ำ แต่เมื่อใช้สารผสมคอนกรีตก็จะทำให้คอนกรีตมีความข้นเหลวดีขึ้น ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของคอนกรีตที่อายุ ๒๘ วัน กับสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ได้แสดงไว้ในตารางที่ ๓.๖

๓.๕ สัดส่วนของมวลรวม

กำลังอัดของคอนกรีตไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เท่านั้น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มของซีเมนต์ (Richness) ในส่วนผสมหรือสัดส่วนของมวลรวมต่อซีเมนต์ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซีเมนต์ หรือ ทำให้สัดส่วนของมวลรวมต่อซีเมนต์น้อยลง จะมีผลทางด้านการเพิ่มกำลังเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะคอนกรีตที่มีค่าความสามารถในการเทต่ำ[๓๖,๔๙] นอกจากนี้สัดส่วนของมวลรวม โดยเฉพาะเปอร์เซนต์ของมวลรวมหยาบต่อมวลรวมทั้งหมด จะอยู่ในช่วงระหว่าง ๕๘ - ๖๔ เปอร์เซนต์ [๒๖,๔๘] สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้สัดส่วนของหินต่อมวลรวมทั้งหมด ๖๒ % กล่าวคือ ใช้ทราย ๖๗๕ กก/ม^{๓} และหิน ๑๐๔๕ กก/ม^{๓} โดยเทียบสัดส่วนของมวลรวมต่อซีเมนต์ ๓.๒ ซึ่งใช้ตามผลการทดลองของ Watanabe [๔๓]

ทรายเป็นตัวประกอบอันหนึ่ง ที่มีบทบาทในการกำหนดค่าความสามารถในการเทในคอนกรีตธรรมดาทั่ว ๆ ไป แต่ในคอนกรีตกำลังสูง ซึ่งมีปริมาณซีเมนต์ค่อนข้างสูง ความสำคัญของทรายในการกำหนดความสามารถในการเท จึงไม่มีความจำเป็นมากนัก ทั้งนี้เพราะเมื่อส่วนผสมของคอนกรีต ที่มีปริมาณทรายสูง จะทำให้ความต้องการน้ำสูงไปด้วย ทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงได้ [๔๘] นอกจากนี้เม็ดทรายที่มีลักษณะกลมและเรียบจะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตดีกว่าเม็ดทรายที่มีลักษณะเหลี่ยมและขรุขระ เนื่องจากว่าแรงยึดเกาะระหว่างซีเมนต์เพสท์ (Paste) กับทรายมีความสำคัญน้อยกว่า แรงยึดเกาะระหว่างซีเมนต์เพสท์กับหิน [๔๒] สำหรับขนาดคละ (Gradation) ของทรายที่กำหนดในมาตรฐาน ASTM C๓๓[๒] ควรจะปรับปรุงเพื่อความเหมาะสมกับงานคอนกรีตกำลังสูง โดยให้เปอร์เซนต์การผ่านตะแกรงเบอร์ ๕๐ และเบอร์ ๑๐๐ ลดน้อยลง ดังแสดงในตาตางที่ ๓.๗ สำหรับค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) ควรอยู่ระหว่าง ๒.๗ ถึง ๓.๒ [๔๘] ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ทรายที่มีค่าโมดูลัสความละเอียด ๒.๘๔ ค่าความถ่วงจำเพาะ ๒.๖ และค่าการดูดซึม ๑.๑๖ % ส่วนขนาดคละของทรายที่ใช้ได้แสดงไว้ในตารางที่ ๓.๗

หินเป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่มีปริมาณมากที่สุด ดังนั้นคุณสมบัติของหินจึงมีผลต่อกำลังของคอนกรีตมาก โดยเฉพาะหินที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมมุมและผิวขรุขระจะทำให้กำลังของ -

คอนกรีตสูงกว่าหินที่มีรูปร่างกลมและผิวเรียบ Gaynor (๔๐) และ Freedman (๔๒) กล่าวว่า แรงยึดเกาะจะเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากพื้นที่ผิวที่มีมากกว่าของขนาดมวลรวมที่เล็กกว่า รูปร่างเป็นเหลี่ยมและผิวที่ขรุขระกว่าและอีกประการหนึ่งในคอนกรีตกำลังสูงนั้น หินควรจะมีความแข็งแรงมากกว่าซีเมนต์เพสท์ สรุปแล้ว ตัวประกอบที่สำคัญในคอนกรีตกำลังสูง คือ ความแข็งแรงของหินและแรงยึดเกาะระหว่างซีเมนต์เพสท์กับหิน ส่วนขนาดคละของหินมีความสำคัญน้อยในส่วนผสมที่มีปริมาณซีเมนต์สูง Blick (๒๖) พบว่าขนาดโตสุดของมวลรวมมีความสำคัญมากกว่าขนาดคละของหินในส่วนผสมของคอนกรีตกำลังสูง โดยทั่วไปจะใช้ขนาดโตสุดของมวลรวมตั้งแต่ ๓/๘ นิ้ว ถึง ๓/๔ นิ้ว Walker (๑๕) ได้ทดลองพบว่าขนาดโตสุดของมวลรวมจะมีผลต่อกำลังของคอนกรีตโดยขนาดโตสุดของมวลรวมเล็กลงจะทำให้กำลังของคอนกรีตเพิ่มขึ้น Bloem (๔๖) กล่าวว่ามวลรวมที่มีขนาดโตสุดและขนาดคละเดียวกัน ซึ่งนำมาจากแหล่งที่ต่างกัน จะทำให้ผลของความแตกต่างของแรงยึดมากกว่าแรงอัด

ในงานวิจัยนี้ ใช้หินขนาดโตสุด ๓/๔ นิ้ว เพราะเป็นขนาดหินที่ใช้งานผลิตคอนกรีตสำเร็จรูปทั่ว ๆ ไป อีกประการหนึ่งหินขนาดโตสุดที่เล็กว่านี้จะมีลักษณะค่อนข้างแบนและเรียวยาว หินที่ใช้มีค่าการดูดซึม ๐.๓๔ % ความถ่วงจำเพาะ ๒.๗๖ และมีค่าโมดูลัสความละเอียด ๖.๕๕ ส่วนขนาดคละของหินที่ใช้แสดงไว้ในตารางที่ ๓.๘

๓.๖ การผสมคอนกรีต

การผสมคอนกรีตที่มีน้ำน้อยจะมีผลต่อกำลังของคอนกรีตอย่างมากรวมทั้งยังมีผลต่อความสามารถในการเทอีกด้วย ปัญหาหลักคือการที่จะทำให้ส่วนผสมคลุกเคล้าเข้ากันดีซึ่งมีความยากลำบากในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องผสม (Mixer) ชนิดธรรมดาขนาด ๑/๖ $ม^{๓}$ โดยทำการผสมแห้งระหว่าง หิน ทราย และซีเมนต์ ในโม่ประมาณครึ่งนาที เพื่อให้มวลรวมและซีเมนต์คลุกเคล้ากันเสียก่อน ในการผสมแห้งไม่ควรให้นานเกินไป เพราะจะทำให้ส่วนผสมแยกจากกันและซีเมนต์ผงจะกระจายออก เมื่อผสมแห้งเสร็จต้องหยุดเครื่องแล้วเติมน้ำลงไปประมาณ ๑/๓ ของปริมาณน้ำทั้งหมดโดยให้กระจายทั่วทั้งโม่ จากนั้นจึงเปิดเครื่องให้หมุน ในขณะที่เครื่องกำลังทำงานก็เติมน้ำลงไปอีกประมาณ ๑/๓ แล้วจึงเปิดเครื่องตรวจดูส่วนผสมที่ติดอยู่บริเวณข้างโม่ทำการขูดออกให้หมด แล้วเติมน้ำที่เหลือลงไป -

จนหมด เสร็จแล้วจึงเปิดเครื่องให้หมุนจนกระทั่งเห็นว่าเนื้อคอนกรีตคลุกเคล้ากันดีแล้ว ซึ่งใช้เวลาประมาณ ๒ - ๓ นาที การเติมสารผสมคอนกรีตใช้ผสมกับน้ำคนให้เข้ากันดีก่อนเทลงโม่รวมไปกับน้ำแต่ละขั้นตอน

๓.๗ การหล่อแท่งกระบอกคอนกรีต

แบบหล่อคอนกรีต (Mold) จะต้องทาน้ำมันให้เรียบร้อยเสียก่อน เพื่อความสะดวกในการถอดแบบเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ในการหล่อแท่งกระบอกคอนกรีต เริ่มต้นจากการนำคอนกรีตที่ผสมแล้วมาใส่กระบะแล้วทำการคลุกเคล้าอีกทีหนึ่งจึงตักใส่แบบหล่อซึ่งเตรียมไว้ก่อนประมาณครึ่งหนึ่ง เขย่าด้วยเครื่องสั่น (Rod Vibrator) หลังจากนั้นค่อย ๆ เติมคอนกรีตลงไปเรื่อย ๆ โดยทำการจี้ควบคู่กันไป จนกระทั่งคอนกรีตเต็มแบบหล่อ ซึ่งใช้เวลาในการหล่อตัวอย่างละประมาณ ๑ - ๒ นาที แล้วจึงใช้เกรียงเหล็กแต่งหน้าให้เรียบแล้วทิ้งไว้สักพัก พอคอนกรีตหมาดใกล้จะก่อตัว จึงใช้แผ่นกระจกขนาด ๒๐ x ๒๐ x๑/๒ซม. แต่งหน้าอีกทีให้เรียบปราศจากเม็ดทรายและฟองอากาศ การแต่งหน้าอาจต้องใช้น้ำปูนซีเมนต์ผสมทรายละเอียด ทำให้หน้าเรียบทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการหล่อหุ้ม (End Capping) เพราะคอนกรีตกำลังสูงมีกำลังมากกว่าวัสดุที่ใช้หล่อหุ้มหัว

๓.๘ การวัดการไหลตัวของคอนกรีต

การทดสอบคุณสมบัติเกี่ยวกับความสามารถในการเทของคอนกรีตโดยวิธีการไหลตัวของคอนกรีต (Flow Test) ตามมาตรฐาน ASTM C ๑๒๔ - ๖๖ [๔] เพื่อเปรียบเทียบความข้นเหลวของคอนกรีตแต่ละส่วนผสม ในการทดลองก่อนอื่นต้องทำความสะอาดโต๊ะกลมเสียก่อน แล้วจึงวางกรวยกระบอกซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในที่ปลายล่างและปลายบน ๑๐ และ ๖ ๓/๔ นิ้ว ตามลำดับและความสูง ๕ นิ้ว ให้ได้ศูนย์กลางโต๊ะจึงเติมคอนกรีตลงในกรวยกระบอกเป็น ๒ ชั้น แต่ละชั้นกระทุ้งด้วยแท่งเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง ๕/๘ นิ้ว ยาว ๒๔ นิ้ว จำนวน ๒๕ ครั้ง การกระทุ้งจะต้องให้กระจายทั่วพื้นที่ผิวคอนกรีตอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอแล้วจึงปาดหน้าให้เรียบด้วยเกรียงเหล็ก ก่อนที่จะยกกรวยกระบอกขึ้นได้

ใช้ผ้าเช็ดถูบริเวณผิวโต๊ะภายนอกกรวยให้สะอาดอีกครั้ง ในการทดสอบการไหลของคอนกรีตจะต้องหมุนให้พื้นโต๊ะขึ้นลงสูง ๑/๒ นิ้ว ในอัตรา ๑๕ ครั้ง ในเวลา ๑๕วินาที เสร็จแล้วจึงวัดขนาดของคอนกรีตที่ไหลแผ่ออกโดยเฉลี่ยทั้ง ๖ ด้าน อัตราการไหลคิดเป็นร้อยละคำนวนได้จาก

$$\text{อัตราการไหล (\%)} = \frac{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของคอนกรีตที่แผ่ออก} - 10}{10} \times 100$$

เขียนในรูปสมการ เช่น

$$F = \frac{D - D_{10}}{D} \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

เมื่อ F = อัตราการไหล (%)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของคอนกรีตที่แผ่ออก

D_{10} = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในที่ปลายล่างกรวย

๓.๔ การบ่มแท่งกระบอกคอนกรีต

เนื่องจากว่าเป็นคอนกรีตที่มีส่วนผสมของน้ำน้อยจะต้องป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกไปเร็วเกินไปทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาทางเคมีของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์จะดำเนินไปตั้งแต่น้ำเข้าไปสัมผัสกับซีเมนต์จนถึงระยะประมาณ ๑๐๐ วัน ปฏิกิริยานี้จึงจะสมบูรณ์[๓๗] ฉะนั้นการบ่มแท่งกระบอกคอนกรีตจึงมีความสำคัญต่องานคอนกรีตกำลังสูงมาก ดังนั้นเมื่อถอดแบบแท่งคอนกรีต ที่อายุ ๒๔ ชม. แล้วจึงต้องแช่น้ำจนได้อายุทดสอบ ๓ , ๗ , ๒๘ และ ๙๐ วัน ก่อนจะถึงอายุการทดสอบ ๑ วัน ให้นำแท่งคอนกรีตออกจากถังน้ำซึ่งแช่อยู่เพื่อให้ผิวของตัวอย่างแห้งสนิท