

บทที่ 14

ความทนทานของคอนกรีต

เมื่อกล่าวถึงคอนกรีต กำลังอัด เป็นคุณสมบัติประการแรกและประการสำคัญที่ผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงานก่อสร้างและผู้รับเหมา คำนึงถึง รวมทั้งข้อกำหนดสำหรับงานก่อสร้างต่าง ๆ ล้วนระบุถึงกำลังอัดคอนกรีตของโครงสร้างที่ออกแบบไว้ แต่คุณสมบัติที่สำคัญมากที่มักจะถูกมองข้ามนั้นคือ ความทนทาน (Durability)

ความทนทานของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากประการหนึ่งซึ่งหมายถึง ความสามารถในการทนต่อการเปลี่ยนแปลงจากสภาพแวดล้อม ทนต่อการทำลายจากสารเคมี ทนต่อแรงกระแทกหรือการกระทำอื่น ๆ ตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างนั้น

คอนกรีตที่ทนทานจะต้องคงสภาพได้นานตลอดอายุการใช้งาน สิ่งก่อสร้างคอนกรีตจำนวนมากที่ถูกออกแบบและก่อสร้างโดยไม่คำนึงถึงความทนทานจึงส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมากในปัจจุบัน ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการซ่อมแซมรวมทั้งอายุการใช้งานของสิ่งก่อสร้างนั้นก็ลดลงด้วย

ต้นเหตุที่ทำให้คอนกรีตขาดความทนทาน และเกิดความเสียหาย สามารถสรุปได้ 3 ประการใหญ่ ๆ คือ

- 1) สาเหตุด้านกายภาพ (Physical)
- 2) สาเหตุด้านเคมี (Chemical)
- 3) สาเหตุด้านกล (Mechanical)

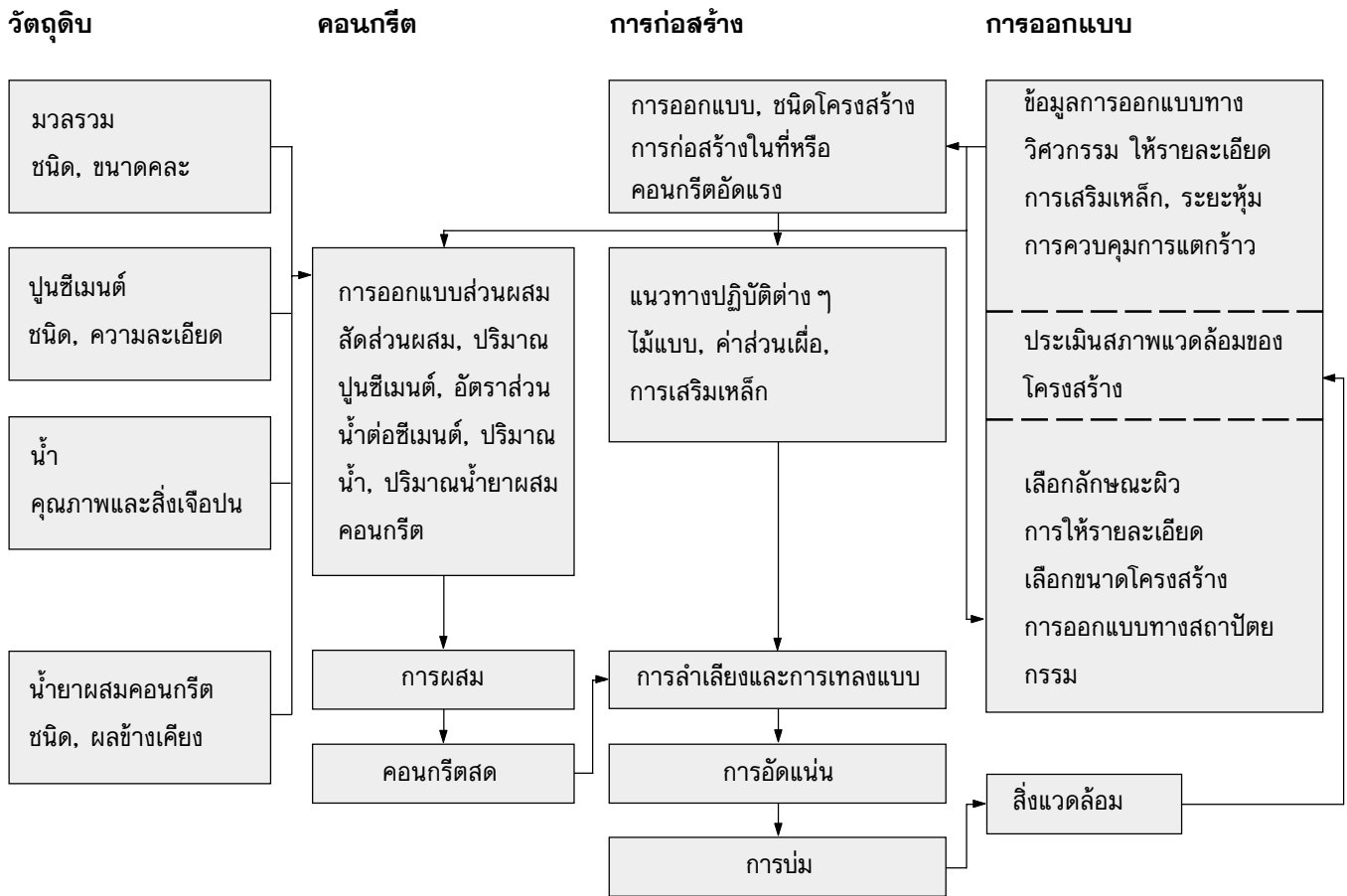
รายละเอียดต่าง ๆ เหล่านี้จะกล่าวในบทที่ 15

นอกจากตัวคอนกรีตที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานแล้ว การที่จะได้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความทนทานจะต้องอาศัยองค์ประกอบอื่น ๆ อีกตั้งแต่การออกแบบโครงสร้างจนถึงการใช้งาน ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

- 1) การออกแบบที่ดี
- 2) ข้อกำหนดที่เหมาะสม
- 3) การก่อสร้างที่ดี
- 4) การบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ

ซึ่งสามารถสรุปได้ดังแผนภาพรูปที่ 14.1 และจะกล่าวอย่างละเอียดในบทที่ 16

ในบทนี้ขอกล่าวถึงปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อความทนทานของคอนกรีตนั้นคือ ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำสู่คอนกรีต (Permeability) และขบวนการซึมผ่านของน้ำ ความชื้น และอากาศสู่คอนกรีต



รูปที่ 14.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความทนทานของโครงสร้างคอนกรีต

14.1 ความสามารถซึมผ่านได้ (Permeability)

ความสามารถซึมผ่านของน้ำ คือ ความสะดวกหรือง่าย ซึ่งของเหลวหรือก๊าซ สามารถซึมผ่านคอนกรีต คุณสมบัตินี้จะเป็นตัวชี้บ่งว่าคอนกรีตในโครงสร้างนั้น ๆ จะทนทานมากน้อยเพียงใด

ถึงแม้ว่าจะไม่มีการกำหนดวิธีการทดสอบ แต่ความสามารถซึมผ่านของน้ำ สามารถวัดได้โดยใช้น้ำที่มีความดัน ดันผ่านคอนกรีตเมื่อถึงสภาพที่คอนกรีตอึดตัวน้ำจะซึมผ่านคอนกรีตนั้นออกมา ทำการวัดปริมาณน้ำในระยะเวลาหนึ่ง รวมทั้งวัดความหนาของคอนกรีต โดยความสามารถซึมผ่านของน้ำจะถูกแสดงออกมาในรูปของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ ดังสมการของ

Darcy

$$\frac{dq}{dt} = \frac{k\Delta hA}{L}$$

$\frac{dq}{dt}$ คือ อัตราการไหลของน้ำ

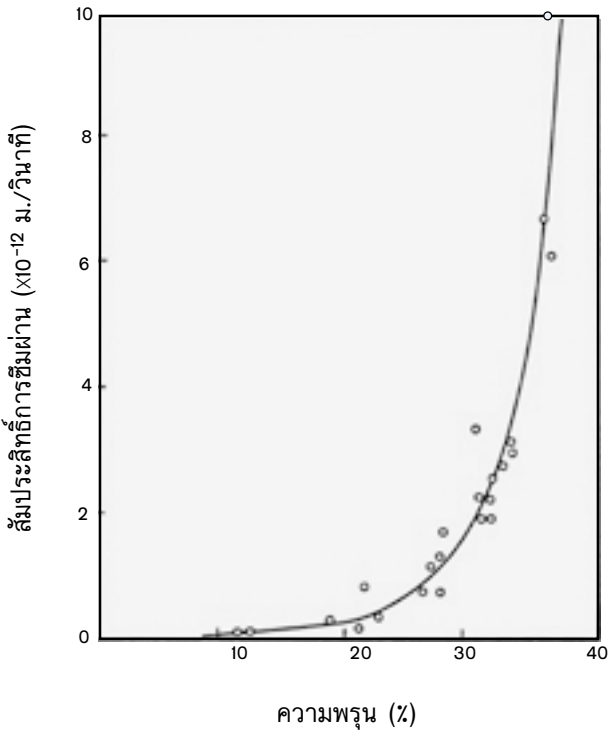
A คือ ขนาดหน้าตัดของตัวอย่าง

Δh คือ การลดลงของ Hydraulic head

L คือ ความหนาของก้อนตัวอย่าง

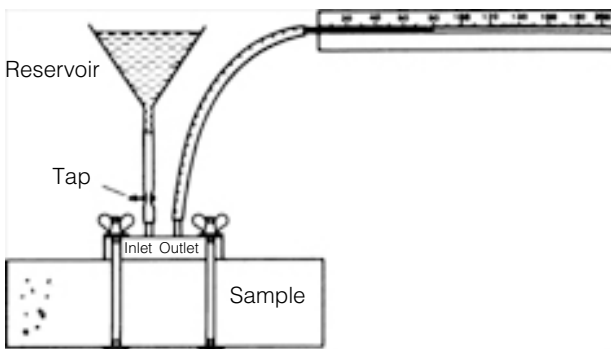
K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำมีหน่วยเป็น ม./วินาที

ในรูปที่ 14.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ และความพรุนภายในเนื้อคอนกรีต



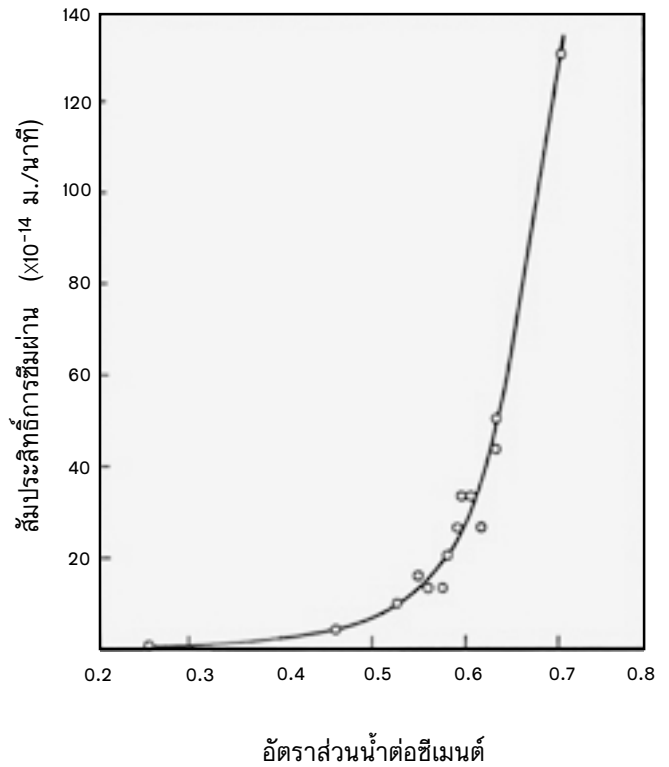
รูปที่ 14.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำกับความพรุนของคอนกรีต

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบมาตรฐานของประเทศอังกฤษ คือ การทดสอบการดูดซึมน้ำของผิวคอนกรีต (Initial Surface Absorption) ซึ่งเป็นอัตราการไหลของน้ำเข้าไปในคอนกรีตต่อหน่วยพื้นที่ภายในเวลาที่กำหนด

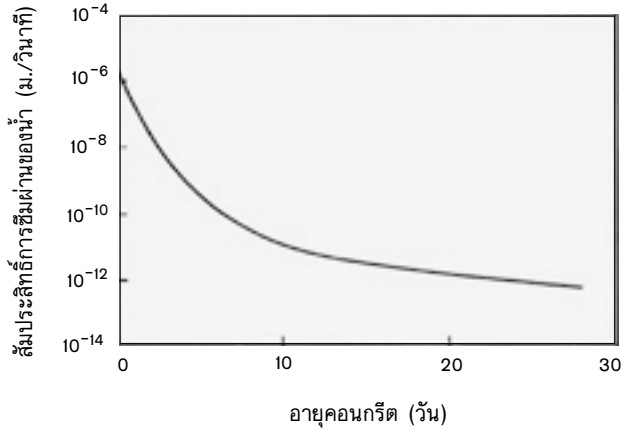


รูปที่ 14.3 เครื่องทดสอบ การดูดซึมน้ำของผิวคอนกรีต

สำหรับคอนกรีตที่ใช้หินทั่ว ๆ ไป ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ จะถูกควบคุมโดยความพรุนของซีเมนต์เฟสต์โดยความพรุน (Capillary Porosity) จะมากขึ้นกับอัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์และความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Degree of Hydration) รูปที่ 14.4 แสดงให้เห็นว่า ณ ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชันที่กำหนด ความสามารถซึมผ่านได้จะต่ำสำหรับเฟสต์ที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ W/C ต่ำกว่า 0.60 ซึ่งช่องทางไหลของน้ำ (Capillary) จะถูกแบ่งหรือทำให้แยกออกไม่ต่อเนื่องกัน ในส่วนผสมที่กำหนด W/C ให้ความสามารถซึมผ่านจะลดลงถ้าปูนซีเมนต์มีการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 14.5

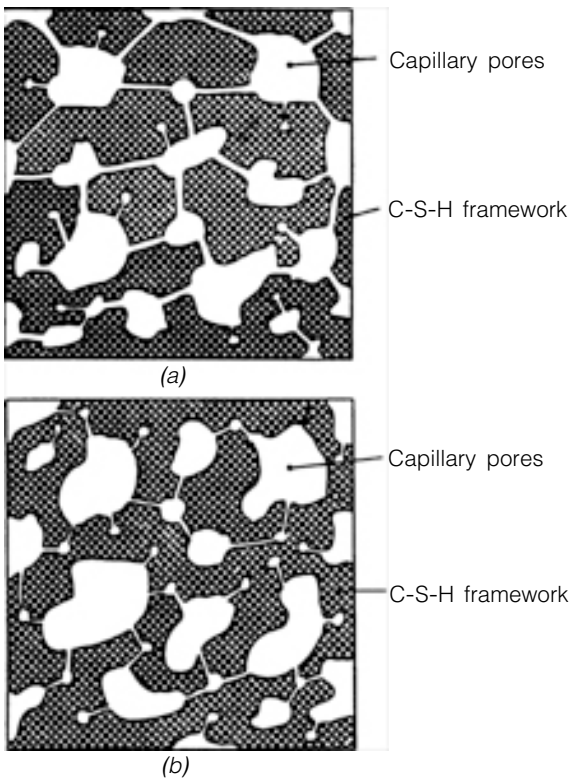


รูปที่ 14.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการซึมผ่านของน้ำกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์



รูปที่ 14.5 ความสามารถซึมผ่านของน้ำลดลงเมื่อปฏิกิริยาไฮเดรชันสมบูรณ์ขึ้น

การสามารถซึมผ่านของน้ำไม่ใช่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความพรุนของเนื้อคอนกรีต ในรูปที่ 14.6 แสดงให้เห็นว่าคอนกรีตทั้ง 2 มีความพรุนเท่ากัน แต่มีความสามารถในการซึมผ่านของน้ำแตกต่างกัน



รูปที่ 14.6 คอนกรีตที่มีความพรุนเท่ากัน แต่
 (a) การซึมผ่านของน้ำสูง - เนื่องจาก Capillary Pore เชื่อมต่อกัน
 (b) การซึมผ่านของน้ำต่ำ - เนื่องจาก Capillary Pore แยกจากกัน

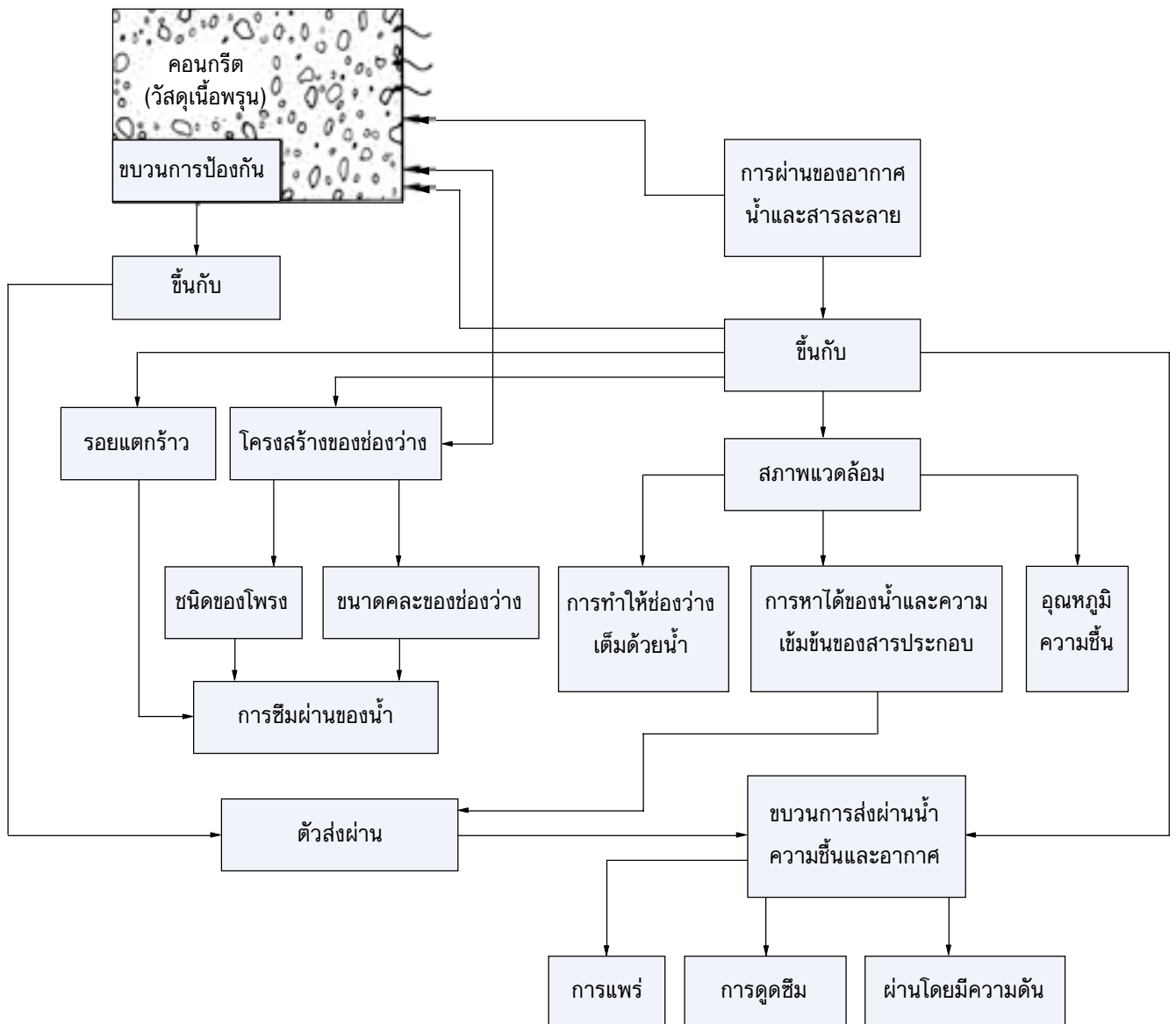
จะเห็นได้ว่าเฉพาะ Capillary Pore ที่เชื่อมกันจะก่อให้เกิดการซึมผ่านของน้ำสูงในขณะที่ความพรุนเท่ากันดังรูป 14.6

เมื่อพิจารณาในเรื่อง ความทนทาน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำให้คอนกรีตเกิดความสามารถซึมผ่านของน้ำที่ต่ำ (Low Permeability) ในเวลาที่เร็วที่สุด นั่นคือ ควรเลือกใช้คอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมาก

นอกจากอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์แล้ว การทำให้คอนกรีตอัดแน่น และการบ่มยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมาก ที่จะทำให้การซึมผ่านของน้ำต่ำ ช่วยให้คอนกรีตมีความทนทานสูงขึ้น

14.2 ขบวนการซึมผ่านของน้ำ ความชื้น และอากาศ

ขบวนการที่ทำให้คอนกรีตเสียหาย หรือขาดความทนทานส่วนใหญ่มาจากการที่น้ำ ความชื้นหรืออากาศซึมผ่านช่องว่างที่ต่อเนื่อง หรือรอยแตกร้าวของคอนกรีต โดยทั้งน้ำและอากาศที่ซึมผ่านนี้จะนำพาสารที่เป็นอันตรายเข้าไปในเนื้อคอนกรีต เมื่อมีปริมาณที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดความเสียหาย ขบวนการซึมผ่านของน้ำ สามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 14.7



รูปที่ 14.7 ขบวนการซึมผ่านของน้ำ ความชื้น และอากาศ