VI. 直線軸ノ棒ニ於ケル組合應力.

38. 概論.

直線軸ノ棒ノ受ケル單純ノ應力ガ引張(壓縮),曲ゲ,剪斷及捩リノ四ツノ場合ニ分ケラレルコトハ已ニ述ベタ通リデアルガ之等應力ノ性質ハ結局垂直又ハ剪斷ノ何レカニ歸スル故二ツ宛ノ組合セヲ作レバ次ノ場合ガ成立スル.

1. 垂直應力ト垂直應力.
2. 剪斷應力ト剪斷應力.
3. 垂直應力ト剪斷應力.

之等ノ中同種類ノ應力ヲ組合セタ1及2ノ場合ニハ棒ノ斷面ニ生ズル單純ノ應力ヲ求メテ之ヲ加ヘレバ宜シイガ3ニ於テハ左樣ニ簡單デナイ. 初メノ場合1,2ノ中必要ナノハ1デアルカラ先ヅ之ニ屬スル問題ノ例ヲ擧ゲテ其計算法ヲ示シ又後ノ場合3ニ對スル應力及變形ノ計算ハ順ヲ追ヒテ述ベルコトニスル. 而シテ垂直,剪斷ノ兩應力ガ聯立スル時ノ應力,變形ヲ求メテ其結果ヲ設計上ニ應用スル際ニハ先ヅ材料ノ强サニ關スル法則ヲ明カニシ荷重負擔ノ度ヲ定メナケレバナラヌ. 併シ此問題ハ後章ニ讓ル積リデアル.

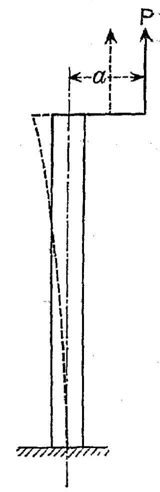
39. 偏心荷重ニヨリテ棒ヲ引キ(又ハ壓シ)且曲ゲル場合.

棒ガ引キ又ハ壓サレルタメニ其任意ノ斷面ニ生ズル應力ヲσ_0トシ次ニ曲ゲノタメニ起ル應力ヲσ_bトスレバ合成應力σハ之等ノ代數和トシテ求メラレル. 卽

$$\sigma=\sigma_0+\sigma_b. \qquad (1)$$

σ_0ハ全斷面中ニ一樣ニ配布サレルモノト見テ例ノ如ク計算サレル. 又σ_bハ曲ゲノ章デ述ベタ樣ニ中立軸カラノ距離ニ比例シテ値ヲ變ジ此軸

ヲ境トシテ正負符號ヲ異ニスル. 從テ之等ヲ組合セタσモ亦一定ノ規則デ其値ヲ變ズルモノデアルガ併シ符號ハ場合ニヨリテ素ヨリ一定シナイ. 卽時トシテハ一面ニ正又ハ負ノミナルコトモアリ或ハ正カラ負ニ變ズルコトモアル.



70 圖

斷面積ヲfトシ柱體ノ軸ヨリaナル距離ニ於テ之ニ平行ノ力Pガ70圖ニ示ス樣ナ方向ニ作用スル場合ヲ考ヘルニ先ヅ事ヲ簡單トスルタメニ荷重ガ各斷面ノ一主軸ヲ含ム平面中ニアリトスレバ

$$\sigma_0=\frac{P}{f},\quad \sigma_b=Pa\frac{\eta}{I}.$$

從テ$I=fi^2$トスレバ(1)ヨリ

$$\sigma=\frac{P}{f}\left(1+\frac{a\eta}{i^2}\right). \qquad (2)$$

ηノ兩極限値卽e_1及$-e_2$ヲ入レル時ハ

$$\left.\begin{aligned}\sigma_1&=\frac{P}{f}\left(1+\frac{ae_1}{i^2}\right),\\ \sigma_2&=\frac{P}{f}\left(1-\frac{ae_2}{i^2}\right).\end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

此場合σ_1ハ正デアルガσ_2ハ其括弧内ノ式ニヨリテ或ハ正トナリ或ハ負トナル. 後ノ場合ニハ斷面内ノ應力ガ正負符號ヲ變ズル故或ル場所デ應力零トナル. 之ハ(2)ヨリ判ル樣ニ次ノηノ値ニ相當スル.

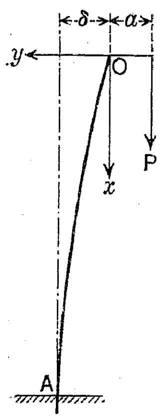
$$\eta=-\frac{i^2}{a}. \qquad (4)$$

上ニ準ジタ計算ハPガ棒ヲ壓ス樣ニ働ク時ニモ適用サレル筈デアルガ茲ニ注意スベキ點ハ棒ノ變形デアル. 棒ガ引カレル時ハ軸線ガ可ナリ彎曲ヲ起シテモ之ガタメニ曲ゲノモーメントハ大トナル憂ハナイカラ最初ヨリ彎曲ノ影響ヲ顧ミナカツタ上ノ計算法ハ決シテ不安全ナ結果ヲ與ヘナイ. 併シ棒ガ壓サレナガラ曲ル時ハモーメントガ增加スル故之ヲ省略スルコトガ不安全トナル譯デアル. 尤モ棒ガ太ク短クシテ

變形ガ明カニ小ナル場合ニハタトヘ壓縮ノ時ト雖上ニ準ジタ方法ヲ以テ近似的ノ計算ヲシテ差支ヘガナイ.

40. 偏心荷重ヲ受ケル棒ノ彎曲.

前節ニ述ベタ樣ナ偏心荷重ヲ受ケル棒ノ彈性線ヲ論ズルニハ荷重ノ棒軸ヨリノ距離計リデナク曲ゲノタメニ生ズル撓ミヲ考ヘテ曲ゲモーメントヲ計算スルノガ正當デアル. 此處ニ壓縮ノ場合ヲ論ズルタメ71圖ニ於テ棒ノ自由端Oニ於テPガ距離aヲモツテ棒ヲ壓ス樣ニ作用スルモノトスル. Oヲ原點トシテ軸ノ最初ノ方向ヲxトシ又彎曲ガ紙面中ニ起ルモノト假定シテy軸ヲ圖ノ如クニトル. 然ル時ハ曲ゲモーメントハ次ノ式ノ樣ニOカラAニ向テ次第ニ增加シ同點ニ於テ最大トナル.



71 圖

$$M=P(y+a).$$

從テ彈性線ノ方程式ハ

$$EI\frac{d^2y}{dx^2}=-P(y+a). \tag{5}$$

偖

$$\frac{P}{EI}=\alpha^2 \tag{6}$$

ト置ケバ此微分方程式ノ積分ハ一般ニ

$$y=A\cos\alpha x+B\sin\alpha x-a.$$

A及Bハ積分常數デアル.

常數A, Bヲ定メルタメニ$x=0$ニ對スル條件トシテ$y=0$並ニ$x=l$ニ對シテ$\frac{dy}{dx}=0$ト置ク. 卽O點ニ於ケル彈性線ヘノ切線ハ舊ノ軸線ノ方向ニ止ルト假定スル. 然ル時ハ

$$A=a,$$

$$B=a\tan\alpha l.$$

故ニ求メル彈性線ノ方程式ハ次ノ通リデアル.

$$\begin{aligned} y&=a\left[\tan\alpha l\sin\alpha x+\cos\alpha x-1\right] \\ &=a\left[\frac{\cos\alpha(l-x)}{\cos\alpha l}-1\right]. \end{aligned} \tag{7}$$

$x=l$トオイテyノ最大値δヲ求メレバ

$$\delta=a\,\frac{1-\cos\alpha l}{\cos\alpha l}. \tag{8}$$

此式ニ於テ若シ$\cos\alpha l=0$ナル時ハ$\delta=\infty$トナル. 併シ此場合ニ於ケル荷重ハ次章ニ於テ安定問題トシテ別ニ考ヘル積リデアルカラ此處デハ斯ル場合ガ起ラヌモノト假定シヤウ.

序ニ應力ノ計算ヲナス爲最大ノモーメントヲ求メルニ之ハA點ニ起リ其値ハ

$$\begin{aligned} M_{max}&=P(a+\delta) \\ &=\frac{Pa}{\cos\alpha l}. \end{aligned}$$

之ガタメニ生ズル正負應力ノ兩極限値トPニ依ル壓縮應力トヲ組合セレバ前ノ樣ニ$I=fi^2$トシテ

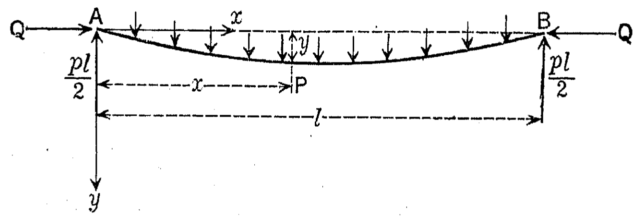
$$\left.\begin{aligned} \sigma_1&=\frac{P}{f}\left(\frac{a e_1}{i^2\cos\alpha l}-1\right), \\ \sigma_2&=-\frac{P}{f}\left(\frac{a e_2}{i^2\cos\alpha l}+1\right). \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

之ヲ前節ノ(3)ト比較シ且只今ノ場合ニハPガ壓ス樣ニ作用シテ居ル點ヲ考ヘレバ兩方ノ式ガ$\cos\alpha l$ノ有無ニ於テ異ル事ヲ見ルノデアル. 若シlガ短クシテ$\cos\alpha l\cong 1$ト見做シ得ルナラバ(9)ハ(3)ト同ジ形ニナル. 之ニ反シテlガ相應ニ大ナル時ハ$\cos\alpha l$ハ次第ニ小トナリ從テ(9)ノ括弧內ノ初項ガ甚ダ大トナル. 特ニ若シ$\alpha=\frac{\pi}{2}$トナリテ$\cos\alpha l$ノ値ガ零トナレバ應力モ無限大トナル. 併シ前ニ述ベタ樣ニ斯ル場合ハ除外シヤウ.

41. 縱橫ノ荷重ヲ受ケル棒.

細長イ棒ガ橫ノ荷ヲ受ケテ曲ルノミナラズ縱ニ壓サレル場合ニ若シ

彎曲ノ程度ガ相應ニ著シ想ナ時ハ縱ノ荷重ノ生ズル曲ゲモーメントヲ計算ニ入レル必要ガアル.



72 圖

72圖ニ於テ AB ヲ與ヘラレタ棒トシ其長サヲ l, 斷面ノ慣性モーメントヲ I トスル. 之ニ作用スル横ノ荷重ノ密度ヲ不變トシテ之ヲ p ニテ表シ又兩端面ニ働ク縱ノ荷重ヲ Q トスル. A ヲ原點トシ棒ノ軸ヲ x 軸又之ニ直角ノ方向ヲ y 軸ニトル. 然ル時ハ彎曲セル棒ノ彈性線上ノ任意ノ一點 P ニ於ケルモーメントハ

$$\frac{plx}{2}-\frac{px^2}{2}+Qy=\frac{px}{2}(l-x)+Qy.$$

従テ彈性線ノ方程式ハ

$$-EI\frac{d^2y}{dx^2}=\frac{px}{2}(l-x)+Qy,$$

又ハ

$$\frac{d^2y}{dx^2}+\frac{Q}{EI}y=-\frac{px}{2EI}(l-x). \qquad (10)$$

此方程式ノ右邊ヲ零トスル場合ノ一般ノ積分ハ例ノ樣ニ正弦及餘弦ノ形デ表サレ且(10)ノ一ツノ解ハ

$$-\frac{Q}{EI}y=\frac{px}{2EI}(l-x)+\frac{p}{Q}$$

トオキウル故 $\alpha^2=\frac{Q}{EI}$ トスレバ

$$-\frac{Q}{EI}y=A\cos\alpha x+B\sin\alpha x+\frac{px}{2EI}(l-x)+\frac{p}{Q}.$$

積分常數 A, B ヲ定メル爲ニ $x=0, y=0$ 及 $x=l, y=0$ ノ兩條件ヲ導ケバ

$$A+\frac{p}{Q}=0,$$

$$A\cos\alpha l+B\sin\alpha l+\frac{p}{Q}=0.$$

之等ノ兩式ヨリ

$$A=-\frac{p}{Q},\quad B=\frac{p}{Q}\frac{\cos\alpha l-1}{\sin\alpha l}=-\frac{p}{Q}\tan\frac{\alpha l}{2}.$$

卽

$$\frac{Q}{EI}y=\frac{p}{Q}\tan\frac{\alpha l}{2}\sin\alpha x+\frac{p}{Q}\cos\alpha x-\frac{px}{2EI}(l-x)-\frac{p}{Q}. \qquad (11)$$

彈性線ノ撓ミハ $x=\frac{l}{2}$ ニ於テ最大デアル. 之ヲ δ トスレバ

$$\frac{Q}{EI}\delta=\frac{p}{Q}\tan\frac{\alpha l}{2}\sin\frac{\alpha l}{2}+\frac{p}{Q}\cos\frac{\alpha l}{2}-\frac{pl^2}{8EI}-\frac{p}{Q}$$

$$=\frac{p}{Q}\left(\sec\frac{\alpha l}{2}-1\right)-\frac{pl^2}{8EI}.$$

卽

$$\delta=\frac{pEI}{Q^2}\left(\sec\sqrt{\frac{Q}{EI}}\,\frac{l}{2}-1\right)-\frac{pl^2}{8Q}. \qquad (12)$$

次ニ $x=\frac{l}{2}$ ニ於ケルモーメント卽棒ニ働ク最大ノ曲ゲモーメントヲ求メレバ

$$M=Q\delta+\frac{pl^2}{8}=\frac{pEI}{Q}\left(\sec\sqrt{\frac{Q}{EI}}\,\frac{l}{2}-1\right). \qquad (13)$$

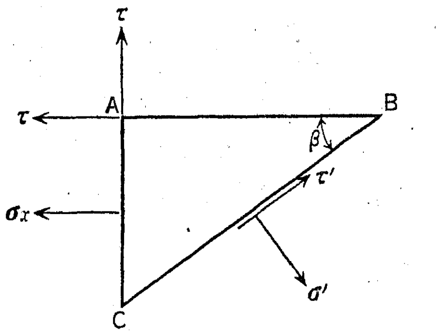
此曲ゲモーメントノ値ヲ知レバ與ヘラレタ斷面ニ對スル應力ノ計算ヲナスコトガ出來ル.

42. 棒ノ横斷面中ニ垂直及剪斷兩應力ガ作用スル場合.

棒ノ軸ノ方向ヲ x 軸トスル直交座標軸 x, y, z ヲ取レバ各斷面ハ yz 平面ニ平行デアル. 此平面ニ作用スル垂直應力ヲ σ_x トシ又剪斷應力ヲ τ トスレバ後者ハ y 及 z 軸ニ平行ナル二成分 τ_z 及 τ_y カラ成立ツ. (之等ノ記號ハXIV章ニ於テ明瞭トナル.) 而シテ其他ニ應力ハ働カヌ故一般ニ棒

ノ研究ニ於テ上ノ三成分ヲ考ヘルノガ必要デ且充分デアル．斯ル應力狀態ニ於ケル垂直應力,剪斷應力及伸ビノ最大値ヲ求メル事ハ實際問題ニ於テ甚ダ必要トスル事柄デアルガ之等ヲ一般ノ場合ヨリ導ク事ハ後章ニ述ベル應力及變形ノ總論ヲ濟シタ上ノ事トシテ玆デハ此問題ヲ獨立シター箇ノ場合トシテ次ノ如キ簡單ナ計算ヲ試ミヤウ．

今棒ノ內部ニ三角柱體ヲ考ヘ其平面圖ヲ73圖ニ於ケルABCトスル．但ABハ棒ノ軸ニ平行デACハ其斷面ニ一致シ且τノ方向ハ圖ノ平面ニ平行ニナル樣ニ三角柱體ガ取ラレテ居ル．然ル時ハ柱體ノ高サ卽紙面ニ直角ナル方向ニ働ク應力ハ全ク無イカラ斜面BCニ作用スル應力モ圖ニ示ス樣ナσ'及τ'ガ存在スル丈ケデアル．仍テ吾々ノ問題ハBCノ方向ヲ如何ニ選ベバ之ニ働クσ'及τ'ガ夫レ夫レ最大ノ値ニ達スルカヲ見出シ度イノデアル．而シテ三角柱ハ微小ト考ヘテ居ルカラ之等ノσ'及τ'ハA點ニ於ケル最大値ト見テ宜シイ．之ガタメニハ柱體ニ働ク力ノ平衡ヲ考ヘネバナラヌ．卽BCニ射影サレタ斜面ノ面積ヲdfトスレバABニ平行ナル方向ノ平衡條件ハ



73 圖

$$\sigma' df \sin\beta + \tau' df \cos\beta - \sigma_x df \sin\beta - \tau\, df \cos\beta = 0,$$

又ハ

$$\sigma' \tan\beta + \tau' - \sigma_x \tan\beta - \tau = 0.$$

次ニACノ方向ニ於テハ

$$\sigma' df \cos\beta - \tau' df \sin\beta - \tau\, df \sin\beta = 0,$$

又ハ

$$\sigma' - \tau' \tan\beta - \tau \tan\beta = 0.$$

上ノ兩式ヨリσ'及τ'ヲ解ク．卽先ヅτ'ヲ消去シテ

$$\sigma' \sec^2\beta - \sigma_x \tan^2\beta - 2\tau \tan\beta = 0,$$

$$\sigma' = \sigma_x \sin^2\beta + 2\tau \sin\beta \cos\beta.$$

或ハ

$$\sigma' = \frac{\sigma_x}{2} - \frac{\sigma_x}{2}\cos 2\beta + \tau \sin 2\beta. \tag{14}$$

次ニ

$$\tau' = \frac{\sigma'}{\tan\beta} - \tau.$$

之ニ(14)ヲ入レテ計算スレバ

$$\tau' = \frac{\sigma_x}{2}\sin 2\beta + \tau \cos 2\beta. \tag{15}$$

偖σ'ノ極大極小ヲ見出スタメニハ(14)ヲβニ對シテ微分シテ零ニ等シクオク．卽

$$\frac{d\sigma'}{d\beta} = \sigma_x \sin 2\beta + 2\tau \cos 2\beta = 0.$$

從テ之ヲ滿足スルβヲβ_1トスレバ

$$\left.\begin{aligned} \tan 2\beta_1 &= -\frac{2\tau}{\sigma_x}, \\ \beta_1 &= -\frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2\tau}{\sigma_x} + \frac{n\pi}{2}. \end{aligned}\right\} \tag{16}$$

nハ任意ノ正又ハ負ノ整數デアル．故ニσ'ハ互ニ直角ヲナス二平面ニ於テ極大極小トナル．而シテ斯ル平面ニ於テハ$\tau'=0$トナルコト上ノ$\dfrac{d\sigma'}{d\beta}$ノ式ヲ(15)ト比ベレバ直ニ明カデアル．

斯ル條件ニ合フσ'ノ値ヲσ_1及σ_2トスレバ之等ハ(14)式ニ上ノ$\tan 2\beta_1$ヲ入レテ求メラレル．

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{aligned}\right\} = \frac{\sigma_x}{2} - \left(\frac{\sigma_x}{2} + \tau\frac{2\tau}{\sigma_x}\right)\frac{1}{\mp\sqrt{1+\dfrac{4\tau^2}{\sigma_x^2}}}$$

$$= \frac{\sigma_x}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau^2}. \tag{17}$$

βノ函數トシテノσ'ハβガ上ノ(16)ヲ滿足スル如キ方向ニ於テ斯ル極大極小ノ値ヲ取ルノデアッテ若シσ_xノ絕對値ヲ取レバ$\dfrac{\sigma_x}{2}+\dfrac{1}{2}\sqrt{\sigma_x^2+4\tau^2}$ガ絕對値最大ナル應力デアル．$\sigma_1, \sigma_2$ハ考ヘツツアル點ニ於ケル主應力デアッテ後章ニ述ベル樣ニ一般ノ場合ニハ三ツノ主應力アルモ只今ノ

場合ニハ其中ノ一ツガ零デアル.

次ニτ'ノ極大極小ヲ見出スタメニハ(15)ヨリ

$$\frac{d\tau'}{d\beta}=\sigma_x\cos 2\beta-2\tau\sin 2\beta=0.$$

從テ之ヲ滿足スルβヲβ_2トスレバ

$$\tan 2\beta_2=\frac{\sigma_x}{2\tau}.$$

故ニ

$$\tan 2\beta_2=-\cot 2\beta_1.$$

夫レ故β_1及β_2ノ一ツノ關係ハ

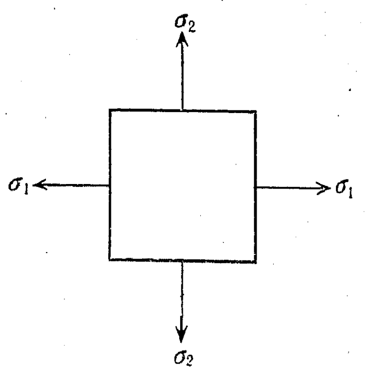
$$2\beta_2=\frac{\pi}{2}+2\beta_1 \quad 又ハ \quad \beta_2=\frac{\pi}{4}+\beta_1.$$

之ニ依テ見レバσ'ヲシテ極大極小ナラシメル兩平面間ノ直角ヲ二等分スル如キ二平面上ニ於テτ'ガ極大極小トナリ其値ハ次ノ如クデアル.

$$\left.\begin{matrix}\tau_{max}\\ \tau_{min}\end{matrix}\right\}=\left(\frac{\sigma_x}{2}\frac{\sigma_x}{2\tau}+\tau\right)\frac{1}{\pm\sqrt{1+\frac{\sigma_x^2}{4\tau^2}}}$$

$$=\pm\frac{1}{2}\sqrt{\sigma_x^2+4\tau^2}. \tag{18}$$

之等應力ノ符號ハ別ニ必要ナキ故其絕對値ニ就テ見レバ共ニ同値デアル. 之ハ互ニ直交スル平面上ノ剪斷應力ニ關スル定理カラ當然豫期サレル所デアル. 又τノ極大値ハ後ニ一般ノ場合ニ就テ證明サレル樣ニ主應力差ノ半分ニ等シイ.



74 圖

以上ノ計算ニ於テハ材料ガ變形ニ關シテ如何ナル性質ヲ有スルカト云フ點ニ觸レナイデ應力ヲ求メルコトガ出來タ. 併シ若シ伸ビヲ求メヤウトスル時ハ是非材料ノ彈性ヲ知ラネバナラヌ.

今材質ガ凡テノ方向ニ等質デアッテ正比例ノ法則ニ從フモノト假定シ且互ニ直角ヲナス二組ノ應力σ_1及σ_2ノタメニ生ズル伸ビヲ別々ニ計算シテ夫レヲ組合セテ所要ノ伸ビヲ求メ得ラレルト假定シヤウ(74圖). 卽σ_1ハ夫レ自身ノ方向ニ$\frac{\sigma_1}{E}$ナル伸ビヲ起シ之ト直角ノ方向ニ$-\frac{\sigma_1}{mE}$ナル伸ビヲ生ズル. 又同樣ニシテσ_2ハ夫レ自身ノ方向並ニ之ト直角ニ夫レ夫レ$\frac{\sigma_2}{E}$及$-\frac{\sigma_2}{mE}$ナル伸ビヲ伴フ故之等ヲ組合セテσ_1及σ_2ノ兩方向ニ於ケル伸ビε_1及ε_2ヲ計算スレバ

$$\left.\begin{aligned}\varepsilon_1&=\frac{1}{E}\left(\sigma_1-\frac{\sigma_2}{m}\right),\\ \varepsilon_2&=\frac{1}{E}\left(\sigma_2-\frac{\sigma_1}{m}\right).\end{aligned}\right\} \tag{19}$$

偖σ_1及σ_2ノ代リニ夫レ夫レ(17)式ヲ導ケバ

$$\left.\begin{aligned}\varepsilon_1&=\frac{1}{E}\left(\frac{m-1}{2m}\sigma_x+\frac{m+1}{2m}\sqrt{\sigma_x^2+4\tau^2}\right),\\ \varepsilon_2&=\frac{1}{E}\left(\frac{m-1}{2m}\sigma_x-\frac{m+1}{2m}\sqrt{\sigma_x^2+4\tau^2}\right).\end{aligned}\right\} \tag{20}$$

主應力ト方向ヲ同ジクスル之等ノ伸ビハ亦主要ナル伸ビデアッテ卽σ_xノ絕對値ヲ取レバ符號ニ關セザル最大ノ伸ビハ次ノ通リデアル.

$$\varepsilon=\frac{1}{E}\left(\frac{m-1}{2m}\sigma_x+\frac{m+1}{2m}\sqrt{\sigma_x^2+4\tau^2}\right). \tag{21}$$

以上述ベタ最大ノ應力(垂直,剪斷)及最大ノ伸ビガ構造物ヲ設計スル際ニ强サノ標準トシテ取ラレテ來タ. 尙最後ノ場合ニハ直接伸ビ自身ヲ取扱ハナイデ斯ル伸ビヲ生ズベキ應力$E\varepsilon$ヲ用キルノガ例デアル. (例題2參照). 併シ强サノ標準ニ關シテハ破損ノ法則トシテ別ノ章デ之ヲ述ベタイト思フ.

例題 1. 橫斷面I形(面積 43.5 cm^2, 慣性モーメント 416 cm^4, 高 11.4 cm) デ長サ 254 cm ノ連接棒アリテ棒軸ノ方向ニ作用スル壓縮力ハ 17 000 kg, 棒ノ運動ニ基因スル遠心力ハ長サ 1 cm ニ付 4.3 kg ノ割合ヲ以テ棒ヲ曲ゲヤウトシテ働イテ居ル. 此時斷面ニ生ズル最大ノ壓縮應力ヲ求メル. 但 $E=2\,100\,000\ kg/cm^2$.

此問題ハ41節ノ應用ヲ示スモノデアル．即

$$\frac{Q}{EI}=\frac{17\,000}{2\,100\,000\times416}=\frac{1}{51\,388}\,cm^{-2}$$

$$\sqrt{\frac{Q}{EI}}=\frac{1}{227}\,cm^{-1},$$

$$\sqrt{\frac{Q}{EI}}\,\frac{l}{2}=\frac{127}{227}=0.5595,$$

$$\sec\sqrt{\frac{Q}{EI}}\,\frac{l}{2}=1.180.$$

從テ(13)ヨリ

$$M=4.3\times51\,388\,(1.180-1)=39\,774\,kgcm,$$

$$\frac{Me}{I}=\frac{39\,774\times5.7}{416}=545\,kg/cm^2,$$

$$\frac{Q}{f}=\frac{17\,000}{43.5}=391\,kg/cm^2.$$

故ニ壓縮應力ノ最大値ハ

$$\frac{Me}{I}+\frac{Q}{f}=936\,kg/cm^2.$$

例題 2.　横斷面圓形ノ柱體ニ曲ゲモーメント M_b ト振リモーメント M_t トガ同時ニ作用スル時最大ノ兩種應力及伸ビヲ計算スルコト．

之ハ軸トシテ用キラレル棒ノ强サヲ論ズル時起ル問題デアッテV章例題1ノ延長トモ見ラレル．只今ノ場合ニハ

$$\sigma_x=\frac{32}{\pi}\frac{M_b}{d^3},\qquad \tau=\frac{16}{\pi}\frac{M_t}{d^3}$$

ナル故(17)ヨリ

$$\sigma_{max}=\frac{32}{\pi d^3}\left[\frac{M_b}{2}+\frac{1}{2}\sqrt{M_b^2+M_t^2}\right].$$

之ハ括弧内ノ式ニ等シイ曲ゲモーメントノミガ働イテ生ズル最大垂直應力トモ考ヘラレル．又(18)ヨリ

$$\tau_{max}=\frac{16}{\pi d^3}\sqrt{M_b^2+M_t^2}.$$

即根號ノ式ニ等シイ振リモーメントノミガ働イテ生ズル最大ノ剪斷應力トモ見ラレル．最後ニ(21)ヨリ

$$E\varepsilon=\frac{32}{\pi d^3}\left[\frac{m-1}{2m}M_b+\frac{m+1}{2m}\sqrt{M_b^2+M_t^2}\right].$$

單純ニ此 $E\varepsilon$ ニ等シイ應力ガ材料ヲ引ク樣ニ作用スレバ其爲ニ起ル伸ビハ只今ノ最大ノ伸ビト同大デアル．

以上計算シタ應力又ハ伸ビガ材料並ニ荷重ノ性質カラ定マル或ル限度ヲ超エナイ樣ニスル事ヲ安全ノ條件トシテ屢々軸ノ設計ガ行ハレル．併シ上ノ應力及伸ビノ何レヲ取リテ計算ノ根據トスルノガ宜シイカハ材料破損ノ法則ニ依ル事デ此問題ノ詳細ハ後章デ論ジヤウ．只玆デハ垂直應力,剪斷應力又ハ伸ビヲ强サノ計算ニ於ケル根據トスル種々ノ假說ノアル事ヲ述ベ且各假說ニ對スル簡單ナ注意ヲ附ケ加ヘルニ止メル．先ヅ垂直應力ガ材料ノ破損ヲ生ズル原因ニナルモノトスレバ破損セントスル極限狀態デハ(17)式ノ σ ノ最大値ガ不變ナル可キ故單ニ曲ゲノミガ作用シテ破損ヲ生ジヤウトスル時ノ σ_x ト又單ニ振リノミガ作用シタ極限狀態ノ τ トハ其比ガ1ニ等シイ．同ジ樣ナ比ヲ剪斷應力ノ假說ニ對シテ求メレバ(18)ニヨリテ2トナリ又伸ビノ假說ニ就テ求メレバ(21)ヨリ $\frac{m+1}{m}$ トナル．之等ノ比ハ何レモ σ_x 及 τ ガ同樣ナル有樣デ作用スル時デアルガ軸ニ於テハ兩應力ノ働キ方ガ一般ニ趣ヲ異ニスル．例ヘバ σ_x ガ絕エズ其方向ヲ變ジ正負兩極限値ノ間ニ變ズルノニ對シテ τ ハ殆ンド不變ノ場合モアル．斯ル時ノ兩應力ノ比ハ前述ノ如クデナイカラ材料ノ應力負擔ヲ公平ニスルタメニハ之迄導イタ式ヲ其儘用キル事ハ出來ナイ．卽普通ノ設計式ニハ或ル補正係數ヲ入レテ修正ガ施サレル．(XVIII章破損ノ法則參照.)