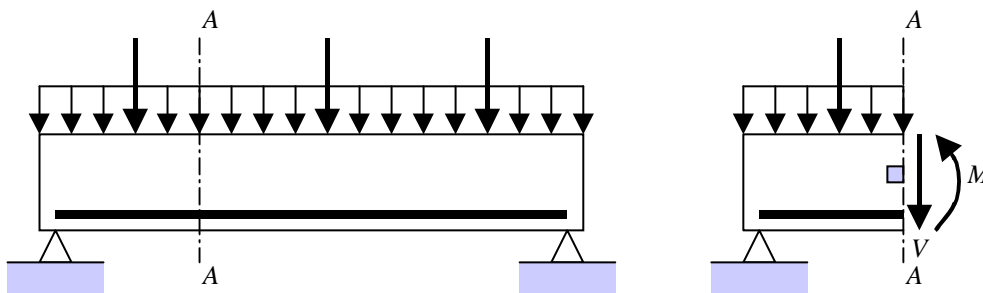


# 6

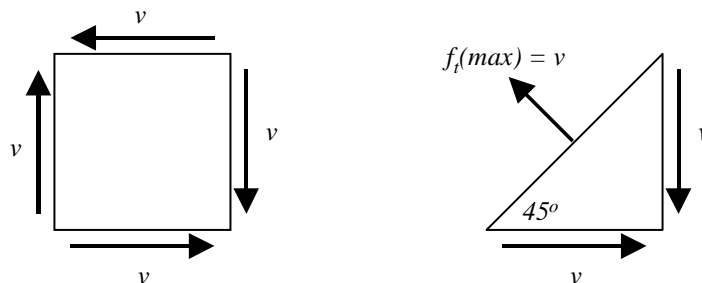
## แรงเฉือนและแรงดัดทแยง

### 6.1 บทนำ

สำหรับคานช่วงเดียวดังแสดงในรูปที่ 6.1 โมเมนต์ดัด  $M$  ที่หน้าตัด A-A จะทำให้เกิดหน่วยแรงอัดในคอนกรีตเหนือแกนสะเทินและหน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมและในคอนกรีตใต้แกนสะเทินในขณะที่ยังไม่เกิดการแตกร้าว เพื่อให้เป็นไปตามสมดุลในแนวดิ่ง ปริมาตรหน่วยแรงเฉือนในแนวดิ่ง  $v$  ของทั้งหน้าตัดจะต้องเท่ากับแรงเฉือน  $V$  จะเห็นได้ว่าคอนกรีตในบริเวณแกนสะเทินจะเกือบถูกระทำโดยแรงเฉือนเพียงอย่างเดียว (Pure shear) ดังแสดงในรูปที่ 6.2 ซึ่งจะทำให้ได้หน่วยแรงดึงซึ่งมีค่าเท่ากับหน่วยแรงเฉือนและกระทำบนระนาบเอียง  $45^\circ$  ทำให้เกิดการแตกร้าวในแนวทแยง



รูปที่ 6.1 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานช่วงเดียว



รูปที่ 6.2 สถานะของแรงเฉือนเพียงอย่างเดียว

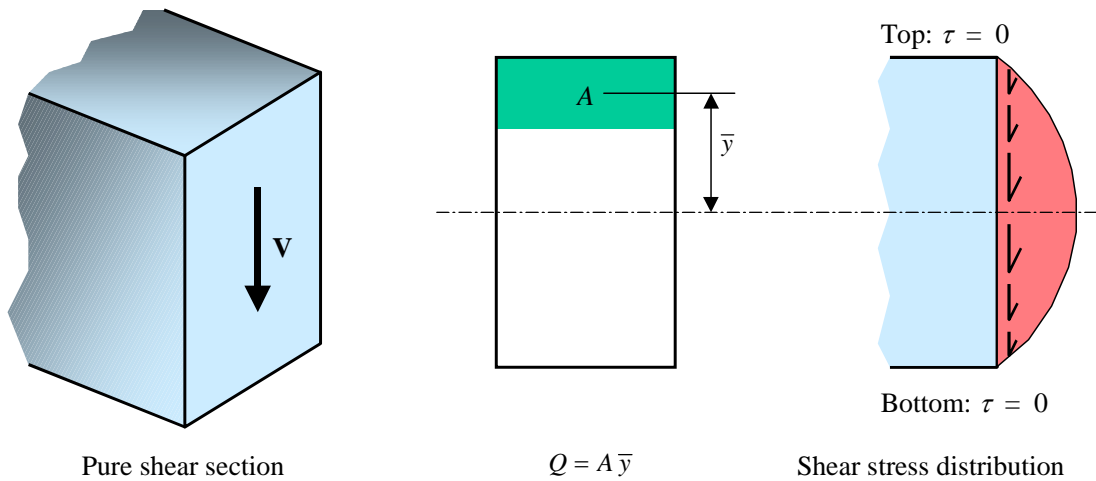
ดังนั้นการวิบัติในคานที่มีลักษณะดังกล่าวเป็นการวิบัติจากแรงเฉือนแท้จริงแล้วเป็นการวิบัติจากแรงดึงที่รอยแตกร้าวเอียง

## 6.2 หน่วยแรงเฉือนบนหน้าตัดวัสดุเนื้อเดียว

สำหรับคานช่วงเดี่ยวรับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอดังในรูปที่ 6.1 และหน้าตัดคานทำจากวัสดุเนื้อเดียว จากหลักพื้นฐานของกลศาสตร์วัสดุการกระจายหน่วยแรงเฉือนบนหน้าตัดจะเท่ากับ

$$v = \frac{VQ}{Ib} \quad (6.1)$$

- เมื่อ  $v$  = หน่วยแรงเฉือนกระจายบนหน้าตัดดังในรูปที่ 6.3  
 $V$  = แรงเฉือนที่กระทำที่หน้าตัด  
 $Q$  = โมเมนต์ของพื้นที่ซึ่งระนาบของหน่วยแรงเฉือนตัดผ่าน (ดูรูปที่ 6.3)  
 $I$  = โมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัด  
 $b$  = ความกว้างหน้าตัด



รูปที่ 6.3 การกระจายของหน่วยแรงเฉือนบนหน้าตัด

หน่วยแรงเฉือนในแนวราบ  $v$  ที่ได้จากสมการ (6.1) ยังเป็นหน่วยแรงเฉือนในแนวตั้งอีกด้วย เนื่องจากหน่วยแรงเฉือนบนสองระนาบที่ตั้งฉากกันจะต้องเท่ากันในบริเวณที่หน่วยแรงดัดมีน้อยหรือบริเวณที่เกิดการแตกร้าวจากการดัดสภาวะของหน่วยแรงจะใกล้เคียงกับสภาวะที่มีแรงเฉือนเพียงอย่างเดียว ซึ่งในกรณีเช่นนั้นหน่วยแรงหลักมากที่สุด(ดูรูป 6.2) คือหน่วยแรงดัดกระทำที่มุม  $45^\circ$  จะเท่ากับหน่วยแรงเฉือน

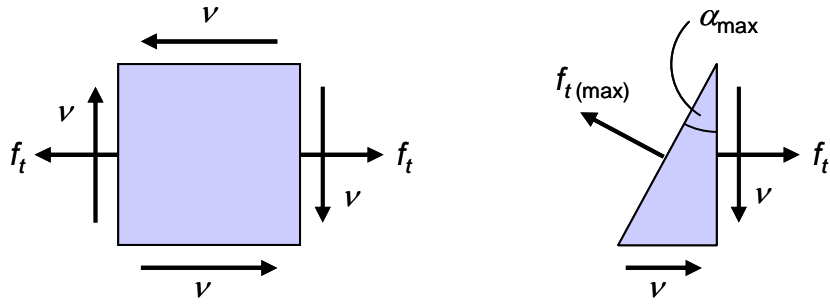
## 6.3 สูตรหน่วยแรงรวม (Combined Stress Formula)

ถ้าในจุดใดๆที่อยู่ต่ำกว่าแกนสะเทินในคานวัสดุเนื้อเดียวมีหน่วยแรงดัด  $f_t$  และหน่วยแรงเฉือน  $v$  หน่วยแรงดัดมากที่สุดคำนวณจากวงกลมของมอร์ดังแสดงในรูปที่ 6.5 จะมีค่าเท่ากับ

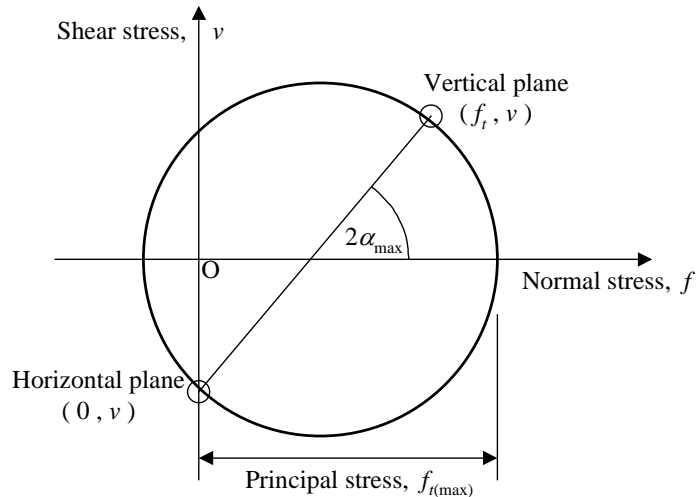
$$f_{r(\max)} = \frac{1}{2} f_t + \sqrt{\left(\frac{1}{2} f_t\right)^2 + v^2} \quad (6.2)$$

ทิศทางของ  $\alpha_{\max}$  หาได้จาก

$$\tan 2\alpha_{\max} = \frac{v}{f_t/2} \quad (6.3)$$

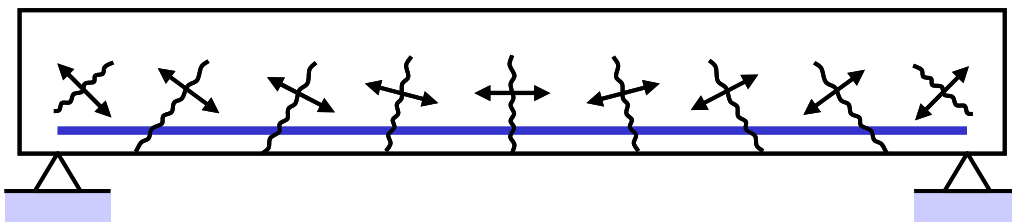


รูปที่ 6.4 การหาหน่วยแรงดึงมากที่สุดโดยใช้วงกลมของมอร์



รูปที่ 6.5 การหาหน่วยแรงดึงมากที่สุดโดยใช้วงกลมของมอร์

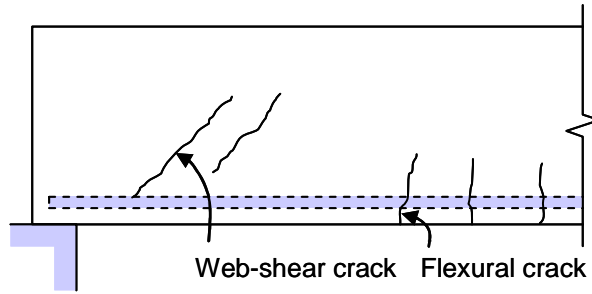
หน่วยแรงดึงหลัก  $f_{t(max)}$  ในแนวทแยงทำมุม  $\alpha_{max}$  กับแกนของคานจะมีขนาดอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ  $f_t$  หรือ  $v$  มันจะมีค่าเกือบเท่าหน่วยแรงดึงในแนวตามยาว  $f_t$  ถ้าหน่วยแรงเฉือนมีค่าน้อย และจะมีค่าเกือบเท่าหน่วยแรงเฉือน  $v$  ถ้าหน่วยแรงดึงตามยาวมีค่าน้อยและมุมของมันจะใกล้กับ  $45^\circ$  กับแกนคานเนื่องจากคอนกรีตอ่อนแอในการรับแรงดึง หน่วยแรงดึงหลักเหล่านี้จึงมีความเกี่ยวข้องกับรอยร้าวเอียงดังในรูปที่ 6.6 อย่างไม่ต้องสงสัย



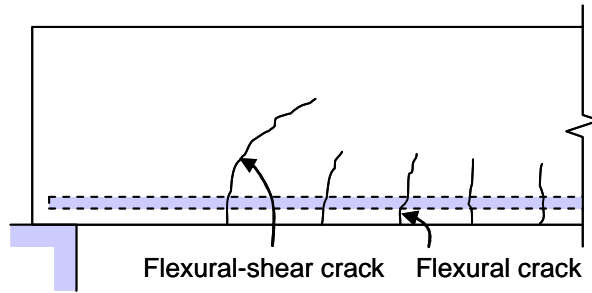
รูปที่ 6.6 มุมของรอยร้าวที่จะเกิดในคานช่วงเดี่ยว

### 6.4 การแตกร้าวของคานที่ไม่เสริมเหล็กรับแรงเฉือน

คอนกรีตซึ่งมีกำลังดึงต่ำจะเกิดการแตกร้าวขึ้นเมื่อหน่วยแรงดึงมีค่าเกินกำลังดึง ในคานคอนกรีตซึ่งรับน้ำหนักบรรทุกนั้น หน่วยแรงดึงอาจเกิดจากแรงดึงโดยตรง, การคด, การเฉือน, การบิด, หรือการร่วมกระทำของแรงเหล่านี้ ตำแหน่งและทิศทางของรอยแตกร้าวจะขึ้นกับหน่วยแรงหลัก (Principal stress) และมีชื่อเรียกต่างกันไปตามตำแหน่งและลักษณะของรอยร้าว ดังแสดงในรูปที่ 6.7



(ก) Web-shear cracking



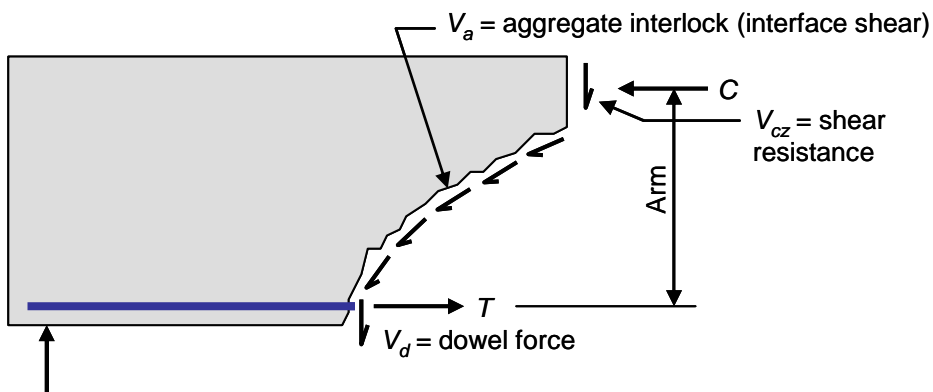
(ข) Flexure-shear cracking

รูปที่ 6.7 ชนิดรอยแตกร้าวในคาน

รอยร้าวเอียงที่เริ่มเกิดขึ้นในคานที่ยังไม่เคยแตกร้าวจะเรียกว่า Web-shear crack ดังในรูป 6.7ก ถ้ารอยร้าวเอียงเริ่มจากปลายบนของรอยร้าวจากการค้ำจะเรียกว่า Flexural-shear crack ดังในรูปที่ 6.7ข โดย Web-shear crack จะเกิดขึ้นในบริเวณที่มีแรงเฉือนมากและโมเมนต์ค้ำน้อยมากไม่ค่อยเกิดขึ้นใกล้จุดค้ำกลับ (Inflection point) ในคานต่อเนื่อง ส่วน Flexural-shear crack เป็นแบบที่พบได้ทั่วไป โดยจะเป็นรอยร้าวเอียงต่อจากรอยร้าวค้ำจากการค้ำ

ความต้านทานแรงเฉือนในคอนกรีตเสริมเหล็กดังแสดงในรูปที่ 6.8 เกิดขึ้นจากกลไกดังต่อไปนี้

- 1) ความต้านทานแรงเฉือนของหน้าตัดคอนกรีตไม่แตกร้าว  $V_{cz}$
- 2) การลื้อค้ำระหว่างกันของมวลรวม  $V_d$  ในแนวสัมผัสกับรอยร้าว และคล้ายกับแรงเสียดทานระหว่างผิวคอนกรีตในแต่ละด้านของรอยร้าว
- 3) ความต้านทานของเหล็กเสริมหลักต่อแรงเฉือน  $V_s$
- 4) ผลของความโค้งในคานลึก
- 5) ความต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน  $V_s$  จากเหล็กปลอก



รูปที่ 6.8 กลไกต้านทานแรงเฉือนในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

### 6.5 กำลังรับแรงเฉือนของคานาไม่เสริมเหล็กรับแรงเฉือน

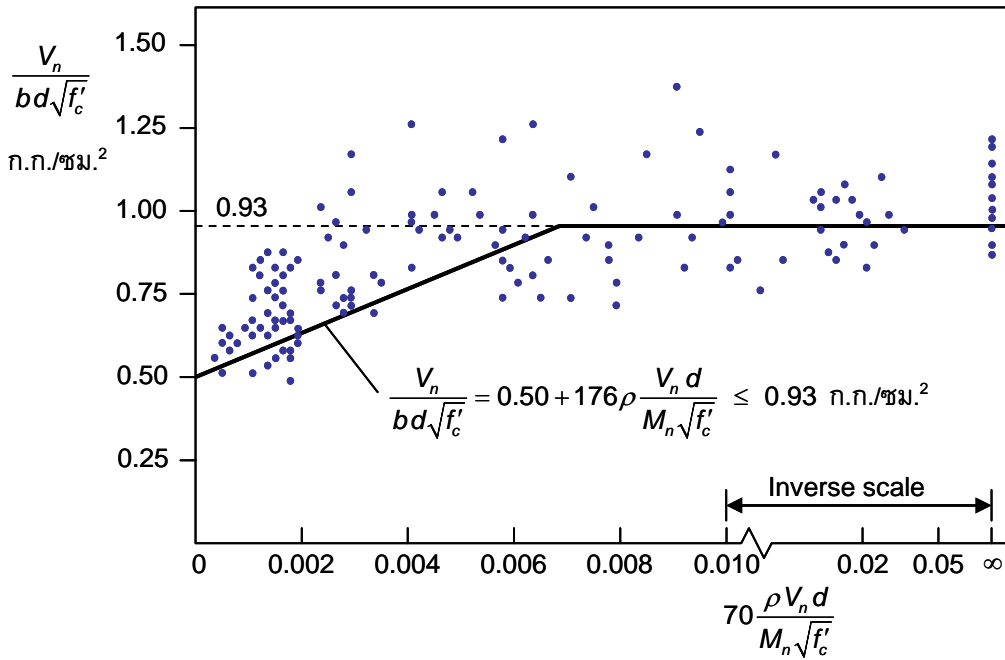
จากการทดสอบกำลังเฉือนในคานาคอนกรีตไม่เสริมเหล็กรับแรงเฉือนจำนวนมาก จะได้ผลดังในรูปที่ 6.9

จะให้ความสัมพันธ์ 
$$\frac{V_n}{bd\sqrt{f'_c}} = 0.50 + 176 \frac{\rho V_n d}{M_n \sqrt{f'_c}} \leq 0.93 \text{ ก.ก./ชม.}^2 \quad (6.4)$$

ตั้งแต่ปี 1963 ACI Code ยอมรับความสัมพันธ์ของสมการ (6.4) ว่าเป็นกำลังเฉือนของคานาไม่เสริมเหล็กรับแรงเฉือน ดังนั้นจึงนิยาม  $V_c$  เป็นกำลังของคานาคอนกรีตดังกล่าว โดยใช้ความกว้างของเอวคานา  $b_w$  แทน  $b$  จะได้ว่า

$$V_c = \left( 0.50\sqrt{f'_c} + 176 \frac{\rho_w V_u d}{M_u} \right) b_w d \leq 0.93\sqrt{f'_c} b_w d \quad (6.5)$$

ซึ่งก็คือสูตรโดยละเอียดที่ ACI และ ว.ส.ท. ใช้ในมาตรฐาน การใช้แรงเฉือนประลัย  $V_u$  และ โมเมนต์ประลัย  $M_u$  แทนที่จะเป็น  $V_n = V_u/\phi$  และ  $M_n = M_u/\phi$  มีความแตกต่างเล็กน้อย เพราะอัตราส่วน  $V_u/M_u$  ยังคงเท่ากับ  $V_n/M_n$  อยู่โดยประมาณแม้ว่าแฟกเตอร์ลดกำลัง  $\phi$  ของแรงเฉือนและ โมเมนต์จะต่างกัน อัตราส่วนเสริมเหล็ก  $\rho_w = A_s/(b_w d)$  ที่ใช้ในสูตรของ ACI ซึ่ง  $b_w$  จะเป็นความกว้างของเอวคานาสำหรับหน้าตัดตัว T แทนที่จะเป็นความกว้างของปีกคานา



รูปที่ 6.9 กำลังต้านทานแรงเฉือนของคานาคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก

สมการ (6.5) จะเหมาะสมสำหรับการออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือในงานวิจัย แต่สำหรับการคำนวณด้วยมือแล้วจะทำได้ลำบากเพราะค่า  $\rho_w$ ,  $V_u$  และ  $M_u$  จะมีค่าไม่คงที่ตลอดช่วงคานา ทำให้ต้องคำนวณ  $V_c$  เป็นช่วงๆ ดังนั้น ACI จึงยอมให้ใช้สูตรที่ง่ายกว่าคือ

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c} b_w d \quad (6.6)$$

สำหรับองค์อาคารที่มีแรงอัดตามแนวแกนร่วมด้วย:

$$V_c = 0.53 \left( 1 + 0.0071 \frac{N_u}{A_g} \right) \sqrt{f'_c} b_w d \quad (6.7)$$

สำหรับองค์อาคารที่มีแรงดัดตามแนวแกนร่วมด้วย:

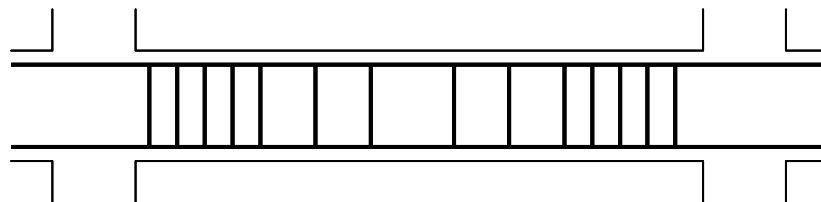
$$V_c = 0.53 \left( 1 + 0.029 \frac{N_u}{A_g} \right) \sqrt{f'_c} b_w d \quad (6.8)$$

เมื่อ  $N_u$  คือแรงประลัยตามแนวแกน (มีค่าเป็นลบเมื่อเป็นแรงดึง) (ก.ก.)

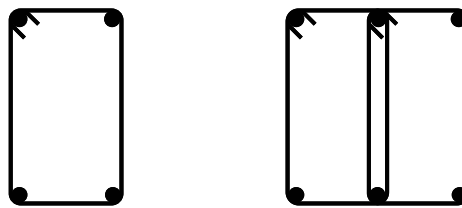
$A_g$  คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของคาน ( $b_w h$ ) (ชม.<sup>2</sup>)

## 6.6 กำลั้งเฉือนของคานเสริมเหล็กรับแรงเฉือน-ACI Code

โดยทั่วไปแล้วการเสริมเหล็กรับแรงเฉือนจะใช้เหล็กปลอกตั้ง (Vertical stirrup) วางเป็นระยะตามแนวคานขึ้นกับกำลั้งที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 6.10a เหล็กที่ใช้จะเป็นขนาดเล็กอยู่ระหว่าง 6-12 มม. และมักจะใช้เป็นปลอกปิดตั้งในรูปที่ 6.10b โดยจะพันรอบเหล็กเสริมเหล็กในแนวนอนทำให้ต้องมีเหล็กนอนอยู่ที่มุมทั้งสี่เสมอเพื่อยึดเหล็กปลอกให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ



(ก)



(ข)

รูปที่ 6.10 การใช้เหล็กปลอกตั้งเพื่อต้านทานแรงเฉือน

กำลั้งเฉือนทั้งหมดของคานที่มีการเสริมเหล็กรับแรงเฉือน  $V_n$  จะมาจากคอนกรีต  $V_c$  ส่วนหนึ่งและอีกส่วนมาจากการเสริมเหล็กรับแรงเฉือน  $V_s$  :

$$V_n = V_c + V_s \quad (6.9)$$

สมการของ  $V_s$  อาจจะถูกพัฒนาขึ้นได้โดยการคิดให้คานเป็นเสมือนโครงถัก (Truss analogy) สมมุติว่ารอยร้าวเอียงในทิศทาง  $45^\circ$  ขยายตัวจากเหล็กนอนจนถึงผิวรับแรงอัดและพาดผ่านเหล็กรับแรงเฉือน  $N$  ท่อนดังแสดงในรูปที่ 6.11 ส่วนของ  $V_s$  ซึ่งถูกรับตลอดแนวร้าวโดยเหล็กรับแรงเฉือนจะเท่ากับผลรวมในแนวตั้งของแรงดัดที่เกิดขึ้นในเหล็กรับแรงเฉือนดังนั้น

$$V_s = N A_s f_y \sin \alpha \quad (6.10)$$

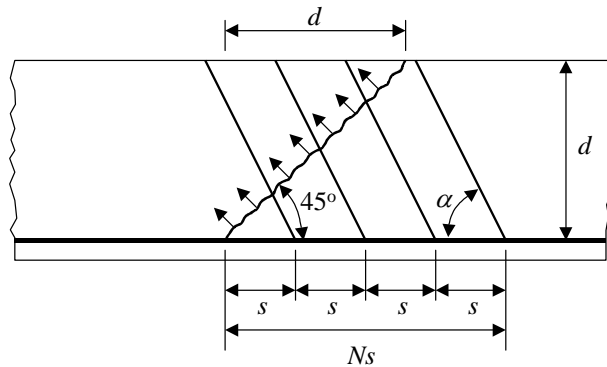
ซึ่ง  $A_s$  คือพื้นที่เหล็กรับแรงเฉือนและ  $s$  ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างเหล็กรับแรงเฉือนและ  $f_y$  คือหน่วยแรงครากของเหล็กรับแรงเฉือน

จากตรีโกณมิติ

$$Ns = d (\cot 45^\circ + \cot \alpha) = d (1 + \cot \alpha)$$

แทนค่า  $N$  ลงในสมการ (6.10)

$$V_s = \frac{d(1 + \cot \alpha)}{s} A_v f_y \sin \alpha \quad (6.11)$$

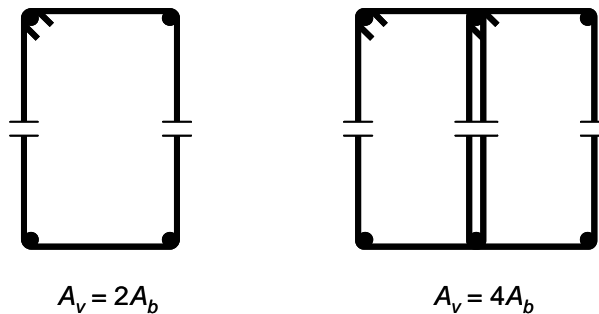


รูปที่ 6.11 กำลังเฉือน  $V_s$  จากเหล็กรับแรงเฉือน

ในกรณีเหล็กปลอกตั้งเหล็กรับแรงเฉือนจะอยู่ในแนวตั้ง  $\alpha = 90^\circ$  กำลังเฉือนที่ได้จะมีค่าเท่ากับ

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (6.12)$$

โดยพื้นที่  $A_v$  จะเท่ากับพื้นที่เหล็กปลอกรวมในแนวตั้ง เนื่องจากเวลาวิบัติเหล็กทุกเส้นในแนวตั้งจะถูกเฉือนขาดหมด สำหรับเหล็กปลอกเดี่ยวจะเท่ากับ 2 เท่าของพื้นที่เหล็กปลอก



$$A_v = 2A_b$$

$$A_v = 4A_b$$

$$A_b = \text{พื้นที่เหล็กปลอก 1 เส้น}$$

รูปที่ 6.12 พื้นที่เหล็กเสริมรับแรงเฉือน

## 6.7 ขีดจำกัดของปริมาณเหล็กรับแรงเฉือน

### เหล็กรับแรงเฉือนน้อยที่สุด

ปริมาณของเหล็กรับแรงเฉือนต้องไม่มากหรือน้อยจนเกินไปเพื่อให้มั่นใจจะเกิดการร้าวของเหล็กเมื่อถึงกำลังเฉือนวิบัติ ACI Code ต้องการให้ปริมาณเหล็กรับแรงเฉือนน้อยที่สุดเท่ากับ

$$\min A_v = 0.2 \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_y} \geq 3.5 \frac{b_w s}{f_y} \quad (6.13)$$

เมื่อ  $b_w$  คือความกว้างเอวคาน และ  $s$  คือระยะห่างเหล็กปลอก ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงเฉือนน้อยที่สุดนั้นต้องใช้เมื่อ  $V_u$  มีค่าเกิน  $\phi V_c / 2$  ยกเว้นในกรณีของ

- พื้นและฐานราก
- พื้นคอนกรีตระบบตง(Floor joist construction)
- คานซึ่งมีความลึกไม่เกิน 25 ซม., 2.5 เท่าความหนาปีกสำหรับคานรูปตัว T, หรือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างเอา, เลือกค่าที่มากกว่า

ถ้า  $0.2\sqrt{f'_c} = 3.5$  จะได้  $f'_c = 306$  ก.ก./ซม.<sup>2</sup> นั่นคือเมื่อ  $f'_c < 306$  ก.ก./ซม.<sup>2</sup> ค่า  $\min A_v = 3.5b_w s / f_y$  จะควบคุม และเมื่อ  $f'_c \geq 306$  ก.ก./ซม.<sup>2</sup> ค่า  $\min A_v = 0.2\sqrt{f'_c}(b_w s / f_y)$  จะควบคุม

ในทางปฏิบัตินั้นเราจะเพิ่มความหนาพื้น, ฐานราก, หรือคานตื้น เพื่อเพิ่มกำลังเฉือนขององค์อาคาร การใช้เหล็กปลอกอาจไม่มีประสิทธิภาพในหน้าตัดที่ไม่ลึกพอ เนื่องจากพื้นที่รับแรงอัดมีความลึกน้อยจนไม่เพียงพอให้เกิดการยึดเหนี่ยวกับเหล็กปลอก

โดยทั่วไปเรามักเลือกเหล็กปลอกเป็น RB9 หรือ DB10 เป็นแบบปลอกปิด (สองขา  $A_v = 2A_b$ ) ทำให้ได้ค่า  $A_v$  คงที่ไม่สะดวกต่อกำหนดเปลี่ยนแปลงในการออกแบบ การเลือกเหล็กเสริมรับแรงเฉือนจึงมักทำโดยการกำหนดระยะห่างระหว่างปลอก เช่น ในกรณีของปริมาณเหล็กน้อยที่สุด เมื่อนำสมการ (6.13) มาจัดเสียใหม่จะได้สมการสำหรับระยะห่างมากที่สุด  $s_{\max}$  คือ

$$s_{\max} = \frac{A_v f_y}{0.2\sqrt{f'_c} b_w} \leq \frac{A_v f_y}{3.5b_w} \quad (6.14)$$

### เหล็กรับแรงเฉือนมากที่สุด

เพื่อป้องกันการวิบัติแบบ shear-compression ซึ่งคอนกรีตจะถูกกดอัดจนพังทลายด้วยแรงอัดที่บริเวณวิกฤตที่ส่วนบนของรอยร้าวทแยง ACI กำหนดให้  $V_s$  ต้องมีค่าไม่เกิน  $2.1\sqrt{f'_c} b_w d$  ถ้าเกินต้องเพิ่มขนาดหน้าตัดเพื่อให้  $V_s = V_u / \phi - V_c$  มีค่าน้อยลงจนไม่เกินขีดจำกัด

### ระยะห่างเหล็กปลอกมากที่สุด

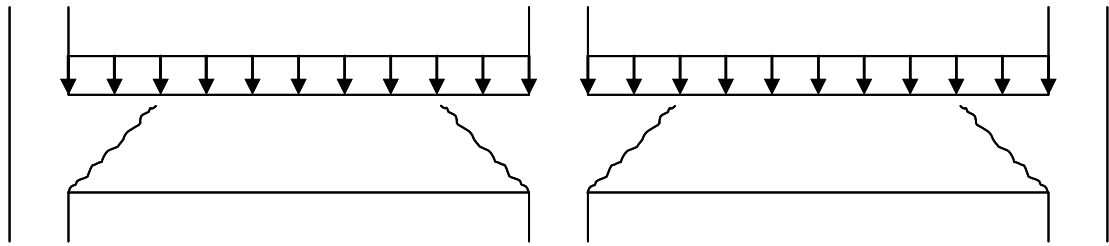
นอกจากค่า  $s_{\max}$  ที่คำนวณจากสมการ (6.14) แล้ว ACI ยังกำหนดค่าระยะห่างเหล็กปลอกมากที่สุด  $s_{\max} = d/2$  และไม่ต่ำกว่า 60 ซม. และเมื่อ  $V_s$  มีค่าเกิน  $1.1\sqrt{f'_c} b_w d$  ให้ลดค่า  $s_{\max}$  นี้ลงครึ่งหนึ่ง ดังนั้น

- เมื่อ  $V_s \leq 1.1\sqrt{f'_c} b_w d$  ให้ใช้ค่า  $s_{\max} = d/2 \leq 60$  ซม.
- เมื่อ  $1.1\sqrt{f'_c} b_w d < V_s \leq 2.1\sqrt{f'_c} b_w d$  ให้ใช้ค่า  $s_{\max} = d/4 \leq 30$  ซม.
- เมื่อ  $V_s > 2.1\sqrt{f'_c} b_w d$  ให้เพิ่มขนาดหน้าตัด

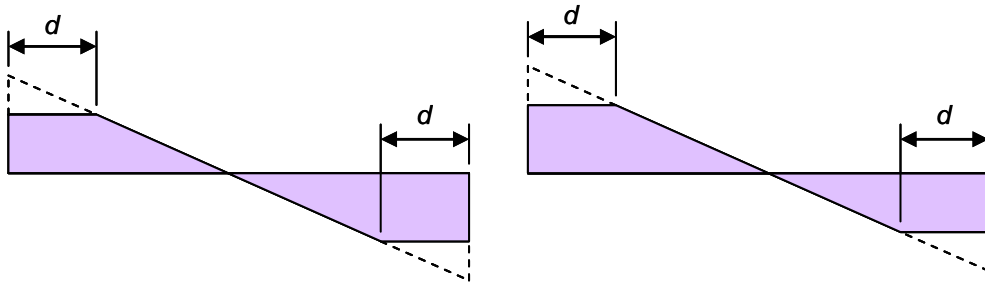
## 6.8 หน้าตัดวิกฤตสำหรับออกแบบรับแรงเฉือน

ในคานทั่วไปซึ่งรับน้ำหนักแผ่ดังในรูปที่ 6.13ก รอยแตกร้าวจากการเฉือนจะเกิดขึ้นที่บริเวณจตุรรองรับเอียงทำมุมประมาณ 45° หน้าทับรทุกที่อยู่ภายในระยะ  $d$  จากผิวเสาที่รองรับจะถูกถ่ายลงเสารองรับโดยตรงจึงไม่มีผลต่อการรับแรงเฉือนในคาน ดังนั้น ACI จึงกำหนดให้ใช้ค่าแรงเฉือน  $V_u$  ที่ระยะ  $d$  จากจตุรรองรับเป็นค่าวิกฤตที่จะใช้ในการคำนวณออกแบบแผนภูมิแรงเฉือนจึงมีลักษณะดังในรูป 6.13ข





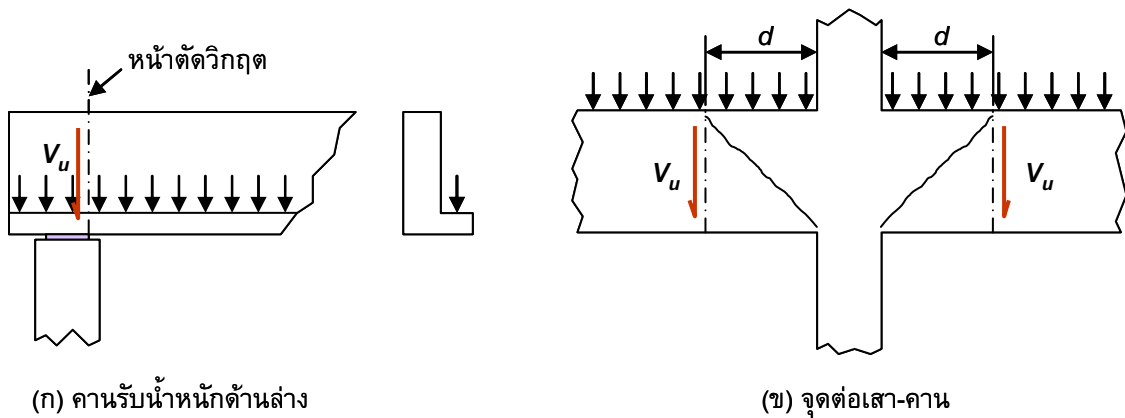
(ก) การแตกร้าวจากการเฉือนในคาน



(ข) แผนภูมิแรงเฉือน

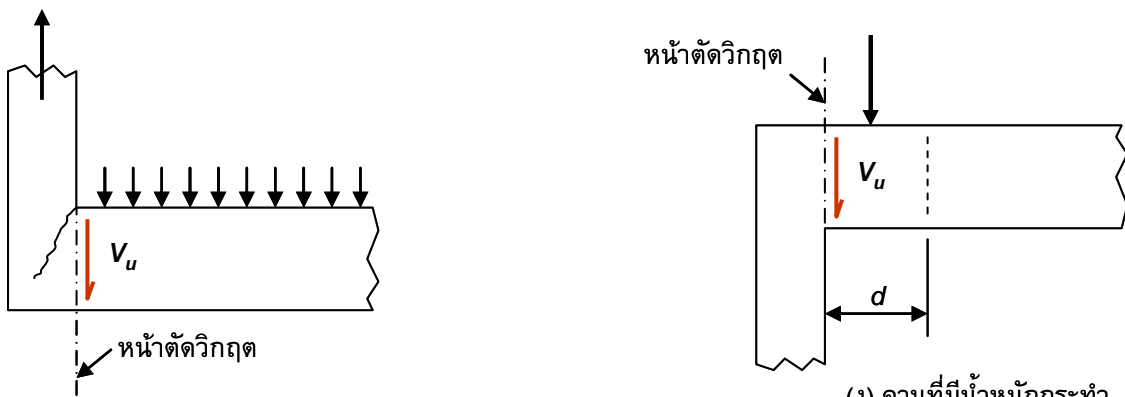
รูปที่ 6.13 แรงเฉือนประลัย  $V_u$  ที่ใช้ในการออกแบบ

ข้อกำหนดดังกล่าวใช้ไม่ได้ในทุกกรณี รูปที่ 6.14 แสดงกรณีอื่นซึ่งมีตำแหน่งวิกฤตสำหรับแรงเฉือนที่ต่างกันไป



(ก) คานรับน้ำหนักด้านล่าง

(ข) จุดต่อเสา-คาน



(ค) คานรองรับโดยแรงดึง

(ง) คานที่มีน้ำหนักกระทำ เป็นจุดใกล้ที่รองรับ

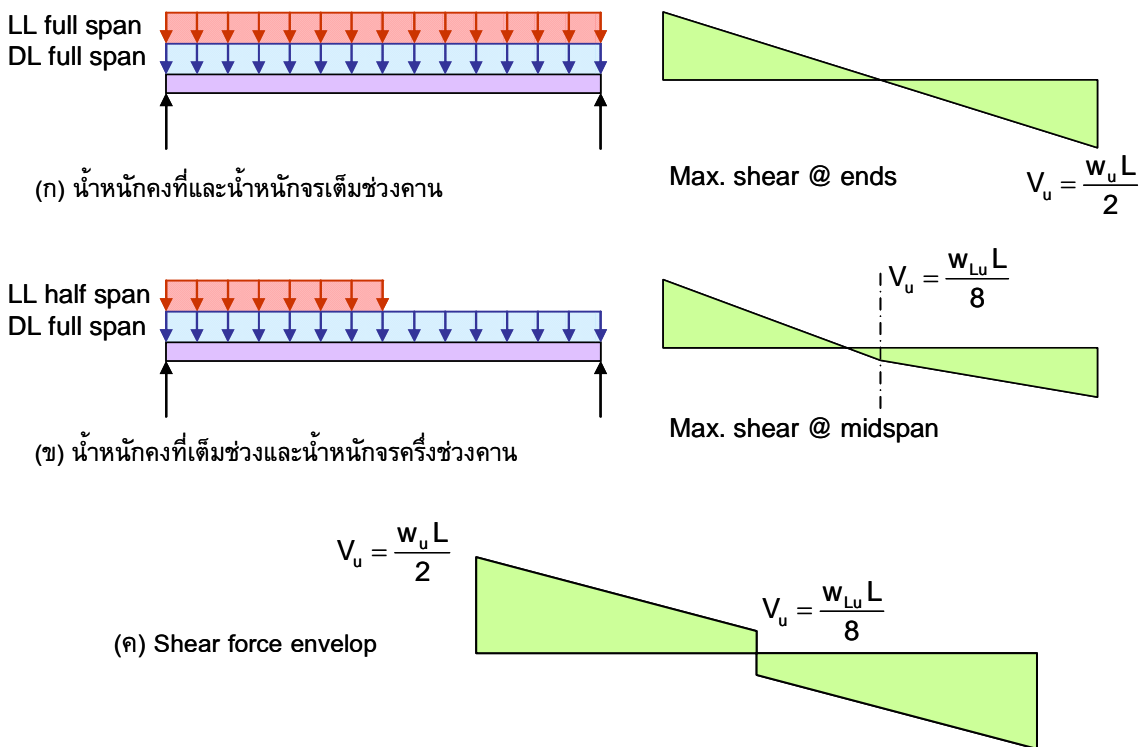
รูปที่ 6.14 หน้าตัดวิกฤตสำหรับออกแบบการเฉือนแบบต่างๆ

**แรงเฉือนที่กลางช่วงของคานรับน้ำหนักแฉ่**

ในอาคารปกติน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจรจะถูกสมมติเป็นน้ำหนักแฉ่คงที่ น้ำหนักบรรทุกคงที่ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงจะแผ่ลงตลอดทั้งช่วงคาน แต่น้ำหนักจรรุนั้นอาจแผ่เต็มช่วงดังในรูปที่ 6.15ก ซึ่งจะทำให้ค่าแรงเฉือนที่ปลายมีค่ามากที่สุด หรืออาจแผ่ครึ่งช่วงดังในรูปที่ 6.15ข ซึ่งจะให้แรงเฉือนที่กลางช่วงมากที่สุด ส่วนแรงเฉือนที่หน้าตัดอื่นจะประมาณโดยใช้ shear force envelope ดังในรูป 6.15ค

แรงเฉือนที่กลางช่วงคานเนื่องจากน้ำหนักจรรครึ่งช่วงคานคือ

$$V_{u, \text{midspan}} = \frac{w_{Lu} L}{8} \tag{6.15}$$



รูปที่ 6.15 คานรับน้ำหนักเพื่อออกแบบแรงเฉือน

**6.9 ขั้นตอนการออกแบบเพื่อรับแรงเฉือน**

ในการออกแบบหน้าตัดเพื่อรับแรงเฉือนเพื่อให้มีกำลังเฉือนเพียงพอเพื่อรับแรงเฉือนประลัยที่เกิดขึ้นคือ

$$\phi V_n \geq V_u \tag{6.16}$$

เมื่อตัวคูณลดกำลัง  $\phi$  สำหรับการเฉือนคือ 0.85 มีขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณาน้ำตดวิกฤตและคำนวณแรงเฉือนประลัย  $V_u$  โดยปกติจะใช้ที่ค่าที่ระยะ  $d$  จากผิวของจูดรองรับ หรือพิจารณาจาก shear force envelope คำนวณกำลังเฉือน  $V_n$  ที่ต้องการคือ

$$V_n = V_u / \phi \tag{6.17}$$

2. คำนวณกำลังเฉือนคอนกรีต ส่วนใหญ่จะใช้สูตรอย่างง่ายคือ

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d \tag{6.18}$$