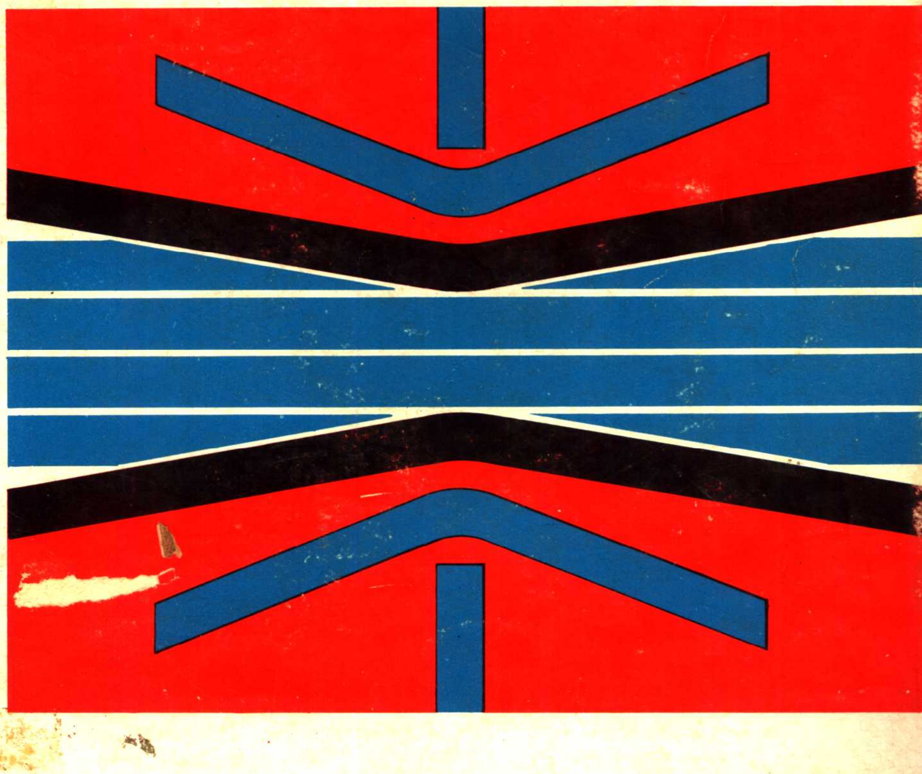
材料力學題解

SI版

S.P. TIMOSHENKO　　JAMES M. GERE

MECHANICS OF MATERIALS

解題者 陳東義



科技圖書股份有限公司

本 公 司 經 新 聞 局 核 准 登 記
登 記 證 局 版 台 業 字 第 1123 號

書　名：材料力學題解
著述者：陳　東　義
發行人：趙　國　華
發行者：科 技 圖 書 股 份 有 限 公 司
台 北 市 博 愛 路 185 號 二 樓
電　話：3 1 1 0 9 5 3
郵 政 劃 撥 帳 號：1 5 6 9 7

六十七年十月初版　　特價新台幣 90 元

前　　言

鐵馬與歌與奇爾教授合著的“材料力學”自六十二年由本公司首先譯印以來，先後再版多次。至六十六年復譯印國際制（SI）本，以求適應潮流，不及一年即再版，足見該書受到國內外讀者的贊賞與重視，本公司與有榮焉。茲爲提倡推行國際制起見，復將國際制版中的習題，全部演成解答，以便讀者隨時校對演習結果是否正確之用。查教科書中所列習題原爲測驗學生瞭解本書的程度而設，而其解答各國向不公開發售。因目前坊間發售的各種教科書習題解答種類甚多，發行急促，難免對學生們學習發生不良影響，茲請陳東義碩士代作本書解答，力求正確明晰，由本公司破例印行。務請讀者視此書爲備而不用的參考書，幸勿依賴此書以自誤，則不勝幸甚矣。

科技圖書公司編輯部誌

目　　次

第一章　拉力、壓力及剪力

<習題：自38頁～50頁>

1.2-1　試用靜力學表示在一根受拉力的等截面桿橫截面上的全力。(圖1-1a)如應力均勻分佈在其截面上時，則作用線將通過該截面的重心。(提示：假設桿件的截面為任意形狀。在截面的平面內選用一組軸線，並獲取通過合力作用點的座標式)。

【解】　考慮下圖所示任意形狀的截面，應力σ為常數，若設dA為此截面內的一小塊，則作用於dA上的力為σdA，其合力為：

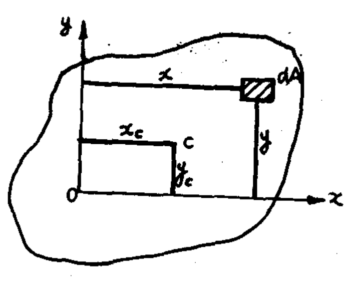
$$s=\int\sigma dA=\sigma\int dA=\sigma A$$

若合力S對某一座標系統的座標為(x，y)，且截面形心的座標為(x_c，y_c)。由力矩定理得

$$\sigma A\bar{x}=\int x\sigma dA=\sigma\int x dA=\sigma Ax_c$$

$$\sigma A\bar{y}=\int y\sigma dA=\sigma\int y dA=\sigma Ay_c$$

$$\therefore\quad \bar{x}=x_c，\bar{y}=y_c$$



習題圖　1.2-1

故若應力均匀分佈於截面，其應力的合力 S 必作用於此截面的形心。

1.2-2 一根等截面桿，其截面爲 25 mm × 50 mm 矩形，及長度 $L=3.5\,\text{m}$，若受到軸向拉力爲 90 kN。經觀測得該桿件伸長 1 mm。試計算在桿件內的拉應力及應變。

【解】

$$\text{拉應力}\quad \sigma=\frac{P}{A}=\frac{90{,}000}{25\times 50}=72\ \text{N/mm}^2$$

$$\text{拉應變}\quad \varepsilon=\frac{\delta}{L}=\frac{1\,\text{mm}}{3{,}500\,\text{mm}}=0.000286$$

1.3-1 一根長線依其本身重量垂直懸掛着。若該線係由下列的材料做成：(a)具有極限應力 2 kN/mm² 之鋼(b)具有極限應力 350 N/mm² 之鋁。若不致斷裂，求其所能勝任之最大長度。（註：鋼的單位重量爲 77 kN/m³ 及鋁的單位重量爲 27 kN/m³ ）。

【解】

$$\sigma_u=\frac{P}{A}=\frac{\gamma\ell A}{A}=\gamma\ell\rightarrow\ell=\frac{\sigma_u}{\gamma}$$

$$\text{鋼線}\quad \ell=\frac{2\times 10^6\ \text{kN/m}^2}{77\ \text{kN/m}^3}=25{,}974\ \text{m}$$

$$\text{鋁線}\quad \ell=\frac{0.35\times 10^6\ \text{kN/m}^2}{27\ \text{kN/m}^3}=12{,}963\ \text{m}$$

1.3-2 一段短鋼管（$\sigma_y=270\ \text{N/mm}^2$），負荷 1 MN 的壓力載重對屈伏點的安全因數爲 1.8。若管厚爲其外直徑的 1/8，試求所需管子外徑的最小值 d。

【解】

$$\frac{270\ \text{N/mm}^2}{1.8}=\frac{1.0\times 10^6\ \text{N}}{A}$$

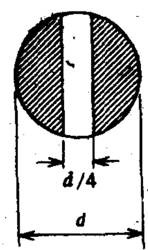
$$A=6.67\times 10^3\ \text{mm}^2$$

$$6.67\times 10^3=\frac{\pi}{4}\left[d^2-\left(d-2\cdot\frac{d}{8}\right)^2\right]$$

$$\therefore\quad d=139.3\ \text{mm}$$

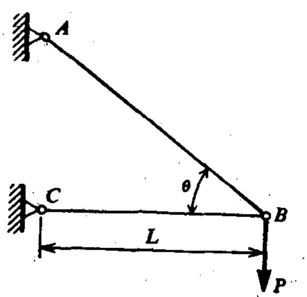
1.3-3 一根圓形截面的實心桿（直徑 $d=40\,\text{mm}$）通過桿件的中心，在橫向鑽上二個小孔，孔的直徑爲 $d/4$，（見習題圖 1.3-3）假設在小孔處，桿的淨截面上的容許拉應力爲 $\sigma_w=70\ \text{N/mm}^2$。試求該桿在受拉力時所能負荷的容許載重 P。

【解】
$$A=\frac{\pi}{4}d^2-\frac{d}{4}\cdot d$$
$$=\frac{\pi-1}{4}\times 40^2$$
$$=856.6\ \text{mm}^2$$
$$P=70\times 856.6$$
$$=60{,}000\ \text{N}$$
$$=60\ \text{kN}$$



習題圖　1.3-3

1.3-4　AB 及 BC 兩桿件（見習題圖 1.3-4）共同支承一個載重 P。兩桿件均用同樣材料作成，水平桿 BC 的長度 L 保持不變。但角度 θ，則由於 A 點的垂直移動致改變 AB 長度以符合 A 點的新位置而有所改變。假設受拉力的容許應力與受壓力之容許應力相同，並假設兩根桿件將一律被充分受應力達到這些容許值，試求出 θ 角使該結構的重量爲最小。



習題圖　1.3-4與1.5-14

【解】　設 AB 棒的截面爲 A_1，BC 棒的截面爲 A_2，$T_1=P\csc\theta$，$T_2=T_1\cos\theta=P\csc\theta\cos\theta$

則　$A_1=\dfrac{T_1}{\sigma_w}=\dfrac{P}{\sigma_w}\csc\theta$，$A_2=\dfrac{T_2}{\sigma_w}=\dfrac{P}{\sigma_w}\cot\theta$

結構重爲　$w=\gamma(A_1\cdot L\sec\theta+A_2L)$
$$=\frac{\gamma PL}{\sigma_w}(\csc\theta\sec\theta+\cot\theta)$$

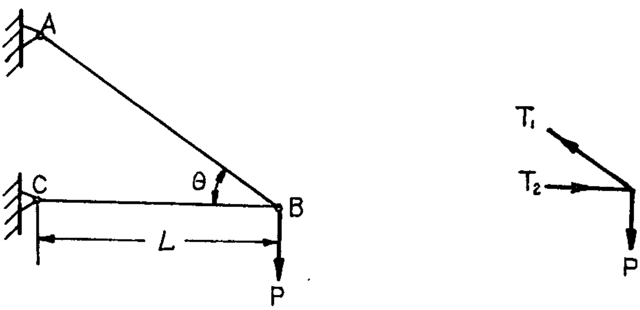
$$\frac{dW}{d\theta}=0$$

$$-\csc\theta\cot\theta\sec\theta+\sec\theta\tan\theta\csc\theta-\csc^2\theta=0$$

$$\sec^2\theta-2\csc^2\theta=0\quad,\qquad\tan^2\theta=2\ ,$$

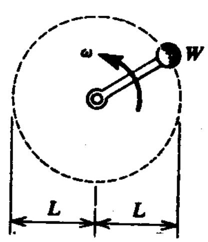
$$\tan\theta=\sqrt{2}\ ,$$

$$\therefore\quad\theta=\tan^{-1}\sqrt{2}=54^\circ 44'$$



習題圖 1.3-4

1.3-5 一個重量 W 附在一根纖細之桿臂上（長度為 L），桿臂則在一個光滑表面上繞着一個承軸旋轉成一水平面（見習題圖 1.3-5），桿臂及重量依固定不變之角速度 ω 旋轉。將桿臂的重量略去不計，設容許應力為 σ_w。試為桿臂所需之截面面積導出一個公式。



習題圖 1.3-5，1.3-6 與 1.3-7

【解】 $P=\dfrac{W}{g}\,L\,\omega^2$

$$\therefore \quad A=\frac{P}{\sigma_w}=\frac{WL}{g\sigma_\omega}\omega^2$$

1.3-6　若將桿臂重量一併計入，再解上述問題。（假設γ爲桿臂材料每單位體積的重量）。

【解】
$$dF=\frac{\gamma A dr}{g}\ r\omega^2+\frac{W}{g}L\omega^2$$

$$\therefore \quad F_x=\int_x^l \frac{\gamma A\omega^2}{g}\ r\,dr+\frac{W}{g}L\omega^2$$

$$=\frac{\gamma A\omega^2}{2g}(L^2-x^2)+\frac{W}{g}L\omega^2$$

此項拉力在桿端點（即$x=0$處），達大最値，爲

$$F_{max}=\frac{\gamma A\omega^2}{2g}L^2+\frac{W}{g}L\omega^2$$

$$\therefore \quad A=\frac{F_{max}}{\sigma_\omega}=\frac{\gamma A\omega^2 L^2}{2g\sigma_\omega}+\frac{WL\omega^2}{g\sigma_\omega}$$

$$A\left(1-\frac{\gamma L^2\omega^2}{2g\sigma_\omega}\right)=\frac{WL\omega^2}{g\sigma_w}$$

$$\therefore \quad A=\frac{2WL\omega^2}{2g\sigma_\omega-\gamma L^2\omega^2}$$

1.4-1　一個 50 mm 直徑的鋼螺栓（$E=200$ kN/mm²）須受拉力以負荷 260 kN 載重。若螺栓受應力部分的最初長度爲 550 mm，求其最終長度爲若干？

【解】
$$\delta=\frac{PL}{AE}=\frac{260\times550}{\frac{\pi}{4}\times(50)^2\times200}=0.36\,\text{mm}$$

$$L'=L+\delta=550.36\,\text{mm}$$

1.4-2　一根圓鋼棒（$E=200$ kN/mm²）長 6 m，須負荷 7 kN 的拉力載重。若棒之容許應力爲 120 N/mm²，及容許之末端變位爲 2.5 mm 求所需棒的最小直徑爲若干？

【解】　對應容許變位的應力爲

$$\sigma=E\frac{\delta}{L}=200000\times\frac{2.5}{6000}=83.33\,\text{N/mm}^2<120\,\text{N/mm}^2$$

故 $\sigma_w = 83.33\,\text{N/mm}^2$

$$A = \frac{\pi}{4}d^2 = \frac{P}{\sigma_w} = \frac{7000}{83.33}$$

$$\therefore \quad d = 10.3\,\text{mm}$$

1.4-3 一根由鋼管（$E=200\,\text{kN/mm}^2$，$\nu=0.30$）作成的拉力構材，其外徑為 90 mm，截面面積為 1400 mm² 。試問使該鋼管直徑減少 0.0129 mm 的軸向力 P 為若干？

【解】 $\epsilon' = \dfrac{0.0129}{90} = \nu\epsilon \qquad \epsilon = 4.78\times10^{-4}$

$$P = A\sigma = AE\epsilon = 1{,}400\times200\times4.78\times10^{-4}$$
$$= 134\,\text{kN}$$

1.4-4 一根直徑 60 mm 的實心圓桿，受 200 kN 的軸向力壓縮。(a)試求桿的直徑增加量 Δd，假設 $E=86\,\text{kN/mm}^2$ 及 $\nu=0.30$ 。(b)若其長度為 380 mm，試求該桿體積的增量。

【解】 (a) $\epsilon = \dfrac{\sigma}{E} = \dfrac{P}{EA} = \dfrac{200}{86\times\dfrac{\pi}{4}\times(60)^2} = 8.225\times10^{-4}$

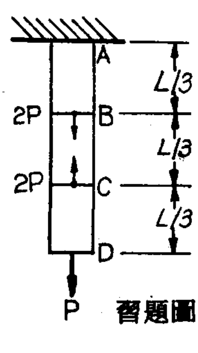
$$\epsilon' = \nu\epsilon = 0.3\times8.225\times10^{-4} = 2.47\times10^{-4}$$
$$\Delta d = d\epsilon' = 60\times2.47\times10^{-4} = 0.0148\,\text{mm}$$

(b) $\dfrac{\Delta V}{V} = \epsilon(1-2\nu)$

$$\therefore \quad \Delta V = V\epsilon(1-2\nu)$$
$$= 380\times\frac{\pi}{4}\times(60)^2\times8.225\times10^{-4}$$
$$\times(1-2\times0.3)$$
$$= 354\,\text{mm}^3$$

1.5-1 一根如圖 1-7 的受力桿件，具同樣截面面積 A 及彈性模數 E 。試作該桿下端的變位 δ 的一個公式。此桿件將伸長抑縮短？

【解】 $\delta_{AB} = \dfrac{P\times L/3}{AE} = \dfrac{PL}{3AE}$



習題圖 1.5-1

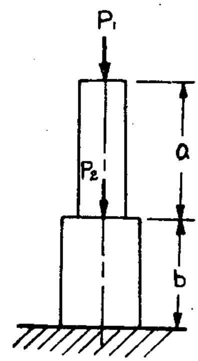
$$\delta_{BC}=\frac{-P\times L/3}{AE}=-\frac{PL}{3AE}$$

$$\delta_{CD}=\frac{P\times L/3}{AE}=\frac{PL}{3AE}$$

$$\therefore\quad \delta=\delta_{AB}+\delta_{BC}+\delta_{CD}$$

$$=\frac{PL}{3AE}\text{（伸長）}$$

1.5-2　於圖 1-8 內所示的柱脚，所受的載重爲 $P_1=580$ kN 及 $P_2=660$ kN。上部的長度 $a=0.6$ m，其截面爲每邊 70 mm 的正方形；下部長度 $b=0.7$ m，其截面爲每邊 120 mm 的正方形。假設 $E=200$ kN/mm²，試求(a)柱脚頂部的變位及(b)上部軸向應變對下部軸向應變的比值。



習題圖　1.5-2

【解】　(a)　$\delta_1=\dfrac{580\times 600}{(70)^2\times 200}$

$=0.355$ mm

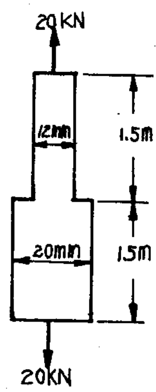
$$\delta_2=\frac{(580+660)\times 700}{(120)^2\times 200}$$

$=0.301$ mm

$\delta=\delta_1+\delta_2=0.656$ mm

(b)　$\dfrac{\epsilon_1}{\epsilon_2}=\dfrac{0.355/600}{0.301/700}=1.38$

1.5-3　一根鋼桿長 3 m 並在其整個長度的一半，具有直徑 $d_1=20$ mm 的圓形截面。在其長度的其餘一半，爲具有直徑 $d_2=12$ mm 的圓形截面。(a)在拉力載重 $P=20$ kN 下，該桿將伸長多少？(b)若該材料之同樣體積被輥壓成一長 3 m 的圓桿，其直徑爲固定不變之 d，則在同樣載重 P 下，其伸長量爲若干



習題圖　1.5-3

？（假設 $E=200\ \text{kN/mm}^2$ ）。

【解】 (a) $$\delta=\frac{20\times1500}{\frac{\pi}{4}\times(20)^2\times200}+\frac{20\times1500}{\frac{\pi}{4}\times(12)^2\times200}$$

$$=1.805\ \text{mm}$$

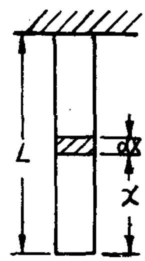
(b) $V_1+V_2=V$

$$\frac{\pi}{4}\times[(20)^2+(12)^2]\times1500=\frac{\pi}{4}\times d^2\times3000$$

$$\therefore\quad d=16.49\ \text{mm}$$

$$\delta=\frac{20\times3000}{\frac{\pi}{4}\times(16.49)^2\times200}=1.405\ \text{mm}$$

1.5-4 試爲一根等截面桿件，長度爲 L 及截面爲 A 並在其本身重量下垂直懸掛着，試誘導其全部伸長公式。（假設 W＝桿件的全重）。



習題圖 1.5-4

【解】 $W=\gamma AL$

$$F_x=\gamma Ax$$

$$d\delta=\frac{F_x\cdot dx}{AE}$$

$$=\frac{\gamma Ax\,dx}{AE}$$

$$\delta=\int_0^L d\delta=\int_0^L\frac{\gamma Ax\,dx}{AE}=\frac{\gamma AL^2}{2AE}=\frac{WL}{2AE}$$

1.5-5 一根等截面鋼桿平放於水平表面時，長 5m。若被垂直懸掛於其一端，試求其伸長量。（假設 $E=200\ \text{kN/mm}^2$，單位體積重量 $\gamma=80\ \text{kN/m}^3$ ）。

【解】 $$\delta=\frac{WL}{2AE}=\frac{\gamma AL^2}{2AE}=\frac{\gamma L^2}{2E}=\frac{80\times5^2}{2\times200\times10^6}$$

$$=5\times10^{-6}\ \text{m}=0.005\ \text{mm}$$

1.5-6 試導出一等截面桿件在其本身重量下垂直懸掛時，體積增加 ΔV 的公式。（假設 W＝桿的全重，L＝桿的長度，ν＝卜桑氏比，及

E＝彈性模數）。

【解】　由1.5-4題，$\delta=\dfrac{WL}{2AE}$

$$\epsilon=\frac{\delta}{L}=\frac{W}{2AE}$$

$$\therefore\quad \Delta V=V\epsilon(1-2\nu)=(AL)\left(\frac{W}{2AE}\right)(1-2\nu)$$

$$=\frac{WL}{2E}(1-2\nu)$$

1.5-7　一根長度為 L 的桿件，在一個水平面內以角速度 ω 圍繞着一個垂直軸旋轉（見習題圖1.3-5）桿的截面面積為 A，重量為 W_1。在桿件末端附一重量 W。試求由於離心效應所引起桿的全部伸長 δ 公式。

【解】　由習題1.3-6　$F_x=\dfrac{\gamma A\omega^2}{2g}(L^2-r^2)$

$$d\delta_1=\frac{\gamma A\omega^2}{2gAE}(L^2-r^2)\cdot dr$$

$$\delta_1=\int d\delta_1=\int_0^L\frac{\gamma A\omega^2}{2gAE}(L^2-r^2)\,dr$$

$$=\frac{\gamma A\omega^2}{2gAE}\left(L^2r-\frac{1}{3}r^3\right)\Bigg|_0^L=\frac{\gamma AL^3\omega^2}{3gAE}$$

$$=\frac{W_1L^2\omega^2}{3gEA}$$

$$F_2=\frac{W}{g}L\omega^2$$

$$\delta_2=\frac{W}{gEA}L^2\omega^2$$

$$\therefore\quad \delta=\delta_1+\delta_2=\frac{\omega^2L^2}{3gEA}(W_1+3W)$$

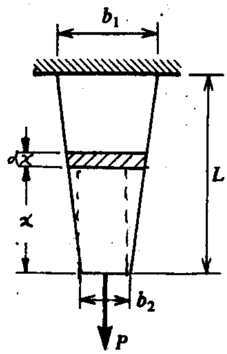
1.5-8　一根逐漸尖細的矩形截面桿件，厚度 t 為不變，負荷一個力 P 如習題圖1.5-8所示。桿件的寬度自支承處 b_1 依直線變化至自由端的寬 b_2。試導出由力 P 所引起桿件的伸長 δ 公式。

【解】 $$b_x = b_2 + \frac{b_1 - b_2}{L}x$$

$$d\delta = \frac{P\,dx}{E[t\cdot(b_2 + \frac{b_1 - b_2}{L}x)]}$$

$$\therefore \quad \delta = \int d\delta$$

$$= \frac{P}{Et}\int_0^L \frac{1}{b^{2} + \frac{b_1 - b_2}{L}x}\cdot dx$$



習題圖 1.5-8與1.5-9

$$= \frac{PL}{Et(b_1 - b_2)}\ell n\left(b_2 + \frac{b_1 - b_2}{L}x\right)\Big|_0^L$$

$$= \frac{PL}{Et(b_1 - b_2)}\cdot(\ell\text{n}\,b_1 - \ell\text{n}\,b_2)$$

$$= \frac{PL}{Et(b_1 - b_2)}\ell\text{n}\,\frac{b_1}{b_2}$$

1.5-9 試導出在上列習題內桿件的體積增加 ΔV 公式。

【解】 $$\Delta V = V\epsilon(1 - 2\nu)$$

$$\epsilon = \frac{d\delta}{dx} = E\cdot t\cdot\left(b_2 + \frac{b_1 - b_2}{L}x\right)$$

$$dV = \left(b_2 + \frac{b_1 - b_2}{L}x\right)t\,dx$$

$$\therefore \quad d\Delta V = dV\epsilon(1 - 2\nu)$$

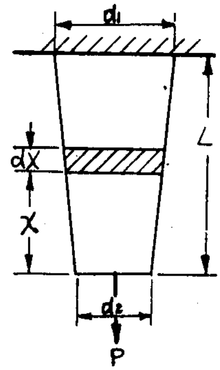
$$= \left(b_2 + \frac{b_1 - b_2}{L}x\right)t\,dx$$

$$\times \frac{P}{E\cdot t\cdot(b_2 + \frac{b_1 - b_2}{L}x)]}(1 - 2\nu)$$

$$=\frac{P\,dx}{E}(1-2\nu)$$

$$\therefore\quad \Delta V=\int d\,\Delta V=\int_0^L \frac{P}{E}(1-2\nu)\,dx=\frac{PL}{E}(1-2\nu)$$

1.5-10 一個圓形截面逐漸尖細的鋼桿（$E=200\ \mathrm{kN/mm^2}$）其長度 $L=3\,\mathrm{m}$，負荷拉力載重 $P=45\ \mathrm{kN}$。在其較大端，桿件的直徑爲 $d_1=50\,\mathrm{mm}$，在較小端的直徑 $d_2=25\,\mathrm{mm}$。由力 P 所引起桿伸長量爲若干？



習題圖　1.5-10

【解】

$$d\delta=\frac{P\,dx}{E\cdot\frac{\pi}{4}\left(d_2+\frac{d_1-d_2}{L}x\right)^2}$$

$$=\frac{45\,dx}{200\cdot\frac{\pi}{4}\left(25+\frac{50-25}{3000}x\right)^2}$$

$$=0.2865\times\frac{dx}{\left(25+\frac{x}{120}\right)^2}$$

$$\delta=\int_0^{3000}d\delta=0.2865\int_0^{3000}\frac{dx}{\left(25+\frac{x}{120}\right)^2}$$

$$=-0.2865\times120\times\left[\frac{1}{25+\frac{x}{120}}\right]_0^{3000}$$

$$=0.688\,\mathrm{m}$$

1.5-11. 試導一方程式，用以規劃一圓形截面柱體的半徑 r。使柱的體積爲最小（見習題圖 1.5-11）柱體的頂上支承一 P 力，加其本身重量。柱體材料的單位重量爲 γ，容許壓應力爲 σ_w。並決定柱體頂上及其底部的截面面積與體積（提示：試考慮一個微分元體長度 dx。因一切截面上的應力必須相同且爲 σ_w，則在該元體頂上及底部兩個截面面積之差 dA 必須作爲補償壓力方面的差別，此項差別即等於該元體本身的重量。因此，$\sigma_w\,dA=\gamma\,A\,dx$ 或 $dA/A=\gamma\,dx/\sigma_w$。求該式兩側的積分，以導出其解法

）。

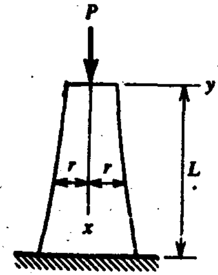
【解】 $\because \quad \sigma_w dA = \gamma A dx$

$$\therefore \quad \frac{dA}{A} = \frac{\gamma}{\sigma_w} dx$$

$$\int_0^x \frac{dA}{A} = \int_0^x \frac{\gamma}{\sigma_w} dx$$

$$\ell n \frac{A_x}{A_0} = \frac{\gamma x}{\sigma_w}$$

$$\frac{A_x}{A_0} = e^{\frac{\gamma x}{\sigma_w}}$$



習題圖 1.5-11

$$\therefore \quad A_x = A_0 e^{\frac{\gamma x}{\sigma_w}}$$

$$A_x = \pi r^2 \quad , \quad A_0 = \frac{P}{\sigma_w}$$

$$\therefore \quad r^2 = \frac{P}{\pi \sigma_w} e^{\frac{\gamma x}{\sigma_w}} \qquad \therefore \quad r = \left(\frac{P}{\pi \sigma_w} e^{\frac{\gamma x}{\sigma_w}}\right)^{1/2}$$

$$\because \quad A_x = A_0 e^{\frac{\gamma x}{\sigma_w}} \qquad \therefore \quad dV = A_x dx = \frac{P}{\sigma_w} e^{\frac{\gamma x}{\sigma_w}} dx$$

$$\therefore \quad V = \int_0^L \frac{P}{\sigma_w} e^{\frac{\gamma x}{\sigma_w}} dx = \frac{\sigma_w}{\gamma} \cdot \frac{P}{\sigma_w} \cdot e^{\frac{\gamma x}{\sigma_w}} \Big|_0^L$$

$$= \frac{P}{\gamma}\left(e^{\frac{\gamma L}{\sigma_w}} - 1\right)$$

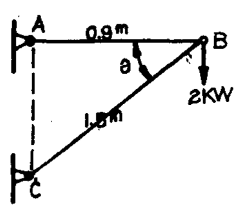
1.5-12 在圖 1-10a 內所示桁架的構材 AB 爲一直徑 3 mm 長度 0.9 m 的鋼線（$E_s = 200$ kN/mm²）；構材 BC 爲一木質長度 1.5 m 每邊爲 25 mm 正方形的撐材（$E_w = 10$ kN/mm²）若 $P = 2$ kN，試決定桁架接頭 B 的水平及垂直分量變位。

【解】

$$\delta_s = \frac{PL_s \cot\theta}{E_s A_s}$$

$$= \frac{2 \times 900 \times 3/4}{200 \times \frac{\pi}{4} \times (3)^2}$$

$$= 0.955 \text{ mm}$$



習題圖 1.5-12

$$\delta_w = \frac{PL_w \csc\theta}{E_w A_w} = \frac{2\times1500\times5/4}{10\times(25)^2}$$

$$=0.6\,\mathrm{mm}$$

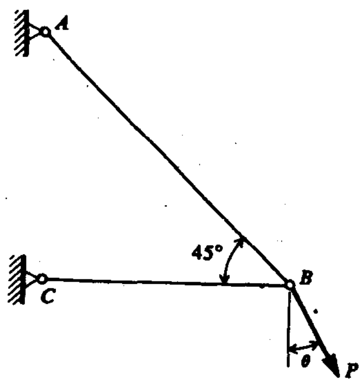
$$\delta_{bv} = \delta_s \cot\theta + \delta_w \csc\theta$$

$$=0.955\times\frac{3}{4}+0.6\times\frac{5}{4}$$

$$=1.47\,\mathrm{mm}$$

$$\delta_{bh} = \delta_s = 0.955\,\mathrm{mm}$$

1.5-13 在習題圖 1.5-13 內所示的桁架，在接頭 B 處支承一 P 力，該力與垂直線成一 θ 角起作用。構材 AB 及 BC 的截面面積分別爲 A_1 及 A_2。試求出 θ 角值，使接頭 B 的變位，將與力 P 在同一方向。



習題圖　1.5-13

【解】 $\dfrac{T_1}{\sqrt{2}} = P\cos\theta$ ，　∴　$T_1 = \sqrt{2}\,P\cos\theta$

$\dfrac{T_1}{\sqrt{2}} + T_2 = P\sin\theta$ ，　∴　$T_2 = P(\sin\theta - \cos\theta)$

$$\delta_1 = \frac{\sqrt{2}\,T_1 L}{EA_1} = \frac{2PL\cos\theta}{EA_1}$$

$$\delta_2 = \frac{T_2 L}{EA_2} = \frac{P(\sin\theta - \cos\theta)L}{EA_2}$$

$BD = \delta_2$ ，　$BF = \delta_1$