

## กำลังรับแรงเฉือนระหว่างรอยต่อคอนกรีตเก่า และใหม่ของหน้าตัดรับแรงดัน

ผศ.ดร.สมิทร ส่งพิริยะกิจ

รศ.อนง ศิริพานิชกร

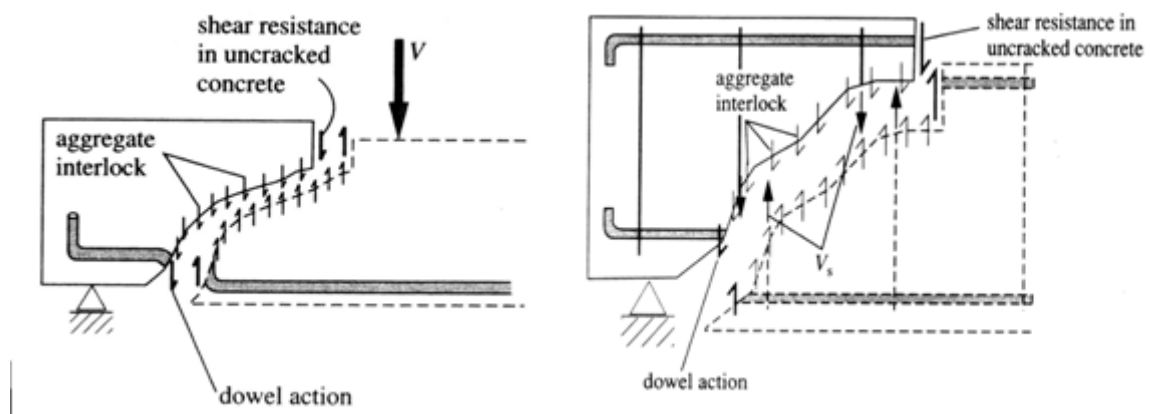
ในการกำหนดตำแหน่งการหยุดคอนกรีตในการเทแผ่นพื้นในทางทฤษฎี วิศวกรทุกท่านคงทราบดี อย่างไรก็ตามถ้าหากไม่สามารถหยุดคอนกรีตในตำแหน่งดังกล่าวได้ วิศวกรอาจจำเป็นต้องพิจารณาถึงกำลังรับแรงเฉือนของรอยต่อคอนกรีตนั้นด้วย

ก่อนที่จะได้กล่าวต่อไป อยาจะนำสมาชิกทุกท่านทบทวนถึงกลไกการรับแรงเฉือนของหน้าตัดคอนกรีตเสริม เหล็กเป็นเบื้องต้น คงจำกันได้ว่าในองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดัดและแรงเฉือนที่มีเหล็กเสริมล่างตามยาวทำหน้าที่รับแรงดัดอันเนื่องมาจากการดัดขององค์อาคารเป็นหลัก เช่น ชิ้นส่วนของแผ่นพื้น และคานการถ่ายแรง เฉือนในองค์อาคารประเภทนี้ประกอบด้วย 3 กลไก (เมื่อไม่มีเหล็กดัดรับแรงเฉือน) ประการแรกคือผ่านเหล็กเสริมนอน ที่เรียกว่า dowel action

กลไก dowel action นี้ เกิดจากแรงปฏิกิริยาด้านทานแรงดัด-ดิ่ง ของเหล็กเสริมในตำแหน่งที่เกิดแรงเฉือน ที่ประกอบกันกับการต้านทานการแตกร้าวของคอนกรีตบริเวณเหล็กเสริม โดยอาจกล่าวได้ว่า dowel action เป็นกลไกที่เกิดขึ้นจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมนั่นเอง

กลไกที่สองถูกเรียกว่า aggregate interlock เป็นการต้านแรงเฉือนที่เกิดจากการขัดกันของอนุภาคมวลรวมแต่ละอนุภาคในหน้าตัดขณะแตกร้าว แรงเสียดทานของมวลรวมแต่ละอนุภาคจะช่วยกันต้านทานแรงเฉือนที่ไหลผ่านหน้าตัดนี้

ส่วนกลไกที่สาม เป็นการต้านแรงเฉือนของหน้าตัดส่วนที่อยู่เหนือแกนสะเทินของหน้าตัดที่ยังไม่แตกร้าวและรับแรงอัดร่วมอยู่ด้วย รูปที่ 1 แสดง free body diagram ของแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 1 free body diagram แสดงการถ่ายแรงเฉือนบริเวณหน้าตัด

จากทั้งสามกลไกตามที่ได้กล่าวมา dowel action จะวิบัติก่อนเมื่อน้ำตัดรับแรงเฉือนถึงความสามารถสูงสุด(กำลังระบุ) ของหน้าตัด ( $V_n$ ) จากนั้นจึงเกิดการวิบัติในกลไกที่สองและสาม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตก็ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า แต่ละกลไกใดจะรับแรงได้เท่าใด

กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต ( $V_c$ ) จึงนิยมที่จะกล่าวถึงในภาพรวม มากกว่าผลรวมของแรงประกอบทั้งสามแรงนี้ เช่น  $V_c = 0.53 bd$

จะเห็นได้จากสูตรว่าการคำนวณค่า  $V_c$  ไม่ได้อาศัยกำลังและหน้าตัดของเหล็กนอนตามยาว (dowel action) เลย มาตรฐาน วสท 1008-38 ให้สมการข้างต้นเป็นสมการอย่างง่ายใน

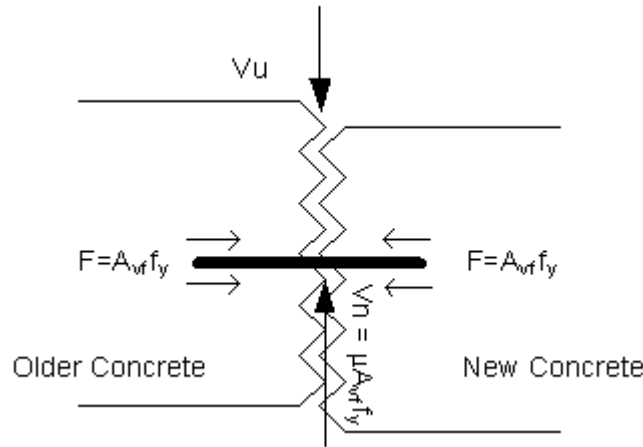
การคำนวณหาค่า  $V_c$  แต่ ก็ได้ให้สมการคำนวณที่ละเอียดมากขึ้น ในกรณีที่ต้องการจะพิจารณาถึงปริมาณเหล็กเสริมนอนเช่นกัน (โปรดดูข้อ 4403 ใน วสท 1008-38)

อย่างไรก็ตามในบางมาตรฐานก็พิจารณา dowel action อย่างละเอียด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการรับกำลังเฉือนของหน้าตัดคอนกรีต เช่น ความชะลูดของหน้าตัด ขนาดของหน้าตัด กำลังอัดของคอนกรีต ปริมาณเหล็กเสริมนอน อัตราส่วนของหน้าตัดต่อความยาวของคาน เป็นต้น

มาถึงกำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีตเก่าและใหม่ที่ติดต่อกัน วสท 1008-38 ได้กล่าวถึงไว้ในข้อ 4407 เรื่องแรงเฉือน-ความเสียดทาน (shear-friction) ประมาณหนึ่งหน้ากระดาษ ซึ่งจะขอสรุปคร่าวๆ ไว้ในที่นี้ ส่วนรายละเอียดเชื่อว่าจะไปหาอ่านเองได้

มาตรฐาน วสท กล่าวไว้ว่า “...ให้ ใช้ข้อกำหนด 4407 เมื่อเห็นสมควรที่จะพิจารณาว่ามีการถ่ายแรงเฉือนผ่านระนาบที่กำหนดให้ เช่น รอยร้าวที่มีอยู่หรือคาดว่าจะเกิดขึ้น ผิวต่อระหว่างวัสดุที่ไม่เหมือนกัน และผิวต่อระหว่างคอนกรีตที่หล่อในเวลาต่างกัน...”

กลไกการถ่ายแรงเฉือนแบบ แรงเฉือน-ความเสียดทาน นี้แตกต่างจากการถ่ายแรงเฉือนในหน้าตัดคานปกติที่ได้กล่าวมาข้างต้น กล่าวคือลักษณะของรอยร้าวจะถูกกำหนดขึ้นหรือสมมุติขึ้น อย่างชัดเจน เช่นในกรณีของรอยต่อคอนกรีตเก่าและใหม่ กำลังรับแรงเฉือนของหน้าตัดนี้ขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของ คอนกรีตเมื่อมีเหล็กเสริมรับแรงดึงสร้างแรงบีบ (clamping force) หน้า ตัดทั้งสองเข้าหากัน (ดูรูปที่ 2) ความสามารถในการถ่ายแรงเฉือน จึงขึ้นอยู่กับความหยาบที่ผิวคอนกรีตและขนาดของแรงกดบนผิวสัมผัสเป็นหลัก



รูปที่ 2 Model การถ่ายแรงเฉือนแบบ shear-friction

กำลังเฉือนระบุ  $V_n$  คำนวณได้จากสมการ  $fV_n = m A_{vf} f_y$

โดยใช้ค่า  $f$  เท่ากับ 0.85 และ  $A_{vf}$  เป็น พื้นที่หน้าตัดเหล็กที่ผ่านระนาบแรงเฉือน ส่วน  $f_y$  เป็น

กำลังครากของเหล็กมีค่าไม่เกิน 4000 กก/ ซม<sup>2</sup> และ  $m$  เป็นสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

โดย  $m$  สำหรับคอนกรีตปกติ มีค่าดังต่อไปนี้

คอนกรีตที่หล่อติดกับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว โดยตั้งใจทำให้เกิดผิวหยาบลึกประมาณ 6 มม ...1.0 คอนกรีตที่หล่อติดกับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วโดยไม่มีผิวรอยต่อที่ทำให้หยาบ ...0.6 ต่  $V_n$  ต้องมีค่าไม่เกิน  $0.2 A_c$  และไม่เกิน  $56 A_c$  ซึ่งมีหน่วยเป็น กิโลกรัมจากสูตรข้างต้น ทำให้สามารถหาปริมาณเหล็กเสริม  $A_{vf}$  ที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตาม ความยาวระยะฝังเพิ่มของเหล็กเสริมต้องพอเพียงให้เหล็กสามารถถ่ายแรงดึงจนถึงจุดครากได้

ในกรณีที่เหล็กเสริมรับแรงดึงอยู่ก่อนแล้วเนื่องโมเมนต์ดัด เช่นแผ่นพื้น จะต้องเพิ่มเหล็กเสริมเพื่อสร้างแรงบีบอัดอีกต่างหากด้วย