

ช่องเปิดในพื้น Post tension



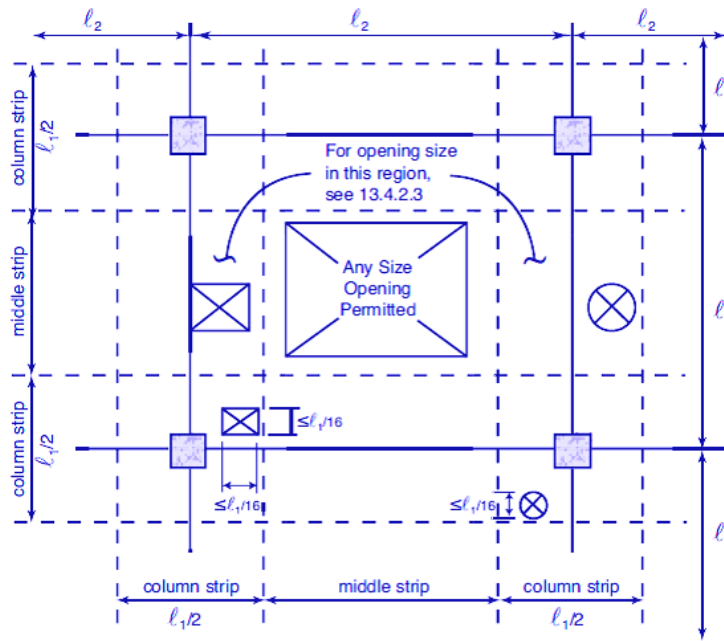
ในการก่อสร้างอาคารเป็นเรื่องปกติที่ต้องมีช่องเปิดสำหรับงานระบบหรือช่องเปิดเพื่อความสวยงามในพื้นที่คาน ตำแหน่งช่องเปิดมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะส่งผลกับกำลังในการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นโดยเฉพาะบริเวณหัวเสาที่แผ่นพื้นต้องการกำลังมากเพื่อรับแรงเฉือนเจาะทะลุ (Punching shear) ดังนั้นการให้คำแนะนำแก่ผู้กำหนดตำแหน่งช่องเปิดจึงมีความสำคัญ และถ้าจำเป็นต้องมีช่องเปิดในตำแหน่งที่ค่อนข้างวิกฤติโดยหลีกเลี่ยงไม่ได้ เราจึงต้องทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นและออกแบบแก้ไขให้แผ่นพื้นมีความแข็งแรงเพียงพอ

ในการพิจารณาช่องเปิดในแผ่นพื้น จะขอจำแนกออกเป็นสองลักษณะคือ

1. ช่องเปิดที่กำหนดก่อนการก่อสร้าง
2. ช่องเปิดที่เจาะเพิ่มหลังการก่อสร้าง

1. ช่องเปิดที่กำหนดก่อนการก่อสร้าง

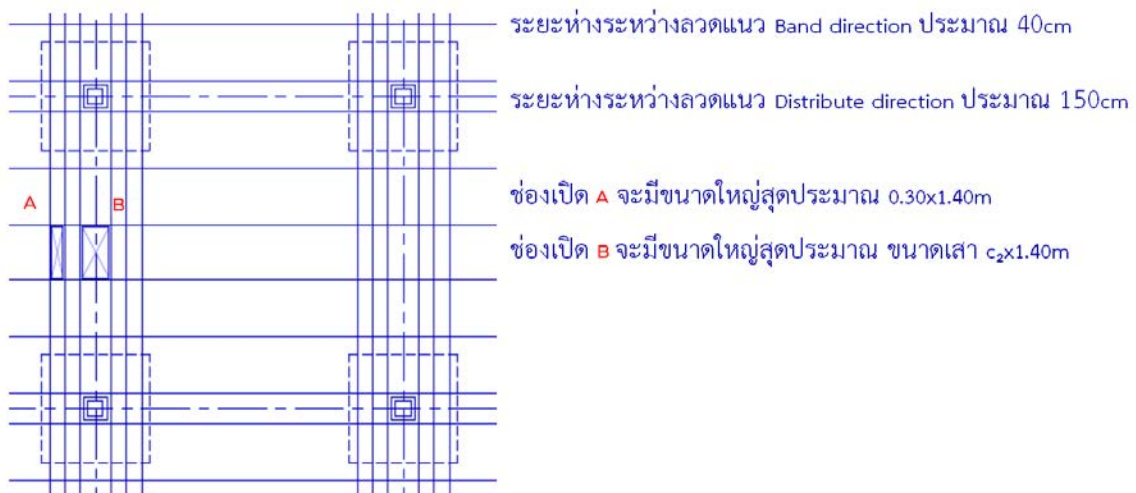
เนื่องจากช่องเปิดส่งผลเสียกับกำลังในการรับน้ำหนักของแผ่นพื้น ถ้าเราทราบปัญหา ก่อน เราจะสามารถหาแนวทางแก้ไขหรือให้คำแนะนำ เพื่อกำหนดให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุดกับกำลังของแผ่นพื้นได้ ใน Note on ACI318-05 ได้แนะนำตำแหน่งและขนาดของช่องเปิด ดังรูป



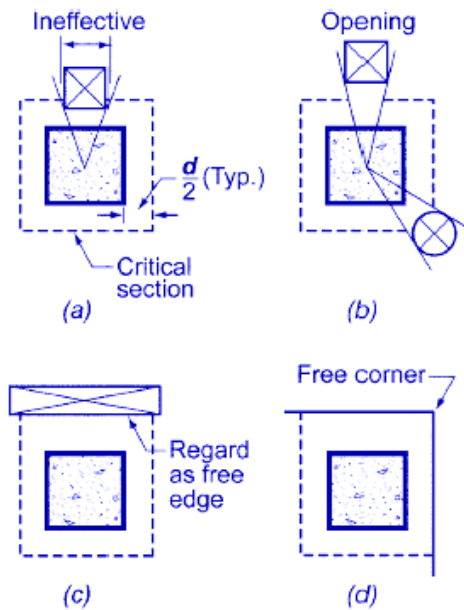
ภาพแสดงตำแหน่งและขนาดของช่องเปิด ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อกำลังของพื้น

จากรูป กำหนดให้ $l_2 > l_1$

- บริเวณ Middle strip ตัดกับ Middle strip สามารถมีช่องเปิดขนาดเท่าไรก็ได้ที่ไม่กระทบการจัดระยะลวดอัดแรง (ACI 13.4.2.1)
 - บริเวณ Column strip ตัดกับ Column strip แนะนำให้ช่องเปิดมีขนาดไม่เกิน $l_1/16$ (ACI 13.4.2.2)
 - สำหรับบริเวณ Column strip ตัดกับ Middle strip ใน ACI 318 หัวข้อ 13.4.2.3 กำหนดไว้ว่า เหล็กเสริมที่โดนช่องเปิดขวางจะต้องไม่เกิน $1/4$ ของปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมดในแถบเสาหรือแถบกลางนั้นๆ (ACI 13.4.2.3)
- สำหรับพื้น post tension ในบริเวณนี้ การจัดระยะลวดอัดแรงในแนว Band direction จะเป็นตัวกำหนดขนาดของช่องเปิด แสดงดังรูปด้านล่าง ดังนั้นในบริเวณนี้ การออกแบบพื้น post tension จึงควรวิเคราะห์โดยคำนึงถึงผลของช่องเปิดด้วย

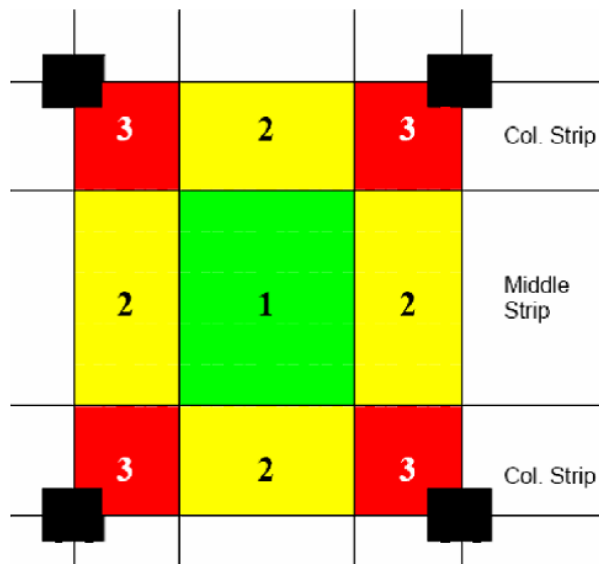


นอกจากนี้ ACI 13.4.2.4 ยังกำหนดให้ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือนในบริเวณที่มีช่องเปิดด้วย โดยช่องเปิดที่อยู่ในระยะน้อยกว่า 10 เท่าของความหนาพื้น (ACI 11.11.6) จะมีผลต่อการคิดระยะเส้นรอบรูปของหน้าตัดวิกฤติ, b_o แสดงดังรูป



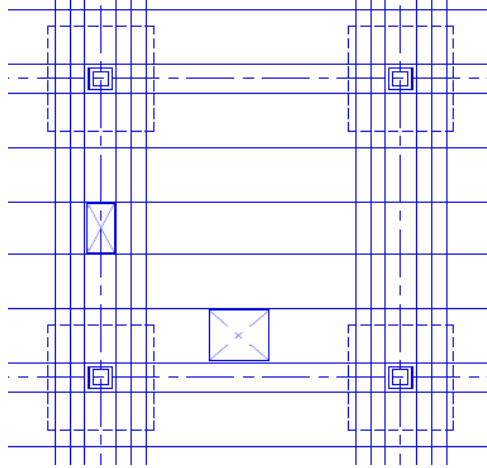
2. ช่องเปิดที่เจาะเพิ่มหลังการก่อสร้าง

ในการเจาะช่องเปิดหลังการก่อสร้าง จำเป็นจะต้องวิเคราะห์โครงสร้างใหม่ทุกครั้งเพื่อตรวจสอบผลของช่องเปิดที่ทำให้กำลังรับน้ำหนักของแผ่นพื้นลดลง โดยบริเวณช่องเปิดต้องใช้ค่าความกว้างของ design strip ลดลง และถ้าช่องเปิดใหม่มีตำแหน่งใกล้เสา จะต้องคำนึงถึงกำลังรับแรงเฉือนเจาะทะลุที่ลดลงด้วย โดยทั่วไปจะเลือกเจาะช่องเปิดในตำแหน่งที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่น้อยที่สุด และที่สำคัญจะพยายามไม่ให้ตัดลวดอัดแรงขาด



ในการทำงานเกี่ยวกับกรณีแรก ตำแหน่งที่พยายามหลีกเลี่ยงในการเจาะช่องเปิด จะเป็นพื้นที่หมายเลข 3 เพราะนอกจากทำให้กำลังรับน้ำหนักลดลงแล้ว จะส่งผลกระทบต่อกำลังรับแรงเฉือนทะลุ

ตำแหน่งที่ส่งผลน้อยที่สุดคือพื้นที่หมายเลข 1 เมื่อเจาะช่องเปิดใหม่แล้วตรวจสอบกำลังรับน้ำหนัก โอกาสผ่านมีค่อนข้างสูง



ในพื้นที่หมายเลข 2 จะเป็นบริเวณที่มีลวดอัดแรงแนว Band direction ทิศทางหนึ่งและลวดอัดแรงแนว Distributed direction อีกทิศทางหนึ่ง ขนาดของช่องเปิด โดยทั่วไปในพื้นที่หมายเลข 2 ที่มีลวดแนว Distributed direction จะสามารถเจาะช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่กว่า แต่ช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่ก็จะส่งผลให้ความกว้างของ design strip ลดลง

การตัดพื้นเพื่อทำช่องเปิดต้องใช้เครื่องมือการตัดที่สามารถควบคุมแนวตัดให้ได้ตรงตามที่กำหนดไว้ และไม่ทำให้คอนกรีตในบริเวณอื่นเสียหายทั้งช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมและการ coring



รูปแสดง การตัดพื้น



รูปแสดง Coring

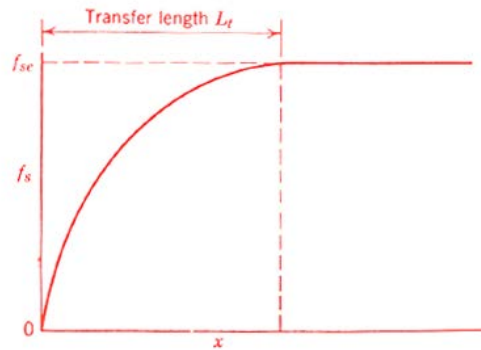


รูปแสดง scan หาดำแหน่งของสวดอัดแรง

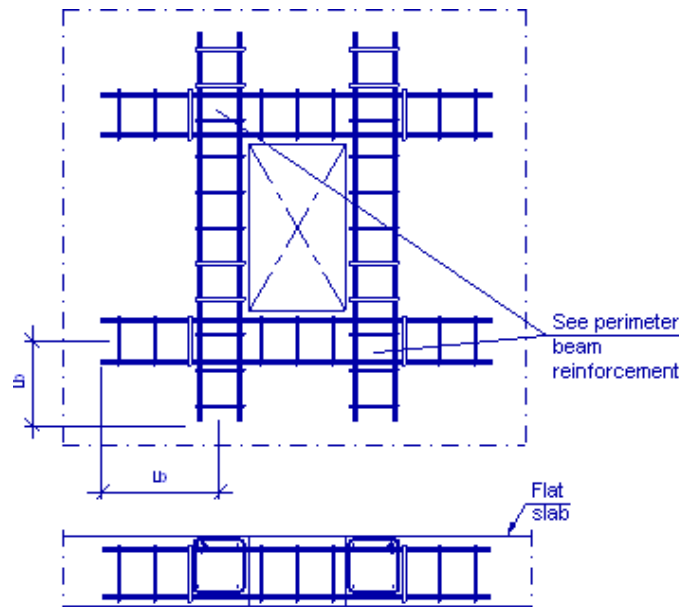
ก่อนตัดพื้นถ้าไม่ต้องการให้ตัดถูกสวดอัดแรง ควรทำการ scan หาดำแหน่งของสวดอัดแรงในบริเวณที่ต้องการตัดพื้น เพื่อเป็นการตรวจสอบก่อนตัดพื้น

สำหรับในกรณีที่มีช่องเปิดที่เจาะใหม่จำเป็นต้องตัดลวดอัดแรงบางเส้นในพื้นที่คานคองกรีตอัดแรงระบบมีแรงยึดเหนี่ยว (Bonded system) สามารถทำได้โดยจะไม่มีกรวดกลับของลวดอัดแรง เนื่องจากมีปูน Grout ที่อยู่ภายในท่อ Corrugated sheath เป็นตัวจับลวดไว้ การคิดกำลังของพื้นที่ที่มีช่องเปิดใหม่จะต้องคำนึงถึงผลของลวดอัดแรงที่โดนตัดขาดด้วย

เมื่อลวดอัดแรงโดนตัดขาด การถ่ายแรงของลวดที่เหลืออยู่จะเปลี่ยนไป โดยที่ขอบช่องเปิดลวดตำแหน่งนั้นจะมีค่าแรงอัดเป็นศูนย์ และจะมีค่าสูงขึ้นจนถึงค่าเดิมก่อนลวดขาดที่ระยะเท่ากับระยะ Transfer length, L_t



จะเห็นว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรงในลวดอัดแรงมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง แต่สามารถทำเป็นสูตรอย่างง่ายเพื่อใช้ในการคำนวณได้ดังนี้ $L_t = 1.5 \frac{f_{si}}{f'_{ci}} d_b - 11.7$ หน่วยเป็น cm โดยที่ f_{si} คือแรงดึงในลวดเริ่มต้น และ f'_{ci} คือกำลังของคอนกรีตขณะดึงลวด ขณะที่ ACI แนะนำให้ใช้ค่าโดยประมาณเท่ากับ $L_t = 50d_b$ ซึ่งจะได้ค่าน้อยกว่าสูตรแรกเมื่อ f'_{ci} มีค่าต่ำ



ดังนั้น ในการทำช่องเปิดที่มีการตัดลวดอัดแรงขาดจะต้องติดตั้งอุปกรณ์เพื่อยึดปลายลวดอัดแรงไม่ให้หลุดตัวกลับในขนาด และคำนึงถึงแรงอัดที่ลดลงในบริเวณรอบๆ ช่องเปิดที่ตัดลวดขาด อาจจะต้องเสริมความแข็งแรงรอบช่องเปิดด้วยวิธีเสริมเหล็กกันแตกรอบช่องเปิด โดยเปิดช่องเปิดให้กว้างกว่าที่ต้องการ ติดตั้งเหล็กเสริมรอบช่องเปิดแล้วเทกลับตามขนาดช่องเปิดที่ต้องการ

อีกวิธีหนึ่งในการเสริมกำลังที่ขอบช่องเปิดคือใช้แผ่นเหล็กหรือ CFRP ในการเสริมกำลังรอบช่องเปิดทั้งผิวบนและผิวล่าง ดังรูป



สำหรับกรณีช่องเปิดที่จำเป็นต้องเจาะใหม่อยู่ใกล้เสา ทำให้กำลังรับแรงเฉือนจะทะลุลดลง สามารถเสริมกำลังรับแรงเฉือนเพิ่มโดยใช้หุ่ข้างเหล็ก ดังรูป



จะเห็นว่าการออกแบบพื้นที่มีช่องเปิดทั้งสองลักษณะ จำเป็นต้องมีขั้นตอนการตรวจสอบผลกระทบของช่องเปิดต่อกำลังการรับแรงของพื้น ถ้าช่องเปิดมีขนาดเล็ก หรือไม่ได้อยู่ในแนว column strip ตัด column strip โดยทั่วไปสามารถใช้วิธี Equivalent frame method โดยใช้ค่าความกว้างของ design strip ที่ถูกต้องได้ และถ้าช่องเปิดมีขนาดใหญ่และอยู่ในบริเวณที่วิกฤติ ควรใช้วิธี Finite element method ในการตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่ใกล้เคียงพฤติกรรมจริงของโครงสร้างมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. ACI Committee 318; “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary”
2. M.E. Kamara, L.C. Novak; “Notes on ACI 318-11 Building Code Requirements for Structural Concrete with Design Application”
3. M.C.Mota, M.E.Kamara ; ”An Engineer’s Guide to Openings in Concrete Floor”
4. T.Y. Lin, N.H. Burns ; “Design of Prestressed concrete structures”3rd Edition

เรียบเรียงโดย

ภาคภูมิ วานิชกมลนันท์ [วย. 1924]