

เรื่องเล่ามาตรฐานงานออกแบบโครงสร้างคอนกรีตในประเทศไทย

เอนก ศิริพานิชกร*

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การออกแบบอาคารคอนกรีตทั้งระบบคอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรงในประเทศไทย ได้ใช้มาตรฐานในการปฏิบัติงานทั้งการออกแบบและข้อกำหนดวัสดุของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ฯ (วสท.) มาโดยตลอด มาตรฐานทั้งหมดได้รับความนิยมนักวิศวกรและผู้เกี่ยวข้องต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง แต่ถึงอย่างไรก็ตาม มาตรฐานดังกล่าวเกือบทั้งหมดไม่ได้รับการรับรองให้เป็นกฎหมาย ซึ่งผู้ดูแลกฎหมายด้านการก่อสร้างเพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีความคงทนได้แก่ กรมโยธาธิการและผังเมือง สังกัดกระทรวงมหาดไทย และก็มีข้อบังคับตามกฎหมายที่แตกต่างไปจากข้อกำหนดของมาตรฐาน วสท.

เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น ขอเล่าถึงการพัฒนามาตรฐานการออกแบบอาคารคอนกรีตของ วสท. ก่อน

มาตรฐานในสมัยก่อนเกือบทั้งหมดมุ่งไปที่เฉพาะการออกแบบ และใช้กรอบของ American Concrete Institute (ACI) เป็นต้นแบบของการยกร่าง

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 ($f_c = 0.45 f_c'$) ใช้สำหรับกรณีทั่วไปที่มีการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้าง และให้ปรับค่ากำลังอัดลดลงด้วยตัวคูณคุณภาพ (β) เท่ากับ 5/6 ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่านับเป็นครั้งแรกที่มีการพูดถึงคุณภาพในการก่อสร้าง และต้องถือว่าเป็นแนวคิดที่ดีมากและมีความก้าวหน้าเป็นอย่างยิ่งในขณะนั้น

สำหรับวิธีการออกแบบโดยวิธีกำลังประลัยได้กำหนดตามกรอบของ ACI318-71 ที่กำหนดให้ออกแบบสำหรับการคำนวณน้ำหนักบรรทุกประลัย ดังสมการพื้นฐาน

$$U = 1.7D + 2.0L$$

ซึ่งจะเห็นว่าน้ำหนักบรรทุกประลัยที่ออกแบบตามมาตรฐานนี้มีค่าค่อนข้างสูง และเมื่อเทียบกับมาตรฐานในรุ่น

* ประธานคณะกรรมการคอนกรีตและวัสดุ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ฯ

อนุกรรมการแก้ไขกฎกระทรวงด้านความคงทนของอาคารคอนกรีต ฯ กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถัด ๆ มาจะเห็นได้ว่าผลการออกแบบจะทำให้ได้โครงสร้างที่ค่อนข้างสิ้นเปลืองมาก

เชื่อกันว่ากฎกระทรวงฉบับที่ 6 ออกตาม พรบ. ควบคุมอาคาร ที่ยังมีผลบังคับใช้จนถึงปัจจุบันแม้มีการแก้ไขไปแล้วก็ตาม ได้กำหนดข้อบังคับตามกรอบของมาตรฐานของ วสท. ฉบับนี้ เว้นแต่เพียงการกำหนดค่ากำลังของคอนกรีตใช้งานที่ให้ไว้เฉพาะเพียงเท่ากับร้อยละ 37.5 ($f_c = 0.375 f_c'$) และตัวเลขร้อยละ 37.5 นั้นมีค่าเท่ากับ 5/6 คูณด้วย (ร้อยละ 45) ซึ่งหมายความว่ากฎกระทรวงกำหนดกำลังของคอนกรีตใช้งาน โดยใช้ตัวคูณคุณภาพที่พิจารณาเฉพาะคุณภาพของการก่อสร้างในเกณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐานที่ดี ซึ่งหากพิจารณาถึงสภาพการก่อสร้างในขณะนั้นเมื่อเกือบ 30 ปี การกำหนดของกฎกระทรวงครั้งนั้นถือว่ามีความรับผิดชอบต่อความปลอดภัยของประชาชนเป็นอย่างดี

นอกจากนั้นในกฎกระทรวงฉบับดังกล่าวยังกำหนดค่าสูงสุดของกำลังใช้งานของคอนกรีตไว้ที่ไม่เกิน 65 กก./ชม.² ซึ่งเมื่อนำไปพิจารณาที่ไปที่มาของกำลังที่กำหนดไว้ในวันนั้น น่าจะมาจากความเชื่อและข้อมูลผลของกำลังอัดของคอนกรีตที่ผลิตได้ในขณะนั้นมีค่าสูงสุดไม่เกิน 180 กก./ชม.² ซึ่งเมื่อนำไปคำนวณตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงจะมีค่าเท่ากับ 0.375 (180) เท่ากับ 67.5 กก./ชม.² และปรับให้เป็นตัวเลขลงตัวที่ 65 กก./ชม.² ดังกล่าว

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

ตัวคูณคุณภาพ β ของมาตรฐาน วสท. พศ.2515 ถูกกำหนดและใช้ในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 ที่ 5/6 เพียงค่าเดียว และยังคงใช้เรื่อยมา 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 ประกอบกับความเห็นที่ว่าหากผู้ออกแบบไม่มั่นใจในคุณภาพของคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างหรือคุณภาพของการก่อสร้าง วิศวกรสามารถเลือกใช้ค่ากำลังอัดประลัยที่ต่ำลงในการออกแบบได้

สำหรับตัวคูณน้ำหนักบรรทุก (Load Factor) มาตรฐานฉบับวิธีกำลังกำหนดให้ใช้ค่าที่ลดลงที่เป็นไปตาม ACI 318-89 (คือ $U = 1.4D + 1.7L$) แม้ในขณะนั้นจะมีความเห็นขัดแย้งที่จะกำหนดค่าดังกล่าวให้สูงขึ้น แต่ด้วยเหตุผลที่วิศวกรผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้น้ำหนักบรรทุกออกแบบ (U) ที่สูงกว่าได้หากเห็นว่าการก่อสร้างจะไม่ได้คุณภาพดีตามต้องการ นอกจากนั้นมาตรฐานฉบับนั้นยังกำหนดค่าตัวคูณลดกำลัง (ϕ -factor) ออกเป็น 2 ชุด ซึ่งชุดหลังลดค่าตัวคูณลดกำลังตาม ACI318-89 ลงเมื่อผู้ออกแบบเชื่อว่าการก่อสร้างอาจไม่ได้คุณภาพดี

จากมาตรฐานฉบับปี พศ.2534 ที่มีความแตกต่างไปจากมาตรฐานปี พศ.2515 แต่ตามกฎหมายควบคุมอาคาร ที่มีรายละเอียดตามแจ้งไว้ข้างต้นทั้งวิธีหน่วยแรงใช้งานและวิธีกำลังยังคงมีรายละเอียดตามเดิม วิศวกรผู้ออกแบบจึงยังคงไม่สามารถใช้ค่าต่าง ๆ ในมาตรฐานใหม่ได้ ซึ่งเป็นผลให้การออกแบบยังให้ขนาดหน้าตัดขององค์อาคารที่โตกว่าที่ควรซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองในการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในประเทศไทย

การออกแบบตามกฎหมายกระทรวงยังคงดำเนินการเรื่อยมาจนถึงปัจจุบันนี้ แต่ก็พบว่ามีสำนักงานออกแบบหลายแห่งใช้มาตรฐานการออกแบบตามมาตรฐานใหม่และมีเพียงใบปะหน้าของรายการคำนวณเท่านั้นที่ใช้ค่าต่าง ๆ ตามกฎหมายเท่านั้น

จนกระทั่งปี พศ.2548 กรมโยธาธิการและผังเมืองมีดำริที่จะปรับปรุงแก้ไขกฎหมายฉบับที่ 6 โดยในครั้งนี้จะจัดทำแยกออกเป็นกฎหมายที่จะคงสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของประชาชน และข้อบังคับอาคาร ที่มีลักษณะเหมือนกับ Building Code ในต่างประเทศ ซึ่งจะประมวลรายละเอียดของการออกแบบการอ้างอิงกับมาตรฐานการออกแบบของสมาคมวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง

จะเห็นได้ว่าการดำเนินการดังกล่าวมีเทคนิคที่ดีเนื่องจากการแก้ไขกฎหมายนั้นกระทำได้ยาก ดังนั้นการออกแบบที่ควรจะได้รับพัฒนาให้ก้าวหน้าไปตามเทคโนโลยีของทั้งวิธีการออกแบบ ข้อกำหนดของวัสดุ และวิธีการก่อสร้าง สามารถบรรลุสาระสำคัญต่าง ๆ ข้างต้นไว้ในข้อบังคับอาคารที่สามารถแก้ไขได้ง่ายกว่า

การแก้ไขกฎหมายและจัดทำประมวลข้อบังคับอาคารมีกรอบส่วนใหญ่เป็นไปตามมาตรฐานของ วสท. ฉบับปี พศ.2534 ยกเว้นการกำหนดตัวคูณลดกำลังชุดที่ 2 ตามวิธีกำลัง ที่ปรับไปจากข้อกำหนดของ วสท. โดยในครั้งนี้ คณะอนุกรรมการเลือกที่จะใช้ค่าตัวคูณปรับเท่ากับ 5/6 กับชุดค่าตัวคูณลดกำลังมาตรฐานซึ่งเป็นกรรมวิธีเช่นเดียวกันกับวิธีที่ครูบาอาจารย์และวิศวกรอาวุโส ได้ใช้ในอดีต

ร่างแก้ไขได้ผ่านอนุกรรมการแก้ไขกฎหมายแล้ว และกำลังอยู่ในระหว่างการนำเสนอเข้าสู่การพิจารณาของคณะกรรมการควบคุมอาคาร แต่คาดว่าจะต้องใช้เวลาพอสมควร อีกทั้งกรมโยธาธิการฯ เอง ก็มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาข้อมูลต่าง ๆ ในการสนับสนุนการแก้ไขกฎหมายในครั้งนี้

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

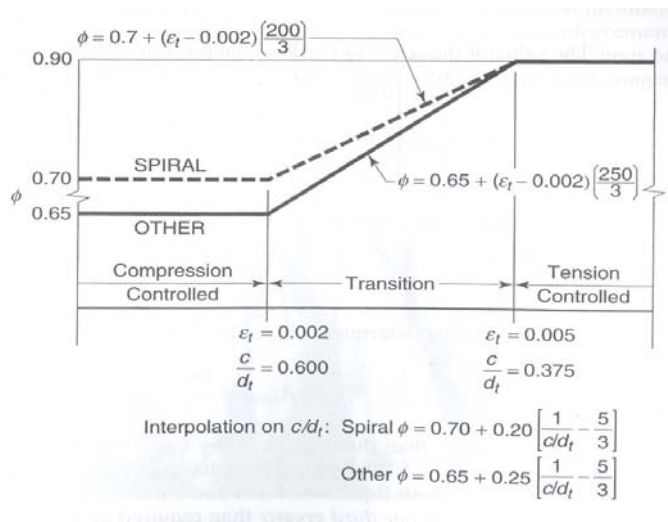
$$U = 1.2 D + 1.6 L$$

ผลของการกำหนดดังกล่าวข้างต้น กลุ่มคอนกรีตโดย ACI 318-02 (วิธีกำลัง) ได้มีการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานอย่างขนานใหญ่ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าเนื่องมาจากการกำหนดตัวคูณน้ำหนักบรรทุก (γ) ที่ลดลงจะมีผลโดยตรงกับกลุ่มคอนกรีตซึ่งการก่อสร้างอาจจะพบความผิดพลาดและมีปัญหาด้านการควบคุมคุณภาพ ที่กระทำไม่ได้ไม่เท่าโครงสร้างเหล็ก

ลองมาพิจารณาสมการของอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety, FS) ก่อน ดังนี้

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

จะเห็นว่า หากจะคงความปลอดภัยของโครงสร้างไว้เท่าเดิม เมื่อลดตัวคูณน้ำหนักบรรทุกลง ก็จำเป็นต้องปรับค่าตัวคูณลดกำลังลงเช่นเดียวกัน ผลของการปรับลดตัวคูณลดกำลังครั้งนี้ได้ดังแสดงไว้ในรูปข้างล่างนี้



อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่า ACI 318-02 กำหนดค่าตัวคูณลดกำลังโดยไม่แยกว่าเป็นองค์อาคารรับแรงดัดหรือ องค์อาคารรับแรงอัดซึ่งแตกต่างไปจากมาตรฐานก่อนหน้านั้น นอกจากนี้จะเห็นว่าหากองค์อาคารมีพฤติกรรมแบบแรงดึง (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 ซึ่งเท่ากับมาตรฐานเดิมก่อนหน้านั้น เมื่อการเสริมกำลังด้วยเหล็กเส้นทำให้ความเครียดดึงที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 0.005 แต่หากจะเสริมกำลังเพิ่มขึ้นและมาตรฐานนี้ยอมให้มีพฤติกรรมแบบแรงอัดได้ แต่ค่าตัวคูณลดกำลังจะเหลือเพียง 0.70 หรือ 0.65 แล้วแต่กรณี ทั้งนี้จะให้ความปลอดภัยเท่าเดิม ยกเว้นกรณีของพฤติกรรมแบบแรงดึงที่แม้ความปลอดภัยตามการคำนวณจะลดลง แต่องค์อาคารจะมีความเหนียวมากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการออกแบบขององค์อาคารให้รับแรงกระทำพิเศษ เช่น แผ่นดินไหว

มาตรฐานการออกแบบในต่างประเทศเปลี่ยนแปลงและพัฒนาขึ้นไปตามเทคโนโลยี และงานวิจัยที่สนับสนุน แต่ความทันสมัยของการออกแบบอาคารคอนกรีตในประเทศไทยยังเป็นปัญหาใหญ่ โดยพบว่าเมื่อคราวประชุมเพื่อชี้แจงและรับฟังความเห็นจากผู้ปฏิบัติงานท้องถิ่นต่าง ๆ ทั่วประเทศเมื่อ 2-3 ปีก่อน ยังได้เสียงสะท้อนในเรื่องความกังวลใจทั้งคุณภาพของวัสดุก่อสร้างและการก่อสร้าง ซึ่งต้องรับฟังไว้ด้วยความเคารพยิ่ง ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานให้ทันกับนานาชาติที่พัฒนาแล้วเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยความร่วมมือแรงร่วมใจจากทุกภาคส่วน

จากเรื่องเล่าที่กล่าวมาทั้งหมด คงจะถึงเวลาแล้วที่วิศวกร โรงเรียนวิศวกรรมโยธา ผู้เกี่ยวข้องกับการกำหนดมาตรฐานและกฎหมายอาคารในประเทศไทย ต้องตระเตรียมความพร้อม เพื่อให้งานออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมีปริมาณมากในประเทศนี้มีการพัฒนาควบคู่ไปกับความปลอดภัยของประชาชน และสอดคล้องกับความประหยัดที่มีผลต่อเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม