

Load & Stress analysis

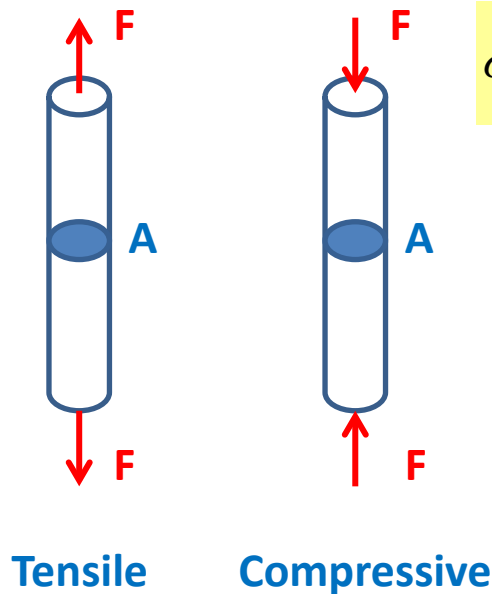
- **Normal - shear – bearing stress**
- **Beam bending**
- **Torsion**
- **Pressure vessel**
- **Column**
- **Stress concentrations**

2103320 Des Mach Elem
Mech. Eng. Department
Chulalongkorn University

Normal-shear-bearing stress

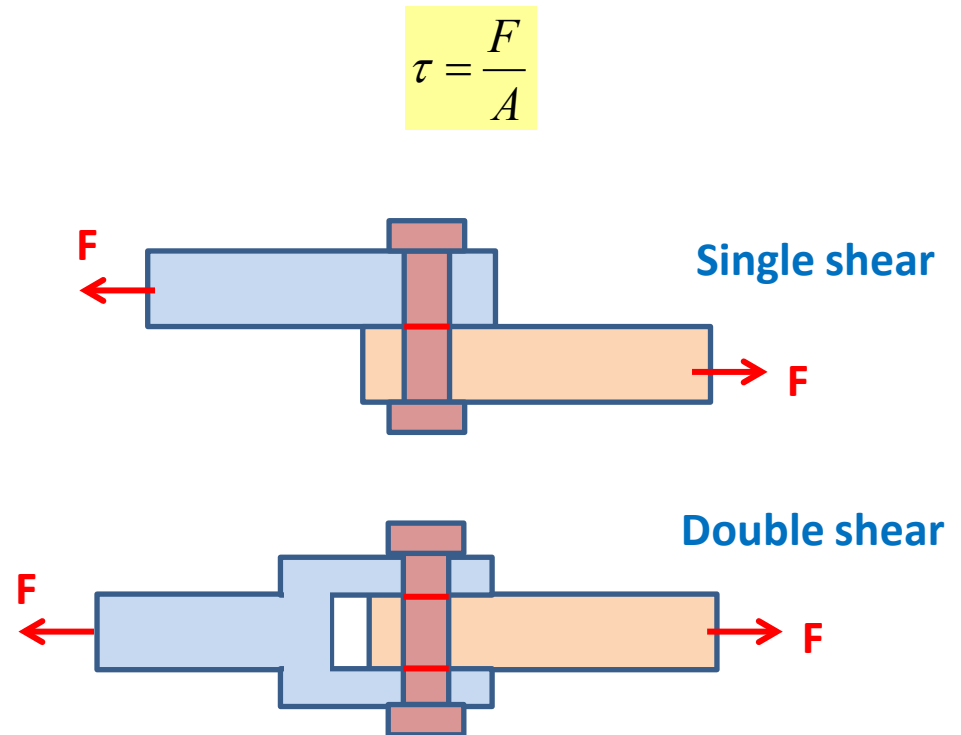
Normal stress

- ภาวระภายนอกกระจายอย่างสม่ำเสมอบนหน้าตัด
- ทิศทางตั้งฉากกับหน้าตัดที่พิจารณา
- ความเค้นดึง (Tensile stress) ทิศทางบวก
- ความเค้นกด (Compressive stress) ทิศทางลบ



Direct shear stress

- เกิดจากแรงที่เฉือนให้วัตถุแยกออกจากกัน
- ไม่มีผลของการตัด
- แรงกระทำขนานกับพื้นที่ที่รับแรงเฉือน



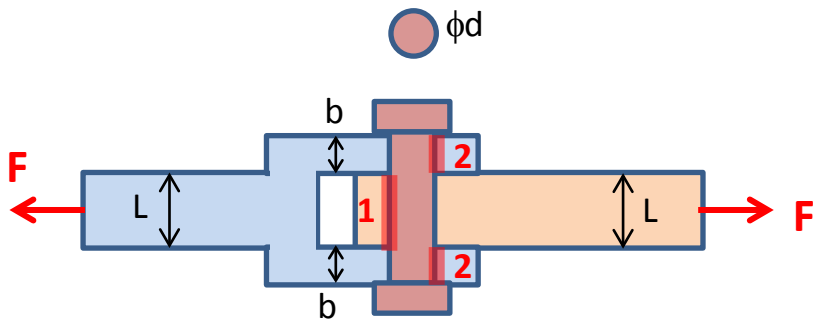
Normal-shear-bearing stress

Bearing stress

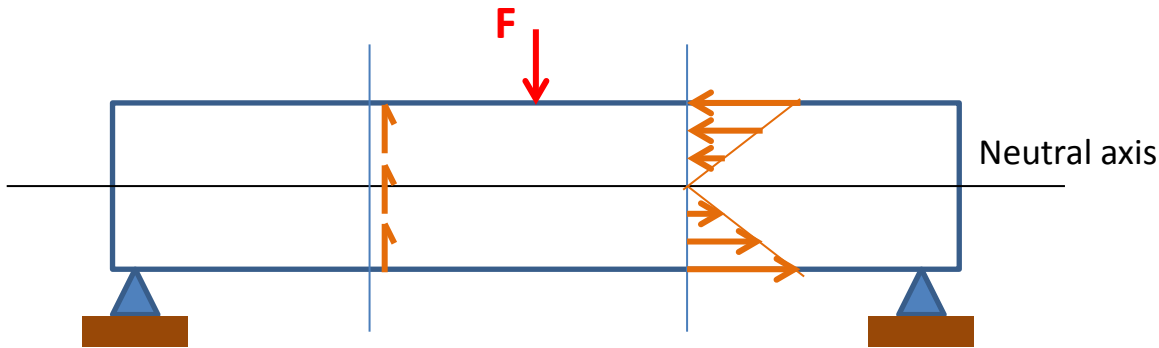
- เกิดจากการกดอัดกันของผิว 2 ผิว
- มักคำนวณโดยใช้ Projected area of contact

ผิวที่ 1 $\sigma = \frac{F}{dL}$

ผิวที่ 2 $\sigma = \frac{F}{db}$



Beam bending

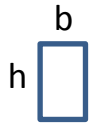


- หาแรงที่ supports
- เขียน SFD
- เขียน BMD
- คำนวณหา Bending stress, Shear stress

Normal stress

$$\sigma_b = \frac{My}{I}$$

ขนาดความเค้นมากที่สุดเกิดที่ผิว (ห่าง N.A. มากที่สุด)



$$I = \frac{1}{12}bh^3$$



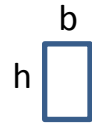
$$\phi d = 2r$$

$$I = \frac{\pi r^4}{4}$$

Shear stress

$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

ขนาด Shear stress มากที่สุดเกิดที่ N.A.



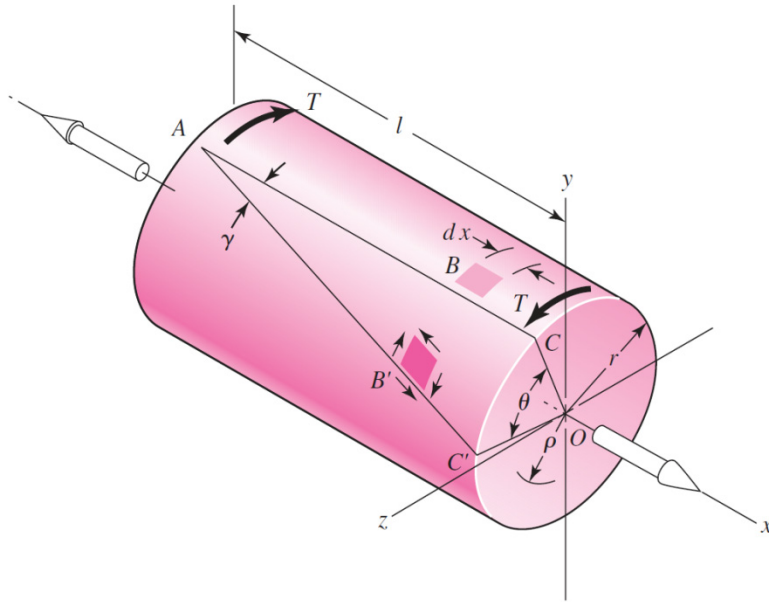
$$\tau_{\max} = \frac{3V}{2A}$$



$$\phi d = 2r$$

$$\tau_{\max} = \frac{4V}{3A}$$

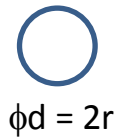
Torsion



- เขียน FBD
- หา Torque ที่ส่วนที่พิจารณา
- ถ้ารู้กำลัง อาจหา Torque จาก **Power = TΩ**
- หา shear stress, มุมบิด

Shear stress

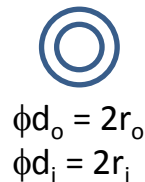
$$\tau = \frac{T\rho}{J}$$



$$J = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi r^4}{2}$$

Angle of twist

$$\theta = \frac{TL}{JG}$$



$$J = \frac{\pi(d_o^4 - d_i^4)}{32} = \frac{\pi(r_o^4 - r_i^4)}{2}$$

Pressure vessel

Thin-walled vessel

ใช้ในกรณี (ความหนาถึง t) / (รัศมี R) < 0.1

ถ้าอัตราส่วน > 0.1 จะต้องใช้สมการในกรณี Thick-walled vessel แทน

ถึงทรงกลม

$$\sigma = \frac{pR}{2t}$$

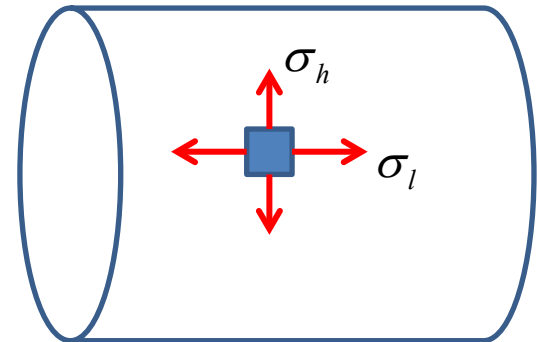
ถึงทรงกระบอก

Hoop stress
(Circumferential stress)

$$\sigma_h = \frac{pR}{t}$$

Longitudinal stress

$$\sigma_l = \frac{pR}{2t}$$



Column (1)

Long Columns with Central Loading

Euler column formula

Critical load

$$P_{cr} = \frac{C\pi^2 EI}{l^2}$$

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{C\pi^2 E}{(l/k)^2}$$

$$I = Ak^2$$

I : Moment of inertia

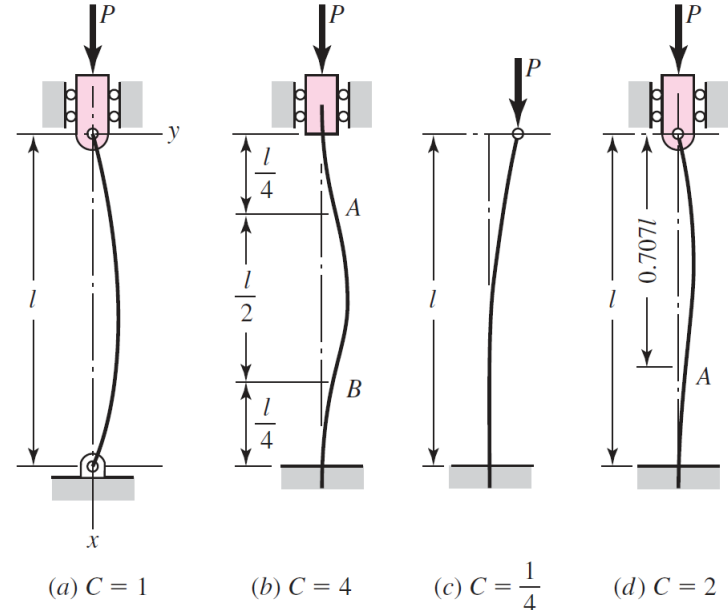
A : Area

K : Radius of gyration

(l/k) : Slenderness ratio

- ความแข็งแรงของเสา ขึ้นกับ รูปปร่าง การจับยึด ถ้าวัสดุมี E เท่ากัน จะแข็งแรงเท่ากัน แม้ว่า S_y ต่างกัน

- สมการนี้ใช้เมื่อ $\frac{l}{k} \geq \left(\frac{2C\pi^2 E}{S_y} \right)^{1/2}$



Column End Conditions	End-Condition Constant C		
	Theoretical Value	Conservative Value	Recommended Value*
Fixed-free	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Rounded-rounded	1	1	1
Fixed-rounded	2	1	1.2
Fixed-fixed	4	1	1.2

*ในทางปฏิบัติ จะยึดแบบ Fixed ไม่สมบูรณ์ จึงมักไม่ใช่ C = 2 หรือ 4

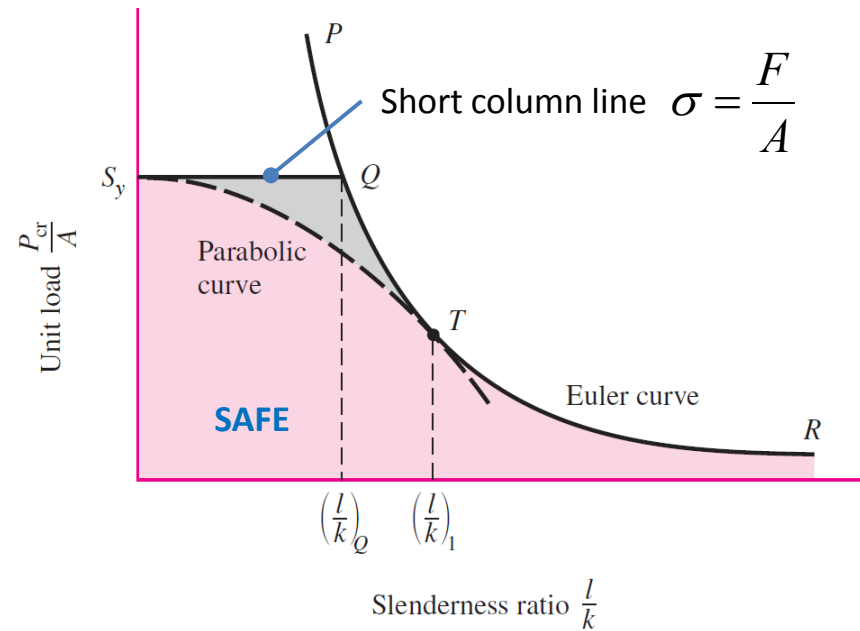
Column (2)

Intermediate-length Columns with Central Loading

Johnson formula (Parabolic curve)

$$\frac{P_{cr}}{A} = S_y - \left(\frac{S_y \cdot l}{2\pi \cdot k} \right)^2 \frac{1}{CE}$$

- สมการนี้ใช้เมื่อ $\frac{l}{k} \leq \left(\frac{2\pi^2 CE}{S_y} \right)^{1/2}$



Struts, or Short Compression Members

- กรณีที่ชิ้นส่วนรับแรงกดในแนวแกนสั้นมากๆ จะไม่เกิดการโก่ง จึงคิดด้วยความสัมพันธ์

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

เมื่อ

$$\frac{l}{k} \leq 0.282 \left(\frac{AE}{P} \right)^{1/2}$$

Stress concentrations

- สมการที่สร้างมา พิจารณาในกรณีที่รูปร่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด
- เมื่อรูปร่างของชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลง เช่นการทำ Shoulders, holes, grooves บริเวณที่รูปร่างเปลี่ยนจะมี Stress สูงกว่าปกติ
- เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิด Stress Concentration

Stress concentration factor
(กรณี Normal stress)

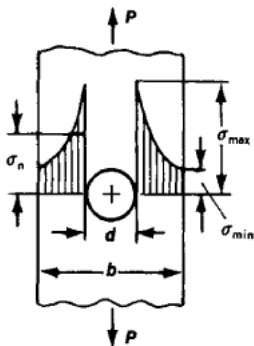
$$K_t = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_0}$$

Stress concentration factor
(กรณี Shear stress)

$$K_{ts} = \frac{\tau_{\max}}{\tau_0}$$

$\sigma_{\max}, \tau_{\max}$: stress ที่เกิดจริง

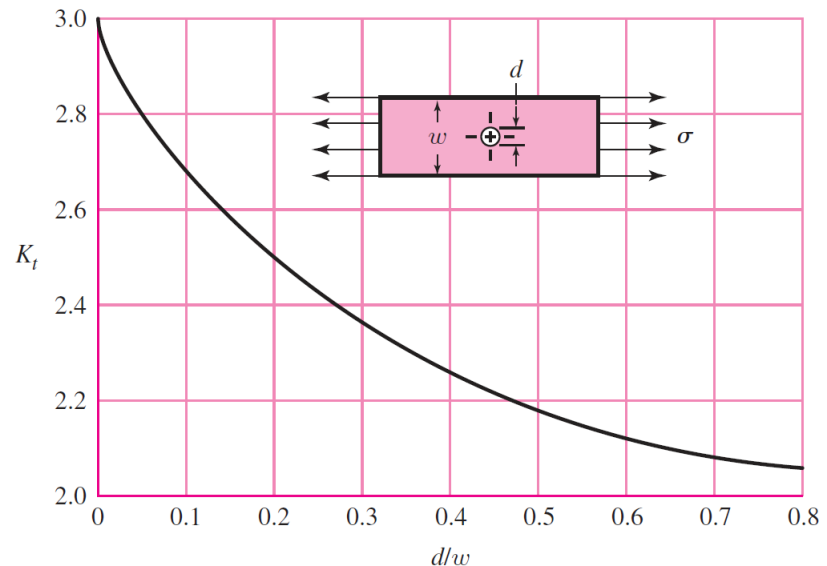
σ_0, τ_0 : stress ที่คำนวณจาก F/A



t = thickness

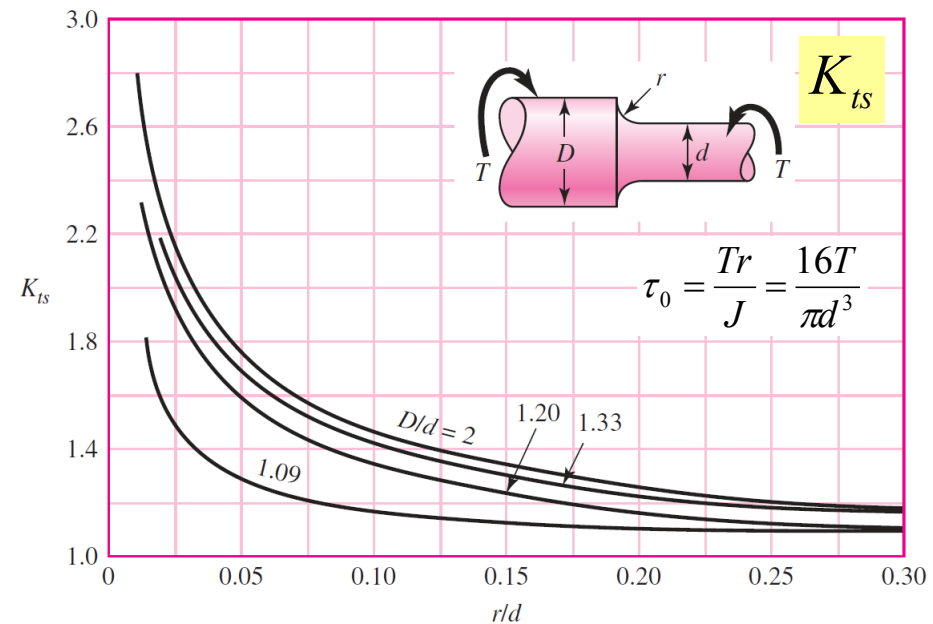
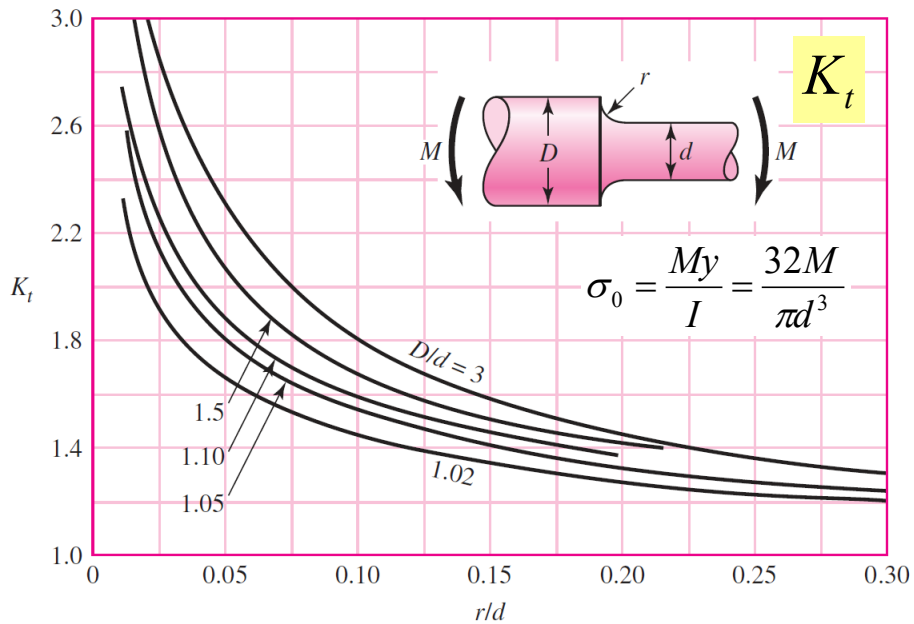
$$F = \sigma wt$$

$$\sigma_0 = \frac{F}{(w-d)t} = \frac{w}{(w-d)} \sigma$$



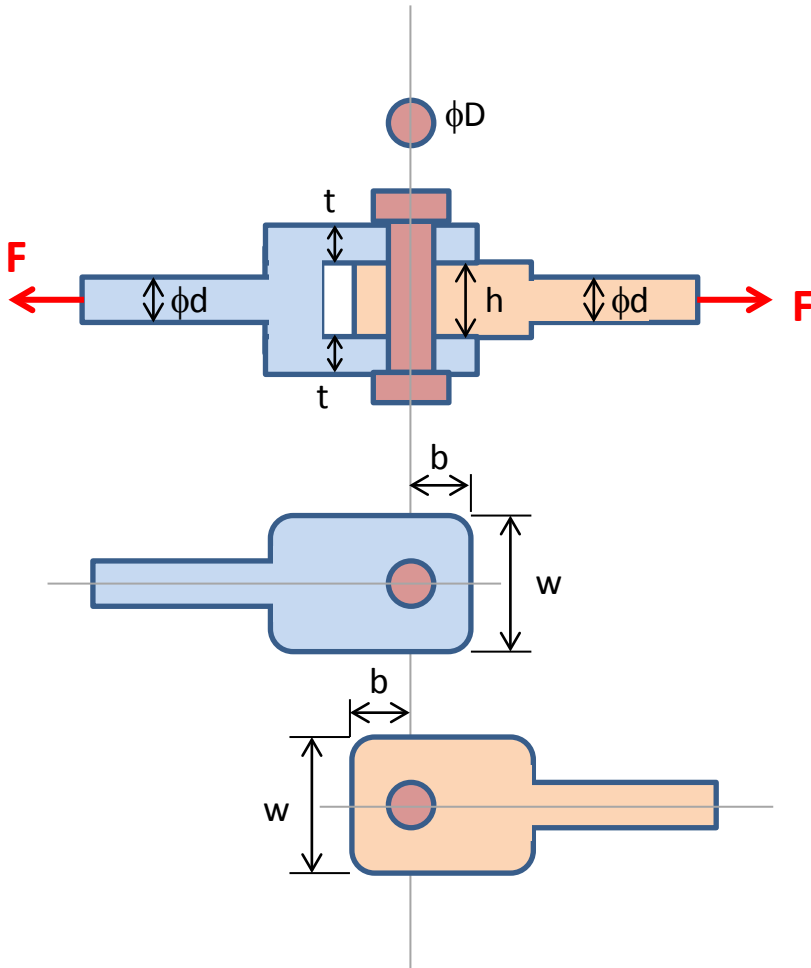
Stress concentrations

Stress concentration factor K_t (bending) and K_{ts} (torsion) for round shaft with shoulder fillet



Example 1

จากรูป พิจารณาว่าชิ้นส่วนข้อต่อนี้สามารถ
เสียหายที่จุดใดได้บ้าง และคำนวณค่าความ
เค้นที่ตำแหน่งที่วิกฤตที่คาดว่าจะเสียหาย



Example 2

พิจารณาการส่งกำลังระหว่างเพลากับเฟืองโดยใช้ลิมส์เหล็ก ต้องการให้สามารถส่งแรงบิดที่เฟืองได้ 300 Nm หากใช้เพลขนาด $\phi 38$ mm. ลิมส์ขนาด $b \times h = 10 \times 8$ mm. ลิมส์ยาว 30 mm. จะสามารถใช้งานได้หรือไม่ ถ้าสามารถใช้งานได้ ให้คำนวณหา Safety factor ของลิมส์นี้ กำหนดให้ $S_y = 320$ MPa, $S_u = 600$ MPa

