

## 第二章 構築材料ノ性質

(Properties of Building Materials)

### 第一節 彈性 (Elasticity)

#### (I) 變形 (Deformation)

凡テノ物體ハ外力 (External force) 即チ荷重 (Load) ノ作用ヲ受ケテ變形スルモノデアアルガ其荷重ヲ取去レバ原形ニ復スルベク努メルモノデアアル此レハ物體ノ分子ノ間ニ内力ガアル爲メデ此ノ力ヲ内力 (Internal force) 又ハ應力 (Stress) ト云フ。

斯ク物體ガ外力ノ作用ヲ受ケテ變形シタモノガ舊ニ復スル性質ヲ其物體ノ彈性 (Elasticity) ト云フ此ノ彈性ハ各材料ニヨリ異ナルモノデアツテ若シ完全ニ且ツ急激ニ原形ニ復スルモノナレバ其材料ヲ完全ナル彈性體 (Perfect elastic body) ト云ヒ不完全ニ復スルモノナレバ不完全ナル彈性體 (Imperfect elastic body) ト云フ又全ク原形ニ復セナイ物體ナレバ粘性體 (Plastic body) ト云フ。

#### (II) 全應力及單位應力 (Total Stress and Unit Stress)

外力ニヨリ惹起サレタ變形ハ前述ノ如ク分子間ノ内力又ハ應力ニヨリ抵抗サレルモノデアツテ内力ト外力トノ間ニ平衡 (Balance) ガ成立スレバ其物體ハ變形ヲ増減シナイ其場合ニ此物體ハ靜的平衡ノ状態 (State of static equilibrium) ニアルト云フ此書中ニ表ハレル物體ニ於ケル力ノ平衡ト云フ問題ニハ時間ノ概念ヲ含マナイノデアツテ外力内力竝ニ物體運動ノ状態ハ時間ニ對シテハ變化ノ無イモノト假定シテ居ル。

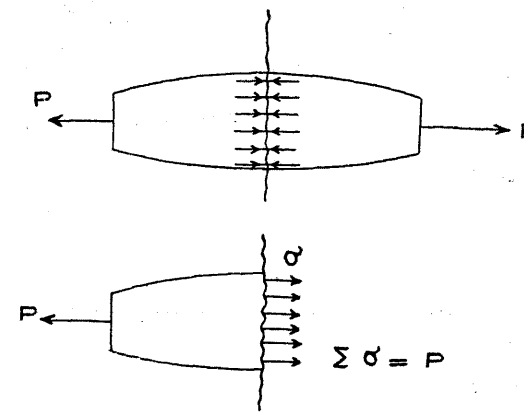


Fig. 49.

今茲ニ外力ト内力ト平衡スル處ノ棒 (Bar) ヲ採リ其任意ノ所ニ一ツノ断面ヲ假定スレバ此断面ノ兩側何レヲ考ヘテモ外力ガ働イテ居ルタメニ應力ガ呼起サレル此應力ハ断面全體ニ存在スルモノデアアル若シ此ノ断面デ棒ヲ二個ニ切斷シ其切斷以

前ト全ク量及方向ノ等シイ力ヲ全ク同ジ位置ニ作用セシムレバ此物體ハ切斷以前ト同様ニ平衡ノ状態ニ靜止スル故ニ應力ヲ定義スレバ次ノ様ニ云ハレル。

應力トハ物體内部ニ作用スル力ニシテ其形狀ヲ變ゼシメントスル外力ニ抵抗スルモノナリ。

更ニ又應力ガ断面ノ全體ニ對シテ考察サレタルトキニハ之ヲ全應力 (Total stress) ト云フ然シ一般ニ極微面積 (Differential area) 又ハ單位面積 (Unit area) ニ就キテノ應力ヲ取調ベル必要ガ多イノデアツテ此意味デノ應力ヲ應力度 (Intensity of stress) 又ハ單位應力 (Unit stress) ト云ヒ又ハ單ニ應力 (Stress) ト略稱スル事モアル故ニ全應力ト單位應力トノ關係ハ

$$P = \int \sigma \, df \dots\dots\dots (15)$$

式中

$P$  = 全應力

$\sigma$  = 應力度又ハ單位應力

$df$  = 今考察スル断面内ノ極微面積

應力ノ分布ハ断面内一様ナリヤ否ヤハ其荷重ノ状態、断面ノ形状等ニ因ツテ一様デハナイガ今特殊ノ場合トシテ全應力Pが断面全體ニ均等的 (Uniformly) ニ分布セラレタ場合ヲ考フレバ其場合ニハ(15)式ハ次ノ如ク改メラレル。

$$P = \int \sigma \cdot df = \sigma \cdot F$$

又ハ 
$$\sigma = \frac{P}{F} \dots\dots\dots(16)$$

式中 P = 該断面ニ於ケル全應力

F = 全断面積

(16)式ニ於ケルPガモシ單位ヲkgデ與ヘラレFガcm<sup>2</sup>デ與ヘラレタナラバσハkg/cm<sup>2</sup>ノ單位デ求メラレル,モシPガlb,Fガin<sup>2</sup>デ與ヘラレタナラバσハlb/in<sup>2</sup>(#/□)ノ單位デ求メラレル,即チσハ單位面積ニ對シテPト同一單位デアアル。

### 第二節 強度 (Strength of a Body or Material)

荷重即チ外力ヲ物體ニ作用セシメル事彌々増加スレバ遂ニ分子抵抗 (Molecular resistance) ガ破レテ物體ハ破壊スルニ至ル,物體ノ破壊スルハ完全ニ均質ナル物體 (Isotropic body) デアレバ應力度ガ最大ナル點ニ始マルノデアアル,其物體ガ壞レ始メル時單位面積ニ於ケル極限ノ應力ヲ以テ其物體ノ極強 (Ultimate strength) 或ハ單ニ強度 (Strength) ト稱ス,即チ

強度トハ物體ガ破壊セントスル極限ニ於テ單位面積ニ作用スル應力ナリ。

即チ強度ハ應力ノ極限デアアル,從ツテ應力ト同様ニ kg/cm<sup>2</sup>, lb/in<sup>2</sup>

等ノ單位ヲ以テ表ハサレルノデアアル。

物體ノ壞レ方ニハ色々種類ガアルモノデアツテ此レハ外力ノ如何ニ因ツテ應力ニ色々ノ種類ガアリ且ツ又其物體ノ強度ガ種種異ナルニ因ルカラデアアル,コノ應力ノ異同ハ外力ノ種類ガ異ナルカラデアツテ外力ガ其物體ノ形状ヲ變ゼシメントスル方法ノ

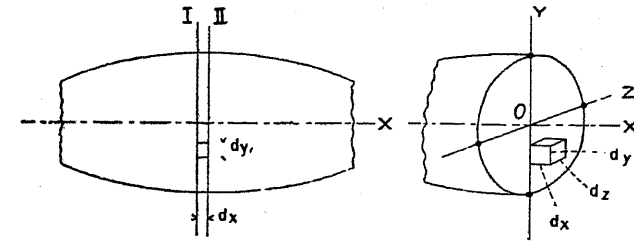


Fig. 50.

異ナルニヨツテ生ズルノデアアル。

Fig. 50ニ示スツノ棒ヲ考ヘ極微距離dxヲ隔ツルニツノ断面I,IIヲ採リ其ニツ

ノ断面ノ間ニ邊長ガdx,dy,dzナル一ツノ立方體ヲ想像シ此立方體ノ一面ハ断面Iニ固定セラレタモノトスル,棒ニハ断面Iノ中心Oヲ通シテ三垂直軸X,Y及Zヲ假定シY,Z軸ハI断面内ニ含マレX軸ハコレニ直角トスル,茲ニ考ヘタ立方體ハ此棒ニ作用スル外力即チ荷重ノ異ナルニ應ジテ矢張り異ナル變形ヲ爲シ外力ノ状態ガ大別シテ四通リアルニ對シテ立方體ガ四通リノ變形ヲ爲シ從ツテ四通リノ應力ヲ生ジ棒ノ強度ハ四通リノ場合ニ應ジテ各別々ニ論ゼラレル。

#### (I) 直應力強度 (Strength corresponding to Direct or Normal Stress)

此強度ハ荷重ヲ棒ノ軸ニ沿フテ (Longitudinally) 作用セシメタル場合ニ起ルノデアアル,斯クノ如クスル事ニ因ツテ Fig. 50ノ立方體ハ原邊長dxヲ延長スルカ又ハ縮小スル,然シdy,dzノ面ハ原位置ニ對シテ平行ニ動クノミデdy及dzノ邊長ニハ何等變化ヲ生ジナイ,

此立方體ノ變形ニ相當シテ茲ニ此棒ニハ應張力 (Tensile stress) カ或ハ應壓力 (Compressive stress) ガ呼起サレル, コノ兩者ヲ一語ニ直應力 (Normal stress) ト稱ス, 直應力ト稱スルハ應力ノ方向ガ断面ニ直角デアラカラデアラル, 此二ツノ應力ノ内前者即チ應張力ヲ正 (+) トシ後者即チ應壓力ヲ負 (-) ト考ヘルノヲ普通トスル, コノ正負ノ定メ方ハ全クーツノ規約ニ過ギナイノデアラカラ人ニヨツテハ全クコノ逆ニ取扱ヒ應壓力ヲ正トシ應張力ヲ負トスルノ論者モアル, 本書中ニハ總テ上掲ノ通り應張力ヲ正, 應壓力ヲ負ト規約シテ置ク。

(II) 抗剪強度 (Shearing Strength)

此強度ハ Fig. 51 ニ示ス如ク極微距離隔ツタ二ツノ断面ニ沿フテ二ツノ力ガ反對ノ方向カラ同時ニ作用スル場合ノ問題デアツテ立方體ノ一面ガ他方ノ面ニ對シテ滑動スル如キ變形ヲ生ズル, 即チ此變形ニ於テハ距離  $dx$  ニハ變化ナク唯  $dx, dy$  ノ面ニ於ケル角度ガ或ハ増シ又ハ減ズルノデアラル, 此變形ニ伴ツテ呼起サレル

應力ガ應剪力 (Shearing stress) デアツテ断面ノ面ニ沿フテ生ズル, 此角度ノ變化ヲ稱シテ<sub>シ</sub>リ (Sliding) 又ハ歪<sub>ミ</sub> (Detrusion) ト云フ, コノ應剪力モ直應力ニ於ケルト同ジク之ヲ正負ニ分チ得ラレル, 即チ立方體ノ變形ノ相違又ハ應力ノ相違ニ應ジ Fig. 52 ノ如ク規約スル事ガ出來ル, 然シ此區別ハ直應力ニ於ケル如ク主要ナルモノデハ

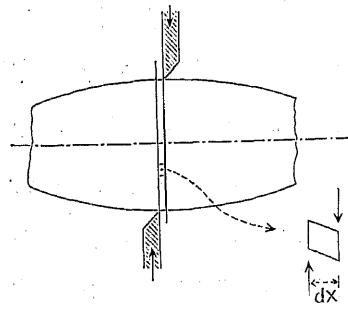


Fig. 51.

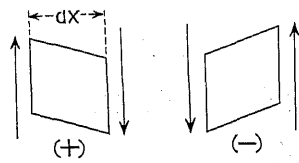


Fig. 52.

ナイ, 何トナレバ同ジモノヲ紙面ノ表裏ヨリ見ルニ因ル變化ニ過ギナイカラデアツテ應剪力其物ノ實質ニハ何等異ナル點ハ無イカラデアラル。

(III) 彎曲強度 (Transverse Strength)

是レハ兩端ニ支ヘラレタ棒ガ荷重ヲ其間ニ受ケタ場合等ニ起

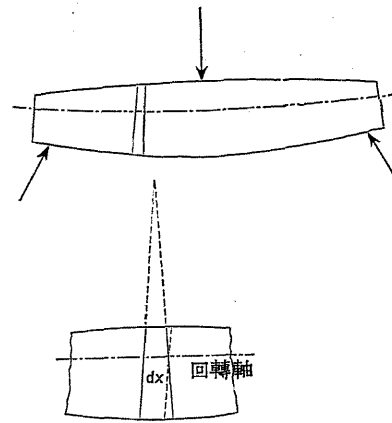


Fig. 53

ルノデアツテ立方體  $dx, dy, dz$  ガ此ノ爲メニ如何ニ變形スルカト云フニ邊長  $dx$  ガ其場所ニ從ツテ或ハ延ビ或ハ縮ムノデアツテーツノ極微立方體ニ就イテモ此變形ノ量ハ其上邊ト下邊トニヨツテ異ナル, 丁度此立方體ハ断面内ニアルーツノ軸ヲ中心トシテ其廻リニ回轉スル如キ變形ヲスル, 此

變形ニ伴ツテ呼起サレル應力ガ彎曲應力 (Transverse stress) デアル。

此應力ノ方向ハ外力ノ状態ニヨツテ一般的ニハ断面ニ對シテ傾斜シテ居ル筈デアラルガ此傾斜應力ハ断面ニ直角及平行ノ二力即チ直應力  $\sigma$  ト切線應力 (Tangential stress) 即チ應剪力  $\tau$  トニ分解スル事ガ出來ル, 即チ彎曲應力ハ常ニ直應力ト應剪力トニ分解セラレル, 此ノ兩者ノ内直應力ハ立方體ノ位置ニ從テ或ハ應張力トナリ或ハ應壓力トナルモノデアツテ此ノ立方體ガ軸ヨリ下方ニアル時ハ直應力ハ應張力トナリ軸ヨリ上方ニアル時ハ應壓力トナルノデアラル。

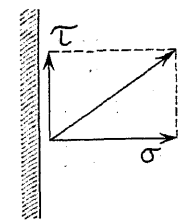


Fig. 54

(IV) 抗扭強度 (Torsional Strength)

是レハ棒ノ兩端ニ於テ反對方向ノ偶力率 (Couple moment) ヲ加ヘ



Fig. 55.

タ場合ニ生ズル問題デアツテ荷重ノ加ヘ方ニヨツテ立方體ノ一面ガ他ノ面ニ對シテ扭レル (Twist) モノデアル、此立方體ノ變形ニ伴ツテ生

ズル應力ガ應扭力 (Torsional stress) デアルガ其應力ノ性質ハ應剪力ト異ナル所ガ無イ、常ニ面ニ沿フテ起ルモノデアル。

以上説明シタ四種應力ヲ分解表記シテ見レバ

- 應力 {
  - 1. 直應力 { 應壓力  
          應張力
  - 2. 應剪力
  - 3. 彎曲應力 { 直應力 { 應張力  
                  應剪力 { 應壓力
  - 4. 應扭力 = 應剪力

トナル、結局應力トシテハ應張力、應壓力及應剪力ノ三通リヨリ無イ譯デアル。

(V) 制限應力 (Ruling Stress)

上述ノ四通リノ荷重方法ノ各々が單獨ニ起リ得ルケレドモ又構造物ニヨツテハ其ニツ又ハニツ以上ノ力ノ作用ガ同時ニ起ル事ガアル、若シ單獨ニ起ツタ場合ニハ應力ノ状態 (State of stress) ハ單純 (Simple) ナルモノニツ又ハニツ以上同時ニ作用スレバ應力ノ状態ガ複雑 (Compound) トナル、故ニ其強度ニ就キテモ亦複雑デアル

事ヲ免レナイ、此場合ニ於テ最モ大ニ其物體ヲ支配スル應力ヲ決定スルニハ作用セラレタカヲ夫々單純ナル應力ニ分解シ同ジ種類ノ應力ヲ夫々加ヘ或ハ減ジテ結局其物體ノ強度ヲ支配スル制限應力 (Ruling stress) ヲ決定スル事ガ出來ル、然シ應剪力ト直應力トガ同時ニ起ル場合ニハ此兩者ハ全ク種類ノ異ツタ應力デアルカラ簡單ニ之ヲ加減スル事ヲ得ナイノデアル、是ニ就キテハ更ニ第十章ニ於テ合成應力 (Combined stress) トシテ詳細ニ研究スル事トスル、何レニシテモ制限應力ヲ決定スル事ガ各種計算ニ於テ必要ナル事項デアル。

第三節 彈性法則 (Laws of Elasticity)

(I) 彈性限度 (Limit of Elasticity)

總テノ固體 (Solid body) ノ彈性ハ不完全ナリト信ズベキ理由アルモ實際ニ取扱フ場合ニ於テ即チ多クノ構築材料ニ就キテ或範圍内ニ於テハ完全彈性體トシテ扱ツテモ差支ナイノデアル、即チ其範圍内ニ於テハ作用力ヲ取去レバ物體ハ原形ニ復スルモノト考ヘラレル、換言スレバ或範圍内ナラバ永久變形 (Permanent set) ガ起ラナイト云ヒ得ル、コレハ多クノ實驗ニ依ツテ證明セラレテ居ル事柄デアル、上掲ノ範圍ヲ稱シテ彈性限度 (Limit of elasticity) ト云フ、即チ彈性限度トハ其物體ニ荷重ヲ作用セシメテ之ヲ取除ケバ變形ガ原形ニ復スルト云フ性質ヲ保有シテ居ル極限デアル、換言スレバ

「彈性限度トハ永久變形ガ始メテ認め得ラレル極限ヲ云フ」

彈性限度ヲ多クノ材料ニ就キテ其概數ヲ與ヘレバ第二表ノ如

クナル。

第二表 平均彈性限度

材 料	彈 性 限 度	
	平方吋 = 付封度	平方糎 = 付研
煉 瓦	1,000	70
混 凝 土	1,000	70
石 材	2,000	140
木 材	3,000	210
鑄 鐵	{ 6,000 20,000	{ 420 1,400
煉 鐵	25,000	1,750
建 築 用 鋼 材	35,000	2,450
硬 鋼	50,000	3,500

上表中煉瓦、混凝土、石材ニ對スル數字ハ應壓力ニ對スルモノトス、鑄鐵ニ對スル上段數字ハ應張力ニ對シ下段ハ應壓力ニ對スルモノトス、其他ノ材料ニ對スル數字ハ應張力應壓力兩者ニ對スルモノトス。

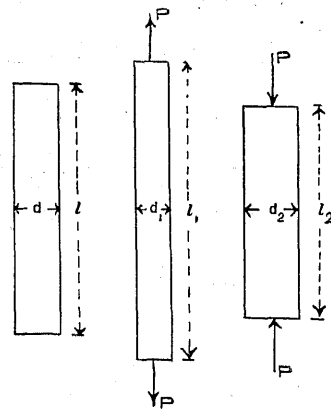


Fig. 56.

(II) 應力ト變形トノ關係 (Strain and its Relation to Stress)

1° 彈性係數 (Modulus of direct elasticity or Young's modulus)

Fig. 56ニ示ス如クニ力 P, Pヲ軸ニ沿フテ作用セシメル時ニ生ズル變形ハ次ノ如ク表ハサレル。

縱變形即チ軸ニ沿フ變形

$$\begin{cases} +P = \text{ヨリ} & l_1 - l = \Delta l \\ -P = \text{ヨリ} & l_2 - l = -\Delta l \end{cases}$$

横變形即チ軸ニ直角ノ方向ノ變形

$$\begin{cases} +P = \text{ヨリ} & d_1 - d = -\Delta d \\ -P = \text{ヨリ} & d_2 - d = \Delta d \end{cases}$$

$\Delta l$ ノ絶對量ハ棒ノ原長  $l$ ニ依ツテ變化スルガ計算ノ目的ニハ單位長ニ對スル長サノ變化ヲ用フルガ便利デアル、即チ茲ニ

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} \dots\dots\dots(17)$$

ナル關係ヲ用フルモノトスレバコノ長サノ相對的變化又ハ單位變形  $\epsilon$ ヲ變形率 (Unit strain) 或ハ單ニ變形 (Strain)ト稱ス、從テ變形ニモ延ビルカ縮ムカニ依ツテ正負ノ區別ヲ生ズル事ヲ知ル。

茲ニ述ベタ變形率ト前ニ説明シタ應力度トノ關係ハ數學的 (Mathematically)ニモ哲學的 (Philosophically)ニモ求メ得ラレナイノデアツテ唯實驗的 (Experimentally)ニノミ知リ得ラレルノデアル、フック氏 (Robert Hooke 英)ハ鋼發條 (Steel spring)ヲ用ヒテ種々ノ實驗ヲ行ヒタル結果應力ト變形トノ間ニハ或範圍内ニ於テ比例ノ有ル事ヲ發見シタ、即チ

或範圍内ノ荷重状態ニ於テハ應力ト變形トノ比ハ特定ノ固體ニ對シテハ常ニ定數ヲ保留ス。

コレヲ方程式ニテ表ハセバ

$$\left. \begin{aligned} E &= \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{P}{F} \div \frac{\Delta l}{l} = \frac{P \cdot l}{\Delta l \cdot F} \\ \epsilon &= \frac{\sigma}{E} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(18)$$

此式ニ表ハルル  $E$ ヲ稱シテ彈性係數 (Coefficient of direct elasticity,

Modulus of direct elasticity, Modulus of elasticity) 又ハヤング比 (Young's modulus)ト云フ、而シテコレハ荷重ノ或範圍内デハ定數値ヲ有ス、則チ此應力ト變形トガ比例ヲ保ツ範圍ヲ稱シテ此物質ノ比例限度 (Limit of proportionality) ト云フ。

古來「フック」氏ノ名ニ依ツテ「フック」法則 (Hooke's law)トシテ知ラルル法則即チ

應力ハ彈性限度以内ニ於テハ變形ニ比例ス

此法則ハ今日迄構造強弱學計算ノ基礎トナツテ居タノデアアル、然ルニ最近ニ至リ此法則ハ或特殊ノ物質ニノミ保有セラレ多クノ他ノ材料ニハ適合セズ、適合スル場合ニモ極ク低イ程度ニ過ギナイ、而シテ「フック」法則ヨリモ後述スル法則ガヨリ廣ク一般的ニ當テ嵌マル事ヲ發見セラレタ、夫レハ指數法則 (Exponential law) ト稱セラレルモノデアツテ式ニ表ハセバ

$$\epsilon = \frac{\sigma^n}{E_0} \quad \text{或ハ} \quad E_0 = \frac{\sigma^n}{\epsilon} \dots\dots\dots(19)$$

式中  $\epsilon$  = 變形率

$\sigma$  = 應力度

$E_0$  及  $n$  = 實驗數値

(19)式ノ形ニ於テ多クノ實驗學者ガ係數  $E_0$  及  $n$ ヲ各種ノ物質ニ對シテ求メタノデアアル、カノ煉鐵及鋼ノ如キ鮮少ノ材料ニ對シテノミ  $n=1$ トナルモ其他ノ場合殊ニ混凝土又ハ石材ニ對シテハ常ニ  $n>1$ トナルノデアアル、 $n=1$ ノ場合ニ限リ(19)式ハ(18)式ト同ジナル。

(19)式ニ於ケル  $n$  及  $E_0$ ヲ知ツタ後(18)式ニ於ケル  $E$ ヲ如何ニシテ求ムルカト云フニ應力  $\sigma$  及變形  $\epsilon$ ヲ縦横距ニ採ツテ指數法則ヲ

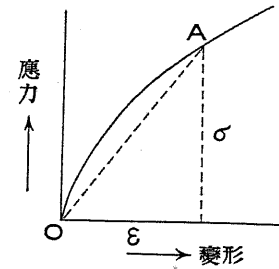


Fig. 57.

圖示スレバ Fig. 57ノ如クナリ、原點ニ近キ所カラ直チニ曲線デ始マツテ居ルガ故ニ或點Aニ於テノ  $E$  即チ應力ト變形トノ比ヲ求メンニハ

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\sigma}{\frac{\sigma^n}{E_0}} = E_0 \frac{1}{\sigma^{n-1}} \dots\dots\dots(20)$$

式中  $E$  = 平均彈性係數 (Mean modulus of elasticity)

上述ノ彈性限度ト比例限度トハ一般的ニハ等シイモノデハ無イノデアツテ前者ハ其限度迄ハ物體ガ完全ニ彈性的ナリト云フ限度デアリ後者ハ此限度迄ハ應力ガ變形ニ比例スルト云フ限度デアアル、實際ニ於テモ彈性限度ハ決定スル事ガ非常ニ困難デアルガ比例限度ハ一度ノ實驗ニ就イテモ最モ精密ニ求メ得ラルルモノデアアル。

尙應力ト變形トノ關係ハ之ヲ圖式的ニ最モ明瞭ニ表ハシ得ルモノデアツテコレヲ應力變形圖 (Stress-strain diagram)ト云ヒ茲ニ例トシテ構築用鋼材 (Structural steel)ニ就キテ其關係ノ状態ヲ圖示シヤウ。

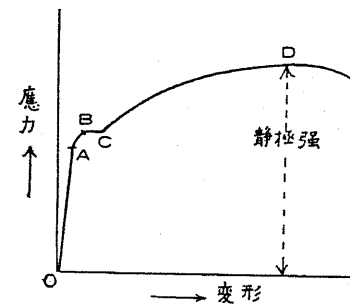


Fig. 58.

Fig. 58ニ於テ OAハ直線、ABハ僅カニ曲線トナリ Bヨリ急ニ曲線ガ曲ルモノトスレバ

Aヲ比例限度

Bヲ降伏點 (Yield point)

ト云ヒ降伏點應力ニ達シタ後ハ此材

料ハ急ニ粘性的伸長 (Ductile extension) ヲ増シ應力ノ僅カノ増加ニ對シテ變形ノ方ハ急激ニ増加スル事丁度 CD 曲線デ示スガ如クナリ更ニ最大應力ニ達スル少シ前ニ於テ材料ハ完全粘性體 (Perfect plastic body) トナリ D 點ニ達シテ靜極強 (Ultimate static strength) ヲ示シ遂ニ破壊スルニ至ル、勿論 Fig. 58 ニ示ス應力及變形ハ何レモ供試體原寸法ニ對シテ計算シタ數值デアアル。

Fig. 58 ニ示シタノハ一度ノ連續試験 (Continuous test) ニ於ケル曲線デアアル、然シ材料實驗ニ於テ注意スベキ事ハ材料ノ様態 (Behavior) ニハ時ノ影響 (Effect of time) ノアル事デアアル、即チ或材料ヲ一度荷重シテ或荷重ニ達シタ時ニ其荷重ヲ取除キテ或時間休マセ更ニ荷重ヲ加フレバ引續キ荷重ヲ加ヘタモノニ比シテ異ナル様態ヲ探ルモノデアツテ多クハ硬度ヲ増シ降伏點ガ高メラレ伸張

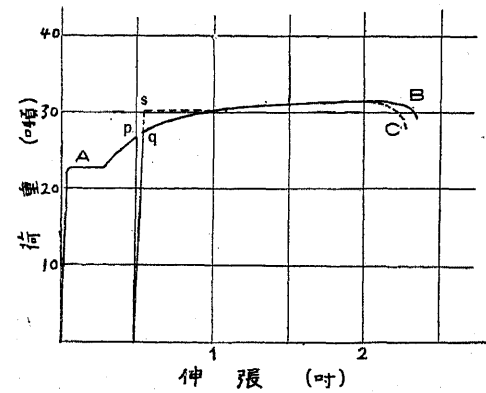


Fig. 59.

ハ減少サレル、此状態ヲ應力變形圖ニ示シタモノ即チ Fig. 59 デアル、同圖ハ同ジ棒カラ切取ツタ鋼材ノ二ツノ試験片ニ就キテ行ツタ結果ヲ圖示シタモノデアツテ此二ツノ取扱方ヲ異ニシタノデアアル、始メ暫クノ間ハ何レノ片モ同様ニ 27<sup>ton</sup> (圖上ノ p 點)迄荷重シ次ニ一方ノ方ハ一度荷ヲ外シテ又直チニ荷ヲ掛ケテ試験ヲ繼續シタノデアツテ圖上 q ヨリ始マル實線デ示シタノガ夫レデアアル、第二ノ方ハ

\* 供試體ハベツセマー鋼ニシテ其徑 1/4、標點距離 10/4 ニ就キテ試験ス。

荷ヲ外シテカラ 24 時間休マシテ然ル後ニ荷重シ始メタノデアツテ此場合ニハ降伏點ガ s 迄上昇シ夫レヨリ點線ノ如キ徑路ヲ探リ sC ノ如キ曲線ヲシテ遂ニ破壊スルニ至ツタ、コノ q ハ 28<sup>ton</sup> ニ相當シ s ハ 30<sup>ton</sup> ニ相當シテ居ル、コレニ依ツテ見ルニ一晝夜休マシタ事ハ降伏點ヲ高メ同時ニ破壊時ニ於ケル伸長ヲ減ジタ事トナルノヲ知ル。

2° 横弾係數 (Modulus of rigidity, Modulus of transverse elasticity, Shearing modulus)

應剪力ノ強度 (Intensity of shearing stress) ト應剪變形 (Shearing strain) トノ關係ヲ表ハス係數ガ横弾係數デアツテ普通 G デ表ハス、從ツテ今モシ應剪力  $\tau$  ニ因ツテ生ズル應剪變形ヲ弧度單位 (Radian) ニテ表ハシヤトスレバ

$$\left. \begin{aligned} G &= \frac{\tau}{\gamma} = \frac{\text{應剪力度}}{\text{應剪變形}} \\ \tau &= \gamma, G \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(21)$$

次ニ直線變形 (Linear strain) 即チ直應力ニ對スル變形ト單純應剪變形 (strain in simple shear) トノ關係ヲ説明シヤウ。

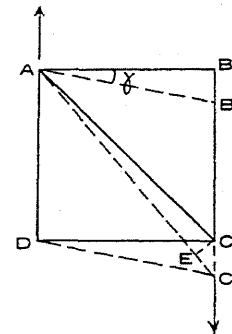


Fig. 60.

正方形 ABCD ガ單純應剪力 (simple shearing stress) ニ作用サレテ AB'C'D' ニ變形スルモノトスル、コノ場合ノ變形ハ極メテ少量デアアルカラ BB' ナル直線ハ實際ニ於テ A ヲ中心トシ AB ヲ半径トシテ書イタ弧ト一致スルモノデアアル、而シテ C カラ AC' ニ下シタ垂線 CE モ亦同様ニ A ヲ中心トシテ書イタ弧ト同ジモノデアアル、從ツテ此場合ノ應

剪變形ヲ  $\gamma$  radian トスレバ

$$\gamma = \frac{BB'}{AB} \text{ 或ハ } = \frac{CC'}{CD}$$

同時ニ

$$= \frac{\tau}{G}$$

一方對角線 AC' ハ何程伸長シタカト云フニ EC' デ表ハサレルベク從ツテ其直線變形ハ

$$\begin{aligned} \text{對角線ノ方向ノ直線變形} &= \frac{EC'}{AC} = \frac{CC' \times \frac{1}{\sqrt{2}}}{CD \times \sqrt{2}} = \frac{1}{2} \frac{CC'}{CD} \\ &= \frac{1}{2} \gamma \text{ 或ハ } \frac{1}{2} \frac{\tau}{G} \dots\dots\dots(22) \end{aligned}$$

即チ對角線ノ方向ノ直線變形ハ數值的ニ (Numerically) ニ云ヒテ應剪變形ノ量ノ半分デアアル。

3° 積弾係數 (Bulk modulus)

積弾係數トハ容積ニ對スル單位變形 (Volumetric strain) ニ於ケル彈性係數デアツテ物體ガ壓力アル液體ノ中ニ沈下サレタ場合ノ如ク各三方面ヨリ壓力即チ直應力ヲ受ケテ其爲メニ容積ニ變化ヲ來シタ時コノ容積ノ變化ト原容積トノ間ノ係數ヲ云フノデアアル、此係數ハ B ニテ表ハス、今モシコノ物體ニ受ケル直應力ノ強度ヲ  $\sigma$  トセバ

$$\begin{aligned} \frac{\sigma}{B} &= \text{容積變形 (Volumetric strain)} \\ &= \frac{\text{容積變化 (Change in volume)}}{\text{原容積 (Original volume)}} \dots\dots\dots(23) \end{aligned}$$

而シテ此容積變形ハコレニ伴フテ生ズル直線變形ノ三倍トナルモノデアアル、何トナレバ今モシ邊長  $a$  ナル如キ一ツノ立方體ヲ

採リテ考へ此正方體ガ何レノ面ニ於テモ直應力ヲ受ケタタメニ變形ヲナシテ  $a$  ガ  $a \pm \Delta a$  トナツタモノトスレバ(勿論  $\Delta a$  ハ極小デアアルガ)一邊ニ對シテ考へタ直線變形ハ  $\frac{\Delta a}{a}$  デアルガ故ニ

$$\text{容積變化} = (a \pm \Delta a)^3 - a^3 = \pm 3a^2 \Delta a$$

$$\text{容積變形} = \frac{3a^2 \Delta a}{a^3} = 3 \left( \frac{\Delta a}{a} \right) = 3 \times \text{直線變形}$$

4° 「ポアッソン」比 (Poisson's ratio)

Fig. 56 ヲ以テ説明シタ様ニ張力ヲ受ケタ棒ハ縦ノ方向 (Longitudinally) ニハ延ビテ横ノ方向 (Laterally) ニハ縮マントスル傾向ヲ有スル、即チ直應力ハ其軸ノ方向ニ一ツノ變形ヲ生ジコレニ直角ノ方向ニハ反對ノ性質ノ變形ヲ生ズル、而シテ此二ツノ變形ノ間ニハ一定ノ關係ガ存在スルモノデアツテ彈性限度以內ニ於テハ次式ニテ其關係ガ與ヘラレル。

$$\frac{\text{横變形 (Lateral strain)}}{\text{縦變形 (Longitudinal strain)}} = \frac{1}{m} \dots\dots\dots(24)$$

今

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \text{縦變形}$$

$$\beta = \frac{\Delta d}{d} = \text{横變形トスレバ}$$

$$\beta = -\frac{1}{m} \epsilon$$

或ハ

$$\beta = -\frac{1}{m} \left( \frac{\sigma}{E} \right) = -\frac{1}{m} \left( \frac{\Delta l}{l} \right) \dots\dots\dots(25)$$

而シテ此(24)式ニ示シタ  $m$  ハ普通 3 乃至 4 ノ値ヲ有シ建築用鋼材等ニ於テハ  $m = \frac{10}{3}$  デアル。

此  $\frac{1}{m}$  ナル比ヲ「ポアッソン」比 (Poisson's ratio) ト云ヒ  $m$  ナル係數ヲ横縮係數 (Coefficient of lateral contraction) ト云フ。



## 5° 各種彈性係數ノ關係 (Relation between elastic constants)

上述シテ E, G, B 及 m ノ間ニ存スル關係ハ簡單ニ之ヲ求メ得ル,\* 茲ニハ其誘導ノ徑路ヲ省略シテ單ニ其間ニ於ケル關係ノミヲ記載シヤウ。

$$\left. \begin{aligned} E &= 2G\left(1 + \frac{1}{m}\right) \\ G &= \frac{m}{2(m+1)} E \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (26)$$

此式ニ於テ m=3 ト採レバ  $G = \frac{3}{8} E$

m=4 "  $G = \frac{2}{5} E$

m =  $\frac{10}{3}$  ト採レバ  $G = \frac{5}{13} E$

更ニ

$$E = 3B\left(1 - \frac{2}{m}\right) \dots\dots\dots (27)$$

從テ(26)式及(27)式ヨリ E 又ハ m ヲ消去シテ

$$\frac{1}{m} = \frac{3B - 2G}{6B + 2G} \dots\dots\dots (28)$$

$$E = \frac{9BG}{G + 3B} \dots\dots\dots (29)$$

## 第四節 反復應力

(Repeated Stresses or Fatigue of Material)

構造物ガ移動荷重 (Moving load) ニ作用サレタ時ニ其移動荷重ガ位置ヲ變ヘレバ其構造物ノ或部材ノ任意斷面ノ應力ハ其量ヲ變化スルノミナラズ場合ニヨツテハ其應力ノ方向ヲモ異ニスルノ

\* Morley—Theory of Structures, p. 10

デアツテ此場合ニ此部材ハ反復應力 (Repeated stress) ニ作用サレルト稱ス。

構造物ガ反復應力ヲ受ケタ場合ニハ其構造物ノ破壊ハ Fig. 58 ニ説明シテ靜極強 (Ultimate static strength) ヨリハ遙カニ低イ應力ニ於テ惹起セラレル事ガ經驗上發見セラレタ、尙此場合ニ應力ガ單ニ反復サレルノミデナク其性質ヲ正負逆ニ變化スル如キ時ニハ其破壊ニ對スル抵抗ハ一種ノ應力ガ唯反復サレタル場合ニ比シテ更ニ減少スルモノデアアル、斯クノ如ク一種ノ應力ノ反復 (Repetition) 又ハ異ナル性質ノ應力ヘノ反向 (Reversion) ニ因ル破壊ハコレヲ疲勞 (Fatigue) ト稱ス。

「ヴェーラー」氏 (Wöhler 獨) ハ此事實ニ注意シ普國政府ノ爲メニ精細ナ實驗ヲ行ヒ其後繼者「スパンゲンベルグ」氏 (Spangenberg) 引繼ギ反復應力ノ影響ヲ決定スル事ニ關シテ多クノ實驗ヲ行ヒ遂ニ反復應力ニ因ツテ破壊ヲ起スニ至ル法則ヲ設定スル事ヲ得タノハ極メテ價値アル研究デアツタ、其實驗ヨリ得タ要點ノミヲ摘記スレバ是ヲ次ノ二項ニ分チ得ル。

(1) 靜極強ヨリモ遙カニ低イ反向應力 (Reversed stress) 又ハ普通ノ彈性限度以內ノ應力デアツテモコレガ非常ニ多クノ度數反復サルレバ是ニ因ツテ遂ニ破壊ヲ起スニ至ル。

(2) 變動應力 (Fluctuating stress) ヲ受ケテ居ル場合ニ其破壊ニ對スル抵抗ハ或範圍以內ニ於テハ其應力ノ變動 (Fluctuation) ノ範圍 (Range) ニ關スル、換言スレバ最大應力ニ依ツテ支配セラレルヨ

\* Engineering—p 199. vol XI, 1871.

Unwin—Testing of Materials.

Wöhler—Über die Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl.

リハ寧ロ最大應力ト最小應力トノ代數差ニ關係スル。

是等二項ニ關スル説明ハ第三表ガ明カニ是ヲ示シテ居ル、即チ第一項ニ關シテハ第三表[A]ニ見ルベク同表ハ反向應力ニ對スル實驗ノ結果ヲ揭示シタモノデアアル、此試驗ニ用ヒタ供試體ハ約23 tons/□ノ靜極強ヲ有シタモノデアアルニ拘ラズ無限回數反向シテ尙安全ナル應力ハ同表最下段ニ示シタ如ク7.6 tons/□ナル事ヲ知ル、故ニ假ニ彈性限度ヲ15.6 tons/□ト見ルモ尙其半ニ達セザルヲ見ルノデアアル。

第三表 [A] (應力單位 tons/□)

最大應力(張力)	最小應力(壓力)	應力ノ範圍	破壊ニ至ル迄ノ反復回數
+ 15.3	- 15.3	30.6	56,430
+ 14.3	- 14.3	28.6	99,000
+ 13.4	- 13.4	26.8	183,145
+ 12.4	- 12.4	24.8	479,490
+ 11.5	- 11.5	23.0	909,840
+ 10.5	- 10.5	21.0	3,632,588
+ 9.6	- 9.6	19.2	4,917,992
+ 8.6	- 8.6	17.2	19,186,791
+ 7.6	- 7.6	15.2	132,250,000 (破壊セズ)

第二項ニ關シテハ第三表[B]ニ之ヲ見ルベク上記ト同一材料ニ就キテ最大應力ヲ反復荷重シタ場合ニ15.28 tons/□、最大應力ト其約半バノ應力トノ間ニ變動スル如ク反復荷重シタ場合ニ最大應力約20 tons/□ヲ示スノデアアル。

第三表 [B] (應力單位 tons/□)

最大應力	最小應力	應力ノ範圍	破壊ニ至ル迄ノ反復回數
+ 22.92	0	22.92	800
+ 21.01	0	21.01	106,100
+ 19.10	0	19.10	344,853
+ 17.19	0	17.19	409,481
+ 17.19	0	17.19	480,852
+ 15.28	0	15.28	10,141,645
+ 21.01	+ 9.55	11.45	2,373,429
+ 21.01	+ 11.46	9.55	4,000,000 (破壊セズ)

以上二項ニ求メ得タ變動應力ノ極限值ヲ表示シタモノガ即チ第三表[C]デアアル。

第三表 [C] (應力單位 tons/□)

反復應力ノ種類	最大極限應力	應力範圍極限
最大ヨリ等量ノ異性ニ反復	7.6	15.2
最大ヨリ零ニ反復	15.28	15.28
最大ヨリ其半ニ反復	21.01	約 10.0

「グーラー」氏ガ實驗ノ結果ヲ發表シタル後多クノ學者ガ此點ニ就イテ實驗ヲ行ヒ種々ノ應力ノ變化ヲ受ケタ場合ニ此材料ノ實際ノ破壊應力ガ何程ニナルカラ決定スルニ充分ナル公式ヲ求メ様ト努メタ、其發表セラレタモノ數多アルモ今日一般ニ認メラレ一般ニ適用セラルルモノニツキ其二ツ即チ「ラウンハルト」氏公式及ビ「ワイラウフ」氏公式ヲ茲ニ掲出スル事トシヤウ、今

K = 最初ニ於ケル極強

$\sigma_1$  = 無限回數反復スルモ安全ナル最大應力度即チ反復極限 (Repetition limit)

$\sigma_2$  = 反向極限 (Reversal limit) 即チ無限回數正負反向荷重スルモ安全ナル最大應力度

$\sigma_0$  = 變動應力ヲ受ケタル場合ノ極限應力 (Breaking stress under varying stresses)

$\sigma_{max}$  = 其材料ノ受クル最大應力

$\sigma_{min}$  = 同最小應力

トスレバ

1°「ラウンハルト」氏公式 (Launhardt) 即チ一種類ノ應力ノミノ作用スル場合ニ對スルモノ

$$\sigma_0 = \sigma_1 + \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} (K - \sigma_1) \dots\dots\dots(30)$$

2°「ワイラウフ」氏公式 (Weyrauch) 即チ應力ガ應張力カラ應壓力ニ交互反向スル場合ニ對スルモノ

$$\sigma_0 = \sigma_1 - \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} (\sigma_1 - \sigma_2) \dots\dots\dots(31)$$

此(30)及(31)式ハ次ノ如ク書キ換ヘ得ル。

$$\sigma_0 = \sigma_1 \left( 1 + \frac{K - \sigma_1}{\sigma_1} \cdot \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \right) \dots\dots\dots(32)$$

$$\sigma_0 = \sigma_1 \left( 1 - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} \cdot \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \right) \dots\dots\dots(33)$$

若シ今我等ガ或材料ニ對スル靜極強 K, 反復極限  $\sigma_1$  及反向極限  $\sigma_2$  ヲ實驗ニ依ツテ知ル事ヲ得タナラバ之ヲ是等ノ公式ニ適用シテ或材料ガ變動應力ニ作用サレタ場合ノ破壊應力ヲ決定スル事ヲ

得ルノデアアル此何レノ公式ニ於テモ共ニ  $\sigma_0$  ハ破壊應力 (Breaking stress) デアルカラコレヲ實際ニ安全ナル許容應力 (Working stress or allowable stress) トスルニハ此得ラレタ  $\sigma_0$  ヲ 3 デ割ツテ得ラレル事ハ「ワイラウフ」氏ノ推獎シタ所デアアル。

尙(30)式ニ於テハ最小應力及最大應力ハ同一性質ノ應力デアアルカラコレガ何レモ應張力デアレバ  $\sigma_0$  モ應張力デアリ應壓力デアレバ  $\sigma_0$  モ應壓力デアアル(31)式ニ於テハ最大應力ト最小應力トハ異ナル性質ノ應力ヲ意味スルノデアアルガ式ニ挿入スル場合ニハ其絶對値ヲ採リ絶對値デ大小ヲ定メテ用ヒネバナラス、コノ場合ノ  $\sigma_0$  ハ最大應力ト同性質デアアルモノトスル。

「ウーラー」氏 (Wöhler) 「スパンゲンベルグ」氏 (Spangenberg) 「バウシנגー」氏 (Bauschinger) 等ノ大家ニ依ツテ行ハレタ實驗ヨリシテ建築用鋼材ニ就イテハ

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} K, \quad \sigma_2 = \frac{1}{4} K$$

ヲ普通ノ値ト看做シ得ルト稱セラレル、コノ關係ヲ前式ニ挿入スレバ

同種ノ應力ノ場合 
$$\sigma_0 = \frac{1}{2} K \left( 1 + \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \right) \dots\dots\dots(34)$$

反對性質ノ應力ノ場合 
$$\sigma_0 = \frac{1}{2} K \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \right) \dots\dots\dots(35)$$

### 第五節 許容應力

構造物ガ破壊ニ對シテ安全デアアル爲メニハ其構造物ノ何レノ断面ニ於ケル制限應力 (Ruling stress) モ實驗上差支ナシトシテ許サ

レテ居ル應力ノ限度ヲ越エテハナラナイ、即チ應力ガ許容應力 (Allowable stress) ヲ越エテハナラヌノデアアル、然ラバ如何ニシテ其許容應力ヲ決定シ得ベキヤト云フニ此算出法ニニツアル。

第一法 (Ordinary method)

是レハ前世紀ノ初メヨリ今日ニ至ル迄多ク用ヒラレタ方法デアツテ材料ノ極強ヲ基礎トシテ是レニ**安全率** (Factor of safety) ヲ挿入シテ加減シ此ノ應力限度迄ハ其材料ニ對シテ許シテ差支ナシト云フ許容應力ヲ決定スルノデアアル、茲ニ寸法ヲ決定シ様ト云フ或部材ニ對スル安全率トハ其材料ノ極強ト其時ニ差支ナシトシテ許サレテ居ル許容應力トノ比ヲ云フノデアアル、又茲ニ今現ニ或應力ヲ受ケツツアル部材ノ安全率トハ其材料ノ極強ト現存スル應力トノ比ヲ意味スルノデアアル、換言スレバ今

$$K = \text{極強 (Ultimate stress)}$$

$$k = \text{許容應力 (Working or allowable stress)}$$

$$s = \text{安全率 (Factor of safety)}$$

トスレバ設計ニ於ケル安全率ハ

$$s = \frac{K}{k}, \quad k = \frac{K}{s}, \quad K = k \cdot s$$

又現存部材ニ於ケル安全率ハ

$$s = \frac{K}{\sigma}, \quad K = \sigma \cdot s$$

許容應力ハ適當ナ安全率デ以テ極強ヲ割ツテ求メラレル、今構造物ニ用ヒラレル各種材料ノ強度ノ平均値及安全率ハ如何ナル値ガ實際ニ用ヒラレルカラ示シタモノ即チ第四表及第五表デアアル。

第四表 [A] 普通使用サルル材料ノ強度

材 料	靜 極 強 (lbs/in <sup>2</sup> )			彈性限度 (lbs/in <sup>2</sup> )		彈性係數 (lbs/in <sup>2</sup> )	重 量 (lbs/ft <sup>3</sup> )
	張 力	壓 力	剪 力	張 力	壓 力		
アルミニウム (鍊)	18,000	—	—	10,000	18,000	4,500,000	167
眞 鍮 (鑄)	18,000	11,000	—	7,000	—	13,500,000 9,000,000	525
銅 (鍛)	30,000	50,000	25,000	—	—	15,000,000	556
銅 (鑄)	22,500	—	—	—	—	15,000,000	549
砲 金	19,000	58,000	18,000	7,000	12,000	12,000,000	540
鉛 (鑄)	1,800	—	—	—	—	700,000	710
錫 (鑄)	5,000	—	—	—	—	4,600,000	462
鑄 鐵	19,000	100,000	22,000	—	—	13,000,000 22,000,000	450
鍊 鐵	50,000	50,000	40,000	25,000	—	25,000,000 29,000,000	480
鋼 (軟)	60,000 —80,000	60,000 —80,000	50,000 —60,000	35,000—40,000	—	26,000,000 32,000,000	490
鋼 (リベット用)	60,000	60,000	48,000	35,000	—	30,000,000	490
鋼(ニッケル 3/2%)	110,000	—	70,000	60,000	—	30,000,000	490
木 材	10,000	8,000	3,000 600*	3,000	—	1,500,000	40

\* 木理ニ沿ヒタル抗剪強。

第四表 [B] 日本産木材ノ強度

本 島 産 木 材

Names	材名	極強 #/sq"	彈性係數 #/sq"	重量 #/ft <sup>3</sup>	Names	材名	極強 #/sq"	彈性係數 #/sq"	重量 #/ft <sup>3</sup>
Biwa.	枇杷	10334	1037607	51	Momi.	樺	7917	988122	26
Buna.	榿	12331	1250235	47	Mukurogi.	無患樹	11478	1370557	48
Hannoki.	檜	13005	1299864	36	Muku.	樟	12001	1104650	39
Hiba.	檜葉	13670	1967112	33	Mume.	梅	12256	1253069	50
Hinoki	檜	8824	964248	30	Nara.	檜	13324	1193396	58
Hounoki.	朴	11027	1211712	32	Nashi.	梨	12633	1818693	46
Icho.	銀杏	6790	531377	28	Nemurigi	眠リ木	6929	1390186	35
Kaede.	楓	15881	1423383	42	Nikkei.	肉桂	12962	1223620	42
Kaki.	柿	6536	1031946	42	Yabu Nikkei.	葎肉桂	8660	1000187	40
Akagashi.	赤檜	16615	1865241	60	Sakura.	櫻	13652	1562512	42
Shirogashi.	白檜	17232	1694977	54	Sansho.	山椒	9515	1139576	35
Kashiwa.	柏	12617	1526938	49	Sarusuberi.	百日花	13324	1263251	50

Katsura.	桂	12705	1326810	38	Sawara.	榧	6614	731499	20
Kaya.	榧	14037	1121426	32	Sendan.	センダン	9134	956812	23
Kenponashi.	枳椇	13292	1415156	45	Shide.	移椏	19134	1317273	46
Keyaki.	榿	14668	1822065	52	Shii.	榧	10518	1322762	33
Mottled Keyaki.		5783	644292	42	Shioji.	鹽地	9988	933228	28
(Common Kiri.	桐	6014	727615	18	Sugi Common.	杉	6409	806862	19
Ao kiri.	青桐	8064	1143072	29	{ Akami sugi.	赤味杉	8289	1155107	27
Kuri.	栗	12146	1634581	39	{ Kurobe sugi.	黒部杉	9827	873179	31
Kurogaki.	黒柿	3508	708789	45	Tochi.	榎	12352	1479870	33
Kurumi.	胡桃	11054	1370310	34	Toneriko.	トネリコ	9249	917122	35
Kusu.	楠	9601	1094820	38	Tsubaki.	椿	13146	1431559	55
Kuwa.	桑	9170	756945	35	Tsuga.	榿	9552	809225	37
Maki.	榎	6733	758491	25	Tsuge.	柘	17002	1199725	58
Matsu. Common.	松	11376	1389323	35	Urushi.	漆	8756	1080135	32
(Kuro matsu.	黒松	11790	1458607	36	Yanagi.	柳	4723	781555	25
Aka matsu.	赤松	9733	1264655	37	Yenju.	槐	12313	1580756	41
Hime komatsu.	姫子松	9650	1103489	38	Yenoki.	榿	7948	779058	39

北 海 道 産 木 材

Names.	材名	種 強 #/口''	弾 性 係 数 #/口''	重 量 #/ft <sup>3</sup>
Aburaki.	油木	7560	1130480	28
Akatamo.	アカタモ	13263	1383480	41
Asada.	アサダ	11237	1530900	43
Doronoki.	ドロノ木	7918	1306368	26
Ganpi.	ガンピ	11164	1399680	35
Hannoki.	檜	10395	1292760	34
Hiki Zakura.	ヒキ櫻	7614	618540	26
Hounoki.	朴	10462	1224720	29
Itaya.	イタヤ	10390	314000	42
Ishinara.	石櫓	12703	1592136	48
Kaede.	楓	6828	1224720	42
Kashiwa.	柏	14934	1530900	53
Kata-sugi.	堅杉	10557	1306368	36
Katsura.	桂	11394	1396680	33
Kawa-zakura.	皮櫻	11461	1224720	38
Kuri.	栗	9939	1224720	31
Kurumi.	胡桃	8680	1632960	34
Kuwa.	桑	9072	1664712	40
Midzuki.	水木	12892	1632960	39
Nana-kamado.	七籠	10634	1480488	39
Nigaki.	苦木	9224	1088640	34
Nukasen.	糠桧	10676	1440180	37
Onko.	チンコ	12179	1063171	37
Onisen.	鬼桧	9762	1309770	35

Shikoro.	シコロ	9045	1131740	35
Shinanoki.	楡	6832	816481	22
Shiuri-zakura.	シウリ櫻	12387	1447160	83
Yachitamo.	ヤチタモ	11419	1469664	40
Yanagi.	柳	6723	1197504	32
Yatsuba Hannoki.	ハツ葉檜	9706	1577968	35
Yenju.	槐	9733	1224720	39
Yezomatsu.	蝦夷松	8164	1088640	31

第五表 安 全 率

材 料	死 荷 重	動 荷 重		衝 撃 フ 受 ク ル 構 造 物
		同 種 應 力	反 向 應 力	
鑄 鐵	5	6	10	15
煉 鐵 及 鋼	4	5	8	12
木 材	8	10	15	20
煉瓦工及石工	20	30	—	—

第五表ニ與ヘタル安全率ノ値ハ其場合ニ應ジテ著シキ變化ヲ與フベキモノデアツテ是レハ材料ノ性質ガ異ナルニ因ルノミニ非ズシテ其構造物ノ重要 (Importance) ノ程度及ビ設計者ノ判斷ニ依ツテ異ナルベキ理デアアル、例ヘバ其構造物ガ雨露ニ曝サレテ比較的短日月ノ間ニ強度ヲ減損スル如キ場合ニハ安全率ヲ増シ又設計ニ際シテ考ヘタ荷重ハ平均荷重ナルカ受ケルベキ最大荷重ナルカニ依ツテ變化アルベキ理デアアル、又其レガ一時の構造物デアアルカ永久の構造物デアアルカニ依ツテモ異ナルベク又夫レガ破壊シタ場合ニ生ズル損害ノ程度ニ依リテモ異ニスベキ理デアアル、故ニ第五表ニ與ヘタ數値ハ一般的ノ概念ヲ與ヘタニ過ギナイ事ヲ忘レテハナラヌ。

第二法 (New method)

是レハ一言ニ云ヘバ反復應力トシテ取扱フ事ニ歸スルノデア  
ツテ或部材ノ寸法ヲ決定スルニ當ツテ唯其部材ノ受ケル最大應  
力ノミヲ考慮セズ其部材ノ受ケル應力ノ變動ノ範圍即チ最大應  
力及最小應力ノ點ヲ顧慮シテ適當ナル許容應力ヲ決定スル方法  
即チ(30)及(31)式又ハ(34)及(35)式ヲ以テ許容應力ヲ決定セントスル方  
法デア、此方法ニ據ルトキハ是非共其部材ノ受クル應力ノ範圍  
即チ最大及最小應力ヲ共ニ知ラネバナラス、尙此場合ニハ「ワイ  
ラフ」氏ノ推獎シタル如ク安全率ハ少ナク採リ3トシテ充分ナ  
デア、此方法ニ據レバ死荷重即チ不變荷重ニ對シテハ  $\sigma_{max} = \sigma_{min}$   
トナルカラ(34)式ニヨリ死荷重ニ對スル許容應力  $k = \frac{\sigma_0}{3} = \frac{K}{3}$  ナ  
ル事ヲ知ル。

一ツノ構造物ヲ組成スル各部材ハ同一安全率ヲ有スル如ク設  
計セラレネバナラス事ハ勿論デアツテ其方法ニ二ツアル。

(a) 等値死荷重法 (Equivalent dead load method)

與ヘラレタ最大及最小應力ヲ夫レニ相當スル等値死荷重應力  
ニ換算増加シコレヲ死荷重ニ對スル許容應力  $k = \frac{K}{3}$  デ割ツテ所  
要斷面積ヲ求メルノデア、即チ(34)及(35)式ニ於テ  $\sigma_0 = \sigma_{max}$  ト置クト  
キハ Kガ求ムル等値死荷重應力トナリ

$$\begin{aligned} \text{等値死荷重應力} &= \frac{2\sigma_{max}}{1 + \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}} \text{ (同種應力ノ場合)} \\ &= \frac{2\sigma_{max}}{1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}} \text{ (反對性質ノ應力ノ場合)} \end{aligned} \quad (37)$$

(b) 可變許容應力法 (Variable working stress method)

各部材ノ最大及最小應力ニ應ジテ(34)又ハ(35)式ニ據ツテ  $\sigma_0$ ヲ計  
算シ安全率3デ割ツテ各部材ニ對スル許容應力ヲ別々ニ求メ此  
許容應力ヲ以テ與ヘラレタ最大應力ヲ割ツテ此部材ノ必要斷面  
積ヲ求メル法デア、即(34)及(35)式ヲ安全率3デ割リ。

$$\begin{aligned} \text{許容應力 } k &= \frac{1}{6} K \left( 1 + \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \right) \text{ (同種應力ノ場合)} \\ &= \frac{1}{6} K \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \right) \text{ (反對性質ノ應力ノ場合)} \end{aligned} \quad (38)$$

例題第三、死荷重張力 4tons, 活荷重壓力 1ton, 活荷重張力 2tonsヲ受クル抗壓材  
アリ、其許容死荷重應力チ 6tons/□' トシテ所要斷面積ヲ求ム。

答、死荷重 +4t, 活荷重 +2t 及 -1t ナルガ故ニ

$$\begin{aligned} \text{最大應力 } \sigma_{max} &= +4 + 2 = +6t \\ \text{最小應力 } \sigma_{min} &= +4 - 1 = +3t \end{aligned}$$

故ニ(38)式ニヨリ

$$\text{許容應力 } k = \frac{\sigma_0}{3} = \frac{1}{6} \times 6 \times \left( 1 + \frac{3}{6} \right) = 4.5 \text{ t/}\square$$

$$\text{故ニ 所要斷面積} = \frac{6}{4.5} = 1.33 \square''$$

或ハ(37)式ニ據リ與ヘラレタ應力ニ對スル

$$\text{等値死荷重應力} = \frac{2 \times 6}{1 + \frac{3}{6}} = 8t$$

$$\text{故ニ 所要斷面積} = \frac{8}{6} = 1.33 \square''$$

問題集第二

(1) 長 0.4m, 邊長 5mm ナル正方塊アリ、應力ヲ受ケテ長 0.5mm 伸長シタリトス、今  
 $E=2.2 \times 10^6$  (張力ニ對シ)  $G=0.85 \times 10^6$  (剪力ニ對シ)トシテ塊體ノ幅ノ變化如何  
答 0.00184mm.

(2) 徑 1" 標點距離 10" ノ丸鐵ニ據ル張力試験ニ於ケル觀察ヨリ次ノ値ヲ得タ  
リ、是ニ依ツテ應力變形圖ヲ作圖シ極強、比例限度、伸長率及彈性係數ヲ求ム。

荷重(噸)	5	10	15	16	17	18	19	20	20.5	21	21.5
伸長(吋)	.0047	.0096	.0145	.0155	.16	.21	.26	.32	.36	.39	.43
荷重	22	22.5	23	23.5	24	25	25.45	25.1	23.1	21.7	

伸長 .49 .58 .60 .69 .78 1.08 2.13 2.13 2.30 2.35

答 32.4 t/□'', 21.6 t/□'', 23.5%, 13,120 t/□''.

(3) 直徑  $d$  ナル丸鐵供試體アリ、今  $P$  ナル張力ヲ加ヘタルニ標點距離  $l$  = 就イテ  $\Delta l$  ノ伸長アリタリトセバ此場合ニ生ズベキ供試體ノ眞應力ト見掛ケ應力トノ比ヲ求ム、但眞應力トハ横縮ノ影響ニ因ル斷面積ノ減少ヲ考慮シタル場合ノ應力ヲ云フ。答  $1 + \frac{2}{md} \frac{\Delta l}{l}$

(4) 丸鐵供試體ヲ張力試験シタル場合其供試體標點距離間ノ容積ニ變化ヲ生ズルヤ、若シ生ズトセバ其原積ニ對スル比如何。答  $\frac{\Delta l}{l} \left( \frac{2}{md} - 1 \right)$

(5) 今鋼材供試體ニ就テ實驗ノ結果彈性係數 28,500,000 #/□'', 應剪係數 11,000,000 #/□'' ナル事ヲ知レリ、該材料ノ積彈係數如何、又直應力ヲ受ケテ生ズベキ縱變形ハ同時ニ生ズベキ横變形ニ對シ幾倍トナルベキカ。

答 23,200,000 #/□'', 3.385

(6) (a) 20t 張力及 8t 張力, (b) 20t 壓力及 8t 壓力  
(c) 20t 張力及 8t 壓力, (d) 20t 壓力及 8t 張力

ガ交互ニ發生スル鋼材アリ、 $K=3500 \text{ kg/cm}^2$ , 安全率 = 3.5 ト採ル時各々ノ場合ニ於ケル許容壓力ヲ求ム。答 (a) 700  $\text{kg/cm}^2$  (b) 700  $\text{kg/cm}^2$

(c) 400  $\text{kg/cm}^2$  (d) 400  $\text{kg/cm}^2$

(7) 張力ガ 10tons ヨリ 8tons ニ變化スル如キ抗張材ニ對シ適當ナル斷面積ヲ求ム、但シ死重ニ對スル安全應力ヲ 7tons/□'' トス。答 1.59 □''

(8) 死重 7t(張力)ノ外ニ 3t(張力)ヨリ 2t(壓力)ニ變化スル活重ヲ受クル部材ニ於テ死重ニ對スル許容應力ヲ 5t/□'' トセバ此場合ニ適當ナル許容應力如何、從ツテ必要ナル斷面積ヲ求ム。答 3.75 t/□'' 3.67 □''

(9) (a) 死重(張力) 15tons, 活重(張力) 20tons  
(b) 死重(壓力) 15tons, 活重(張力) 20tons

ナル荷重ヲ之ニ相當スル死重ニ換算セヨ。答 (a) 49tons 張力 (b) 36tons 壓力

(10) 最大應力 +20t, 最小應力 +5t ヲ受クル部材ニ對スル安全率ハ「ワイラウフ」氏ニ從ヘバ何程トセバ適當ナルカ。答 4.8

(11) 同一ノ材料ヲ以テ作りタル二本ノ棒アリ、一本ハ  $O$  ヨリ  $P$  迄ノ反復荷重ヲ受ケ他ノ方ハ  $-\frac{P}{m}$  ヨリ  $+\frac{P}{m}$  迄ノ反向荷重ヲ受クル時此二本ガ等シキ安全率ヲ有スル爲メニ  $m$  ヲ何程ニ採ルベキカ。答  $m = \frac{\sigma_1}{\sigma}$

$$f_s = \frac{1}{6} \times 20 \times \left( 1 + \frac{5}{20} \right) = \frac{25}{6} \text{ allowable stress}$$

$$s = \frac{P}{f_s} = 20 \times \frac{6}{25} = \frac{24}{5} = 4.8$$