



Basic Stresses Equations

2

สมการความเค้นเบื้องต้น

พีเชษฐ์ พินิจ

ทบทวนความเข้าใจจาก

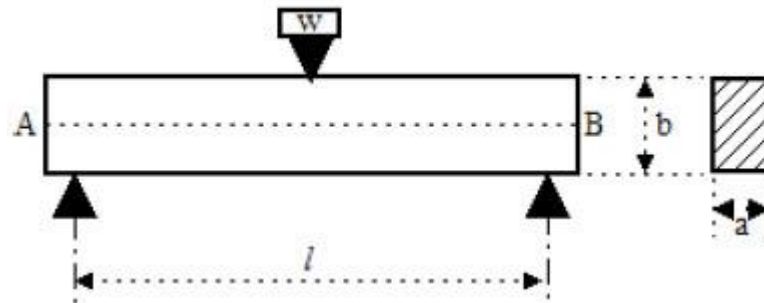
1

Reviewing for understanding

“การออกแบบชิ้นส่วนทางกล”

การออกแบบเพื่อต้านแรงเพื่อป้องกันความเสียหายแบบครากและแตกหัก

ความต้านแรงคราก / สูงสุด



อาศัยฟังก์ชันความเสียหายเพื่อเปรียบเทียบขนาดของ
ความเค้นประสิทธิผล σ_{eff} ที่ได้จากการคำนวณกับ
ความต้านแรง *Strength* ของวัสดุที่ได้จากการทดสอบ

$$f(\sigma_{eff}, \text{Strength})$$

ความเค้นพื้นฐาน \rightarrow ทฤษฎีความเสียหาย

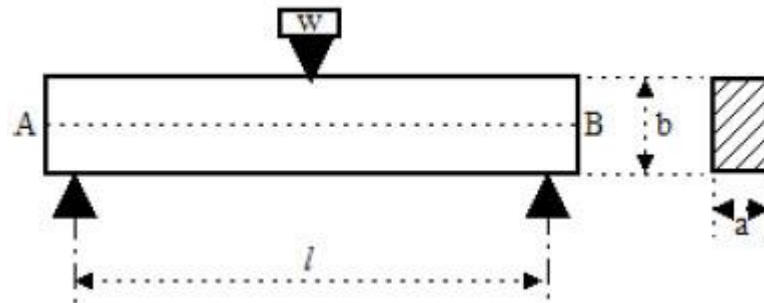
S_y เสียหายแบบคราก (yielding failure)
สำหรับวัสดุเหนียว (ductile materials)

S_u เสียหายแบบแตกร้าว (fracture failure)
สำหรับวัสดุเปราะ (brittle materials)

“การออกแบบชิ้นส่วนทางกล”

การออกแบบเพื่อต้านแรงเพื่อป้องกันความเสียหายแบบครากและแตกหัก

ความต้านแรงคราก / สูงสุด



อาศัยฟังก์ชันความเสียหายเพื่อเปรียบเทียบขนาดของ
ความเค้นประสิทธิผล σ_{eff} ที่ได้จากการคำนวณกับ
ความต้านแรง *Strength* ของวัสดุที่ได้จากการทดสอบ

$f(\sigma_{eff}, Strength)$

ความเสียหายจะเกิดขึ้นเมื่อ $\sigma_{eff} > Strength$

ความเค้นพื้นฐาน \rightarrow ทฤษฎีความเสียหาย

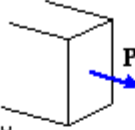
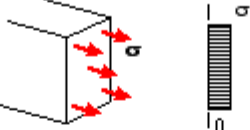
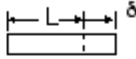
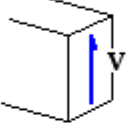
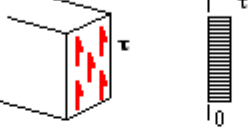
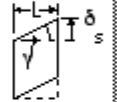
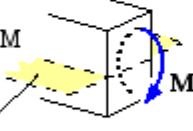
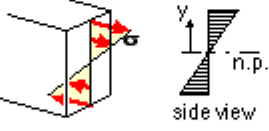

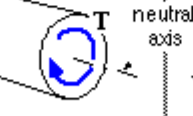

การคำนวณความเค้นพื้นฐาน

สำหรับการออกแบบเพื่อต้านแรง

Basic Stresses Equations for Design for Strength

“การกระจายภายในชิ้นส่วนและความเค้น @หน้าตัดที่พิจารณา”

ELEMENTARY LOAD BUILDING BLOCKS

	STRESS RESULTANT	STRESS DISTRIBUTION	ELASTIC CONSTITUTION	ENERGY
FORCE RESULTANT UNIFORM STRESS	<p>TENSILE OR COMPRESSIVE FORCE - P</p>  <p>Geometric instability (buckling) is often crucial in compression</p>		$\sigma = \frac{P}{A} = E \frac{\delta}{L} = E \epsilon$ 	$u = \frac{1}{2} \sigma \epsilon$ <p>u : specific strain energy (Nm/m³)</p>
	<p>SHEAR FORCE - V</p>  <p>Shear stress is uniform to a first approximation... but more realistically</p>		$\tau = \frac{V}{A} = G \frac{\delta_s}{L_s} = G \gamma$ <p>Complementary shear usually requires a non-linear stress distribution eg. $\tau = VQ/bI$</p> 	$u = \frac{1}{2} \tau \gamma$ <p>stress-strain diagram showing linear relationship.</p>
MOMENT RESULTANT LINEARLY VARYING STRESS	<p>BENDING MOMENT - M</p>  <p>neutral plane</p>	 <p>side view</p> <p>Stress is uniform in transverse direction across the beam</p>	$\frac{\sigma}{y} = \frac{M}{I} = E \frac{1}{R}$ <p>Note the analogy between bending and torsional deformations : $1/R = \theta/L$</p> 	$U = \int_0^L \frac{M^2}{2EI} dL$ <p>U : total strain energy (Nm)</p>
	<p>TORSIONAL MOMENT - T (TORQUE OF ROUND SHAFT)</p>  <p>neutral axis</p>	 <p>end view</p> <p>Stress is uniform in circumferential direction around the shaft</p>	$\frac{\tau}{r} = \frac{T}{J} = G \frac{\theta}{L}$ <p>Torsional deformation θ/L is usually constant along a member whereas bending deformation varies with bending moment and so requires integration for deflections</p>	$U = \int_0^L \frac{T^2}{2GJ} dL$

The practical unit of stress is neither 10^6 N/m^2 nor 10^6 Pa , but **MPa** (equivalent to N/mm^2).
Stress conversion factor : 6.895 kPa per lbf/in^2

$$\frac{\text{stress in member (at distance from neutral axis, if linear)}}{\text{stress resultant}} = \frac{\text{material property (elastic modulus)}}{\text{property of member's cross-sectional geometry}} \times \text{measure of deformation (strain)}$$

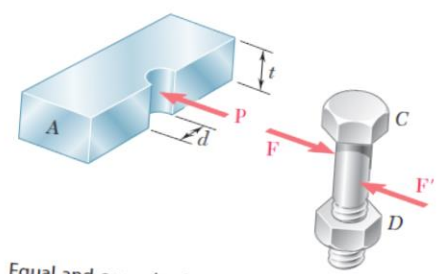
“การกระจายภายในชิ้นส่วนและความเค้น@หน้าตัดที่พิจารณา”

	แรงในแนวแกน (ดึง/อัด)	แรงในแนวขวาง (เฉือน)		โมเมนต์	
	แรงอัดบนพื้นที่ สัมผัส	ชิ้นส่วนทั่วไป (ภายใต้แรงเฉือนตรง)	คาน/แกน/เพลลา (เนื่องจากโมเมนต์ดัด)	โมเมนต์ดัด (bending moment)	โมเมนต์บิด/แรงบิด (twisting moment)
ความเค้นฉาก	$\sigma = \frac{P}{A_{\perp}}$ $\sigma = \frac{P}{A_{\perp}} = \frac{P}{td}$			$\sigma = \frac{M_z c}{I}$	
ความเค้นเฉือน		$\tau_{ave} = \frac{V}{A_{\parallel}}$	$\tau = \frac{VQ}{Ib}$		$\tau = \frac{Tr}{J}$

“การกระจายภายในชิ้นส่วนและความเค้น@หน้าตัดที่พิจารณา”

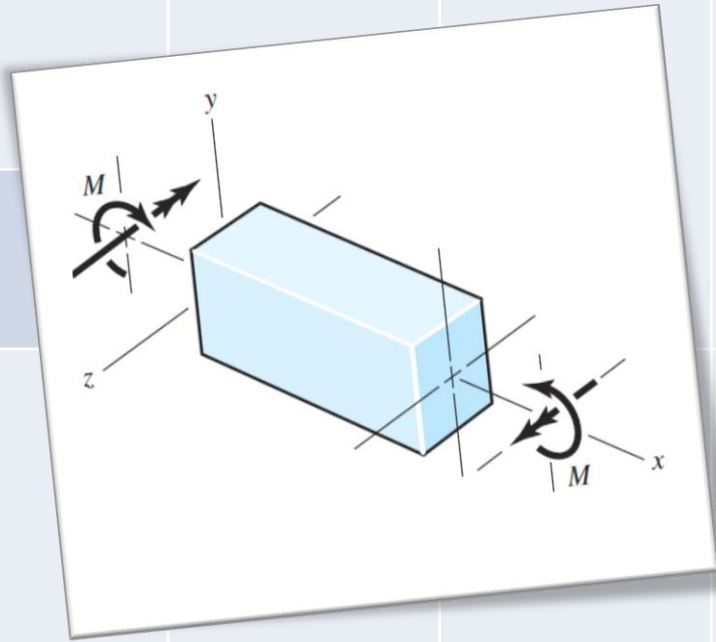
	แรงในแนวแกน (ดึง/อัด)	แรงในแนวขวาง (เฉือน)		โมเมนต์	
	แรงอัดบนพื้นที่ สัมผัส	ชิ้นส่วนทั่วไป (ภายใต้แรงเฉือนตรง)	คาน/แกน/เพลลา (เนื่องจากโมเมนต์ดัด)	โมเมนต์ดัด (bending moment)	โมเมนต์บิด/แรงบิด (twisting moment)
ความเค้นฉาก	$\sigma = \frac{P}{A_{\perp}}$				
ความเค้นเฉือน					

“การกระจายภายในชิ้นส่วนและความเค้น@หน้าตัดที่พิจารณา”

	แรงในแนวแกน (ดึง/อัด)	แรงในแนวขวาง (เฉือน)		โมเมนต์	
	แรงอัดบนพื้นที่ สัมผัส	ชิ้นส่วนทั่วไป (ภายใต้แรงเฉือนตรง)	คาน/แกน/เพลลา (เนื่องจากโมเมนต์ดัด)	โมเมนต์ดัด (bending moment)	โมเมนต์บิด/แรงบิด (twisting moment)
ความเค้นฉาก	$\sigma = \frac{P}{A_{\perp}} = \frac{P}{td}$				
ความเค้นเฉือน					

“การกระจายภายในชิ้นส่วนและความเค้น@หน้าตัดที่พิจารณา”

	แรงในแนวแกน (ดึง/อัด)	แรงในแนวขวาง (เฉือน)		โมเมนต์	
	แรงอัดบนพื้นที่ สัมผัส	ชิ้นส่วนทั่วไป (ภายใต้แรงเฉือนตรง)	คาน/แกน/เพลลา (เนื่องจากโมเมนต์ดัด)	โมเมนต์ดัด (bending moment)	โมเมนต์บิด/แรงบิด (twisting moment)
ความเค้นฉาก					
ความเค้นเฉือน					

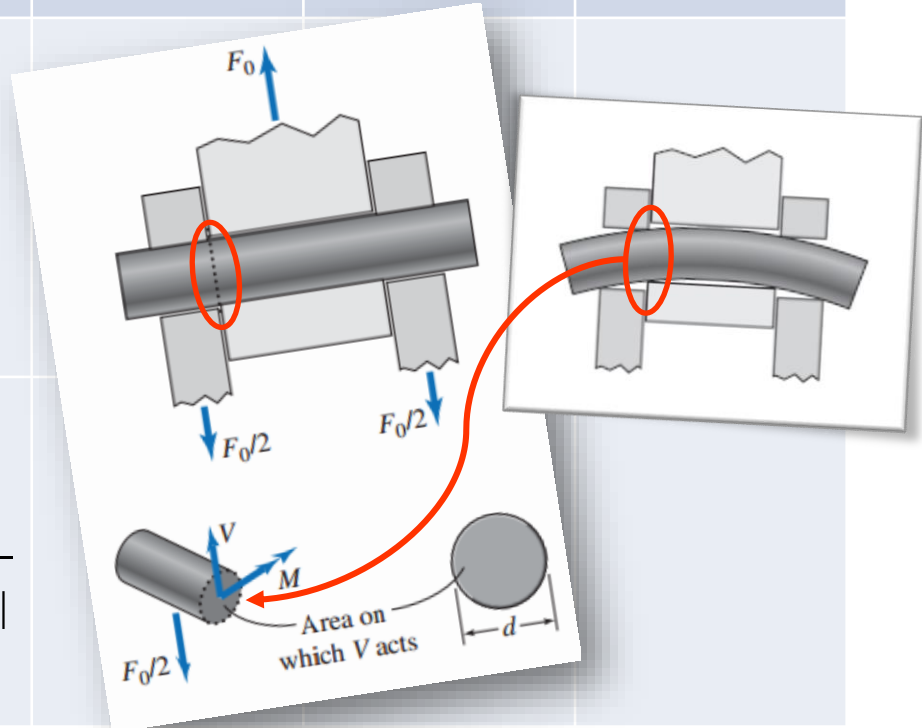


$$\sigma = \frac{M_z c}{I}$$

“การกระจายภายในชิ้นส่วนและความเค้น@หน้าตัดที่พิจารณา”

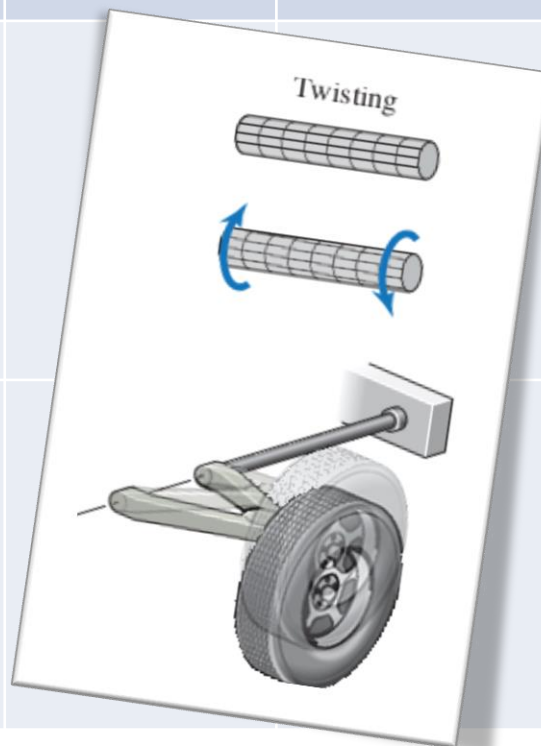
	แรงในแนวแกน (ดึง/อัด)	แรงในแนวขวาง (เฉือน)		โมเมนต์	
	แรงอัดบนพื้นที่ สัมผัส	ชิ้นส่วนทั่วไป (ภายใต้แรงเฉือนตรง)	คาน/แกน/เพลลา (เนื่องจากโมเมนต์ดัด)	โมเมนต์ดัด (bending moment)	โมเมนต์บิด/แรงบิด (twisting moment)
ความเค้นฉาก					
ความเค้นเฉือน					

$$\tau_{ave} = \frac{V}{A_{\parallel}}$$



“การกระจายภายในชิ้นส่วนและความเค้น@หน้าตัดที่พิจารณา”

	แรงในแนวแกน (ดึง/อัด)	แรงในแนวขวาง (เฉือน)		โมเมนต์	
	แรงอัดบนพื้นที่ สัมผัส	ชิ้นส่วนทั่วไป (ภายใต้แรงเฉือนตรง)	คาน/แกน/เพลลา (เนื่องจากโมเมนต์ดัด)	โมเมนต์ดัด (bending moment)	โมเมนต์บิด/แรงบิด (twisting moment)
ความเค้นฉาก					
ความเค้นเฉือน					$\tau = \frac{Tr}{J}$



“การกระจายภายในชิ้นส่วนและความเค้น@หน้าตัดที่พิจารณา”

	แรงในแนวแกน (ดึง/อัด)	แรงในแนวขวาง (เฉือน)		โมเมนต์													
	แรงอัดบนพื้นที่ ลึบพลัส	ชิ้นส่วนทั่วไป (ภายใต้แรงเฉือนตรง)	คาน/แกน/เพลลา (เนื่องจากโมเมนต์ดัด)	โมเมนต์ดัด (bending moment)	โมเมนต์บิด/แรงบิด (twisting moment)												
ความเค้นฉาก		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Beam Shape</th> <th>Formula</th> <th>Beam Shape</th> <th>Formula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Rectangular </td> <td> $\tau_{max} = \frac{3V}{2A}$ </td> <td> Hollow, thin-walled round </td> <td> $\tau_{max} = \frac{2V}{A}$ </td> </tr> <tr> <td> Circular </td> <td> $\tau_{max} = \frac{4V}{3A}$ </td> <td> Structural I beam (thin-walled) </td> <td> $\tau_{max} = \frac{V}{A_{web}}$ </td> </tr> </tbody> </table>				Beam Shape	Formula	Beam Shape	Formula	 Rectangular	$\tau_{max} = \frac{3V}{2A}$	 Hollow, thin-walled round	$\tau_{max} = \frac{2V}{A}$	 Circular	$\tau_{max} = \frac{4V}{3A}$	 Structural I beam (thin-walled)	$\tau_{max} = \frac{V}{A_{web}}$
Beam Shape	Formula	Beam Shape	Formula														
 Rectangular	$\tau_{max} = \frac{3V}{2A}$	 Hollow, thin-walled round	$\tau_{max} = \frac{2V}{A}$														
 Circular	$\tau_{max} = \frac{4V}{3A}$	 Structural I beam (thin-walled)	$\tau_{max} = \frac{V}{A_{web}}$														
ความเค้นเฉือน				$\tau = \frac{VQ}{Ib}$													

DU