คอลัมน์ จับมาตรฐานมาขยาย

รองศาสตราจารย์ ดร. อมร พิมานมาศ
กรรมการอำนวยการ และ ประธานคณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมโครงสร้างและสะพาน วสท.
สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ตอนที่ 1

เรื่องการออกแบบองค์อาคารรับแรงเฉือนต้านแผ่นดินไหวตาม มยผ. 1301-54

สวัสดีครับ ท่านผู้อ่านทุกท่าน ผมตั้งใจเปิดคอลัมน์ “จับมาตรฐานมาขยาย” ขึ้นเพื่อนำเอามาตรฐานการออกแบบเช่น ACI318 มยผ. 1301 มาตรฐานของวสท. และมาตรฐานอื่นๆ มาอธิบายที่มาหลักการ หรือทฤษฎีเบื้องหลังให้ฟังกันพร้อมทั้ง ยกตัวอย่างประกอบ
ทั้งนี้สืบเนื่องจากที่ผ่านมาผมเองได้มีส่วนในการร่างมาตรฐานการออกแบบอาคารหลายๆมาตรฐาน ให้แก่กรมโยธาธิการและผังเมือง และ วสท. ก็คิดว่าจะเป็นโอกาสดีที่จะนำมาตรฐานนั้นมาอธิบายให้กับเพื่อนวิศวกรได้รับรู้ เพื่อจะได้นำไปใช้กันได้อย่างถูกต้องสมตามวัตถุประสงค์ของการร่างมาตรฐาน

เอาล่ะครับ เพื่อไม่เป็นการเสียเนื้อที่กระดาษ ผมขอเริ่มจากมาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว หรือที่เราๆท่านๆรู้จักกันดีในนามของ มยผ. 1301-54 ซึ่งเนื้อหาในมาตรฐานนี้มี 4 ส่วนนะครับคือ

1. ขอบข่าย
2. นิยามและสัญลักษณ์
3. ลักษณะและรูปทรงของโครงสร้าง
4. รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

สำหรับท่านใดที่ยังไม่มี มยผ. ฉบับนี้ดาวน์โหลดได้ที่
http://eservices.dpt.go.th/eservice_5/standard/data/sdw/1301_54.pdf

ผมจะขอเริ่มจากส่วนที่ 4 ก่อนนะครับซึ่งเป็นส่วนที่มีการคำนวณพอสมควร เรามาดูข้อ 4.2 ของมยผ. กันซึ่งกำหนดวิธีการออกแบบองค์อาคารต้านทานแรงเฉือน มยผ. 1301-54 เขียนไว้ดังนี้ครับ

ข้อความในมาตรฐาน มยผ. 1301-54 (ข้อ 4.2 หน้า 11)

4.2 กำลังต้านทานแรงเฉือน กำลังต้านแรงเฉือนที่ใช้ออกแบบคาน เสา และแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คานสำหรับต้านแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวจะต้องไม่น้อยกว่าค่าแรงเฉือนในข้อ 4.2.1 หรือข้อ 4.2.2 ข้อใดข้อหนึ่ง

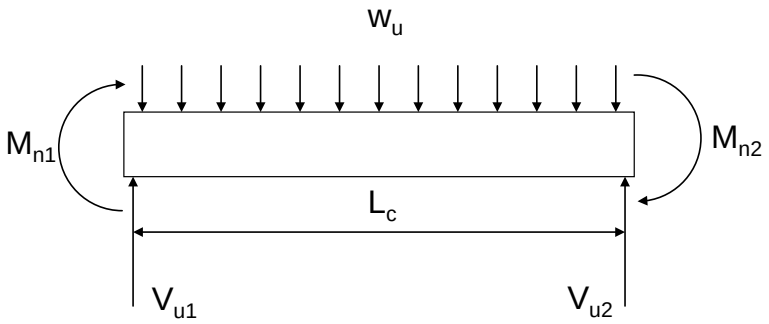
4.2.1 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นเมื่อแรงดัดที่ปลายขององค์อาคารทั้งสองถึงค่าโมเมนต์กำลังระบุรวมกับแรงเฉือนจากน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (ถ้ามี)

4.2.2 แรงเฉือนสูงสุดที่ได้จากการรวมน้ำหนักบรรทุกออกแบบ (Design Load Combinations) ที่พิจารณาแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวเป็น 2 เท่าของแรงที่กำหนดในกฎหมายควบคุมอาคารว่าด้วยการก่อสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

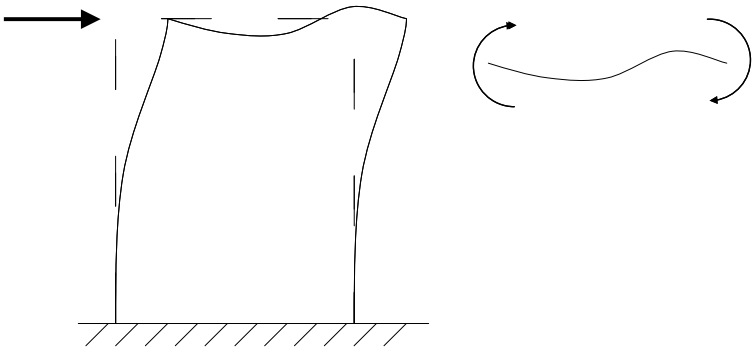
หลักการและเหตุผล

วัตถุประสงค์ของการคำนวณแรงเฉือนตามข้อ 4.2.1 และ 4.2.2 นั้นเพื่อป้องกันมิให้เกิดการวิบัติเฉือนโดยเด็ดขาด ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม เนื่องจากการวิบัติเฉือนเป็นการวิบัติที่เปราะ ซึ่งหากเกิดขึ้นแล้วโครงสร้างจะไม่แสดงพฤติกรรมเหนียวดังที่เราต้องการ ตรงนี้หวังว่าท่านผู้อ่านยังคงจำกันได้นะครับว่าหลักการออกแบบโครงสร้างต้านแผ่นดินไหวคือจะต้องทำให้โครงสร้างมีความเหนียวโดยให้คานเกิดการคราก และจะต้องป้องกันการวิบัติเฉือนมิให้เกิดขึ้นเป็นอันขาด

มาตรฐานมองว่าการป้องกันแรงเฉือนจะกระทำได้โดยข้อ 4.2.1 หรือ 4.2.2 ก็ได้ โดยหลักการของ 4.2.1 คือไปดูสถานะของคานตอนที่ปลายคานทั้งสองด้านครากแล้วคำนวณแรงเฉือนที่เกิดขึ้นที่สภาวะนั้น จากนั้นออกแบบเหล็กปลอกให้มีกำลังต้านทานแรงเฉือนมากกว่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้น รูปที่ 1 แสดงสถานะของคานที่ปลายคานครากทั้งสองด้านซึ่งหมายความว่าปลายคานถูกกระทำด้วยโมเมนต์ระบุ ซึ่งมีทิศเดียวกัน (แต่มีเครื่องหมายตรงกันข้าม ดูรูป 2 ประกอบ)



รูป 1 คานในสภาวะที่ปลายคานครากทั้งสองด้าน



รูป 2 แรงกระทำด้านข้างผลักโครงให้เซแล้วเกิดโมเมนต์ที่ปลายคานทิศตามรูป

ในรูปที่ 1 สามารถคำนวณแรงเฉือน V_u โดยดูจากสมดุลของแรงได้ดังนี้ ตัวอย่างเช่น หาก take โมเมนต์ที่ปลายคานด้านขวาจะได้ V_{u1}

$$V_{u1} = \frac{w_u L_c}{2} + \frac{M_{n1} + M_{n2}}{L_c}$$

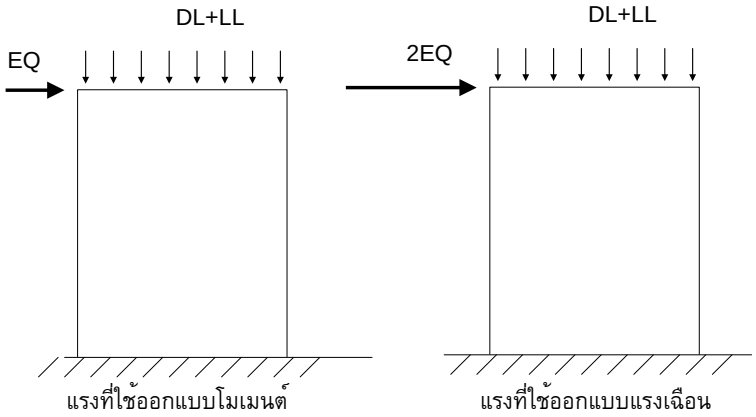
ทำนองเดียวกันหาก take โมเมนต์ที่ปลายคานด้านซ้ายก็จะคำนวณ ได้ดังสมการ

$$V_{u2} = \frac{w_u L_c}{2} - \frac{M_{n1} + M_{n2}}{L_c}$$

ในรูปแรงเฉือนที่ปลายซ้ายมีค่าสูงกว่าที่ปลายขวา จึงเป็นตัวควบคุมการออกแบบ

TUMCIVIL.COM Engineering Software Center
engfanatic CLUB &member

ส่วนข้อ 4.2.2 นั้นมาตรฐานให้คำนวณแรงเฉือนโดยพิจารณาแรงแผ่นดินไหวเป็นสองเท่า ในข้อนี้เรานำแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์โครงสร้างที่ถูกผลักด้วยแรงแผ่นดินไหวแล้วนำมาคูณสองแล้วนำไปรวมกับแรงเฉือนที่เกิดจากน้ำหนักตายตัวและน้ำหนักจร แล้วนำไปออกแบบเหล็กปลอก ข้อ 4.2.2 นี้ป้องกันการวิบัติเฉือนได้เพราะเราออกแบบคานรับโมเมนต์ดัดจากแรงแผ่นดินไหวหนึ่งเท่า แต่ออกแบบแรงเฉือนรับแรงแผ่นดินไหวไว้ถึงสองเท่า (ดูรูป 3) ดังนั้นจึงรับประกันได้ว่าคานจะต้องครากก่อนที่จะวิบัติเฉือนได้แน่



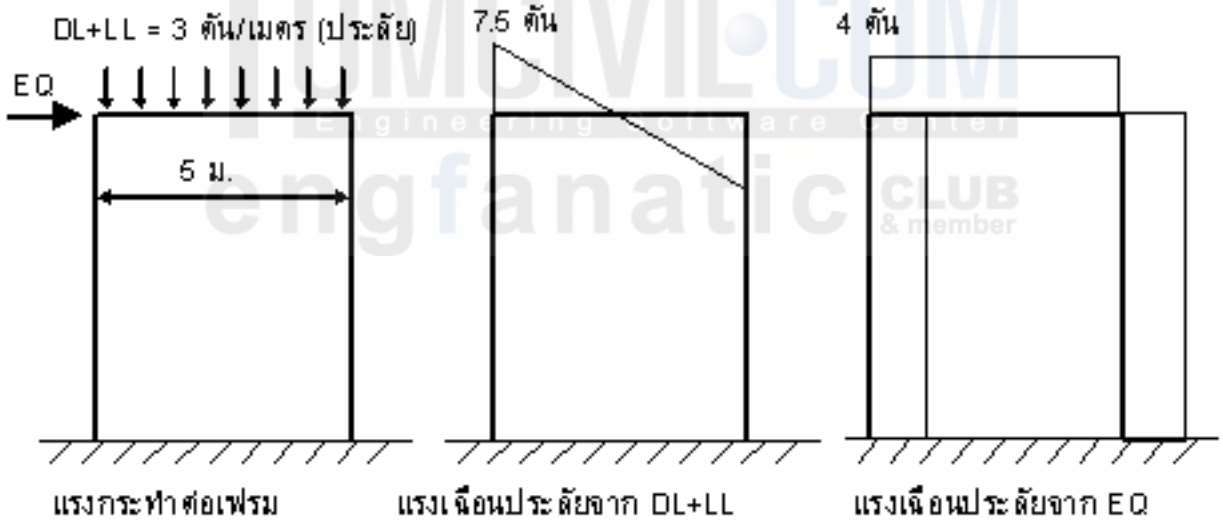
รูป 3 ระบบแรงที่ใช้ออกแบบโมเมนต์และแรงเฉือน

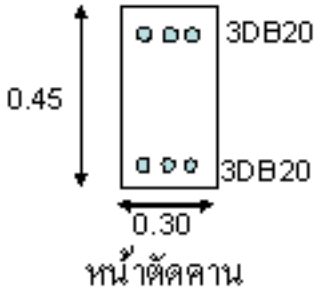
การนำไปใช้

ให้คำนวณแรงเฉือนในคาน เสา หรือ แผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน โดยวิธีที่ระบุ 4.2.1 หรือ 4.2.2 ก็ได้ เนื่องจากมาตรฐานใช้คำว่า *"....แรงเฉือนในข้อ 4.2.1 หรือข้อ 4.2.2 ข้อใดข้อหนึ่ง"* ตรงนี้หมายความว่าเราสามารถเลือกใช้ค่าแรงเฉือนที่คำนวณจาก 4.2.1 หรือ 4.2.2 ในการออกแบบก็ได้ อาจจะเลือกใช้ค่าน้อยหรือมากก็ได้ ไม่ได้บังคับว่าต้องใช้ค่ามาก ขึ้นอยู่กับดุลพินิจของวิศวกร การตีความเป็นตามนี้จริงๆครับ ต่างประเทศคือมาตรฐาน ACI318 ก็ตีความในลักษณะที่ว่านี้เช่นกัน

ตัวอย่างประกอบการใช้งาน

โครงสร้างอันหนึ่งรับแรงแผ่นดินไหวดังแสดงในรูปที่ 4 และเกิดแรงเฉือนประลัยจาก DL+LL และ EQ ตามแสดง หน้าตัดคานที่ได้ออกแบบรับโมเมนต์ดัดแล้วแสดงดังในรูป 4 จงคำนวณแรงเฉือนที่ใช้ในการออกแบบคาน





วิธีคำนวณ

จากโจทย์ DL+LL ที่สภาวะประลัย = 3 ตัน/เมตร

ตามข้อ 4.2.1

$A_s = 3 \times 3.14 = 9.42$ cm2 (3DB20)

$f_y = 4$ ton/cm2 (SD40)

d = 0.40 m (h = 0.45m)

Assume jd = 7/8 d

$M_{n1} = M_{n2} = A_s f_y jd = 3 \times 3.14 \times 4 \times (7/8 \times 0.4) = 13.2$ ตันเมตร

$$V_u = 0.75 \times \frac{3(5)}{2} + \frac{13.2 + 13.2}{5} = 10.9 \text{ ตัน}$$

ตามข้อ 4.2.2

$$V_u = 0.75 \times (\frac{3(5)}{2} + 2 \times 4) = 11.6 \text{ ตัน}$$

การออกแบบจะเลือก = 10.9 หรือ 11.6 ตันก็ได้ ซึ่งหากต้องการประหยัดก็ใช้ค่าน้อยคือ 10.9 ตันแต่หากวิศวกรเห็นว่าคานที่กำลังออกแบบนี้เป็นคานที่สำคัญมากก็อาจจะใช้ 11.6 ตันในการออกแบบก็ได้ ซึ่งก็จะยิ่งมีระดับความปลอดภัยเพิ่มขึ้นแต่ก็จะแพงขึ้น

หมายเหตุ ตัวคูณ 0.75 คือตัวคูณ (factor) ที่เกิดจากการรวมแรงแนวดิ่งกับแรงแผ่นดินไหวเข้าด้วยกัน

เอาล่ะครับสำหรับตอนนี้คงต้องพอแค่นี้ก่อน พบกันใหม่ตอนหน้าครับ

TUMCIVIL.COM Engineering Software Center
engfanatic CLUB & member