

## สร้างบ้านอยู่ได้ 500 ปี

โดย

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล

นายกสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

และ

ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สร้างบ้านอยู่ได้นานถึง 500 ปีจริงหรือ? เพราะที่พบเห็นไม่เคยเจอบ้านในประเทศไทยที่มีอายุมากกว่า 500 ปี อาคารที่มีอายุยืนยาวใช้งานได้เป็น 100 ปี ขึ้นไป มักเป็น วัด หรือ วัง เป็นส่วนใหญ่ ขณะที่อาคารที่เป็นบ้านพักอาศัยมีอยู่น้อยมาก

คนส่วนใหญ่เวลาปลูกบ้าน ไม่เคยประเมินว่าบ้านที่สร้างขึ้นจะมีอายุใช้งานยาวนานเท่าใด เคยถามคนทั่วไปว่าบ้านที่พักอาศัยจะมีอายุใช้งานได้นานสักกี่ปี คำตอบที่ได้ มักเป็น 50 ปี หรือ 80 ปี แต่น้อยรายที่ตอบว่าจะมีอายุได้ 100 ปี หากจะสร้างบ้านพักอาศัยที่มีอายุการใช้งาน 500 ปี จะทำได้หรือ? คำตอบจากผม คือ ได้ครับ และเชื่อว่ามีอายุเกิน 500 ปี ได้แน่นอน แม้ว่าผมคงจะไม่ได้เห็นว่าบ้านดังกล่าวมีอายุยืนยาวถึง 500 ปีก็ตาม



รูปที่ 1 เสาดัดพื้นดินมักเสียหายจากเหล็กเป็นสนิมได้ง่าย เมื่อใช้งานไปประมาณ 30-40 ปี

ก่อนจะให้รายละเอียดเรื่องของการสร้างบ้านอยู่ได้ถึง 500 ปี ขอเล่าเรื่องหนึ่งที่เกิดขึ้นประมาณเกือบ 20 ปีที่แล้ว ตอนนั้นผมเพิ่งเรียนจบใหม่ๆและมีความรู้ความเข้าใจเรื่องคอนกรีตยังมีจำกัดมาก โชคดีที่มีโอกาสเข้าร่วมการประชุมระดับนานาชาติเกี่ยวกับเรื่องคอนกรีตสมรรถนะสูง ที่จัดขึ้นที่ประเทศไทย ซึ่งตอนนั้นมีอาจารย์เก่งๆที่มีชื่อเสียงด้านคอนกรีตเทคโนโลยีจากทั่วโลกมาประชุมกันจำนวนมาก ผมได้ถามคำถาม 1 คำถามซึ่งเพื่อนคนหนึ่งได้เคยถามผม และผมยอมรับว่าผมตอบได้ไม่ทัน จึงใช้เวทีนี้ในการถามคำถามนี้ คำถามนี้ง่ายและสั้นมาก เพราะถามว่า “จะทำอย่างไร เพื่อให้สิ่งก่อสร้างด้วยคอนกรีตมีอายุใช้งานได้ 1000 ปี (หนึ่งพันปี)”

มีผู้ตอบคำถามนี้หลายคน ท่านแรกมีพื้นฐานเป็นนักธรณีวิทยา ตอบว่าคอนกรีตสามารถใช้งานได้ถึง 1000 ปี เพราะคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้วก็เหมือนหินก้อนหนึ่ง หินที่มีอยู่ในธรรมชาติมีอายุหลายแสนหรือหลายล้านปีอยู่แล้ว ดังนั้นคอนกรีตจึงสามารถมีอายุได้ 1000 ปีแน่นอน

ท่านที่ 2 ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ตะกรันเตาถลุงเหล็กมามาก กล่าวว่า คอนกรีตเสริมเหล็กที่จะมีอายุ 1000 ปี ต้องมีส่วนผสมของตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียด (ground granulated blast furnace slag) เพื่อเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเล ซัลเฟต และลดอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต ซึ่งทำให้คอนกรีตผสมตะกรันเตาถลุงเหล็กบดละเอียดมีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น อาจมีอายุได้เป็น 1000 ปี

ท่านที่ 3 ทำงานวิจัยเกี่ยวกับเถ้าถ่านหิน และ ซิลิกาฟูมมามาก จึงเสนอว่าคอนกรีตเสริมเหล็กที่จะมีอายุการใช้งานต้องใช้เถ้าถ่านหินหรือซิลิกาฟูมในส่วนผสมด้วย เพื่อเพิ่มความทนทาน ลดอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต ลดปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ซึ่งเป็นสารที่ทำปฏิกิริยากับสารละลายคลอไรด์ ซัลเฟต กรด และอื่นๆ ได้ง่าย ทำให้คอนกรีตมีอายุได้ถึง 1000 ปี

ท่านที่ 4 มาตอบคำถามนี้ในระหว่างที่ท่านข่าวกลางวันร่วมกัน โดยตอบว่าถ้าต้องการให้คอนกรีตมีอายุใช้งานถึง 1000 ปี ต้องไม่ใส่เหล็กในคอนกรีต เพราะถ้าไม่มีเหล็กความเสียหายจากการที่เหล็กเป็นสนิมและทำให้คอนกรีตเสียหายก็ไม่มี แต่การที่ไม่ใส่เหล็กในคอนกรีตทำให้คอนกรีตรับแรงดึงหรือแรงดัดได้น้อย และหากมีแรงดึงและแรงดัดกระทำต่อคอนกรีต (เช่นแรงที่เกิดจากแรงลม แรงแผ่นดินไหว เป็นต้น) อาจทำให้คอนกรีตวิบัติได้ง่ายเนื่องจากไม่ได้เสริมเหล็กรับแรงดึง

**ทั้ง 4 ท่านที่ตอบคำถามยังกล่าวถึงลักษณะของคอนกรีตโดยรวมที่เหมือนกัน คือ คอนกรีตที่ใช้ต้องมีกำลังสูง มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่ต่ำ (คือมีกำลังสูง) มีการเท การกระทุ้งเข้าแบบ การบ่มคอนกรีต ที่ดีอย่างเต็มที่ด้วย ส่วนรายการสำคัญที่เพิ่มเติมเข้ามาเป็นการใช้ความรู้และความเชี่ยวชาญของแต่ละท่านเสริมเข้ามา ซึ่งก็น่าจะเป็นไปตามที่แต่ละท่านแนะนำมา**



รูปที่ 2 โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในทะเลมักเสียหายง่าย แม้ว่าใช้งานเพียงไม่กี่ปี

เวลาผ่านไป 20 กว่าปี เมื่อมองย้อนกลับไปต่อคำถามดังกล่าว ผมมีคำตอบที่ชัดเจนมากขึ้น ผมขอเล่าสู่กันฟังในฐานะที่เป็นอาจารย์สอนวิชา คอนกรีตเทคโนโลยีทั้งเบื้องต้นและขั้นสูง สอนวิชาการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งเบื้องต้นและขั้นสูง และทำงานวิจัยเกี่ยวกับคอนกรีตมายาวนานมากกว่า 20 ปี ผมมีคำตอบดังนี้

กำลังอัดของคอนกรีตยิ่งสูง ยิ่งทำให้คอนกรีตมีความคงทนยาวนาน ในอดีตช่วงก่อนปี พ.ศ. 2527 พบว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่มีค่าต่ำ เพราะในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 [1] ในการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งานและวิธีกำลัง ให้ใช้ค่าหน่วยแรงอัดของคอนกรีตไม่เกินร้อยละ 37.5 ของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต แต่ต้องไม่เกิน  $65 \text{ กก/ซม}^2$  ซึ่งเมื่อทำการคำนวณกลับพบว่าเป็นค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตเท่ากับ  $173.3 \text{ กก/ซม}^2$  หรือผู้ออกแบบส่วนใหญ่ใช้เท่ากับ  $175 \text{ กก/ซม}^2$  ที่กฎกระทรวงฉบับที่ 6 กำหนดเช่นนั้นเพราะเกรงว่าคนไทยคงไม่สามารถผสมคอนกรีตที่มีกำลังสูงกว่า  $175 \text{ กก/ซม}^2$  ได้ในช่วงเวลานั้น

การใช้กำลังอัดของคอนกรีตที่ต่ำขนาดนั้น แม้ว่าไม่มีผลในเรื่องการก่อสร้างหรือการรับกำลังของอาคารบ้านเรือน แต่มีผลต่อเรื่องความทนทานและอายุการใช้งานของคอนกรีตอย่างมาก เพราะคอนกรีตที่มีกำลังต่ำ มีรูพรุนสูง ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีอยู่ในอากาศ (แม้ว่ามีปริมาณไม่สูงมากคือประมาณร้อยละ 0.03-0.04) สามารถแทรกซึมเข้าไปทำปฏิกิริยากับผลผลิตของปูนซีเมนต์ ทำให้ความเป็นด่างในคอนกรีตต่ำลงฟิล์มที่เคลือบผิวหน้าของเหล็กเสริมในคอนกรีตถูกทำลาย ทำให้เหล็กเป็นสนิม เกิดการขยายตัว และทำให้คอนกรีตแตกออกตามแนวยาวของเหล็กเสริม ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า “การเกิดคาร์บอนขึ้นในคอนกรีต”



ตารางที่ 1 แสดงระยะการเกิดคาร์บอนชั้นของคอนกรีตที่อยู่ภายนอกอาคารที่มีกำลังอัดต่างๆ ในกรณีที่ใช้กำลังอัด 200 กก/ซม<sup>2</sup> พบว่าใช้งานอาคารไปประมาณ 30 ปี มักพบว่าเสาแตกร้าว หรือดูไม่แข็งแรงต้องทำการซ่อมแซม เพราะถ้าเสามีขนาด 15x15x15 ซม.<sup>3</sup> เมื่อใช้งานไป 30 ปี เกิดคาร์บอนชั้นข้างละประมาณ 4.5 ซม. เหลือเนื้อคอนกรีตที่ไม่เกิดคาร์บอนชั้นราว 10x10x10 ซม.<sup>3</sup> แต่หากก่อสร้างอาคารดังกล่าวด้วยกำลังอัดของคอนกรีต 800 กก/ซม<sup>2</sup> พบว่าเกิดคาร์บอนชั้นเพียง 2 มม. เท่านั้น

ตารางที่ 1 การเกิดคาร์บอนชั้นของคอนกรีตที่อยู่ภายนอกอาคาร [2]

กำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (กก/ซม <sup>2</sup> )	ความลึกของคาร์บอนชั้นที่เวลา 30 ปี (มม)
200	45
400	17
600	5
800	2

**ส่วนผสมของคอนกรีต** ที่ผสมวัสดุปอซโซลาน พบว่าสามารถช่วยเพิ่มความทนทานของและยืดอายุการใช้งานของคอนกรีตเสริมเหล็กได้ดี งานวิจัยและงานก่อสร้างจริงจำนวนมากทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศพบว่า การใช้เถ้าถ่านหิน ที่มีสมบัติตาม มอก. 2135 [3] หรือ ASTM C 618 [4] และใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในปริมาณที่เหมาะสม คือไม่น้อยหรือมากเกินไป สามารถยืดอายุการใช้งานของคอนกรีตอย่างชัดเจน การทดสอบโดยใช้เถ้าถ่านหินจากแม่เมาะแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 35 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน แซ่ในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยเป็นเวลา 10 ปี พบว่ามีความทนทานมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ใช้เถ้าถ่านหินอย่างมาก โดยคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าถ่านหินที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.55 ระยะหุ้มเหล็ก 5 ซม. มีสนิมเกิดขึ้นมาก ขณะที่คอนกรีตที่ใช้เถ้าถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 35 โดยน้ำหนักวัสดุประสานมีกำลังอัดน้อยกว่าก็จริงแต่เหล็กเสริมเป็นสนิมน้อยกว่ามาก แสดงให้เห็นว่าการใช้วัสดุปอซโซลานมีส่วนช่วยในเรื่องการแทรกซึมของคลอไรด์ได้ดี [5] นอกจากนี้ยังพบว่าเถ้าถ่านหินซึ่งเป็นวัสดุปอซโซลานช่วยให้คอนกรีตมีอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตต่ำกว่าคอนกรีตที่ไม่ใช้เถ้าถ่านหินในส่วนผสม แม้ว่าคอนกรีตทั้ง 2 ชนิดมีกำลังอัดเท่ากันก็ตาม [6]

**วิศวกรรมโยธาหลายคนรังเกียจการใช้วัสดุปอซโซลานแทนที่ปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต** เพราะราคาของวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าถ่านหิน มีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์มาก จึงรู้สึกเหมือนว่าเป็นการนำของราคาถูกมาใช้แทนที่ของราคาแพง ทำให้ได้คุณภาพของคอนกรีตที่ต่ำด้วย ซึ่งไม่จริงและเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน การที่เถ้าถ่านหินมีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์เพราะเป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านหินทำให้ต้นทุนการผลิตราคาต่ำกว่าปูนซีเมนต์มาก และการใช้เถ้าถ่านหินที่มีคุณภาพดี (ต้องเป็นเถ้าถ่านหินที่มีคุณภาพดี)

แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่ไม่มากจนเกินไป (โดยทั่วไปมักไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน) ทำให้คอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้นและราคาต่ำลง

**ความหนาของระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก** การก่อสร้างบ้านพักอาศัยโดยทั่วไปเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้นการป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมเป็นสิ่งสำคัญ และความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมคือวัสดุที่ปกป้องเหล็กเสริมให้เป็นสนิมช้าลง ถ้าระยะคอนกรีตที่ใช้หุ้มเหล็กหนาขึ้น สารเคมีหรือก๊าซต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นในการแทรกซึมเข้าถึงเนื้อเหล็กนานขึ้น หากสารละลายต่างๆ เช่น คลอไรด์ แทรกซึมเข้าไปถึงเหล็กเมื่อใด กระบวนการเกิดสนิมของเหล็กจะเริ่มต้นขึ้น หลายท่านอาจคิดว่าถ้าจะป้องกันเหล็กเป็นสนิม ควรให้มีระยะหุ้มเหล็กหนาๆ เช่น 20-30 ซม. จะได้ไม่เป็นสนิมน่าจะดี แต่ความจริงแล้ว การกำหนดให้ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กหนาๆ เป็นสิ่งไม่ดี เพราะหากความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กมากเกินไป ไม่มีเหล็กในการยึดเกาะ คอนกรีตบริเวณนั้นมักแตกร้าวเนื่องจากการยึด-หดตัวได้ง่าย ดังนั้นระยะหุ้มคอนกรีตหุ้มเหล็กจึงไม่ควรหนาเกินไป โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 10 ซม.

**สภาพแวดล้อมที่อาคารตั้งอยู่** หากอาคารตั้งอยู่ใกล้น้ำทะเลหรือน้ำกร่อยหรือมีสารละลายซัลเฟตอยู่สูง มีแนวโน้มว่าคอนกรีตเสริมเหล็กมักเสียหายจากการกัดกร่อนของสารเคมีเหล่านี้อย่างรวดเร็ว สะพานทางเดินคอนกรีตเสริมเหล็กที่ตั้งอยู่ริมอ่าวไทย จังหวัดชลบุรี ตามรูปที่ 3 มีความเสียหายจากการกัดกร่อนของน้ำทะเลสูงมาก ทั้งจากสารละลายคลอไรด์ที่ทำให้เหล็กเป็นสนิม จากสารละลายซัลเฟตที่ทำให้คอนกรีตเปื่อยยุ่ย และจากคลื่นและน้ำทะเลที่กระแทก เสียดสีคอนกรีตเสริมเหล็กอยู่ตลอดเวลา





รูปที่ 3 สะพานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการกัดกร่อนสูง สังเกตว่าเสามีรอยร้าวตามแนวเหล็กยื่น ส่วนคานมีรอยร้าวตามแนวเสริมเหล็กเช่นกัน เนื่องจากเหล็กเป็นสนิม สนิมเหล็กขยายตัวเกิดแรงเบ่ง ทำให้เป็นแรงดึงในคอนกรีต และคอนกรีตแตกตามรอยสนิมเหล็ก นอกจากนี้ผิวหน้าคอนกรีตยังมีรอยสีกร่อน เนื่องจากการเสียดสีของคลื่นและวัตถุที่ลอยตามน้ำทะเล

หากต้องการให้โครงสร้างริมทะเลหรือที่ตั้งอยู่ในทะเลมีอายุการใช้งานที่นานขึ้นกว่านี้ ต้องออกแบบให้คอนกรีตมีกำลังสูงมาก มีวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าถ่านหินอย่างน้อยร้อยละ 30 มีระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กที่หนาสัก 10 ซม. ซึ่งทำให้อายุการใช้งานนานขึ้น แต่คงไม่ถึง 500 ปี เพราะเหล็กคงเป็นสนิมก่อนและทำให้สะพานเสียหายเช่นกัน แต่ถ้าต้องการให้ใช้งานได้นานๆ ต้องทำเป็นคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก คือทำเป็นคอนกรีตล้วน (ไม่มีเหล็กในคอนกรีต) วางอยู่ในน้ำทะเล ซึ่งเมื่อไม่เสริมเหล็ก ย่อมไม่มีเหล็กให้เป็นสนิม แต่ต้องออกแบบสะพานคอนกรีต (ไม่เสริมเหล็ก) ไม่ให้รับแรงดัดหรือรับแรงดัดน้อยมาก เพราะเมื่อไม่มีเหล็กเสริม การรับแรงดึงและแรงดัดของคอนกรีตจะต่ำมาก

**สำหรับบทสรุป** หากต้องการสร้างบ้านที่มีอายุใช้งาน 500 ปี โดยที่ความเสียหายของบ้าน เกิดจากคอนกรีตและเหล็กเสริมเป็นหลัก (ซึ่งบ้านส่วนใหญ่ที่สร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กในปัจจุบันมักเสียหายในกรณีนี้เป็นส่วนใหญ่) ความเสียหายไม่ได้เกิดจากแผ่นดินไหว หรือ สึนามิ ไม่ได้ตั้งอยู่ในหรือใกล้ทะเล ต้องทำอย่างไรบ้าง ผมมีแนวคิดและข้อเสนอแนะดังนี้ครับ

1. การออกแบบและก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยเฉพาะเสาตอม่อและเสาชั้นล่างที่ต้องสัมผัสกับดิน หรือตากแดดตากฝน ให้มีขนาดใหญ่กว่าปกติอีก 5-10 ซม. หมายความว่า หากออกแบบแล้ว พบว่าต้องการเสาขนาด 20x20 ซม<sup>2</sup> ก็เพิ่มเป็น 25x25 ซม<sup>2</sup> หรือ 30x30 ซม<sup>2</sup> แทน เพราะที่เพิ่มขึ้นมาจากเดิมอีก 5-10 ซม. ไม่ได้เพิ่มขึ้นมาเพื่อรับน้ำหนักบรรทุกจรและน้ำหนักบรรทุกคงที่ แต่เพิ่มขนาดเสาให้ใหญ่ขึ้นมาเพื่อให้ทนทานต่อการกัดกร่อนจากก๊าซหรือสารเคมีต่างๆที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตและเหล็กเสริม

การเพิ่มขนาดเสาตอม่อหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นล่าง (ซึ่งมักสัมผัสดิน หรือน้ำใต้ดิน) ทำให้ค่าก่อสร้างและน้ำหนักบรรทุกคงที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเพิ่มขึ้น แต่ขอเรียนให้ทราบว่าเพิ่มขึ้นไม่มาก โดยทั่วไปมักไม่เกินร้อยละ 5 ของค่าก่อสร้างอาคารทั้งหมด ซึ่งน่าจะคุ้มค่ามากเพราะอายุการใช้งานจะยาวนานขึ้นมาก

2. กำลังอัดของคอนกรีต ในการออกแบบค่ากำลังอัดของคอนกรีตสำหรับบ้านพักอาศัย มักระบุกำลังอัดที่อายุ 28 วันประมาณ 180-240 กก/ซม<sup>2</sup> ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานได้ 50-80 ปี แต่ถ้าต้องการให้อยู่ได้ 500 ปี ต้องใช้กำลังอัดของคอนกรีตเท่ากับ 350-400 กก/ซม<sup>2</sup> ในข้อนี้หมายความว่า กำลังอัดที่ใช้ก่อสร้างในเสาตอม่อและเสาชั้นล่างต้องมีค่าสูงกว่าที่ออกแบบไว้ อาจใช้เฉพาะเสาตอม่อและเสาชั้นล่างเท่านั้น ส่วนคานและเสา

ชั้นอื่นๆ อาจไม่จำเป็น เพราะมีความเสียหายเนื่องจากการกัดกร่อนต่ำ แต่ถ้าใช้ทั้งหมดย่อมทำให้ความคงทนของอาคารเพิ่มขึ้นแน่นอนอีกหลายสิบหรือร้อยปี

3. ใช้วัสดุปอซโซลาน แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในส่วนผสมคอนกรีต ในที่นี้แนะนำให้ใช้ถ้าผ่านหินจากแม่เมาะที่มีคุณภาพชั้นที่ 1 หรือ ชั้นที่ 2 ตาม มอก. 2135 [3] หรือตาม ASTM C 618 [4] แทนที่ปูนซีเมนต์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน เพื่อลดค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต ลดการแทรกซึมของสารละลายคลอไรด์ และ การกัดกร่อนเนื่องจากสารละลายซัลเฟต แต่ไม่น่าจะเกินร้อยละ 50 เพราะกำลังอัดจะต่ำ

4. ใช้ระยะคอนกรีตที่หุ้มเหล็กอย่างเหมาะสม มาตรฐานการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง [7] กำหนดให้ใช้ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กที่บริเวณคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อติดดินหรือสัมผัสดินอย่างน้อย 7.5 ซม. ซึ่งในที่นี้มักได้แก่ เสาตอม่อ เสาชั้นล่าง คานคอดิน หรือคานชั้นล่าง เป็นต้น หากเห็นว่ายังน้อยไปอาจเพิ่มเป็น 10 ซม. เพื่อชะลอเวลาการแทรกซึมและการกัดกร่อนให้ใช้เวลานานขึ้น

**มีข้อสังเกตเพิ่มเติมว่า** ในการหล่อเสาตอม่อ เสาชั้นล่าง หรือคานคอดินที่สัมผัสกับดิน มักพบว่าระยะคอนกรีตที่หุ้มเหล็กที่ความหนา 1 ซม. แรก มักใช้ไม่ได้ เนื่องจากสัมผัสกับดินเมื่อคอนกรีตมีอายุน้อย ความแข็งแรงต่ำ ดังนั้นการใช้ระยะหุ้มคอนกรีตที่ 10 ซม. จึงดีกว่าที่จะกำหนดใช้ 7.5 ซม. ซึ่งเป็นระยะต่ำสุดที่กำหนดโดยมาตรฐาน ว.ส.ท. 1008 [7]

5. เมื่อเทคอนกรีตเข้าแบบหล่อต้องมีการกระทุ้งคอนกรีตให้แน่นอย่างเต็มที่ บ่มคอนกรีตทันทีที่สามารถบ่มได้ ทำการบ่มคอนกรีตอย่างน้อย 7 วัน เพื่อให้คอนกรีตมีกำลังเพิ่มสูงขึ้นได้อย่างเต็มที่ การบ่มคอนกรีตยาวนาน ยิ่งทำให้กำลังของคอนกรีตมีค่าสูงขึ้น

6. หลีกเลี่ยงหรือขจัดหรือลดสถานะที่ทำให้คอนกรีตเสียหายอย่างรวดเร็ว เช่น การสัมผัสกับน้ำกร่อย น้ำทะเล สารละลายกรด สารละลายซัลเฟต การกระแทกของคลื่น และ อื่นๆ เพื่อลดหรือชะลอการกัดกร่อนให้เกิดขึ้นน้อยหรือช้าที่สุด

**บทความนี้เป็นความเห็นและแนวคิดของผม** ซึ่งอาจมีผู้รู้เรื่องเกี่ยวกับคอนกรีตโต้แย้งในบางประเด็น ซึ่งผมขอเรียนให้ทราบว่า เป็นแนวคิดของผมเท่านั้นและเป็นแนวคิดที่ผมจะใช้ในการดำเนินงานเพื่อปลูกบ้านของผมเอง ส่วนผู้อ่านท่านใดสนใจจะนำข้อแนะนำหรือแนวคิดข้อใดข้อหนึ่งหรือหลายๆข้อไปประยุกต์ใช้งาน ผมเชื่อว่า จะทำให้บ้านพักมีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างแน่นอน แม้ว่าจะต้องเพิ่มเงินค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น แต่น่าจะคุ้มค่าแน่นอนครับ

**หมายเหตุ** บทความนี้ได้ลงตีพิมพ์ใน CPAC news ฉบับที่ 2 ปี 2558 หน้า 7-11

### เอกสารอ้างอิง

1. คุณพัทธ์ อัจจงค์ และ สุรพล อนวัชพงศ์พันธ์ รวมกฏหมายการควบคุมอาคาร เล่ม 1, คณะอนุกรรมการสาขากฎหมาย คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2538, 461 หน้า
  2. Parrott, L.T., A Review of Carbonation in Reinforced Concrete, Cement and Concrete Association, United Kingdom, 1987.
  3. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2135-2545, ปล่อยออกจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต, สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546, 10 หน้า
  4. American Society for Testing and Materials, ASTM C618-00: Standard Specification for Coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use as a mineral admixture in concrete, Annual Book of ASTM Standards, 2001, Vol. 04.02, Philadelphia, 310-313.
  5. Cheewaket T., Jaturapitakkulc., Chalee W., Concrete durability presented by acceptable chloride level and chloride diffusion coefficient in concrete: 10-year results in marine site, Materials and Structures, 2014, Vol. 47, 1501-1511.
  6. Homwuttiwong S., Jaturapitakkul C., Chindapasirt P., Permeability and abrasion resistance of concretes containing high volume fine ash and palm oil fuel ash, Computers and Concrete, 2012, Vol. 10 No. 4, 349-360.
- คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา, มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง, มาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, พิมพ์ครั้งที่ 1, พ.ศ. 2538