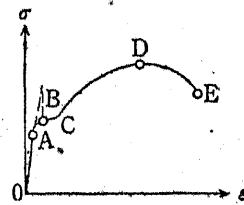


III. 材料の力學的性質

材料の弾性變形及永久歪

(一) 直接應力を受けた材料の弾性變形及永久歪

鋼の丸棒を静かに引き張る時は第1圖の如き應力歪圖 (Stress-strain Diagram) を得。σ は供試體を引き張れる力を供試體の斷面積で割つた引張應力 ε は供試體の伸びを原長で割つた伸率を示す。



第 1 圖

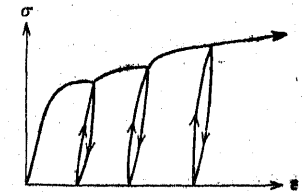
A 點を弾性限度 (Elastic Limit) と呼び OA 間は正しい直線をなしこの間では σ がなくなれば ε は又零に歸る即 OA 間では供試體は完全弾性 (Perfect Elastic)

あるで。B に達すると供試體は急に伸び始めるこの點を降伏點 (Yield Point) といふ。BC 間は ε に平行なる直線をなし C に於て再び上昇し D で最大の σ となりこれよりは急に材料が局部的に伸びて細くなりその爲め σ は小となつて E で供試體は破壊する。

A 點は極めて静かに引けば點線の示す如く B よりも上に至り急に B に降下することがある。B を超えて引き伸ばした供試體は σ を取去つても ε は再び 0 に歸らず第 2 圖の如く永久歪 (Permanent Set) を起す。即供試體は塑性 (Plastic) となる。これを更に引き張るときは弾性限度は下るが降伏點は一般に前よりも上

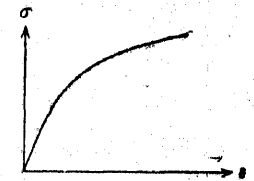
る即歪硬化作用 (Strain Hardening) をなす。

供試體は D に於て最大應力を有しこれからは却つて弱くなる様に見えるがこれは供試體の斷面がこゝから急に小さくなる爲めであつてこの斷面の縮小を考へれば必ずしも應力は小さくなるわけではない。



第 2 圖

鋼以外の材料では水晶の如きは極めて完全なる弾性をもつが鑛鐵銅錫等の金屬及石材混凝土等については應力歪圖は直線部なく従つて完全なる弾性の部分は存在しない。この場合の曲線は第 3 圖の如し。或材料では弾性部分があり他の材料ではこれが無いのは材料を構成してゐる組織が前者では整然としてゐるし後者では不整の爲めであると解する (Ewing 教授の説)。



第 3 圖

供試體を押しつぶす場合もほゞ上と同じ狀況を呈す。

(二) 直接應力と歪度との關係

弾性體に對してはフツクの法則 (Hooke's Law) が成立する即第 1 圖 OA 部に於て

$$\frac{\sigma}{\epsilon} = E \dots\dots\dots (1)$$

但 E はヤング係數 (Young's Modulus) といひ各材料について常數である (別表參照)。尙弾性體を引き張るときは斷面は縮小する

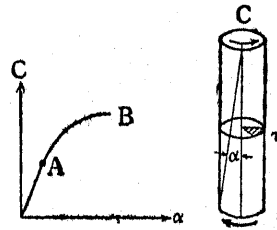
この断面の半径の縮の割合と伸率との比をポアソン比 (Poisson's Ratio) と呼ぶ(別表参照)。鑄鉄鋼錫混凝土石材等についてはバツハ・シュールの法則 (Bach-Schüle's Law) が成立する。即第 3 圖に於て

$$\frac{\sigma^n}{\epsilon} = T \dots \dots \dots (2)$$

但  $n$  は 1 より大なる數。

(三) 剪斷應力を受けた材料の變形

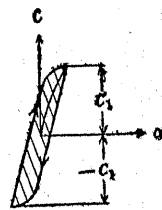
鋼の丸棒を靜かに振るときは第 4 圖の如き曲線を得但し  $\alpha$  は振れ角を示し  $C$  は  $\alpha$  支振るに要する偶力を示すこの場合丸棒の断面には剪斷應力が働きその合偶力が  $C$  となる故第 4 圖は



第 4 圖 (A) 第 4 圖 (B)

剪斷應力歪圖と見ることが出来る。OA 部分は直線でこれは完全弾性をなし A を超えると塑性となる。

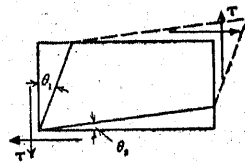
尙 A を超えて振つた後逆に向けて振り今  $\pm C_1$  の間で繰り返せば第 5 圖の如くなり陰影を施した面積に相當する仕事は熱其他の勢力と化して消失する。この曲線を弾性ヒステレシス (Elastic Hysteresis) といふ。



第 5 圖

(四) 剪斷應力と剪斷歪との關係

第 6 圖の如く剪斷應力を受けるときは弾性部分に於ては



第 6 圖

$$\frac{\tau}{\theta} = G \dots \dots \dots (3)$$

但  $\theta = \theta_1 + \theta_2$

$G$  は剪斷彈性係數 (Rigidity Modulus) といふ(別表参照)。 $G$  と  $E$  との間には下の如き關係がある

$$G = \frac{m}{2(1+m)} E \dots \dots \dots (4)$$

但  $\frac{1}{m}$  はポアソン比である。

(五) 建築材料の彈性係數表

建築材料の彈性係數 (單位  $\text{kg/cm}^2$ )

金屬材料	ヤング係數 E	剪斷彈性係數	彈性限度	降伏點
硬 鋼 (器械用)	2,200,000	850,000	5,000 以上	
硬 鋼 (橋梁用 St. 48)	2,100,000	810,000	1,900 以上	3,120
中 鋼 (橋梁建築用 St. 37)	2,100,000	810,000	1,900 以上	2,400
ニッケル鋼 (橋梁用)	2,089,000	805,000		3,800
珪素鋼 (橋梁用)	2,100,000	830,000		3,600-4,300
鑄 鋼	2,150,000	830,000	2,000 以上	2,100 以上
鑄 鐵	1,000,000	380,000		
鐵 線	2,000,000		2,000	
鋼 線	2,150,000		2,250	
アルミニウム	675,000	260,000		

非金属材料				ヤング 係数 E	
木	杉			86,800	
	赤松		松	64,400	
	松			71,500	
	落葉		松	77,200	
	榊			66,700	
	樅			112,300	
	米		松	124,900	
材	米		榊	84,200	
	オ		ク	106,000	
	竹			99,000	
			T	n	Bach =ヨル
混 凝 土	1 : 2½ : 5		298,000	1.145	
	1 : 5 : 6		280,000	1.137	
	1 : 5 : 10		217,000	1.157	
モ ル タル	1 : 1½		356,000	1.11	
	1 : 3		315,000	1.15	
	1 : 4½		280,000	1.17	
			ヤング 係数 E		ポアソン比 $\frac{1}{m}$
石 材	花崗岩			518,000	0.202
	大理石			769,000	0.273
	石灰石			309,000	0.250
	砂岩			172,000	0.187
	粘板岩			678,000	

材料の降伏及破壊の説

(六) 弾性限度を超えた應力

弾性限度を超えて材料を變形するときその原形に復さざるは恰かも粘性液體の如く材料組織の間でこりを生ずる爲めである。このこり面 (Slip Band) は所謂ハルトマン・リューダス線 (Hartmann-Lüders' Line) で明かに認めることが出来る。粘性液體の如くこるものなる故に應力の大きさは變形の速度によつて變る。即ち塑性の場合には應力と變形の速度 (獨 Dehnungsgeschwindigkeit) とを對比して曲線を作る。

(七) 材料の降伏又は破壊の説

材料が降伏すること及破壊することについて下の諸説あり。或點の主引張應力が或限度を超えるときそこに降伏又は破壊を起すといふ説これを最大主應力説 (Greatest Principal Stress Theory) といひ Rankine 及 Lamé によつて支持された説である。或點の主歪度が或限度を超えるとき降伏又は破壊が起るといふ説これを最大主歪度説 (Greatest Principal Strain Theory) といひ Poncelet 及 St-Venant によつて唱へられた説である。Guest, Coulomb, Tresca 等は最大接線應力が或限度に達するとき降伏又は破壊を起すといふ最大剪斷應力説 (Greatest Shearing Stress Theory) を出した。

Föppl, Kármán, Lode 等の精細なる實驗の結果降伏又は破壊を起す最大接線應力は垂直應力によつて變つて來ることが知れた。此の説は Mohr によつて初めに唱へられたものでこれをモールの説 (Mohr's Theory) と呼ぶ。即降伏又は破壊を起す剪斷應力  $\tau$

を式で表せば

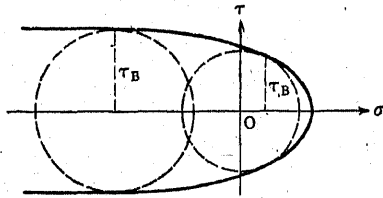
$$\tau_B = f(\sigma) \dots\dots\dots (5)$$

又これを圖示すれば第7圖の如し。

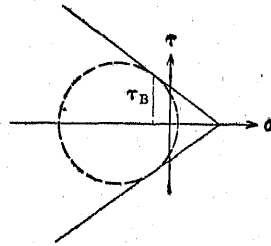
Boussinesq は  $f(\sigma)$  を簡單に直線型にとり

$$\tau_B = C - k\sigma \text{ (但 } C, k \text{ は常數)} \dots\dots\dots (6)$$

とした即第8圖の如し。



第 7 圖

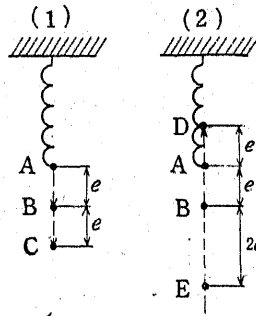


第 8 圖

### 急激荷重及繰返荷重の影響

#### (八) 急激荷重の影響

第9圖(1)に於ける發條に靜かに一定荷重をかけるときは始めAにある點Bに下り釣合ふが急激にかけるときは其二倍丈下りC迄下る。此れと同じく急激に荷重をかけるときは靜荷重の二倍の作用をなす。又第9圖(2)に於ける如く發條を一旦e丈押し上げて後急に荷重をかければE迄下る然るときはAEは3eとなる。此れと同じく一旦押し後引き張るか又は一旦引いて後押しするとき

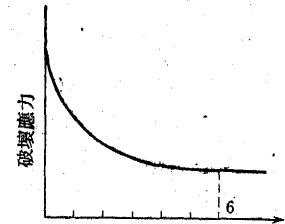


第 9 圖

は靜荷重の凡三倍の作用をなす。然し乍らこれ等の急激荷重に對して材料の強度が靜荷重の場合と同一であるか如何かは未だ知られてゐない。

#### (九) 繰返荷重の影響

Wöhler, Bauschinger 等の實驗の結果によれば彈性限度を超えて材料を數百萬回繰返して變形するときは靜荷重より遙かに小さい値で破壊する。これ材料が疲(Fatigue)をなす爲めである。±σの繰返し試験では鋼は六百萬回近くなると破壊應力の遞下がなくなり第10圖の如く一定の値に近づくこれを持續限度(Endurance limit)又は疲限度(Fatigue Limit)といふ。B. P. Haigh の實驗によれば



繰返し回数(百萬回)

第 10 圖

	疲限度と靜破壊荷重との比
建築用鋼	0.4
軟鋼(燒キナマシタルモノ)	0.5
同(歪硬化作用ヲ受ケタルモノ)	0.6

繰返し荷重が ±σ でない他の範圍の場合には又上の値と異つた値となる。

### 材料の強さ

#### (一〇) 材料の強さ

同一材料に於てもその大き形状及び外力のかゝり方等によつて

実際には必ずしも同一破壊應力を與へない。故に通常一定の形状大きさの供試體 (Test Piece) を作つてこれを外力の一定のかゝり方をなす試験器 (Testing Machine) にかけてその破壊強さ (Breaking Strength) [或は單に強さ (Strength)] を測る (別表参照)。たとへ形状が相似であり外力のかゝり方が試験器のそれと同一性質のものであつてもこの供試體強がそのまま相似法則 (Law of Similarity) によつて如何なる大きさの場合にも用ひらるゝか疑問である。況んや現場の諸材料は外力の受け方材料の出来ばえ等供試體の場合の如く單純でないことが多い従つて供試體強の數分の一をもつてその材料の許容應力 (Allowable Stress or Working stress) とする (別表参照)。幾つで割るかといふことは使用材料の信頼しうべきか否かといふ性質及外力のかゝり方の緩急等によつて變る。この割る數を安全率 (Factor of Safety) と稱す。尙又近來は彈性限度又は降伏點を基準として許容應力を決定する方が合理的なりといふ説も多くなつて來た。

(一) 建築材料の強さ表

建築材料の強度 (kg/cm<sup>2</sup>)

金属材料	引張強さ	壓縮強さ	剪斷強さ	曲げ強さ
硬鋼(器械用)	10000-17000			
硬鋼(橋梁用 St. 48)	4800-5800	3120		
中鋼(橋梁建築用 St. 37)	3700-4500	2400		
ニッケル鋼(橋梁用)	5600-6700			
珪素鋼(橋梁用)	4800-6200	3600		
鑄鋼	3500-7000	2400-3120		
鐵線	5600-7000			
鋼線	4000-6000			
鑄鐵	1200-3200	7000-8500		
アルミニウム	930-1000			

非金属材料		引張強さ	壓縮強さ	剪斷強さ	曲げ強さ
煉瓦	上燒		330		75
	燒並		225		55
	土管		670		75
木材	杉	(    ) 250	{    300   30	50	460
	赤松	(    ) 240	{    400   50	55	420
	松	(    ) 390	{    430   50	70	500
	落葉松	(    ) 780	{    500   60	80	500
	樺	(    ) 470	{    470   50	75	525
	樺	(    ) 210	{    380   35	70	450
	米松	(    ) 20	{    460   35	55	600
	米樺	(    ) 10	{    320   20	55	440
	オク	(    ) 850	{    500   140	55	500
	竹	(    ) 915	{    600   125	70	780
石材	花崗岩	55	1500	110	140
	安山岩	45	1050		85
	大理石	55	1360		110
	石灰石		540		
	砂岩	25	460		70
	凝灰岩	8	90		35
粘板岩		720		720	

## (一) 建築材料の許容應力表

建築材料の許容應力 (kg/cm<sup>2</sup>)

材 料		引張り	壓縮	剪 斷	曲 げ	
金 屬	建 物 用 鋼 材	1200	1200	1000	1200	
	鐵 筋 用 鋼 材	1200	1200	1000		
	橋 梁 用 鋼 材	1200	1000	950	1200	
	柱 用 鑄 材		500	200	250	
	鑄 鋼	1400	1400		1400	
混 凝 土	通常セメント混凝土		30-35	4	35-50	
	高級セメント混凝土		40-50	5.5	40-65	
石 材	花 崗 岩		110		15	市街地 建築物 法
	安 山 岩		80		9	
木 材	杉	50	50	5	50	市街地 建築物 法
	赤 松	75	75	7.5	75	
	松	65	65	6.5	65	
	米 松	65	65	6.5	65	