

機械元件設計詳解

[美] M. F. 斯波茨 原著



曉園出版社
世界圖書出版公司

内 容 简 介

本书译自英文。书中包括轴、弹簧、螺旋、齿轮、轴承及其它机械元件以及有关基本原理、应力分析、焊接与铆接、润滑以至尺寸标准方法等方面的习题共 772 条,可供设计计算机械元件时作为参考,也可用作机械元件设计理论的论证。

机械元件设计详解

[美]M. F. 斯波茨 原著

徐祖光 周良德 译著

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京分公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

通州印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992 年 11 月第一版 开本:711×1245 1/24

1992 年 11 月第一次印刷 字数:19.75

印数:0001—1950

ISBN:7-5062-1374-9 1H·11

定价:15.20 元(W_B9202/25)

世界图书出版公司通过中华版权代理公司向晓园出版社购得重印权
限国内发行。

1415 40
S70

前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，晚園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因~~思惟的角~~而異。晚園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的~~思考與分析而得~~其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於~~一般自修者~~，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列~~題解叢書~~的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

機械元件設計詳解

(目 錄)

第一章	基本原理	1
第二章	工作應力	79
第三章	軸 系	117
第四章	彈 簧	179
第五章	螺 旋	209
第六章	皮帶、離合器、剎車與鏈條	235
第七章	熔接與鉚接	283
第八章	潤 滑	315
第九章	滾珠承軸與滾子承軸	337
第十章	正齒輪	355
第十一章	斜齒輪	401
第十二章	其他機械元件	421
第十三章	尺寸標註與詳圖	451

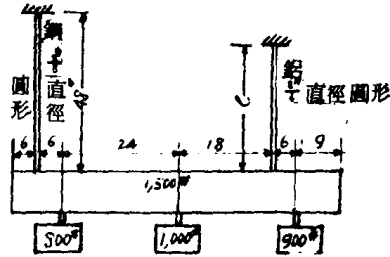
第一章 基本原理

1. 如圖 1-38 中兩懸桿底端，在同一高度，於負荷加著前，水平件有均勻斷面。假如水平件（假定剛性的）在所有負荷加著後，仍為水平，試求長度 l 之值。

圖：欲使水平件仍保持平衡，則必須：

$$\delta_{steel} = \delta_{aluminum}$$

在此，先求出 P_s 及 P_a 之值，由 $\Sigma M = 0$ ，可得：



第 1-38 圖

$$P_s = \frac{1000 \times 18 + 42 \times 800 + 1500 \times 19.5 - 900 \times 6}{48} = \frac{75450}{48}$$

$$= 1572$$

$$P_a = 800 + 1000 + 900 + 1500 - 1572 = 2628 \#$$

代入 $\delta_s = \delta_a$ 即 $\frac{P_s l_s}{A_s E_s} = \frac{P_a l_a}{A_a E_a}$

$$\frac{1572 \times 48}{\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{3}{8}\right)^2 \times 30 \times 10^6} = \frac{2628 \times l}{\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{3}{4}\right)^2 \times 10 \times 10^6}$$

$$\therefore l = \frac{1572 \times 48 \times 4}{2628 \times 3} = 38.3'' \quad \text{答：} 38.3 \text{ in}$$

2. 如圖 1-39 底件有均勻橫斷面，且假設此底件為剛性的。若欲使底件保持水平，試求距離 x 之值。

圖：若欲水平，則須

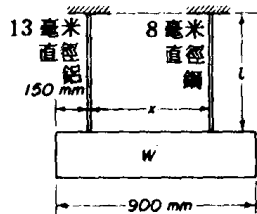
$$\delta_A = \delta_S \quad (\text{密合條件})$$

$$\frac{P_A l}{\frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times (10 \times 10^6 \text{ psi})} = \frac{P_S l}{\frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 \times (30 \times 10^6 \text{ psi})}$$

$$\frac{P_A}{P_S} = \frac{169}{192}$$

$$\Sigma M_w = 0$$

$$P_S x = w \times \left(\frac{900}{2} - 150 \right) \dots \dots \dots$$



第 1-39 圖

2 機械元件設計詳解

$$\Sigma M_a = 0$$

$$P_A x = w \times \left[x - \left(\frac{900}{2} - 150 \right) \right] \dots\dots\dots ②$$

$$② \div ①$$

$$\frac{P_A}{P_s} = \frac{x - 300}{300}$$

$$\therefore \frac{169}{192} = \frac{x - 300}{300}$$

$$\therefore x = 564 \text{ mm}$$

答： $x = 564 \text{ mm}$

3. 如圖 1-40 底件有均勻橫斷面，且假設其為剛性的，若其鉸鏈（Hinge）無摩擦。試求底件迴轉的度數。

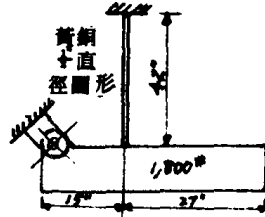
圖：先求桿所承受的直接力。由鉸鏈點的力矩為零。桿所受之力為 P

$$P = \frac{1800 \times 21}{15} = 2520$$

其伸長度為 δ

$$\delta = \frac{Pl}{AE} = \frac{2520 \times 42}{\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 15 \times 10^6} = \frac{2520 \times 42 \times 16}{\pi \times 15 \times 10^6} = 0.0359$$

$$\text{所旋轉的度數 } \varphi = \frac{0.0359}{15} \times \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{6.462}{47.1} = 0.137^\circ \quad \text{答： } 0.137^\circ$$



第 1 - 40 圖

4. 如圖 1-41 所示，底件有均勻的橫斷面。其鉸鏈無摩擦。桿係鋼製。試求 A 點在接觸重量後下落的距離。

圖：先求出比二連接鋼桿的垂直力。

由於對鉸鏈的力矩為 0

$$\Sigma M_m = 0$$

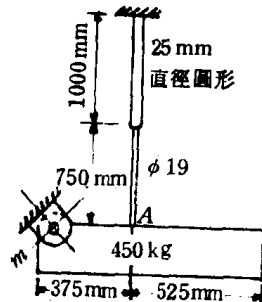
$$375 P = 450 \times \left(\frac{375 + 525}{2} \right)$$

$$\therefore P = 540 \text{ kg} \\ = 540 \times 9.8066 \text{ N}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2$$

$$= \frac{Pl_1}{A_1 E} + \frac{Pl_2}{A_2 E}$$

$$= \frac{540 \times 9.8066 \times 1000 \times 145}{\left(\frac{25}{2}\right)^2 \times \pi \times 30 \times 10^6} + \frac{540 \times 9.8066 \times 750 \times 145}{\left(\frac{19}{2}\right)^2 \times \pi \times 30 \times 10^6}$$



第 1 - 41 圖

$$\left(1 \text{ psi} = \frac{1}{145} \text{ N/m}^2 \right)$$

$$= 0.12 \text{ mm}$$

答： $\delta = 0.12 \text{ mm}$

5. 於第 1-42 圖，試求此 500 磅重量的下落量。

圖：500 磅重量下落量為 δ ，鉛管伸長度為 δ_1 ，
銅棒伸長度為 δ_2 。

$$\delta = \delta_1 + \delta_2$$

$$\delta_1 = \frac{Pl}{AE}$$

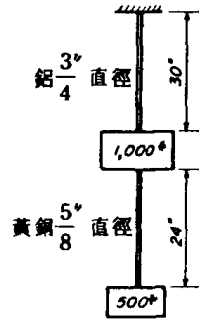
$$= \frac{(1000+500) \times 30}{\left(\frac{3}{4}\right)^2 \times \frac{\pi}{4} \times 10 \times 10^6} = \frac{228 \times 10^4}{28.27 \times 10^7}$$

$$= 0.0102 \text{ 吋}$$

$$\delta_2 = \frac{500 \times 24}{\left(\frac{5}{8}\right)^2 \times \frac{\pi}{4} \times 15 \times 10^6} = 0.00261 \text{ 吋}$$

$$\delta = 0.0102 + 0.00261 = 0.0128 \text{ 吋}$$

答：0.0128 吋



第 1 - 42 圖

6. 1-43 圖底件有均勻的橫斷面，且可假設係鋼性的。試求此許迴轉角，而以度示之。

圖：對鉸鏈點取力矩，可知

$$\Sigma M_A = 0 \quad \therefore 550 \times \frac{1000 + 500}{2} = P \times 1000$$

$$\therefore P = 412.5 \text{ kg}$$

$$A = \frac{\pi}{4} (13)^2 = 132.7 \text{ mm}^2$$

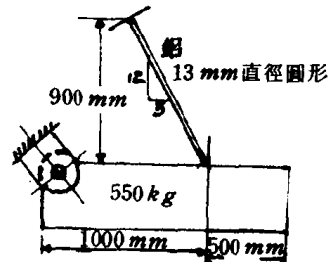
沿桿方向之力 P_a 。

$$\frac{12}{13} = \frac{412.5}{P_a} \quad \therefore P_a = 446.9 \text{ kg}$$

$$\text{桿長 } l : \frac{12}{13} = \frac{900}{l} \quad \therefore l = 975 \text{ mm}$$

$$\delta' = \frac{Pl}{AE} = \frac{446.9 \times 9.806 \times 975}{132.7 \times 69000} = 0.4668 \text{ mm}$$

$$\delta = 0.4668 \times \frac{13}{12} = 0.5057$$



第 1 - 43 圖

4 機械元件設計詳解

$$\phi = \frac{0.5057}{1000} \times \frac{180}{\pi} \quad \therefore \phi = 0.029$$

7. 第 1-44 圖底件有均勻的橫斷面，且可假設係鋼性的。試求由於桿的伸長左端高度的變化。

解：鋁桿所受之力為 P_A
 銅桿所受之力為 P_B
 求 P_A 對 B 點之力矩

$$P_A = \frac{2000 \times 26}{48} = 1083 \#$$

$$P_B = 2000 - 1083 = 917 \#$$

δ_A 為鋁桿之伸長度

δ_B 為銅桿之伸長度

$$\delta_A = \frac{P_A l_A}{A_A E_A} = \frac{1083 \times 60}{\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 10 \times 10^6} = 0.0331 \text{ in}$$

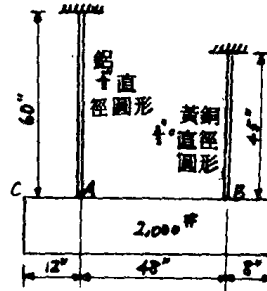
$$\delta_B = \frac{P_B l_B}{A_B E_B} = \frac{917 \times 45}{\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{3}{8}\right)^2 \times 15 \times 10^6} = 0.0249 \text{ 吋}$$

設 C 點下落之距離為 x 。

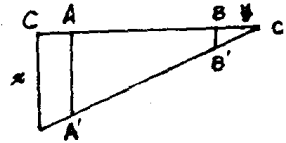
$$\frac{0.0331}{0.0249} = \frac{y + 48}{y}$$

$$y = 145.7 \frac{x}{0.0331} = \frac{145.7 + 48 + 12}{145.7 + 48} = \frac{205.7}{193.7}$$

$$x = 0.0352 \text{ 吋}$$



第 1-44 圖



8. 1-45 圖各件在裝置時有不鬆不緊的恰好配合。試求因溫度增加 50°C 所發生的力。支座不能移動。

解：查表，知：

$$\alpha_s = 1.17 \times 10^{-5} \text{ mm/mm deg } C, E_s = 206900 \text{ MPa}$$

$$\alpha_b = 1.84 \times 10^{-5} \text{ mm/mm deg } C, E_b = 103400 \text{ MPa}$$

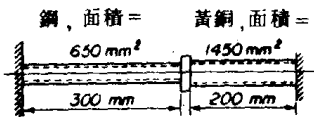
設熱膨脹時，支座無阻力

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

$$\delta_s = 300 \times (1.17 \times 10^{-5}) \times 50 = 0.1755$$

$$\delta_b = 200 \times (1.84 \times 10^{-5}) \times 50 = 0.184$$

設二支座施以外力 P ，則其縮短



第 1-45 圖

$$\delta'_i = \frac{300 P}{650 \times 206900} = 2.23073 \times 10^{-6} P$$

$$\delta'_s = \frac{200 P}{1450 \times 103400} = 1.33395 \times 10^{-6} P$$

$$\delta_i + \delta_s = \delta'_i + \delta'_s \quad \therefore P = 100850 N$$

9. 第 1-46 圖螺帽迴轉，在適貼於螺絲外的管端以後，螺帽再加四分之一轉。試求管和螺絲內的力。

圖：設 δ_s 為螺絲長度之變化量

δ_B 為銅管長度之變化量

P_s 為螺絲所受力

P_B 為銅管所受力

由於螺絲所受力為張力，銅管所受之力為壓力，故

$$P_s = -P_B = P$$

$$\delta_s - \delta_B = \frac{1}{12} \times \frac{1}{4} = 0.0208 \dots\dots\dots(1) \text{ 第 1-46 圖}$$

$$\delta_B = \frac{P_B l}{A_B E_B}$$

$$\delta_s = \frac{P_s l}{A_s E_s}$$

代入(1)式，得 $\frac{Pl}{A_B E_B} + \frac{Pl}{A_s E_s} = 0.0208$

$$\frac{P \times 20}{2 \times 15 \times 10^6} + \frac{P \times 20}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times 30 \times 10^6} = 0.0208$$

$$P(1+1.27) = 31200$$

$$P = 13740 \text{ 磅}$$

答：13740 磅

10. 第 1-47 圖的桿頂和底配合於不動的支座。各桿有相同的材料和相同的橫斷面。試求每一桿內的力。

圖：設 δ_u 代表上半部之撓曲

δ_l 代表 下半部之撓曲

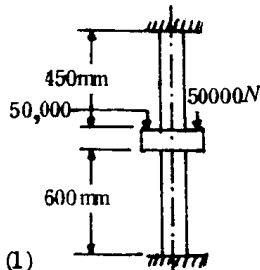
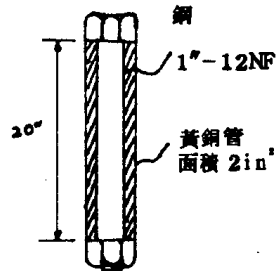
$$\therefore \delta_u = \delta_l \text{ 即 } \frac{P_u l_u}{AE} = \frac{P_l l_l}{AE}$$

$$\therefore \frac{P_u \times 450}{AE} = \frac{P_l \times 600}{AE}$$

即 $3P_u = 4P_l \dots\dots\dots(1)$

又 $P_u + P_l = 50,000 \times 2 = 100,000 N \dots\dots\dots(2)$

聯立(1), (2)



第 1-47 圖

6 機械元件設計詳解

可得 $\begin{cases} P_u = 57143 \div 57100 N \\ P_l \div 42900 N \end{cases}$

答：上半部之力為 57100 N
下半部之力為 42900 N

11. 第 1-48 圖外部桿對稱置於中心桿的兩側。頂件是剛性的，且對稱位於支座之上。試求每一支座所支持的負荷。桿之彈性係數為 2000000 psi

解：設中間桿件受力為 P_2
 旁邊桿件受力為 P_1
 由力的平衡可知

$$2P_1 + P_2 = 10000 \dots\dots(1)$$

中間桿件長度之變化量 δ_2

旁邊桿件長度之變化量 δ_1

$$\delta_1 = \delta_2$$

$$\frac{P_1 l_1}{EA_1} = \frac{P_2 l_2}{EA_2}$$

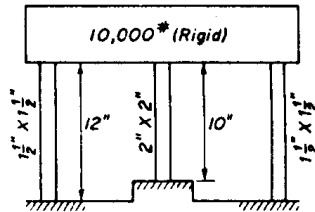
$$\frac{P_1 \cdot 12}{E \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^2} = \frac{P_2 \cdot 10}{E \cdot 2^2}$$

$$\therefore P_1 = 0.4688 P_2$$

代入(1)式 $1.9376 P_2 = 10000 \quad P_2 = 5161 \#$

$$P_1 = (10000 - P_2) / 2 = 2419.5 \#$$

答： $P_1 = 2419.5 \text{ lb}$
 $P_2 = 5161 \text{ lb}$



第 1-48 圖

12. 試求第 1-49 圖在負荷處的撓曲。

解：此 2000 N 之力係有二分力：

(1) P_1 ：作用於懸臂樑

(2) P_2 ：作用於彈簧

而 δ_1 (由於 P_1) = δ_2 (由於 P_2)

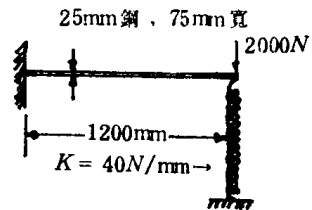
$$\text{即 } \frac{P_1 l^3}{3E \times \frac{\omega}{12} \times t^3} \quad \left(1 \text{ Psi} = \frac{1}{145} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$\frac{P_1 \times (1200)^3 \times 145}{3 \times 30 \times 10^6 \times \frac{75}{12} \times (25)^3} = \frac{P_2}{40}$$

$$P_1 = 0.877 P_2 \dots\dots(1)$$

$$\text{又 } P_1 + P_2 = 2000 \text{ N} \dots\dots(2)$$

以(1)，(2)聯立，得 $P_2 = 1065.53 \text{ N}$



第 1-49 圖

$$y = \delta_2 = \frac{1065.53}{40} = 26.64 \text{ mm}$$

答：26.64 mm

13. 由於加工錯誤，第 1-50 圖的中心支柱製成，較外部兩柱短 0.005 吋。頂底兩件得認為剛體。各桿由相同材料製成，且有相等橫斷面。試求每一桿所支持的力。
桿之彈性係數為 20×10^6 psi

解：設桿件 1、3 受力為 P_1
桿件 2 受力為 P_2

由力的平衡

$$2P_1 + P_2 = 400000 \dots\dots(1)$$

$$\delta_1 = \frac{P_1 \times 10}{4 \times 20 \times 10^6}$$

$$\delta_2 = \frac{P_2 \times 10}{4 \times 20 \times 10^6}$$

$$\delta_2 + 0.005 = \delta_1$$

$$\therefore \frac{P_2 \times 10}{4 \times 20 \times 10^6} + 0.005 = \frac{P_1 \times 10}{4 \times 20 \times 10^6}$$

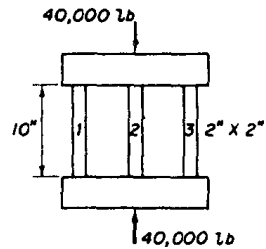
$$P_1 = P_2 + 40000$$

代入(1) $3P_1 = 440000 \#$

$$P_1 = 14667 \#$$

$$P_2 = 10667 \#$$

答： $P_1 = P_3 = 14667 \text{ lb}$
 $P_2 = 10667 \text{ lb}$



第 1-50 圖

14. 第 1-51 圖支柱有相同材料和相等橫斷面。頂和底兩件得認為剛體。試求每一件內的力。

解：設桿件 1, 2, 3 各受力為 P_1, P_2, P_3

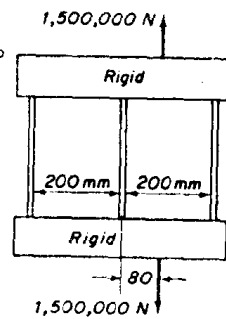
由力的平衡得

$$P_1 + P_2 + P_3 = 1500000 \dots\dots(1)$$

由力矩的平衡得

$$P_2 \cdot 200 + P_3 \cdot 400 = 1500000 \times 280 \dots\dots(2)$$

$$280P_1 + 80P_2 = 120P_3 \dots\dots(3)$$



第 1-51 圖

8 機械元件設計詳解

聯立(1)(2)(3)可解得

$$P_1 = 200000 N$$

$$P_2 = 500000 N$$

$$P_3 = 700000 N$$

15. 求在重量加於重 1,000 磅的物體後，物體仍保持水平的距離 x (見圖 1-52) 假設物體在未加重量以前為水平。

解：假設其伸長度分別為 δ_1, δ_2

$$\delta_1 = \delta_2$$

$$\frac{P_1 l_1}{A_1 E} = \frac{P_2 l_2}{A_2 E}$$

$$P_1 \times 30 = \frac{P_2 \times 18}{1.3}$$

$$39P_1 = 18P_2$$

$$P_2 = 2.17P_1$$

求 P_1, P_2 時，分別對 2 號桿和 1 號桿取力矩

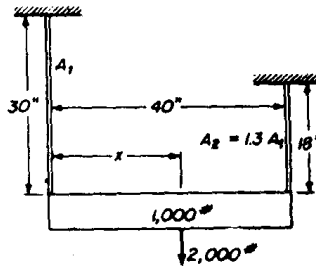
$$P_1 = \frac{20 \times 1000 + 2000 \times (40 - x)}{40}$$

$$P_2 = \frac{20 \times 1000 + 2000x}{40}$$

$$2.17 \times \left(\frac{20 \times 1000 + 2000 \times (40 - x)}{40} \right) = \frac{20 \times 1000 + 2000x}{40}$$

$$\text{化簡得 } 197 = 6.34x$$

$$x = 31.1 \text{ 吋}$$



第 1 - 52 圖

答：31.1 吋

16. 求圖 1-53 內每根桿所承受之力。

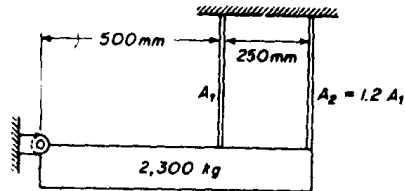
$E_1 = 2 E_2$ 2300 kg 質量之桿被考慮為鋼體

解：因受力後兩桿皆會撓曲，其屈度之關係為：

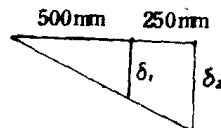
$$\delta_1 : \delta_2 = 500 : (500 + 250) = 2 : 3$$

$$\text{即 } \frac{F_1 l}{A_1 E_1} : \frac{F_2 l}{A_2 E_2} = 2 : 3$$

$$\frac{F_1 l}{A_1 \times 2E_2} : \frac{F_2 l}{1.2A_1 \times E_2} = 2 : 3$$



第 1 - 53 圖



即 $F_1 : F_2 = 10 : 9 \dots\dots\dots(1)$

又，對鉸鏈取力矩

$$2300 \times 375 = F_1 \times 500 + F_2 \times 750 \dots\dots\dots(2)$$

聯立(1)，(2)，即得

$$F_1 = 7,200N \quad F_2 = 6,480N$$

答： $F_1 = 7,200N$
 $F_2 = 6,480N$

17. 第 1-54 圖剛體的樑，在負荷加着前，是水平的，試求每一懸桿內的力。

解：設鋁桿所受之力為 P_a ，其長度變化量為 δ_a 。

鋼桿所受之力為 P_s ，其長度變化量為 δ_s 。

$$\frac{\delta_s}{\delta_a} = \frac{15}{27} = \frac{5}{9}$$

$$\delta_a = 1.8\delta_s$$

$$\delta_a = \frac{P_a l_a}{A_a E_a}$$

$$= \frac{P_a \times 30'}{\frac{5}{4} \times 10 \times 10^6}$$

$$\delta_s = \frac{P_s l}{A_s E_s} = \frac{P_s \times 30}{1 \times 30 \times 10^6}$$

代入(1)

$$18P_s = 24P_a$$

$$P_s = 1.33P_a$$

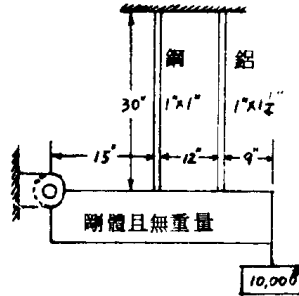
$$15P_s + 27P_a = 36 \times 10,000$$

$$6.65P_a + 9P_s = 120,000$$

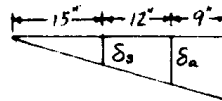
$$15.65P_a = 120,000$$

$$\therefore P_a = 7660 \text{ 磅}$$

$$P_s = 10210 \text{ 磅}$$



第 1-54 圖



答： $P_a = 7660 \text{ 磅}$
 $P_s = 10210 \text{ 磅}$

18. 第 1-55 圖內各桿有相同材料和相等橫斷面。在負荷加着前，各桿內無應力。試求每一桿所支持的負荷。

解：假設內部桿之力為 F_i ，而外部桿為 F_o 。則由 $\Sigma F_v = 0$ ，知

$$2 \left(\frac{\sqrt{2}}{2} F_o + \frac{12}{13} F_i \right) = 9,000 \dots\dots\dots(1)$$

10 機械元件設計詳解

但因 $\delta_i : \delta_o = \frac{12}{13} : \frac{\sqrt{2}}{2}$

$$\text{即：} \frac{F_i \times \frac{\sqrt{2}}{2} l}{AE} : \frac{F_o \times \frac{12}{13} l}{AE} = \frac{12}{13} : \frac{\sqrt{2}}{2}$$

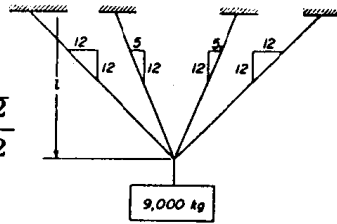
$$\therefore F_o \times \left(\frac{12}{13}\right)^2 = F_i \times \frac{1}{2} \dots\dots(2)$$

聯立(1), (2), 可得

$$F_o = 1974 \text{ kg} \quad F_i \doteq 32980 \text{ N}$$

$$\doteq 19350 \text{ N}$$

答：{ $F_o = 19359 \text{ N}$
 $F_i = 32980 \text{ N}$



第 1 - 55 圖

19. 第 1-56 圖內各桿有相同橫斷面。在負荷加着前，各桿內無應力。桿為 0.5 吋方形桿。

(a) 試求每桿內的力

(b) 試求每桿內的力，假如溫度下降 100°F

解：(a) δ_1 為鋼桿的伸長度

δ_2 為銅桿的伸長度

鋼桿所受之力為 y

銅桿所受之力為 x

$$\delta_1 = \delta_2 \cos \alpha$$

$$\delta_2 = \frac{x l}{AE}$$

$$\delta_1 = \frac{y l_1}{AE_1} = \frac{y l}{AE_1 \cos \alpha}$$

$$E = 15 \times 10^6 \quad E_1 = 30 \times 10^6$$

$$2 (\cos 30^\circ)^2 x = y$$

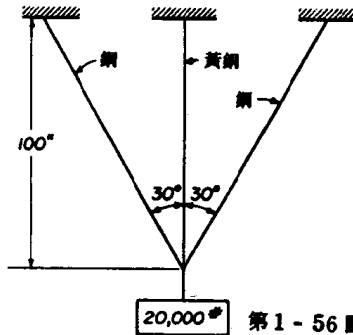
$$\frac{3}{2} x = y \quad 1.5 x = y$$

$$x + 2 y \cos \alpha = P$$

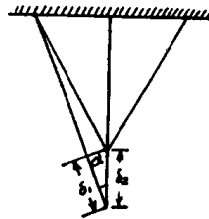
$$x + 2 \times 1.5 \times \frac{\sqrt{3}}{2} x = 20,000$$

$$x = 5560 \# \quad y = 8340 \#$$

(b) 溫度降低時



第 1 - 56 圖



$$\delta_1 = \frac{P_1 l_1}{AE_1} - \alpha_1 \Delta T l_1, \quad \delta_2 = \frac{P_2 l_2}{AE_2} - \alpha_2 \Delta T l_2$$

$$\therefore \delta_1 = \delta_2 \cos \alpha$$

$$\frac{P_1 l_1}{AE_1 \cos \alpha} - \frac{\alpha_1 \Delta T l_1}{\cos \alpha} = \left(\frac{P_2 l_2}{AE_2} - \alpha_2 \Delta T l_2 \right) \cos \alpha$$

$$\frac{P_1}{AE_1} - \alpha_1 \Delta T = \left(\frac{P_2}{AE_2} - \alpha_2 \Delta T \right) \cos^2 \alpha$$

$$\frac{P_1}{\frac{1}{4} \times 30 \times 10^6} - (6.5 \times 10^{-6}) \times 100$$

$$= \left[\frac{P_2}{\frac{1}{4} \times 15 \times 10^6} - (1.02 \times 10^{-6}) \times 100 \right] 100^2 \cos^2 30^\circ$$

$$1.99 P_2 - 1.33 P_1 = 1100 \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad P_2 + 2 P_1 \cos \alpha = 20000$$

$$P_2 = 20000 - \sqrt{3} P_1 \text{ 代入 } \textcircled{1}$$

$$1.99 (20000 - \sqrt{3} P_1) - 1.33 P_1 = 1100$$

$$\therefore P_1 = 8100 \text{ lb}$$

$$P_2 = 5970 \text{ lb}$$

試繪以下諸圖所示樑的剪力和彎曲力矩圖
並找出最大之彎曲應力

20. 第 1-57 圖

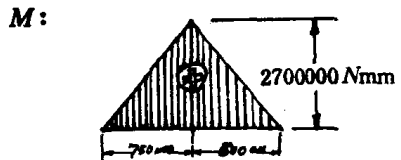
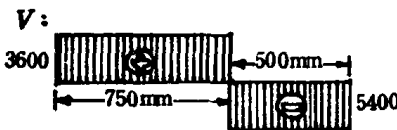
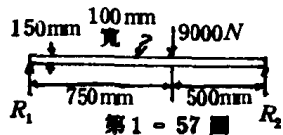
$$\blacksquare : \Sigma M_1 = 0, \quad 1250 R_2 = 750 \times 9,000$$

$$\therefore R_2 = 5400 \text{ N}$$

$$R_1 = 9,000 - 5,400 = 3,600 \text{ N}$$

$$M_{\max} = 750 R_1 = 750 \times 3600 = 2,700,000 \text{ Nmm}$$

$$I = \frac{b h^3}{12} = \frac{100 \times (150)^3}{12} = 28125000 \text{ mm}^4$$



$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} C}{I} = \frac{2,700,000 \times 150/2}{28125000} = 7.2 \text{ MPa}$$

答: $\sigma = 7.2 \text{ MPa}$

12 機械元件設計詳解

21. 求第 1-58 圖

$$\text{圖： } R_1 = \frac{15 \times 60 + 33 \times 75 + 48 \times 60}{60}$$

$$= 104.3$$

$$R_2 = 60 + 60 + 75 - 104.3$$

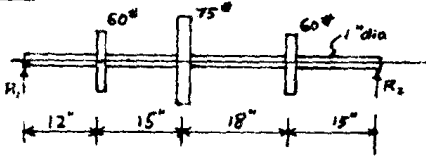
$$= 90.7$$

$$M_{max} = 104.3 \times 12 + (104.3 - 60) \times 15$$

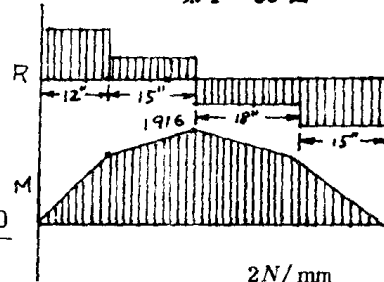
$$= 1916.1 \text{ in-lb}$$

$$\sigma = \frac{My}{I} = \frac{1916.1 \times 0.5}{\frac{\pi \times (1)^4}{64}}$$

$$= 19500 \text{ psi}$$



第 1-58 圖



22. 第 1-59 圖

$$\text{圖： } R \times 2000 = 2 \times 2000 \times \frac{2000}{2}$$

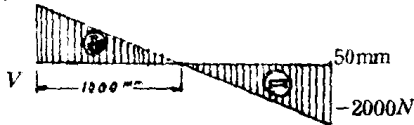
$$\therefore R = 2000 \text{ N}$$

$$M = R x - \frac{w x^2}{2}$$

$$x = \frac{2000}{2}$$

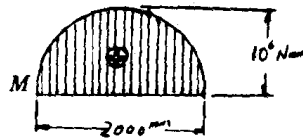
$$M_{max} = 2000 \times 1000 - \frac{2 \times 1000^2}{2}$$

$$= 10^6 \text{ Nmm}$$



$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} C}{I}$$

$$= \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 \times 10^6}{\pi \times (50)^3} = 81.5 \text{ MPa}$$



第 1-59 圖

答： $\sigma_{max} = 81.5 \text{ MPa}$

23. 第 1-60 圖

$$\text{圖： } R_1 = \frac{1000 \times 30 - 400 \times 60 - 100 \times 20}{80}$$

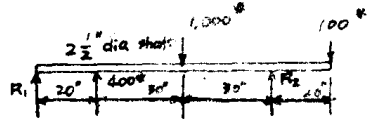
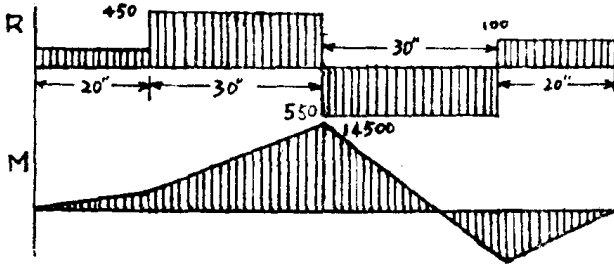
$$= \frac{4000}{80} = 50 \text{ 磅}$$

$$R_2 = 1000 + 100 - 400 - 50$$

$$= 650 \text{ 磅}$$

$$\sigma = \frac{My}{I} = \frac{(550 \times 30 - 2000) \times 5/4}{\frac{\pi (5/2)^4}{64}}$$

$$= 9450 \text{ psi}$$



第 1 - 60 圖

24. 一鋼鋸條厚 1.25 mm，彎曲為 600 mm 半徑之圓弧。試求彎曲應力。

圖：由公式，知：

$$\sigma = \frac{E\nu}{\rho}$$

此時

$$\rho = 600 + \frac{1.25}{2} = 600.625 \text{ mm}$$

$$\nu = \frac{1.25}{2} = 0.625 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{30 \times 10^6 \times 0.625}{145 \times 600.625}$$

$$= 215 \text{ MPa}$$

答： $\sigma = 215 \text{ MPa}$

25. 試求第 1-61 圖樑的反力和距左端 5 呎處彎曲應力之力矩。

圖： $R_1 = \frac{5000 \times 6 + (1000 \times 14) \times 3}{10}$

$$= 7200$$

$$R_2 = 5000 + 14000 - 7200$$

$$= 11800$$

$$M = 11800 \times 5 - 1000 \times 9 \times 4.5 = 18500$$

$$\sigma = \frac{18500 \times 12 \times \frac{5}{2}}{\frac{\pi (5)^4}{64}} = 18090 \text{ psi}$$



第 1 - 61 圖

答：18090psi