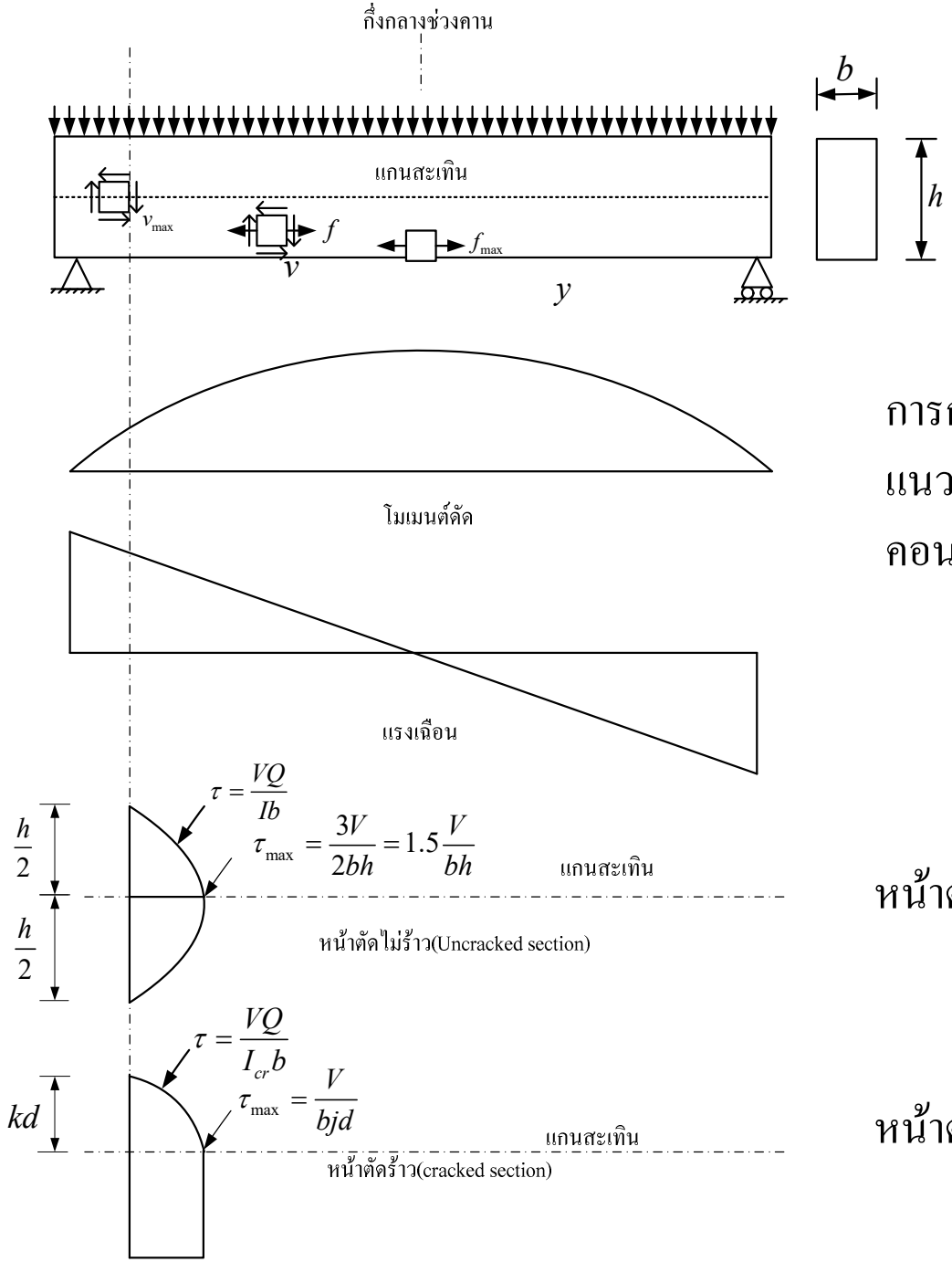
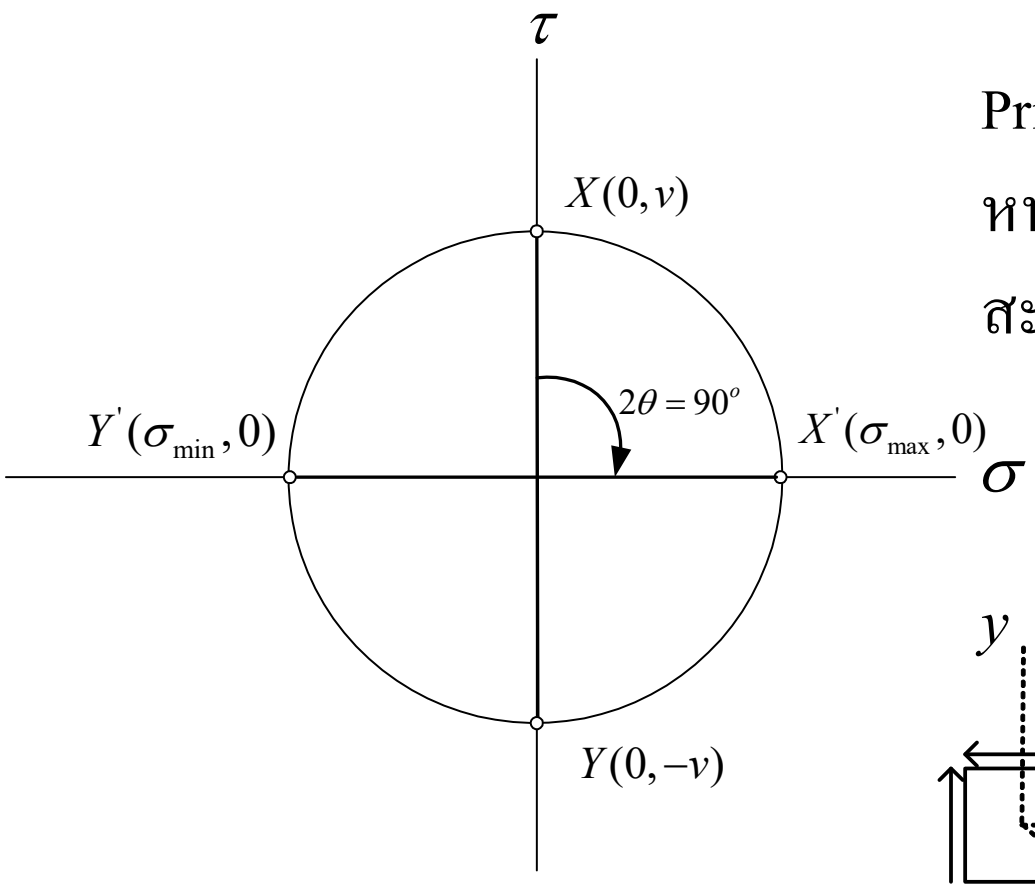
แรงเฉือนและแรงยึดเหนี่ยว
(SHEAR & BOND)



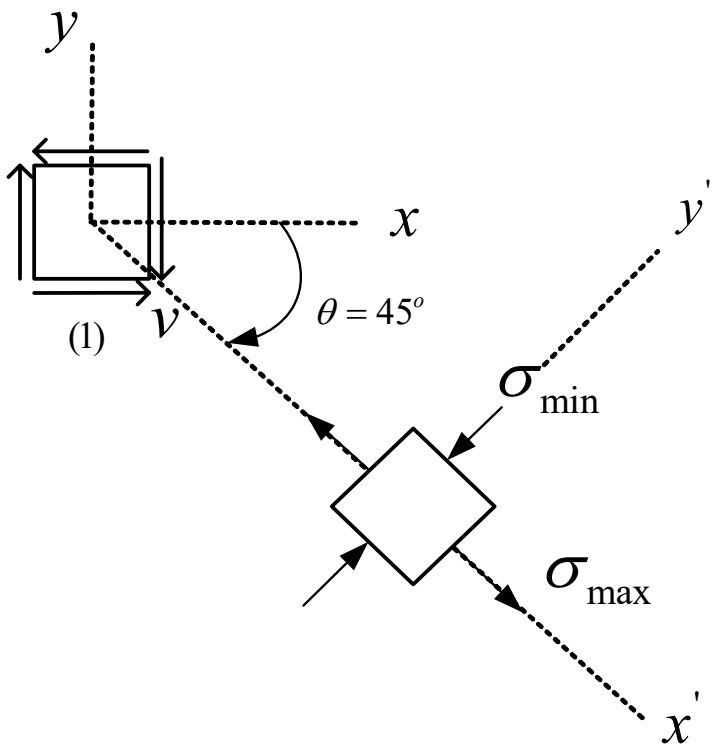
การกระจายหน่วยแรงเฉือนในแนวดิ่งบนหน้าตัดคานคอนกรีต

หน้าตัดไม่ร้าว

หน้าตัดร้าว

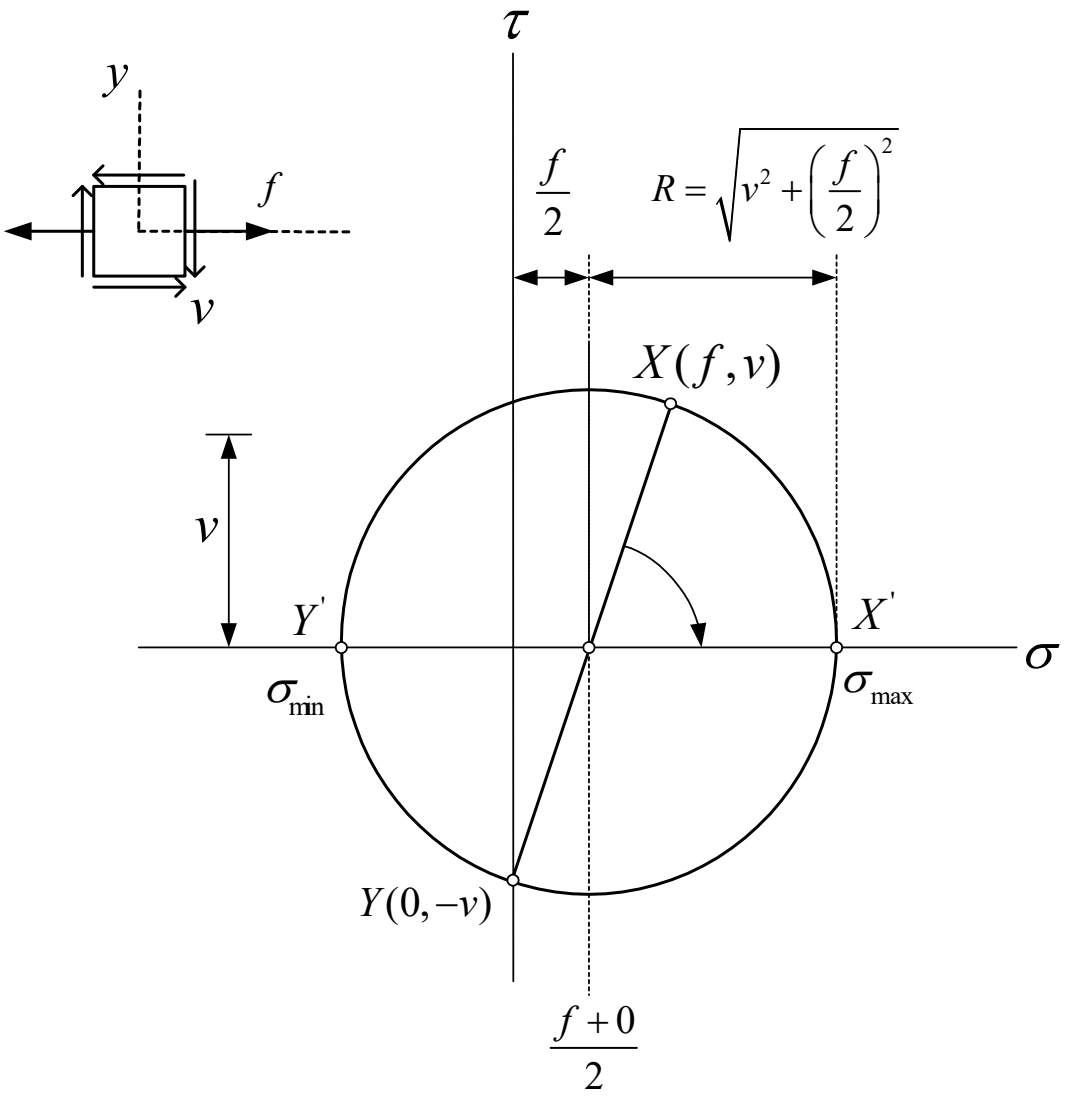


Principle tensile stress ที่เกิดจากหน่วยแรงเฉือนสูงสุดบริเวณแกนสะเทิน



$$\sigma_{max} = v$$

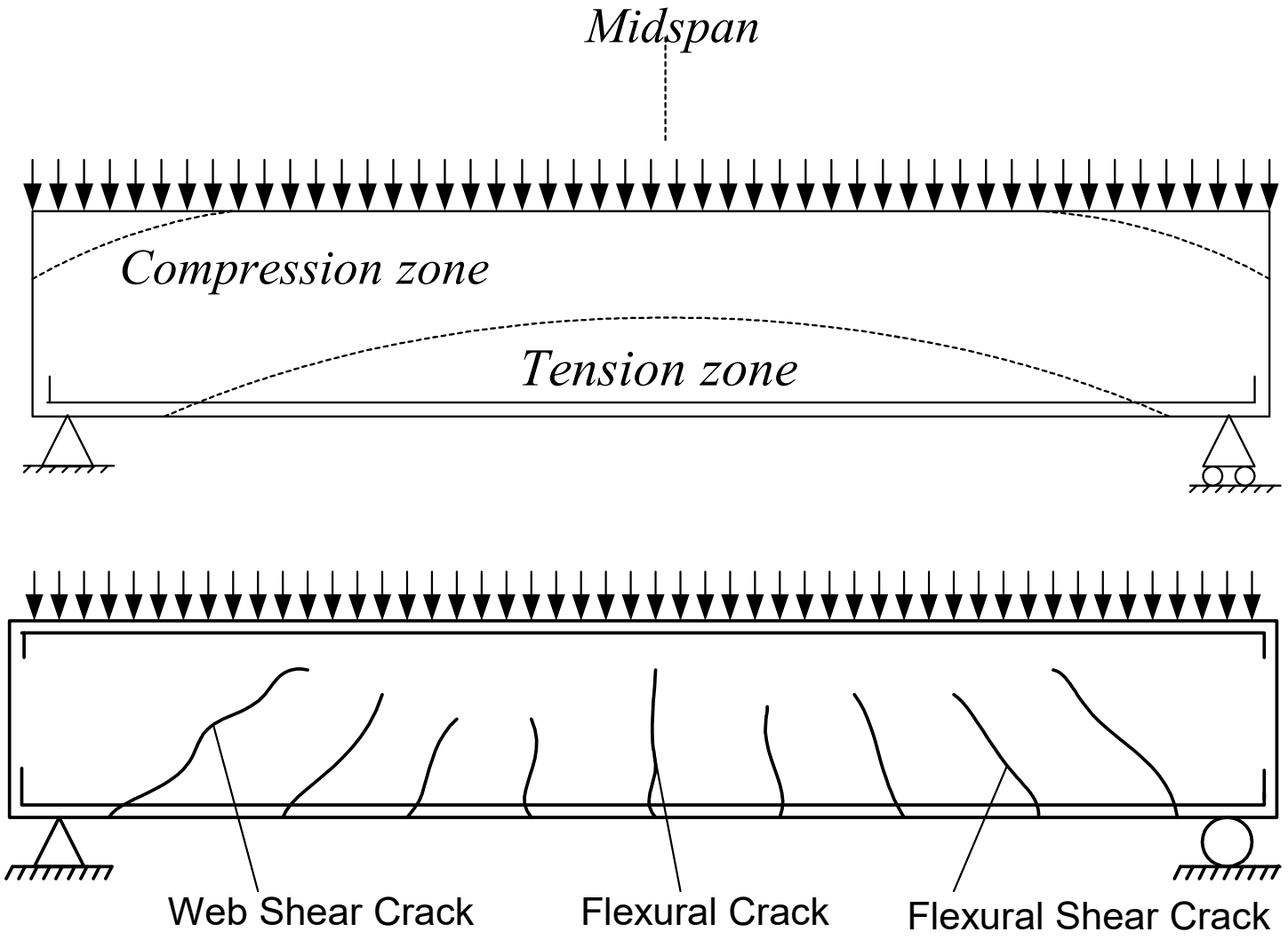
$$\sigma_{min} = -v$$

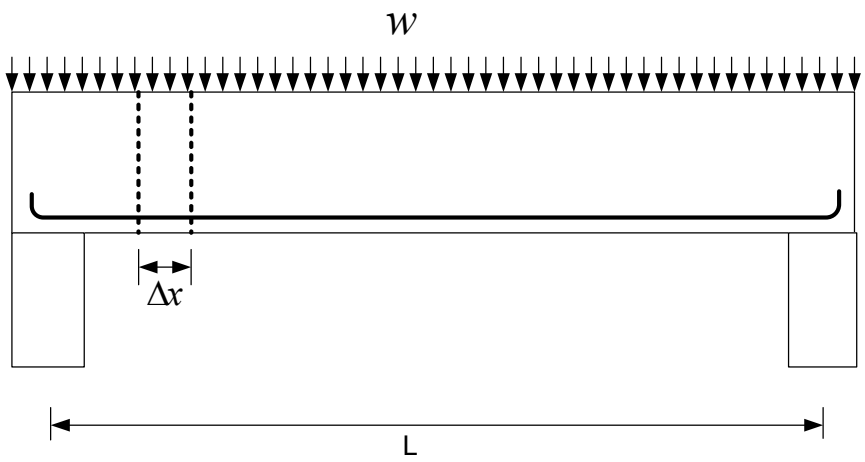


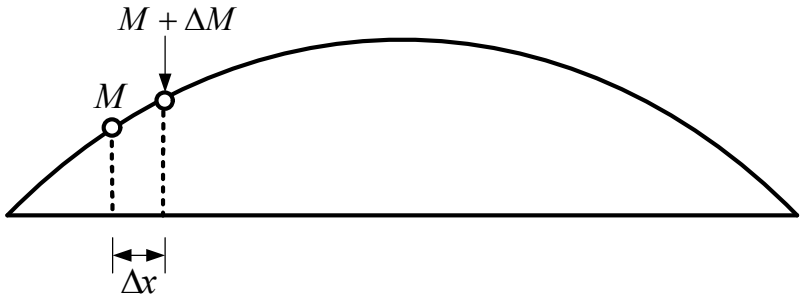
Principle stress ที่เกิดจาก หน่วยแรงตั้งฉากเนื่องจากโมเมนต์ดัดร่วมกับหน่วยแรงแรงเฉือน ณ จุดใดๆที่ไม่ใช่แกนสะเทิน(ซึ่งจะมีแต่หน่วยแรงเฉือนอย่างเดียว)

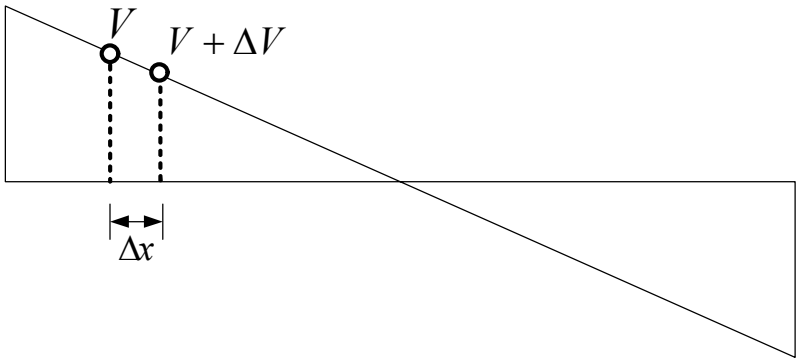
$$\sigma_{\max} = f_t = \sqrt{v^2 + \left(\frac{f}{2}\right)^2} + f$$

การแตกร้าวของคานคอนกรีตเสริมเหล็กเมื่อรับน้ำหนักเกินกว่าน้ำหนักบรรทุกใช้งาน

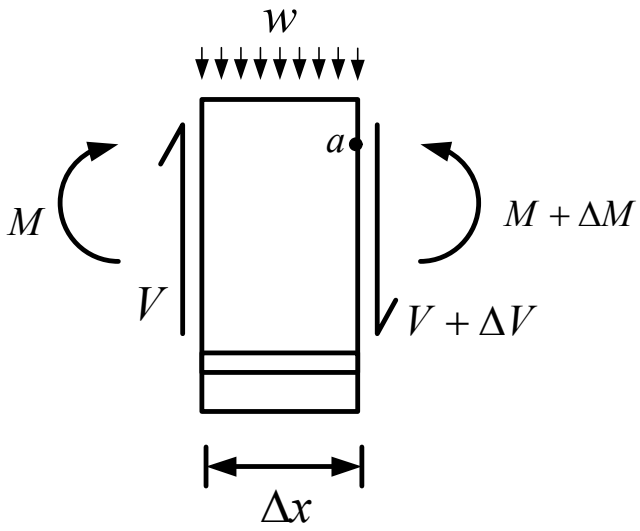


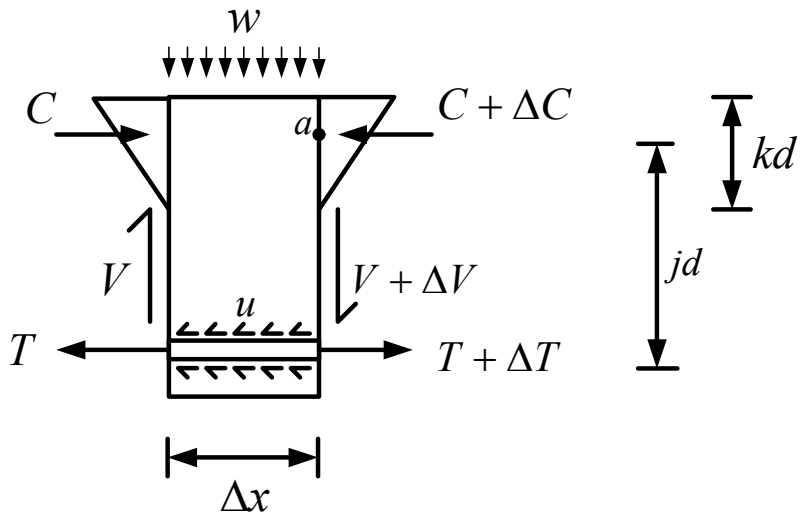


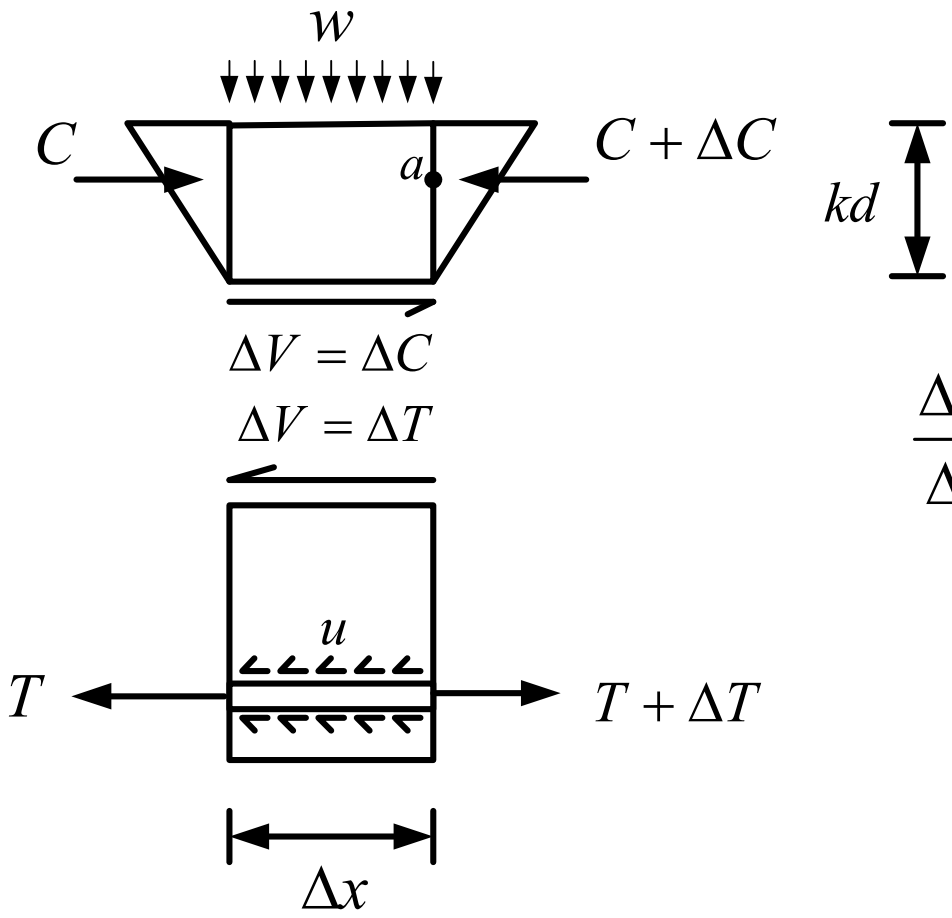




หน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่แกนสะเทิน







$$\frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{V}{jd} = q = Shearflow = vb$$

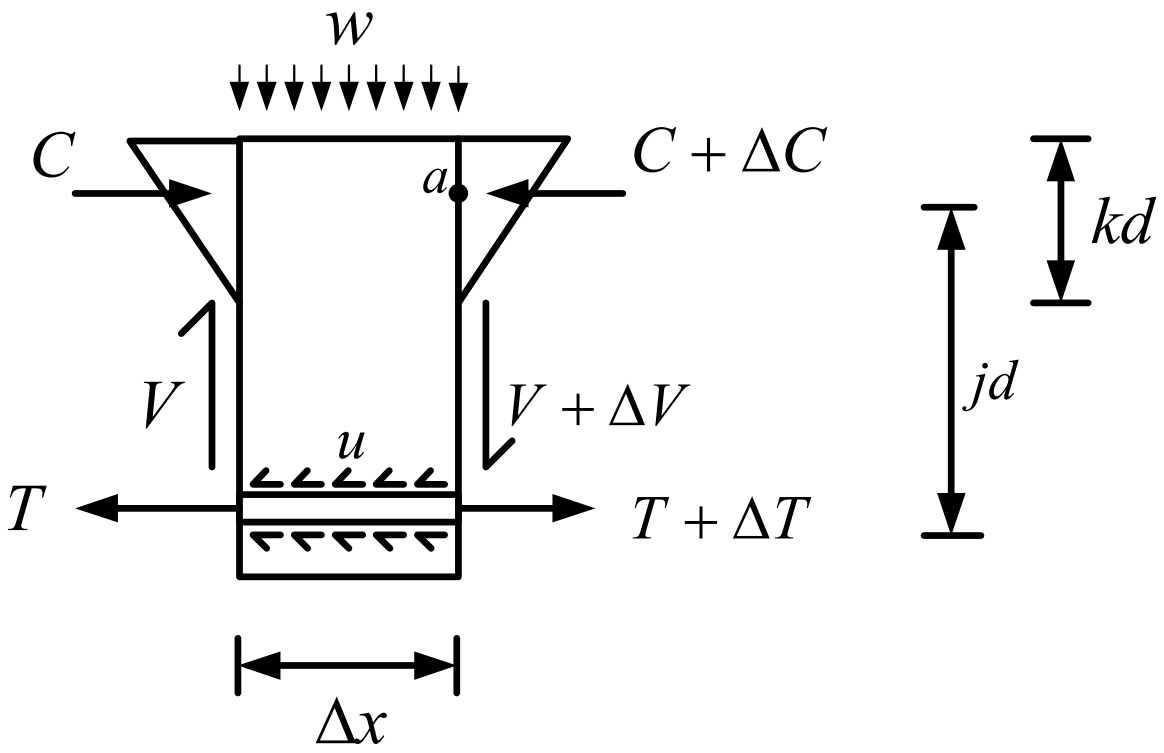
$$v = \frac{V}{bjd}$$

มาตรฐานการออกแบบของอเมริกัน(ACI) $v = \frac{V}{bd}$

กำหนดให้ใช้ค่า Nominal

ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้วัดระดับของหน่วยแรงเฉือนในคานซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่า

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นที่ผิวเหล็กเสริม



$$\sum M_a = 0$$

$$wdx(\frac{dx}{2}) + (T + \Delta T)\, jd = V\Delta x + Tjd$$

$$wdx(\frac{dx}{2}) \approx 0$$

$$\Delta Tjd = V\Delta x$$

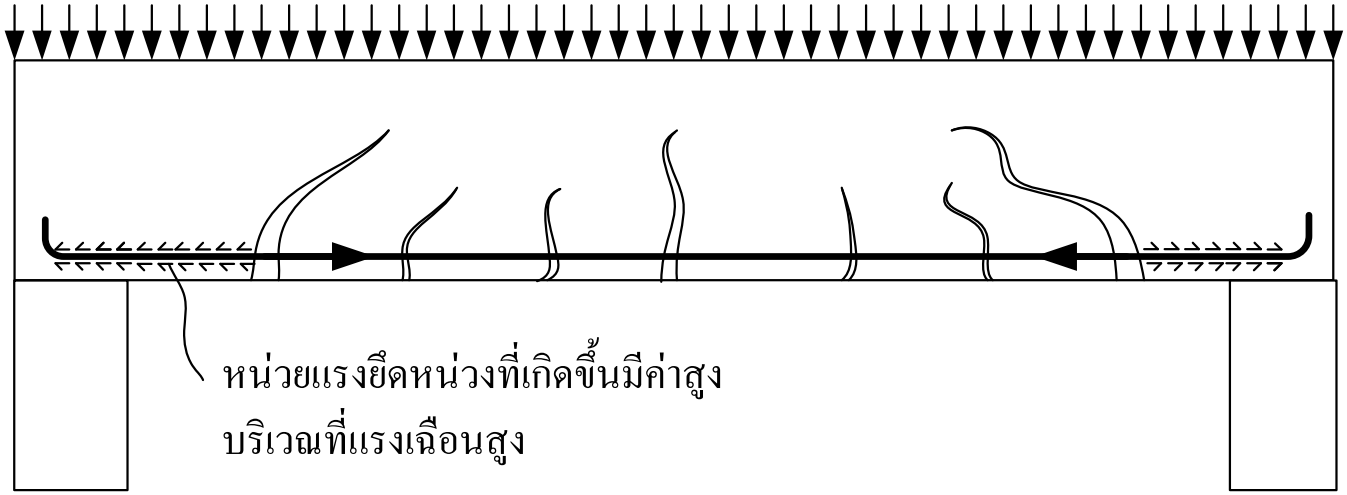
$$\frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{u\Delta x(\sum O)}{\Delta x} = \frac{V}{jd}$$

$$u = \frac{V}{(\sum O)\, jd}$$

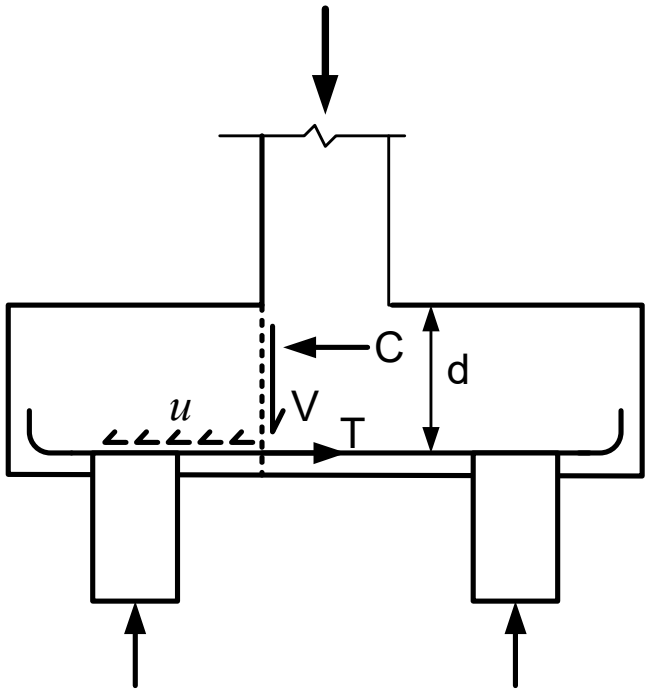
$\sum O$ =ผลรวมของเส้นรอบรูปของเหล็กเสริมรับแรงดึง

V =แรงเฉือนสูงสุดที่หน้าตัดวิกฤติ (ขอบเสา)

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากในฐานรากเนื่องจากมีแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤติสูง หรือในคานที่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกแล้วทำให้แรงเฉือนมีค่ามากก็อาจทำให้แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นมีค่ามากได้เช่นเดียวกัน



Bond failure เกิดขึ้นหลังจากเกิดการแตกร้าวเนื่องจากการเฉือน (แรงดึงทแยง)



$$u = \frac{V}{(\sum O)\, jd}$$

หากหน่วยแรงยึดเหนี่ยวมีค่ามากเกินไปเหล็กเสริมอาจเกิดการครูด (Slip) ทำให้เหล็กเสริมไม่สามารถรับแรงดึงได้อีกต่อไปคานจึงอาจถือว่าเกิดการวิบัติโดยแรงยึดเหนี่ยยวได้ ดังนั้นหน่วยแรงยึดเหนี่ยวจึงต้องจำกัดไว้ไม่ให้มีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมให้ที่กำหนดโดย วสท. ดังนี้

เหล็กเส้นกลม

กรณีเหล็กเสริมบนรับแรงดึง

หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้ $1.145\frac{\sqrt{f_c'}}{D}$

ไม่เกิน11 กก.ต่อตารางเซนติเมตร

กรณีเหล็กเสริมอื่นที่ไม่ใช่เหล็กบน

หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้ $1.615\frac{\sqrt{f_c'}}{D}$

ไม่เกิน11 กก. ต่อตารางเซนติเมตร

เหล็กข้ออ้อย

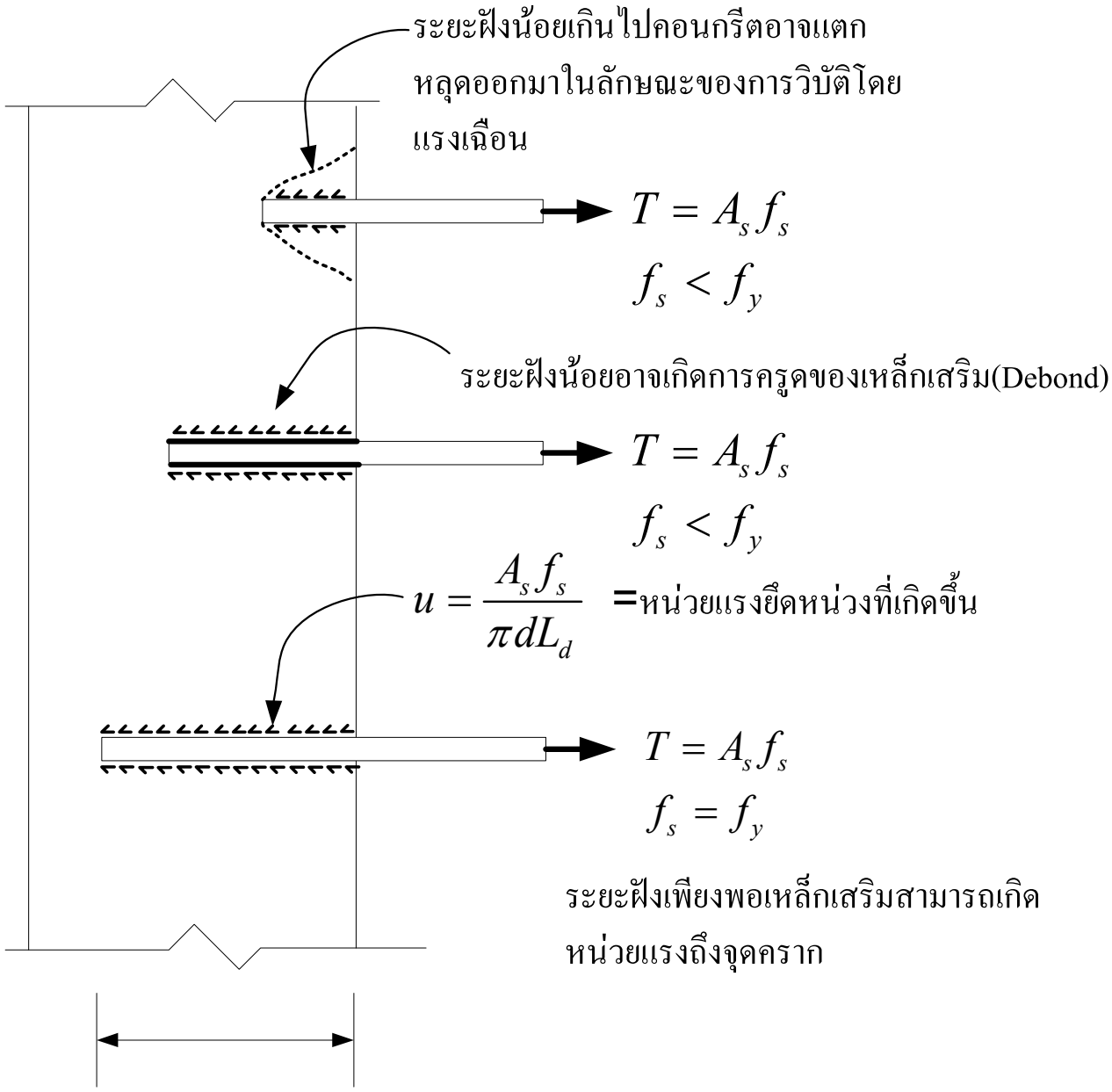
เพิ่มได้อีกเป็นสองเท่าของกรณีเหล็กเส้นกลม

แต่ไม่เกิน25 กก ต่อตารางเซนติเมตร

ระยะฝัง (Development Length)

ในกรณีคานยื่นออกไปจากเสาโดยไม่มีคานต่อเนื่องในอีกด้าน เหล็กเสริมจะต้องฝังเข้าไปในเนื้อคอนกรีตเพียงพอที่จะทำให้เหล็กเสริมเกิดการ develop หน่วยแรงจนถึงจุดคราก ที่สภาวะประลัยได้

การวิบัติของเหล็กเสริมฝังในคอนกรีตเป็นไปได้ 3กรณี ดังแสดงในรูป



L_d = ระยะฝัง (Development length, Embedded length)

$$u = \frac{A_s f_s}{\pi d L_d}$$

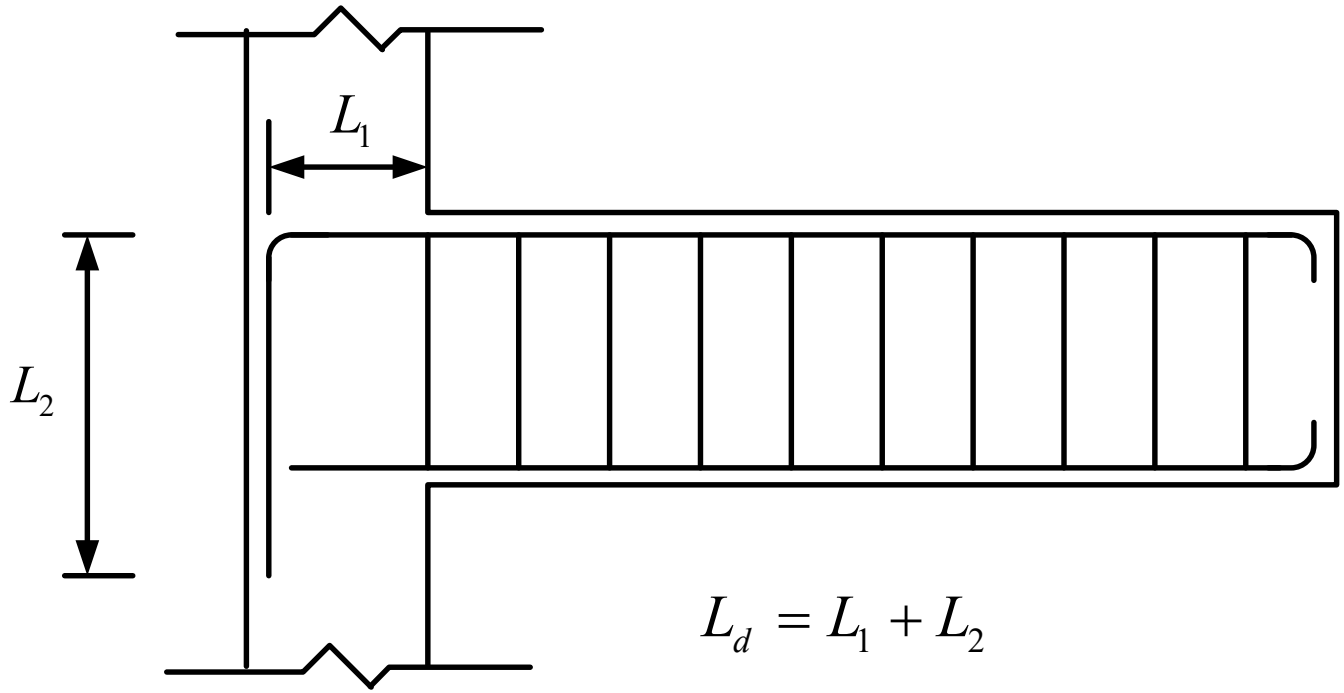
จากสมดุลของแรงจะได้ว่าแรงดึงในเหล็กเสริมจะเท่ากับแรงยึดหน่วง

$$\pi d L_d u = A_s f_s$$

$$L_d = \frac{A_s f_s}{\pi d u} = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 f_s}{\pi d u} = \frac{d f_s}{4u}$$

$$L_d = \frac{d f_s}{4u}$$

ถ้ากำหนดให้ u = หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ จะสามารถคำนวณระยะที่จะต้องฝังในคอนกรีตของเหล็กเสริมได้ (Ld)


L_1
L_2
$L_d = L_1 + L_2$