

เรื่องเล่ามาตรฐานงานออกแบบโครงสร้าง คอนกรีตในประเทศไทย

เอนก ศิริพานิชกร*

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การออกแบบอาคารคอนกรีตทั้งระบบคอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรงในประเทศไทย ได้ใช้มาตรฐานในการปฏิบัติงานทั้งการออกแบบและข้อกำหนดวัสดุของสมาคม วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ฯ (วสท.) มาโดยตลอด มาตรฐานทั้งหมดได้รับความนิยมนอกจากวิศวกรและผู้เกี่ยวข้องต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง แต่ถึงอย่างไรก็ตามมาตรฐานดังกล่าวเกือบทั้งหมดไม่ได้รับการรับรองให้เป็น กฎหมาย ซึ่งผู้ดูแลกฎหมายด้านการก่อสร้างเพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีความคงทนได้แก่ กรมโยธาธิการและผังเมือง สังกัดกระทรวงมหาดไทย และก็มีข้อบังคับตามกฎหมายที่แตกต่างไปจากข้อกำหนดของมาตรฐานวสท. เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น ขอเล่าถึงการพัฒนามาตรฐานการออกแบบอาคารคอนกรีตของ วสท. ก่อนมาตรฐาน ในสมัยก่อนเกือบทั้งหมดมุ่งไปที่เฉพาะการออกแบบ และใช้กรอบของ American Concrete Institute (ACI) เป็นต้นแบบของการยกวาง

มาตรฐานฉบับแรกของ วสท. ได้นำออกมาใช้ เมื่อปี พ.ศ.2515 เนื้อหาส่วนใหญ่เป็นตามวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design) ของ ACI318-63 และส่วนหนึ่งเป็นไปตามวิธีกำลังประลัย (Ultimate Strength Design) ของ ACI 318-71

การออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งานตามมาตรฐานฉบับนี้กำหนดกำลังอัดใช้งานของคอนกรีตในการออกแบบไว้เป็น 2 ค่า โดยมีค่าเป็นไปตาม ACI 318-63 ที่ให้ไว้ไม่เกินร้อยละ 45 ของกำลังอัดประลัยของคอนกรีต ($f_c = 0.45 f_{cu}$) ใช้สำหรับกรณีทั่วไปที่มีการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้าง และให้ปรับค่ากำลังอัดลดลง ด้วยตัวคูณคุณภาพ (β) เท่ากับ 5/6 ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่านับเป็นครั้งแรกที่มีการพูดถึงคุณภาพในการก่อสร้างและ ต้องถือว่าเป็นแนวคิดที่ดีมากและมีความก้าวหน้าเป็นอย่างยิ่งในขณะนั้น

สำหรับวิธีการออกแบบโดยวิธีกำลังประลัยได้กำหนดตามกรอบของ ACI318-71 ที่กำหนดให้ออกแบบสำหรับการคำนวณน้ำหนักบรรทุกทุกประลัย ดังสมการพื้นฐาน

$$U = 1.7D + 2.0L$$

ซึ่งจะเห็นว่าน้ำหนักบรรทุกทุกประลัยที่ออกแบบตามมาตรฐานนี้มีค่าค่อนข้างสูง และเมื่อเทียบกับมาตรฐานในรุ่นถัด ๆ มาจะเห็นได้ว่าผลการออกแบบจะทำให้ได้โครงสร้างที่ค่อนข้างสิ้นเปลืองมากเชื่อกันว่ากฎกระทรวงฉบับที่ 6 ออกตาม พรบ. ควบคุมอาคาร ที่ยังมีผลบังคับใช้จนถึงปัจจุบันแม้มีการแก้ไขไปแล้วก็ตาม ได้กำหนดข้อบังคับตามกรอบของมาตรฐานของ วสท. ฉบับนี้ เว้นแต่เพียงการกำหนดค่ากำลังของคอนกรีตใช้งานที่ให้ไว้เฉพาะเพียงเท่ากับ ร้อยละ 37.5 ($f_c = 0.375 f_{cu}$) และตัวเลขร้อยละ 37.5 นั้นมีค่าเท่ากับ 5/6 คูณด้วย (ร้อยละ 45) ซึ่งหมายความว่ากฎกระทรวงกำหนดกำลังของคอนกรีตใช้งานโดยใช้ตัวคูณคุณภาพที่พิจารณาเฉพาะคุณภาพของการก่อสร้างในเกณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐานที่ดี ซึ่งหากพิจารณาถึงสภาพการก่อสร้างในขณะนั้นเมื่อเกือบ 30 ปี การกำหนดของกฎกระทรวงครั้งนั้นถือว่ามี ความรับผิดชอบต่อความปลอดภัยของ ประชาชนเป็นอย่างดี

นอกจากนั้นในกฎกระทรวงฉบับดังกล่าวยังกำหนดค่าสูงสุดของกำลังใช้งานของคอนกรีตไว้ที่ไม่เกิน 65 กก./ชม.2 ซึ่งเมื่อนำไปพิจารณาที่ไปที่มาของกำลังที่กำหนดไว้นั้น น่าจะมาจากความเชื่อและข้อมูลผลของกำลังอัดของคอนกรีตที่ผลิตได้ในขณะนั้นมี ค่าสูงสุดไม่เกิน 180 กก./ชม.2 ซึ่งเมื่อนำไปคำนวณตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงจะมีค่าเท่ากับ 0.375 (180) เท่ากับ 67.5 กก./ชม.2 และปรับให้เป็นตัวเลขลงตัวที่ 65 กก./ชม.2 ดังกล่าว

สำหรับวิธีกำลังประลัย นอกจากกฎกระทรวงจะกำหนดตัวคูณน้ำหนักบรรทุกทุกที่สูงแล้ว ยังกำหนดให้ใช้ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตไว้ไม่เกิน 150 กก./ชม.2 และเช่นกัน เชื่อว่าค่าที่กำหนดดังกล่าวได้มาจากการนำตัวคูณคุณภาพ (5/6) ไปคูณกับกำลังอัดสูงสุดที่นำเชื่อถือในขณะนั้นที่เท่ากับ 180 กก./ชม.2 ($150 = 5/6 \times 180$)

ตัวคูณคุณภาพ β ของมาตรฐาน วสท. พศ.2515 ถูกกำหนดและใช้ในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 ที่ 5/6 เพียงค่าเดียวและยังคงใช้เรื่อยมา แม้ว่ามาตรฐานอาคารคอนกรีตฉบับนั้นของ วสท. จะได้รับการแก้ไขปรับปรุงไปแล้วเมื่อปี พศ. 2534 ซึ่งในปีนั้นกำหนดมาตรฐานแยกเป็น 3 เล่ม ประกอบไปด้วย มาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน มาตรฐานอาคารคอนกรีตโดยวิธีกำลัง (ไม่เรียกว่าวิธีกำลังประลัย และได้ปรับปรุงตามกรอบของ Strength Design ตาม ACI318-89) และมาตรฐานอาคารคอนกรีตอัดแรง

ในส่วนของมาตรฐานโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ได้ยกเลิกตัวคูณคุณภาพสำหรับคอนกรีตและกำหนดให้ใช้ตามสมการมาตรฐานของ ACI 318-63 (คือ $f_c = 0.45 f_c'$) ด้วยเหตุที่เทคโนโลยีการผลิตคอนกรีตของประเทศไทยได้ก้าวหน้าไปมาก ประกอบกับความเห็นที่ว่าหากผู้ออกแบบไม่มั่นใจในคุณภาพของคอนกรีตที่ใช้ใน การก่อสร้างหรือคุณภาพของการก่อสร้าง วิศวกรสามารถเลือกใช้ค่ากำลังอัดประลัยที่ต่ำลงในการออกแบบได้

สำหรับตัวคูณน้ำหนักบรรทุกทุก (Load Factor) มาตรฐานฉบับวิธีกำลังกำหนดให้ใช้ค่าที่ลดลงที่เป็นไปตาม ACI 318-89 (คือ $U = 1.4D + 1.7L$) แม้ในขณะนั้นจะมีความเห็นขัดแย้งที่จะกำหนดค่าดังกล่าวให้สูงขึ้น แต่ด้วยเหตุผลที่วิศวกรผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้

น้ำหนักรรทุกออกแบบ (U) ที่สูงกว่าได้หากเห็นว่าการก่อสร้างจะไม่ได้คุณภาพดีตามต้องการ นอกจากนั้นมาตรฐานฉบับนั้นยังกำหนดค่าตัวคูณลดกำลัง (ϕ -factor) ออกเป็น 2 ชุด ซึ่งชุดหลังลดค่าตัวคูณลดกำลังตาม ACI318-89 ลงเมื่อผู้ออกแบบเชื่อว่าการก่อสร้างอาจไม่ได้คุณภาพดี

จากมาตรฐานฉบับปี พศ.2534 ที่มีความแตกต่างไปจากมาตรฐานปี พศ.2515 แต่ตามกฎหมายควบคุมอาคาร ที่มีรายละเอียดตามแจ้งไว้ข้างต้นทั้งวิธีหน่วยแรงใช้งานและวิธีกำลังยังคง มีรายละเอียดตามเดิม วิศวกรผู้ออกแบบจึงยังคงไม่สามารถใช้ค่าต่าง ๆ ในมาตรฐานใหม่ได้ ซึ่งเป็นผลให้การออกแบบยังให้ขนาดหน้าตัดขององค์อาคารที่โตกว่าที่ควร ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองในการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในประเทศไทย

การออกแบบตามกฎกระทรวงยังดำเนินการเรื่อยมาจนถึงปัจจุบันนี้ แต่ก็พบว่ามีสำนักงานออกแบบหลายแห่งใช้มาตรฐานการออกแบบตามมาตรฐานใหม่และมี เพียงใบปะหน้าของรายการคำนวณเท่านั้นที่ใช้ค่าต่าง ๆ ตามกฎหมายเท่านั้น

จนกระทั่งปี พศ.2548 กรมโยธาธิการและผังเมืองมีดำริที่จะปรับปรุงแก้ไขกฎกระทรวงฉบับที่ 6 โดยในครั้งนี้จะจัดทำแยกออกเป็นกฎกระทรวงที่จะคงสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับ ความปลอดภัยของประชาชน และข้อบังคับอาคาร ที่มีลักษณะเหมือนกับ Building Code ในต่างประเทศ ซึ่งจะประมวลรายละเอียดของการออกแบบ การอ้างอิงกับมาตรฐานการออกแบบของสมาคมวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง

จะเห็นได้ว่าการดำเนินการดังกล่าวมีเทคนิคที่ดีเนื่องจากการแก้ไข กฎกระทรวงนั้นกระทำได้ยาก ดังนั้นการออกแบบที่ควรจะได้รับพัฒนาให้ก้าวหน้าไปตามเทคโนโลยีของทั้ง วิธีการออกแบบ ข้อกำหนดของวัสดุ และวิธีการก่อสร้าง สามารถบรรลุสาระสำคัญต่าง ๆ ข้างต้นไว้ในข้อบังคับอาคารที่สามารถแก้ไขได้ง่ายกว่า

การแก้ไขกฎกระทรวงและจัดทำประมวลข้อบังคับอาคารมีกรอบส่วนใหญ่เป็นไปตาม มาตรฐานของ วสท. ฉบับปี พศ.2534 ยกเว้นการกำหนดตัวคูณลดกำลังขูดที่ 2 ตามวิธีกำลัง ที่ปรับไปจากข้อกำหนดของ วสท. โดยในครั้งนี้ คณะอนุกรรมการเลือกที่จะใช้ค่าตัวคูณปรับเท่ากับ 5/6 กับขูดค่าตัวคูณลดกำลังมาตรฐานซึ่งเป็นกรรมวิธีเช่นเดียวกันกับวิธีที่ครูบา อาจารย์และวิศวกรอาวุโส ได้ใช้ในอดีต

ร่างแก้ไขได้ผ่านอนุกรรมการแก้ไขกฎกระทรวงแล้ว และกำลังอยู่ในระหว่างการนำเสนอเข้าสู่การพิจารณาของคณะกรรมการควบคุมอาคาร แต่คาดว่าจะต้องใช้เวลานานพอสมควร อีกทั้งกรมโยธาธิการ ฯ เอง ก็มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาข้อมูลต่าง ๆ ในการสนับสนุนการแก้ไขกฎกระทรวงในครั้งนี้

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในมาตรฐานฉบับใหม่ ๆ และแนวโน้มสำคัญของมาตรฐานสากล ล่าสุด ASCE 7 (2002) ได้พยายามที่จะรวมมาตรฐานของการออกแบบอาคารทั้งโครงสร้างคอนกรีตและโครงสร้างเหล็ก (ซึ่งภายหลังกลุ่มโครงสร้างเหล็ก AISC ได้กำหนดวิธีการออกแบบคล้าย ๆ กับกลุ่มคอนกรีต ACI เรียกวิธีนี้ว่า Load and Resistance Factored Design (LRFD)) และมีสาระที่สำคัญอย่างยิ่งที่มีการกำหนดค่ากำลังที่ต้องการ มีตัวคูณน้ำหนักบรรทุกลดลงเป็น

$$U = 1.2D + 1.6L$$

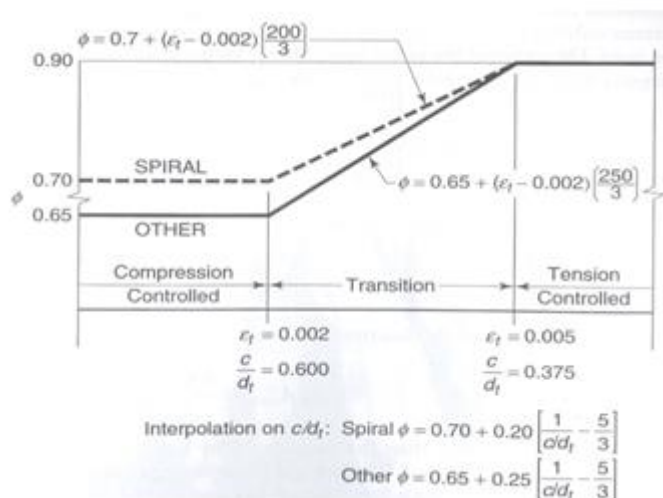
ผลของการกำหนดดังกล่าวข้างต้น กลุ่มคอนกรีตโดย ACI 318-02 (วิธีกำลัง) ได้มีการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานอย่างขนานใหญ่ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าเนื่องมาจากการกำหนดตัวคูณ

น้ำหนักบรรทุก(γ)ที่ลดลงจะมี ผล โดยตรงกับกลุ่มคอนกรีตซึ่งการก่อสร้างอาจจะพบความ ผิดพลาดและมีปัญหาด้าน การควบคุมคุณภาพ ที่กระทำไม่ได้ดีเท่า โครงสร้างเหล็ก

ลองมาพิจารณาสมการของอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety, FS) ก่อน คั้งนี้

$$FS = \frac{\gamma_1 \cdot D + \gamma_2 \cdot L}{D + L} \cdot \frac{1}{\phi}$$

จะเห็นว่าหากจะคงความปลอดภัยของโครงสร้างไว้เท่าเดิม เมื่อลดตัวคูณ น้ำหนักบรรทุกลง ก็จำเป็นต้องปรับค่าตัวคูณลดกำลังลงเช่นเดียวกัน ผลของการปรับลดตัว คูณลดกำลังครั้งนี้ได้แสดงไว้ในรูปข้างล่างนี้



อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่า ACI 318-02 กำหนดค่าตัวคูณลดกำลังโดยไม่แยกว่าเป็นองค์อาคารรับแรงดัดหรือองค์อาคารรับแรงอัดซึ่งแตกต่างกันไปจากมาตรฐานก่อนหน้านี้ นอกจากนั้นจะเห็นว่าหากองค์อาคารมีพฤติกรรมแบบแรงดึง (Tension Controlled) ค่าตัวคูณลดกำลังจะไม่ลดลง ซึ่งหมายความว่า ACI318-02 ให้ความสำคัญกับความเหนียว (Ductility-เหล็กเสริมน้อยมี Computed Tensile Strain มากกว่า 0.005) ขององค์อาคารเป็นอย่างมาก และลดตัวคูณลดกำลังลง กำหนดเป็น 2 สมการแยกตามประเภท Confinement ที่แตกต่างกัน (ปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว) จนกระทั่ง Computed Tensile Strain น้อยกว่า 0.002 ซึ่งเป็นพฤติกรรมแบบแรงอัด (Compression Controlled) ค่าตัวคูณลดกำลังจะลดลงจนถึงค่าต่ำสุด และเป็นที่น่าสังเกตว่า ACI 318-02 อนุญาตให้ออกแบบโครงสร้างภายใต้พฤติกรรมของแรงอัด (Over Reinforcement) ได้ แต่ตัวคูณลดกำลังจะมีค่าต่ำมาก

ตัวอย่างเช่น การออกแบบการรับแรงดัดจะมีค่าตัวคูณลดกำลังเท่ากับ 0.90 ซึ่งเท่ากับมาตรฐานเดิมก่อนหน้านี้ เมื่อการเสริมกำลังด้วยเหล็กเส้นทำให้ความเครียดดึงที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 0.005 แต่หากจะเสริมกำลังเพิ่มขึ้นและมาตรฐานนี้ยอมให้มีพฤติกรรมแบบแรงอัดได้ แต่ค่าตัวคูณลดกำลังจะเหลือเพียง 0.70 หรือ 0.65 แล้วแต่กรณี ทั้งนี้จะให้ความปลอดภัยเท่าเดิม ยกเว้นกรณีของพฤติกรรมแบบแรงดึงที่แม้ความปลอดภัยตามการคำนวณจะลดลง แต่องค์อาคารจะมีความเหนียวมากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการออกแบบองค์อาคารให้รับแรงกระทำพิเศษ เช่น แผ่นดินไหว

มาตรฐานการออกแบบในต่างประเทศเปลี่ยนแปลงและพัฒนาขึ้นไปตามเทคโนโลยี และงานวิจัยที่สนับสนุน แต่ความทันสมัยของการออกแบบอาคารคอนกรีตในประเทศไทยยังเป็นปัญหาใหญ่ โดยพบว่าเมื่อคราวประชุมเพื่อชี้แจงและรับฟังความเห็นจากผู้ปฏิบัติงานท้องถิ่นต่าง ๆ ทั่วประเทศเมื่อ 2-3 ปีก่อน ยังได้เสียงสะท้อนในเรื่องความกังวลใจทั้งคุณภาพของวัสดุก่อสร้างและการก่อสร้าง ซึ่งต้องรับฟังไว้ด้วยความเคารพยั้ง ดังนั้น

วารสารคอนกรีต

TCA e-magazine



การกำหนดมาตรฐานให้ทันกับนานาชาติที่พัฒนาแล้วเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจจากทุกภาคส่วน

จากเรื่องเล่าที่กล่าวมาทั้งหมด คงจะถึงเวลาแล้วที่วิศวกร วิทยาลัยวิศวกรรมโยธา ผู้เกี่ยวข้องกับการกำหนดมาตรฐานและกฎหมายอาคารในประเทศไทย ต้องตระเตรียมความพร้อม เพื่อให้งานออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีปริมาณมากในประเทศนี้มีการพัฒนาควบคู่ไปกับความปลอดภัยของประชาชน และสอดคล้องกับความประหยัดที่มีผลต่อเศรษฐกิจของประเทศโดยส่วนรวม

สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

ชั้น 3 อาคารสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 487 งามคำแหง 39 ถ.รามคำแหง แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
โทรศัพท์ 0-2935-6539 โทรสาร 0-2935-6538 Email : thaitca@gmail.com Homepage : <http://www.thaitca.or.th>