

# मुख्यकौकषषषष (Design Tip)

DT1



รศ.ดร.อมร พิमानมาศ

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

## ตอนที่ 1 : การทำรายละเอียดเหล็กเสริมเพื่อป้องกัน Progressive collapse ในแผ่นพื้นไร้คาน

คอลลัมนั้น เป็นการนำคอลลัมน์ DESIGN TIPS กลับมาอีกครั้งหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะให้ความรู้เกี่ยวกับงานออกแบบทางด้านวิศวกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านวิศวกรรมโครงสร้าง โดยเป็นลักษณะเกร็ดเล็กเกร็ดน้อยเกี่ยวกับงานออกแบบ หากวิศวกรท่านใดต้องการจะแบ่งปันความรู้ในลักษณะเกร็ดเล็กเกร็ดน้อยเช่นนี้ ก็ขอให้ส่งบทความของท่านมาที่ [amorn@siit.tu.ac.th](mailto:amorn@siit.tu.ac.th) ผมขอเริ่มบทความตอนแรกนี้ด้วยเรื่อง การทำรายละเอียดเหล็กเสริมเพื่อป้องกันการวิบัติ Progressive Collapse

การวิบัติแบบ Progressive collapse ของอาคาร เป็นการวิบัติที่เกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ เมื่อองค์อาคารใดเกิดการวิบัติก็จะทำให้องค์อาคารอื่นๆเกิดการวิบัติตามกันไปเป็นลูกโซ่ รูปที่ 1 นี้เป็นตัวอย่างการวิบัติของอาคารในประเทศเม็กซิโก เมื่อเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ระดับ 8.1 ในปี พ.ศ. 2528 ซึ่งเป็นการวิบัติในลักษณะ Progressive ทำให้อาคารพังทลายลงมาทั้งหลัง

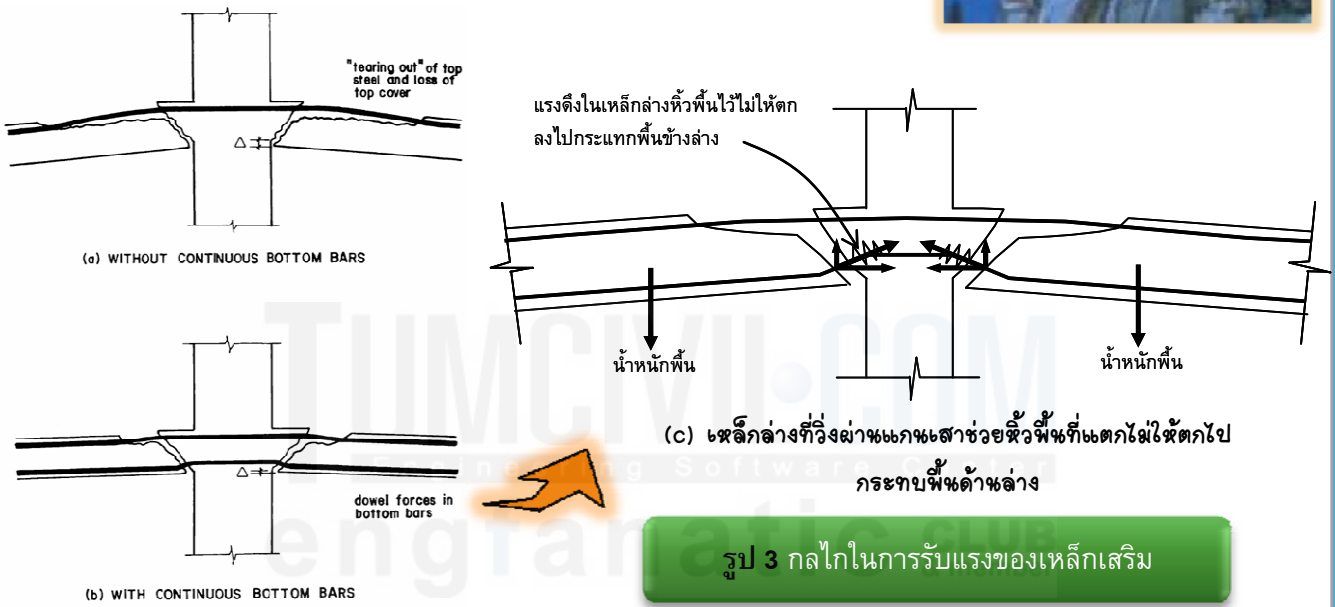


รูป 1 ตัวอย่างการวิบัติของอาคารในลักษณะ progressive ที่ประเทศเม็กซิโก

ในกรณีอาคารที่เป็นระบบแผ่นพื้นไร้คาน มีโอกาสสูงที่อาจจะเกิดการวิบัติแบบแรงเฉือนเจาะทะลุ (Punching shear failure) ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นแล้ว แผ่นพื้นที่วิบัติอาจจะตกลงไปกระแทกแผ่นพื้นในชั้นล่างที่อยู่ถัดลงไป ทำให้เกิดการวิบัติต่อเนื่องกันเป็นทอดๆ ทำให้อาคารถล่มลงมาทั้งหลังได้ (รูป 2) หลายคนอาจเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์ขนมชั้น หรือ Pancake effect การแก้ปัญหา Progressive collapse ในแผ่นพื้นไร้คานสามารถกระทำได้

หากรู้จักการทำรายละเอียดการเหล็กเสริมให้ถูกต้อง โดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย หรือบางกรณีอาจไม่ต้องเสียเงินเพิ่มเลยก็ได้ หลักการสำคัญคือจะต้องมีเหล็กล่างวิ่งผ่านแกนของเสาในปริมาณที่เหมาะสม เหล็กล่างนี้จะหิวแผ่นพื้นไว้ไม่ให้ตกกระแทกไปข้างล่างก็จะเป็นการป้องกัน Progressive collapse ได้ กลไกที่เหล็กล่างหิวพื้นแสดงดังในรูป 3

รูป 2 การวิบัติแบบเฉือนทะลุของแผ่นพื้นไร้คาน



รูป 3 กลไกในการรับแรงของเหล็กเสริม

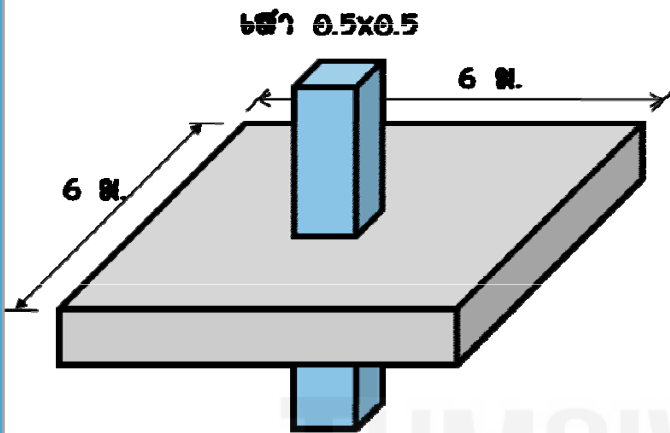
คราวนี้ก็มาถึงการคำนวณปริมาณเหล็กล่างที่ต้องการ สูตรที่ใช้ในการคำนวณก็ได้มาจากสมดุลในแนวตั้งระหว่างแรงดึงในเหล็กล่างกับน้ำหนักของพื้น โดยสมมติให้แนวเหล็กทำมุม 30 องศา กับแนวราบจะได้

$$A_s = \frac{0.5w_u l_1 l_2}{\phi f_y}$$

ในสูตร  $A_s$  เป็นพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมล่างที่ต้องวิ่งต่อเนื่องผ่านแกนเสา  $w_u$  เป็นน้ำหนักประลัยแนวตั้งที่กระทำต่อพื้นที่แต่ต้องไม่น้อยกว่าสองเท่าของน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ใช้งาน

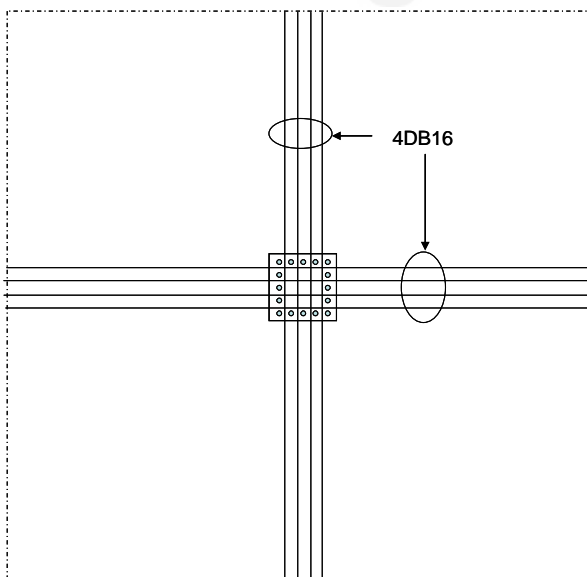
$l_1$  และ  $l_2$  เป็นความยาวช่วงเสาวัดจากตำแหน่งศูนย์กลางเสาในแต่ละทิศทาง  $f_y$  เป็นกำลังครากของเหล็กล่าง  $\phi$  เป็นค่าตัวคูณลดกำลังเท่ากับ 0.9 ในกรณีที่เป็นเสาตัน ริม ให้ใช้ 2/3 ของเนื้อที่เหล็กที่คำนวณจากสูตร และ หากเป็นเสาตันมุม ให้ใช้ 1/2 ของพื้นที่เหล็กที่คำนวณจากสูตร ปริมาณเหล็กที่คำนวณจากสูตรข้างต้น ไม่ใช่เป็นเหล็กที่ต้องใส่เพิ่มเติม แต่สามารถใช้เหล็กล่างที่ต้องใส่ในพื้นที่อยู่แล้ว เพื่อเป็นเหล็กต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการหดตัวของคอนกรีต ให้มีเนื้อที่หน้าตัดเท่ากับที่คำนวณจากสูตรข้างต้น

อย่างไรก็ดีจำนวนเหล็กต้องไม่น้อยกว่า 2 เส้น วางต่อเนื่องผ่านแกนเสาในแต่ละทิศทาง การวางเหล็กข่างๆเสาโดยไม่ผ่านแกนเสาไม่ช่วยหิ้วพื้นแต่อย่างใด จากรูปจะเห็นว่าเหล็กบนไม่สามารถนำมาใช้หิ้วพื้นได้ดีนัก เนื่องจากคอนกรีตหุ้มเหล็กจะกะเทาะหลุดออกไป แต่การวางเหล็กบนต่อเนื่องผ่านแกนเสาก็เป็นเรื่องจำเป็นเช่นกันดังจะได้กล่าวในบทความตอนต่อไป ท้ายสุดนี้จะขอยกตัวอย่างการคำนวณปริมาณเหล็กกลางจากสูตรข้างต้น เพื่อให้ท่านผู้อ่านได้เกิดเข้าใจในการใช้สูตรดังกล่าวให้ดีขึ้น



รูป 4 แสดงแผ่นพื้นไร้คานมีขนาดเสา 0.5 x 0.5 m และ มีขนาด bay 6 x 6 m ให้คำนวณเหล็กกลางที่ต้องวิ่งผ่านแกนเสาเพื่อป้องกัน

progressive collapse



รูป 5 ตัวอย่างแสดงการเสริมเหล็กกลางผ่านแกนเสา

### ตัวอย่างการออกแบบ

กำหนดให้

- น้ำหนักบรรทุกจร = 300 กก./ตร.<sup>2</sup>
- น้ำหนักบรรทุกคงที่ = 690 กก./ตร.<sup>2</sup>
- เหล็กข้ออ้อย  $f_y = 4,000$  กก./ตร.<sup>2</sup>

วิธีทำ

น้ำหนักบรรทุกประลัย

$$\begin{aligned}
 W_u &= 1.4 \times 690 + 1.7 \times 300 \\
 &= 1,476 \text{ กก./ตร.}^2 \\
 &> 2 \times 690 = 1,380 \text{ กก./ตร.}^2
 \end{aligned}$$

คำนวณปริมาณเหล็กเสริมตามสมการ

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{0.5 \times 1,476 \times 6 \times 6}{0.9 \times 4,000} \\
 &= 7.38 \text{ ซม.}^2
 \end{aligned}$$

จัดเหล็กกลาง 4 DB16 มีพื้นที่หน้าตัด = 8.04 ซม.<sup>2</sup> ให้ต่อเนื่องผ่านแกนเสาทั้งสองทิศทาง ดังแสดงในรูป 5

พบกันฉบับหน้าครับ/ ดร.อมร