

實用
建築學

實用建築學

第 三 編

計 算 輯 要

陳 兆 坤 著

▲ 建築師，打樣師，監工員的研究良書 ▼

▲ 工程師，測繪師，練習生的參考善本 ▼

陳魁建築事務所發行

新書出版預告

◀建築學提綱▶ 內容為工程數學，分數，比例，開方，乘方，對數，代數，幾何，三角，泛尺，力學，風力，雪壓，樓板，屋頂，樑柱，牆腳，混凝土，工字鐵，水塔，高層建築，冷熱應力，彎鋼，鋼箍，角鐵，鉚釘，樁，吊桿，瓦筒，駁岸，橋樑，設計與計算，章程，圖案等，凡木石鐵類，鋼骨混凝土類，一切基本原理與公式及引用，言簡意含，一覽便知，洵為研究建築學的路徑。刻在付印。 陳兆坤編

◀建築繪圖學▶ 是書共分四編，第一編說明繪圖儀器購買處及引用與練習，如圖形劃法，書法，測量法等。第二編自地形圖入手至全部圖案指示計劃成功為止。第三編如平房，樓房，住宅，棧房，遊戲場，攝影場，牛棚，木棚，涼亭，駁岸等一切參考與練習。第四編為詳細做樣，自底腳，樓地盤，面樣，門窗，扶梯，看柱，平頂，模板，瓦筒陰溝等，學者得此一書，與從師無異，洵為有志研究為建築繪圖學之秘笈。引將編竣。 陳兆坤編

◀此書有著作權翻印必究▶

實用建築學第壹貳參肆編 數理設計計算圖輯要

出版者 陳魁 建築事務所 上海徐家匯王家堂六十六號
書局發行

著作者 工程建築師陳兆坤

承印者 建明印刷公司 上海新記浜路二五二號

定價 平裝每編大洋貳圓正 全部肆編合購大洋捌圓
精裝每編大洋貳圓半

(外埠郵購寄費加一)

大中華民國念伍年壹月出版

◀ 緒 言 ▶

吾國建築學術的研究，大抵攷諸西書。操斯業者，欲求實用簡便之華文，苦無專籍，因此不顧謏陋，爲文念餘萬言，插圖柒百餘幅，附表百餘種，共分四編。第一編以數理力學爲基礎的指導，第二編以分類設計爲初步的入門，第三編以各類計算爲進一步的研究，第四編以經驗圖案爲引用的參考，編中每節分解之後，即附例題數則，以啓學者理解與實用爲目的。凡一切緊要之專門技術，搜羅無遺，且有根據，可按圖索驥，逐步追尋。凡有志建築業者，均宜人手一帙，自初步入手，依次研究，期於最短日內，學成致用。譬諸航海南針，可操左券。惟不得謂完備，因本科有書數百種類，非一書所能包括，故曰輯要。

大中華民國卅叁年仲夏日

陳兆坤識

第三編 計算輯要

目錄

第一章 樓板與屋頂架之計算

頁數

計算總論 ----- {1-11}

第一節 計算鋼骨混凝土板之分解

例題 一. 鋼骨混凝土板計算之一

例題 二. 鋼骨混凝土板計算之二 ----- 1-3

第二節 計算屋頂架之分解

例題 一. 屋頂架計算之一

例題 二. 屋頂架計算之二 ----- 3-16

第二章 樑之計算

第一節 分解樑之應力 附材料應力一覽表

例題 一. 石樑計算之一

例題 二. 石樑計算之二

例題 三. 木樑之計算 ----- 16-18

第二節 計算工形樑之分解 附工形樑表

例題 一. 工形樑計算之一

例題 二. 工形樑計算之二

例題 三. 工形樑之計算 ----- 18-21

第三節 計算鋼骨混凝土樑之分解

附鋼索一覽表

例題 一、鋼索流體之標之計算 ----- 2-24

例題 二、丁形標之計算

第四節 計算兩面鋼骨樑之分解

例題 一、兩面鋼骨樑計算之一

例題 二、兩面鋼骨樑計算之二 ----- 24-31

第五節 分解樑之變形與彈率

附彈率一覽表

例題 一、計算鋼索之單面變形

例題 二、計算鋼索之彈率與變形之增長

例題 三、計算鋼索之極力 ----- 31-32

第六節 分解樑之彈限與極力

附彈限一覽表 極力一覽表

例題 一、計算鋼索之彈力與極力

例題 二、計算鋼索之極力 ----- 32-34

第七節 分解樑之軟度

附樑之軟度公式一覽表

例題 一、計算丁形樑軟度

例題 二、計算鋼骨流體上樑之軟度 ----- 34-37

第八節 分解樑之安全率與躍回率

附安全率一覽表

例題 一、計算鋼索極力與極力及安全率

例題 二、已知安全率求鋼索之極力與極力 ----- 37-39

第九節 分解樑之冷應力和熱應力

附係數一覽表

例題一 計算熱脹短樑之熱應力及變位

例題二 計算兩端之冷熱應力-----39-40

第 三 章 柱 之 計 算

第一節 分解各類短柱之計算

例題一 計算木柱短柱之應力

例題二 計算木柱圓短柱之應力-----40-42

第二節 分解各類長柱之計算

附柱之常數一覽表 半徑積數公式一覽表

例題一 計算木柱長柱之應力

例題二 計算鋼筋長柱之安全應力-----42-44

第三節 分解鋼骨混凝土柱之計算

例題一 計算鋼骨混凝土柱之安全應力

例題二 計算鋼骨混凝土柱之應力及單位應力-----44-47

第四節 分解各類柱之偏心彎矩

例題一 計算中區柱之單位偏心應力

例題二 計算小區柱之偏心應力

例題三 計算大柱之偏心應力-----47-50

第五節 分解鋼骨混凝土柱偏心彎矩之計算

例題一 計算鋼骨混凝土柱之偏心應力之一

例題二 計算鋼骨混凝土柱之偏心應力之二-----51-53

第 四 章 彎 鋼 與 鋼 箍 之 計 算

第 一 節 分 解 彎 鋼 之 計 算

例 題 一 計 算 彎 鋼 之 距 離

例 題 二 計 算 彎 鋼 之 距 離 ----- 53-55

第 二 節 分 解 彎 鋼 25 度 之 計 算

例 題 一 計 算 彎 鋼 之 距 離

例 題 二 計 算 彎 鋼 之 角 度 與 距 離 及 拉 力 ----- 55-59

第 三 節 分 解 彎 鋼 45 度 與 鋼 箍 之 計 算

例 題 一 計 算 45 度 鋼 箍 之 距 離

例 題 二 計 算 彎 鋼 與 鋼 箍 之 距 離 ----- 59-63

第 四 節 分 解 鋼 骨 混 凝 土 柱 加 鋼 箍 之 計 算

附 鋼 箍 比 率 一 覽 表

例 題 一 計 算 圓 形 鋼 箍 之 應 力

例 題 二 計 算 螺 紋 鋼 箍 之 應 力 ----- 63-64

第 五 章 鋼 板 與 鉚 釘 之 計 算

第 一 節 分 解 鋼 板 接 聯 之 計 算

附 鉚 釘 一 覽 表

例 題 一 計 算 鋼 板 之 應 力

例 題 二 計 算 鉚 釘 之 橫 剪 力 ----- (6-6)

第 二 節 分 解 鉚 釘 與 鋼 板 合 力 之 計 算

例 題 一 計 算 鉚 釘 與 鋼 板 之 橫 剪 力

例題二 計算鉚釘與鋼板之單位扭力 ----- 69-70

第三節 鉚釘剪力與扭力用表之說明

附鉚釘剪力與扭力一覽表之一

附鉚釘剪力與扭力一覽表之二

附鉚釘剪力與扭力一覽表之三

附鉚釘剪力與扭力一覽表之四

附鉚釘剪力與扭力一覽表之五

附鉚釘剪力與扭力一覽表之六

例題一 查表計算鉚釘剪力與鋼板扭力

例題二 查表計算鉚釘與鋼板之扭力 ----- 70-74

第四節 分解鋼板與鉚釘拉力及壓力與剪力之計算

例題一 計算二列鉚釘之剪力

例題二 計算鉚釘之釘眼 ----- 74-76

第五節 分解鋼板接聯用鉚釘之計算

附鋼板與鉚釘接聯效率一覽表

例題一 計算一列接聯之安全效率

例題二 計算二列鉚釘之安全效率 ----- 76-78

第六章 牆基與柱腳及牆之計算

第一節 分解圍牆與牆腳之計算

例題一 計算牆腳之壓力

例題二 計算牆之 K_1 與 K_2 之值及單位剪力 ----- 78-82

第二節 分解牆基與柱腳之計算

例題一 計算每一單位牆基之壓力

例題二 計算牆基之心距與牆基寬度 ----- 80-85

第三節 分解鋼骨混凝土柱腳之計算

例題一 計算混凝土柱腳之壓力與剪力與彎力

例題二 計算長方柱腳單位壓力與彎力 ----- 86-91

第四節 分解混凝土牆基之計算

例題一 計算每一單位混凝土牆基之壓力

例題二 計算牆基之總壓力與單位壓力 ----- 91-92

第五節 分解隣界牆加樁之計算

例題一 計算各樁之安全壓力

例題二 計算各樁總打樁力

附各類木樁與混凝土樁及打樁機之參考圖 ----- 92-103

第七章 吊 鈎 之 計 算

第一節 分解吊鈎之計算

例題一 計算吊鈎之安全拉力

例題二 計算鋼鈎之壓力

附鋼鎖夾之計算 ----- 104-106

第二節 選擇吊桿之計算 附圖參考 ----- 106-108

第八章 瓦 筒 之 計 算

第一節 計算瓦筒之計算

例題 一	鋼骨混凝土大及層之設計與計算	
例題 二	鋼骨混凝土大及層之設計與計算	
附圖 參考	-----	108-110
第二節	分解鋼骨之計算	附圖參考
例題 一	計算鋼骨混凝土中宜圖之應力	
例題 二	計算鋼骨混凝土中宜圖之應力	-----110-114
 第九章 駁岸之計算 		
第一節	分解駁岸之計算	
例題 一	混凝土駁岸之計算	
例題 二	鋼骨之計算	-----114-124
第二節	分解鋼骨混凝土駁岸計算之一	
附圖 條	比率一覽表	材料比重表
例題 一	鋼骨混凝土駁岸之計算	
例題 二	鋼骨混凝土駁岸之計算	-----124-137
第三節	分解鋼骨混凝土駁岸計算之二	
例題 一	駁岸上之應力之計算	
例題 二	駁岸上之應力之計算	
附圖 度	一覽表	-----137-157

第十章 橋樑之計算

第一節 分解簡單橋樑靜動力之計算

例題 一 計算簡單橋樑靜動力

例題二	計算橋樑剪力與彎矩之二	-----	158-160
第二節	分解複雜移動重量之計算		
例題一	橋樑對於重口車輪重量之計算		
例題二	計算最大之應力與彎矩	-----	160-166
第三節	分解橋樑之剪力		
例題一	計算橋樑之剪力		
例題二	計算橋樑最大之剪力	-----	166-169
第四節	分解鋼架橋樑之計算		
例題一	計算橋樑各部份之拉力與壓力及最大與最小之應力		
例題二	計算鋼樑各部份之應力與彎矩之最大與最小之拉力或壓力 及各部份之應力與彎矩之圖解法	-----	169-189

第三編 計算輯要

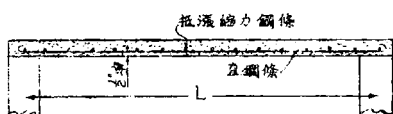
第一章 樓板與屋頂架之計算

計算總論 凡材料求得剖面積或有失當不妥之處，更由所得材料加以計算，謂之計算學。惟較設計學略感複雜。是編著作，專以各種計算公式，分段排列，以便學者。

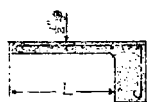
鋼骨混凝土樓板之計算

樓板與屋頂之設備，形式不一，有木樓板與混凝土板及磚與混凝土合併之樓板，而木樓板之計劃較為便利，故無計算之必要。至於屋頂，則有平屋頂與人字形等，逐段分述於下。

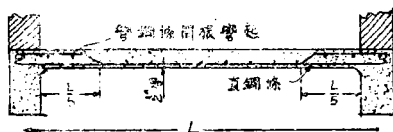
第一節 凡混凝土板兩端置於牆面者，中部下面任拉，如圖之(一)。假如樓板嵌入牆內者，則兩端反支持處之鋼筋一半向上，以任壓力，如圖之(二)。倘係牛腿，則拉力在上，抵抗力在下，鋼筋置在上面，如圖之(三)。



(一)



(三)



(二)

比例以 $\frac{1}{4} = 1:0''$

欲計算混凝土板之水泥與鋼條，其單位壓力，安全與否，可根據以下公式求之。

$$K = \sqrt{\frac{2A_s n d}{b} + \left(\frac{A_s n}{b}\right)^2} - \frac{A_s n}{b}$$

分解 K = 中立軸壓力與板深度之比率。

A_s = 鋼積。

n = $\frac{E_s}{E_c}$ 鋼條與混凝土漲率之比。

d = 板深度。

b = 板寬度。

計算單位水泥壓力之公式 $F_c = \frac{2M}{bK(d - \frac{d}{3})}$

分解 F_c = 單位水泥之壓力。

M = 彎矩。

計算鋼條單位拉力之公式 $F_s = F_c n \left(\frac{d-K}{K}\right)$

分解 F_s = 單位鋼條之拉力。

例題一 有一鋼條混凝土屋頂板，有效深度 $d = 4$ 吋，

$n = 15$ ，彎矩 = 15341 吋磅，鋼積 $A_s = 2 \times .1963$ (用 $\frac{1}{2}$ " ϕ @ 6 吋中距)

= .3926 方吋。試將下列公式解答之。

$$\text{公式 } K = \sqrt{\frac{2 \times 0.3926 \times 15 \times 4}{12} + \left(\frac{0.3926 \times 15}{12}\right)^2} - \frac{0.3926 \times 15}{12} = 1.55 \text{ 方吋}$$

$$F_c = \frac{2 \times 15341}{12 \times 1.55 \left(4 - \frac{1.55}{3}\right)} = 443 \text{ 方吋磅}$$

每方吋水泥之單位壓力。

$$F_s = \frac{443 \times 15 \left(4 - 1.55\right)}{1.55} = 10323.3 \text{ 方吋磅}$$

答，每方吋鋼條之單位拉力，

茲 F_c 單位壓力每方吋 600 磅，又 F_s 每方吋 16000 磅，故二者所求之應力均安全。

例題二 有一混凝土樓板，深度 6 吋，有效深度 $d = 5\frac{1}{2}$ 吋，用 $\frac{1}{2}$ 吋 @ 4 吋中距， $A_s = 3 \times 1.963 = .5889$ 方吋， $n = 15$ ，容重 = 30000 磅，試計算該樓板 F_c 與 F_s 之安全否。

$$\text{公式 } K = \sqrt{\frac{2 \times .5889 \times 15 \times 5.25 + \left(\frac{.5889 \times 15}{12}\right)^2 - \frac{.5889 \times 15}{12}}$$

$$\sqrt{7.7 + .535} = 2.88 - .73 = 2.15 \text{ 吋}$$

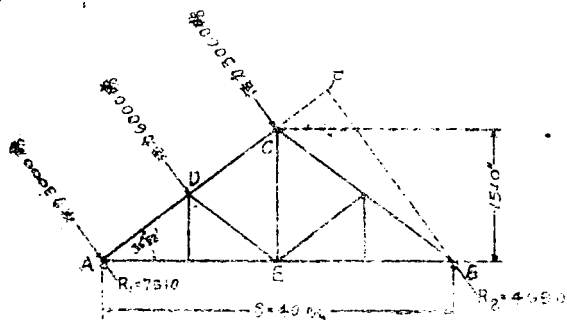
$$F_c = \frac{2M}{bK(d - \frac{K}{3})} = \frac{2 \times 30000}{12 \times 2.15 \left(4.25 - \frac{2.15}{3}\right)} = \frac{60000}{101} = 590 \text{ 每方吋磅}$$

答，水泥壓力 590 即所求之方吋磅。

$$F_s = F_c n \left(\frac{d - K}{K}\right) = 590 \times 15 \left(\frac{4.25 - 2.15}{2.15}\right) = 8700 \text{ 每方吋磅}$$

答，鋼條拉力 $F_s = 8700$ 磅，即所求之方吋磅。

第二節 屋頂之計算，略感複雜難算，惟習之既久，必非難事，分解如下。



$$\text{比尺 } \frac{1}{16} = 120'$$

假如活力在每支點集中 6000 磅，

死力在每支點集中 3000 磅，

屋頂跨距 AB 40' 呎，

高 EC 15' 呎，如上圖，

求三角形 AEC, $AC = \sqrt{AE^2 + EC^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = 25$ 呎，

角度 = $\tan CAE = \frac{EC}{AE} = \frac{15}{20} = .75 = 36^\circ 52'$

$AD = DC = \frac{1}{2} AC = 12.5$ 呎，

並未知數 $AF = AB \cos CAE = 40 \cos 36^\circ 52' = 32$ 呎，

求應力 = $\Sigma M = 0 = 6000 \times 12.5 + 3000 \times 25 - R_2 \times 32$

$$R_2 = \frac{(6000 \times 12.5) + (3000 \times 25)}{32} = \frac{75000 + 75000}{32} = 4690 \text{ 磅。}$$

$AF = 32$ 呎，

$DF = 32 - 12.5 = 19.5$ 呎，

$CF = 32 - 25 = 7' 0''$ 呎，

再求應力 = $\Sigma M = 0 = R_1 \times 32 - 3000 \times 32 - 6000 \times 19.5 - 3000 \times 7 =$

$$R_1 = \frac{(3000 \times 32) + (6000 \times 19.5) - (3000 \times 7)}{32} = \frac{234000}{32}$$

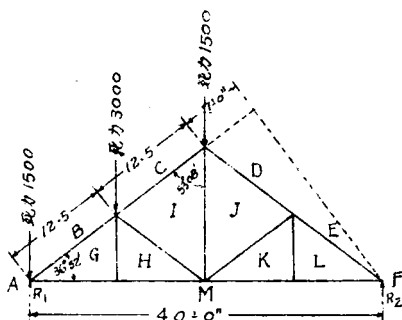
7310 磅，

覆核 = $\Sigma M = 4690 + 7310 - 3000 - 6000 - 3000 = 0$

以上係活力之應力，再求死力之應力，如下圖，

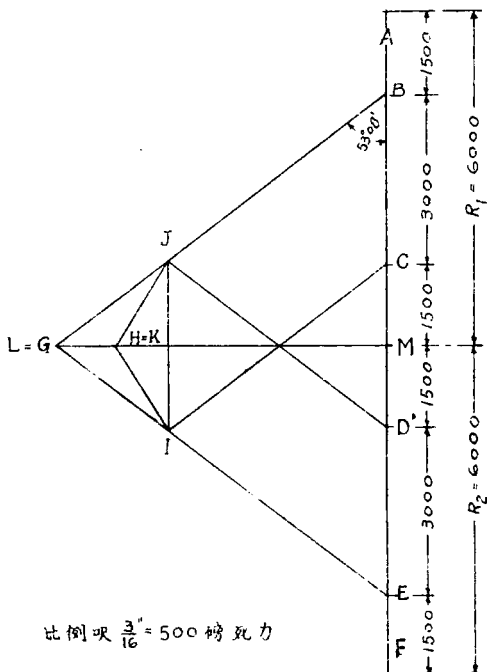
$R_1' = R_2' = 1500 + 3000 + 1500 = 6000$ 磅，

$90^\circ - 36^\circ 52' = 53^\circ 08'$



比例 $\frac{1}{16}'' = 1.00''$

欲計算死力與活力之彎矩可製圖表如下。

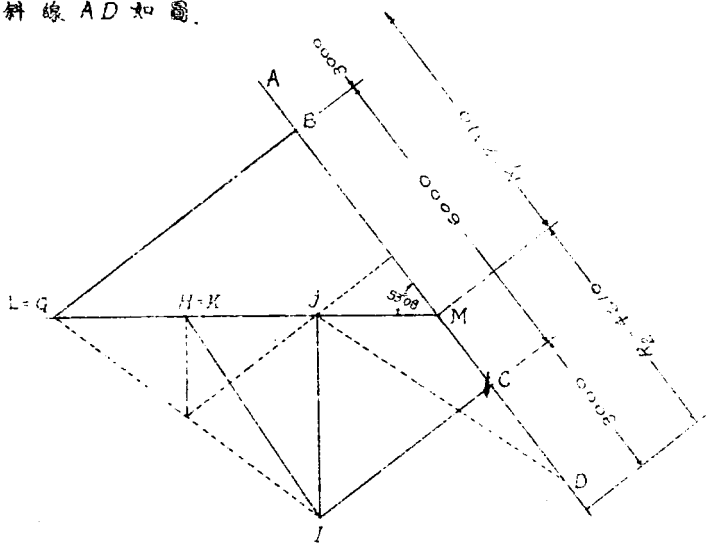


比例 $\frac{3}{16}'' = 500$ 磅死力

先割 AM 與 MF 垂線，比例 = $\frac{3}{16}$ = 500 磅，AM = R₁ = 6000 磅，MF = R₂ = 6000 磅，再分 AB = 1500 磅，BC = 3000 磅，CM = 1500 磅，又 MD = NC，DE = BC，EF = AB，再割 GL 至 M 橫線，如圖，乃自 B 至 G 割斜線 50°08'，再割 EG = BG，又 CI 與 BL 平行，DJ 與 EG 平行，再割 J 之垂線，又 LJ 分為 HJ 如上圖。

並得力為 BG = 7900 磅，CI = 5700 磅，GM = 12400 磅，HM = 10260 磅，GH = 1080 磅，IJ = 3100 磅，HI = 1300 磅。

再在活力學架製圖如下，先割橫線 GM，以 M 端分 57°08'，再割斜線 AD 如圖。



比例以 $\frac{3}{16}$ = 500 磅活力

自 AM = 7310 磅，MD = 4690 磅，再自 B 至 G 割斜線成 90°，再割 CI 與 BG 平行，又自 BC 分線交於 J 點，以 J 均分 H 點。

第一章 樓板與屋頂架之計算

再自 I 至 L 劃斜線交於 H 點線，H I 與 J I 劃垂斜線，如圖，量得活力 $BG = 5800$ 磅， $CI = 4000$ 磅， $GM = 7250$ 磅， $HM = 4750$ 磅， $GH = 2500$ 磅， $JI = 3750$ 磅， $HI = 3100$ 磅。

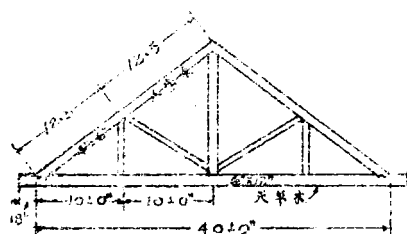
再將以上死力與活力之應力鉅數，列表如下：

記號	死力 + 活力 = 總計壓力或拉力	單位
BG	$7300 + 5800 = 13700$	方吋磅
CI	$5200 + 4000 = 9200$	" " "
GM	$12400 + 7250 = 19900$	" " "
HM	$10200 + 4750 = 15010$	" " "
GH	$1060 + 2500 = 3560$	" " "
JI	$3100 + 3750 = 6850$	" " "
HI	$1900 + 3100 = 5000$	壓力

總應力一覽表

再求 CM 應力 $N = 1500 + 3000 = 4500$ 磅。

$$\text{彎矩 } M = \frac{4500 \times 10 \times 12}{8} = 67500 \text{ 吋磅}$$



比例 $\frac{1}{16} = 1:16$

假如計算之屋頂用料為已知如圖，欲求人字木與天平大料之應力安全否，可推算如下，

人字木 = $bdS = 4 \times 6 \times 1000 = 24000$ 磅，較諸 $BG = 13700$ 磅，應力為大，故屬安全。

天平大料 = $bd = 6 \times 12 = 72$ 吋，查 $GM = 12400 \div 800 = 15.5$ 方吋，
 $72 - 15.5 = 56.5$ 方吋，

$$56.5 \div 12 = 4.85 \text{ 吋}$$

$$K = (4.85^2) \div b = (4.85 \times 12^2) \div 6 = 116 \text{ 方吋}$$

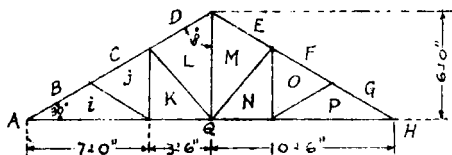
$$M = KS = 116 \times 800 = 94000 \text{ 吋磅}$$

較諸上算磅數 = 67500 吋磅為大，故已安全，直接壓力 = $M \div (1.5 \times 16) = 6200$ 呎磅，較諸直接壓力 (1500 + 3000) 為大，再求總剪力 = $6 \times 12 \times (\frac{12}{2}) \times 80 = 28800$ 磅。

較諸 $R_1 + R'_1 = (7310 + 6000) = 13310$ 磅為大，故安全。

例題一 屋頂架已知 21'0" 呎高 6 呎，人字木 4x4 吋，天平 4x10 吋， $R_2 = R_1 = 7200$ 磅，($R'_1 = 2400$ $R'_2 = 1200$ 磅) 試解答人字木與天平安全否。

答：先製應力圖如下



分力圖

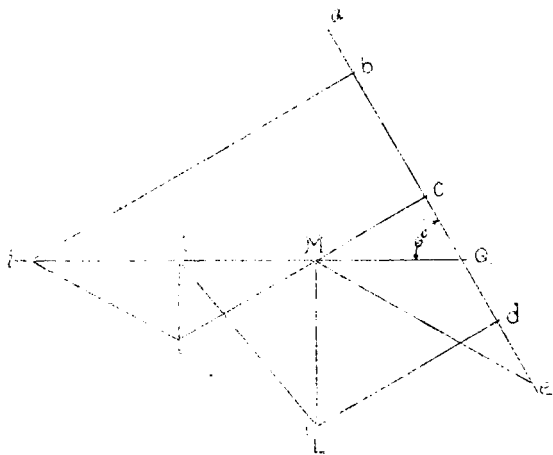
比例 $\frac{1}{8}'' = 10'$

$$R_1' + R_2' = (2400 + 1200) = 3600 \text{ 磅}$$

$$3600 \div 3 = 1200 \text{ 磅}$$

$$1200 \div 2 = 600 \text{ 磅}$$

過 B 劃橫線，再自 AE 劃斜線成 60 度，自 A 至 Q 為 2400 磅，自 Q 至 E 為 1200 磅。再分 AB = DE = 600 磅，BC + CD = 1200 磅，隨後 CJ, DL 劃斜線與 EB 平行如圖。



力圖

$$\text{比例尺} = \frac{1}{1000} = 600 \text{ 磅}$$

再自 E 與 jC 及 iQ 切線點相交劃斜線，ME，iM 二等分之，劃垂線 j 點相交，再劃 j 與 KL 斜線如圖，隨後用尺量得，各距離之壓力如下。

記號	死力 + 活力 = 總計壓力或拉力	
Bi	12300 + 3125 = 15425 方吋磅	壓力
CJ	9500 + 2400 = 11900 " "	" "
DL	7500 + 1750 = 9250 " "	" "
iQ	10750 + 3600 = 14350 " "	拉力
KQ	8550 + 2400 = 10950 " "	" "
jL	2750 + 1400 = 4150 " "	壓力
LK	3000 + 1800 = 4800 " "	" "
KJ	1250 + 700 = 1950 " "	拉力
ML	5000 + 1450 = 6450 " "	" "
EM	7500 + 2100 = 9600 " "	壓力

總應力一覽表

再求 iQ 直接拉力 = (1200 + 600) = 1800 磅。

$$\text{彎矩} = M = \frac{1800 \times 7 \times 12}{8} = 19000 \text{ 吋磅。}$$

已知人字木 bds = 4 × 4 × 1000 = 16000 吋磅。

較諸 Bi = 15425 方吋磅為大，故已安全。

再計算天平料 - bd = 4 × 10 = 40 方吋。

由表內查得 iQ = 14350 ÷ 800 = 18 方吋。

$$40 - 18 = 22 \text{ 方吋。} \quad 22 \div 10 = 2.2 \text{ 方吋。}$$

再求常數 K = (2.2 d²) ÷ 6 = 2.2 × 10² ÷ 6 = 36.5 吋。

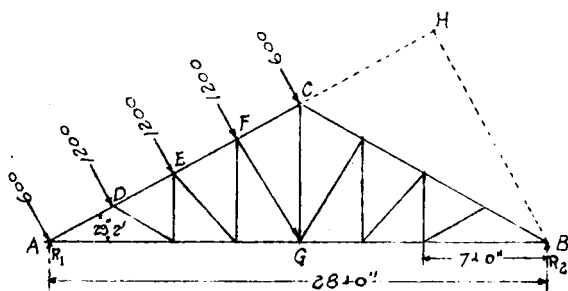
M = KS = 36.5 × 800 = 29200 方吋磅較諸上面求得彎矩 M = 19000 方吋磅為大，故已安全。

再求直接拉力 = M ÷ (1.5 × 7) = 29200 ÷ 10.5 = 2770 方吋磅亦

較 1800 磅為大。

例題二。有一屋頂架，跨距 28 呎，分 8 個支點，每一支點自身重力 = $40 \times 4 \times 15 = 2400$ 磅，風力 = $20 \times 4 \times 15 = 1200$ 磅，高 7'9" 呎，試計算 CH 之跨距，及總應力 $R_1 + R_1'$ 與 $R_2 + R_2'$ 各若干安全磅。（已知人字木 4"×6" 吋，天平 4"×12" 吋）

答：先求 A G C 三角形如圖。



比例 $\frac{1}{8} = 120''$

$$AC = \sqrt{AG^2 + GC^2} = \sqrt{14^2 + 7.75^2} = 16 \text{ 呎}$$

$$\tan CAG = \frac{GC}{AG} = \frac{7.75}{14} = .555 = 29^\circ 2' \text{ 度}$$

$$AD = DE = EF = FC = \frac{1}{4} AG = 4 \text{ 呎}$$

求未知數 $AH = AB \cos CAG = 28 \times \cos 29^\circ 2' \text{ 度} =$

$$28 \times .8743 = 24.5 \text{ 呎}$$

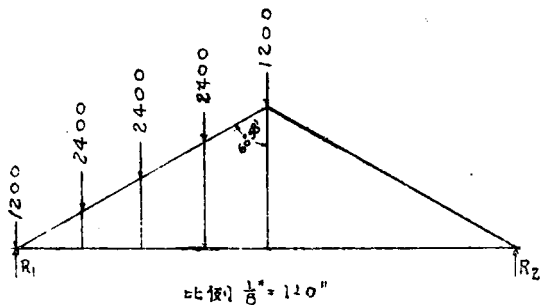
$$\text{求 } CH = 24.5 - (4 \times 4) = 8.5 \text{ 呎}$$

求應力 $\Sigma M = 0 = R_1 \times 24.5 - 1200 \times 4 - 1200 \times 8 - 1200 \times 12 - 1200 \times 16$

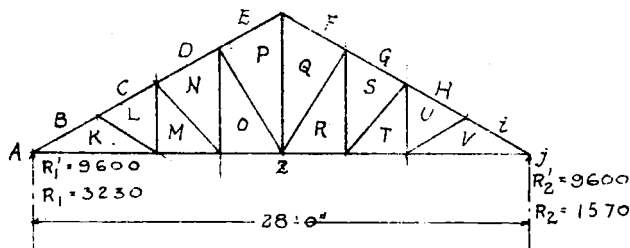
$$R_2 = \frac{4800 + 3600 + 14200 + 9600}{24.5} = 1570 \text{ 磅。}$$

$$R_1 = (4 \times 1200) - 1570 = 3230 \text{ 磅。}$$

$$90^\circ - 29^\circ 2' - 60^\circ 58' \text{ 度。}$$



再如前法，製分力圖如下



分力圖

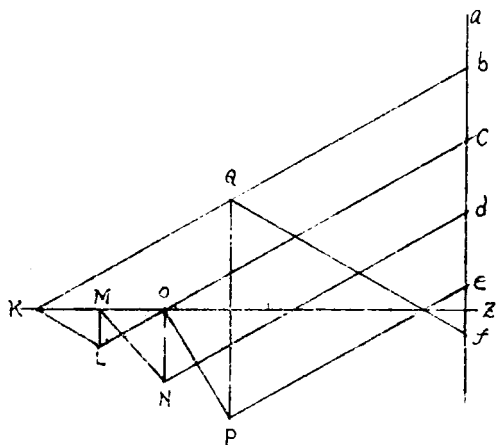
比例 $\frac{1}{8}'' = 1'-0''$

算得 BK = 16500 磅, CL = 14000 磅, DN = 11500 磅,
 EP = 9000 磅, KZ = 14500 磅, MZ = 17000 磅,
 OZ = 10000 磅, LK = 2750 磅, NM = 3000 磅。

PO = 4000 磅 ML = 1250 磅 ON = 2250 磅

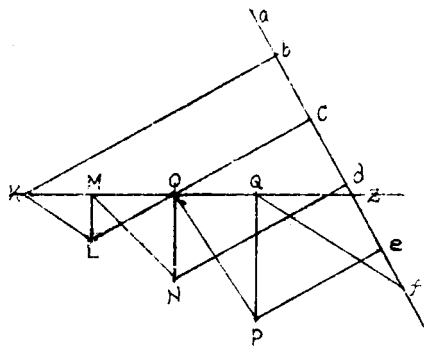
QP = 7250 磅 FQ = 9000 磅

應力圖如下，



比例尺 $\frac{1}{2}'' = 600$ 磅活力

再製風力圖逐段量之如下，



比例尺 $\frac{1}{2}'' = 1200$ 磅活力

記號	死力 + 活力 = 總計壓力或拉力	
BK	$16500 + 4300 = 21300$	方吋磅 壓力
CL	$14000 + 4250 = 18250$	" "
DN	$11500 + 3500 = 15300$	" "
EP	$9000 + 2500 = 11500$	" "
KZ	$14500 + 5500 = 20000$	" 拉力
MZ	$12000 + 4500 = 16500$	" "
OZ	$10000 + 3200 = 13200$	" "
LK	$2750 + 1400 = 4150$	" 壓力
NM	$3000 + 2000 = 5000$	" "
PO	$4000 + 2500 = 6500$	" "
ML	$1250 + 750 = 2000$	" 拉力
ON	$2250 + 1400 = 3650$	" "
QP	$7250 + 2100 = 9350$	" "
FQ	$8000 + 2900 = 11900$	" 壓力

總應力一覽表

先計算壓力已知人字架 $4 \times 6'$ 吋。

$4 \times 6 \times 1000 = 24000$ 較諸 $BK = 21300$ 為大故已安全。

再求 KZ 直接拉力 $= (1200 + 2000) = 3600$ 磅

$$\text{彎矩 } M = \frac{3600 \times 7 \times 12}{8} = 38000 \text{ 吋磅}$$

求 $bd = 4 \times 12 = 48$ 方吋。

$$KZ = 20000 \div 800 = 25 \text{ 方吋}$$

$$48 - 25 = 23 \text{ 方吋}$$

$$23 \div 12 = 1.99 \text{ 方吋}$$

$$K^2 (1.99 d^2) \div 6 = (1.99 \times 12^2) \div 6 = 47 \text{ 方吋}$$

$$M = KS = 47 \times 800 = 38000 \text{ 吋磅}$$

與上面彎矩 $M = 38000$ 之數相對，故屬安全。

$$\text{又 } (12000 + 2400) = M \div (1.5 \times 7) = 38000 \text{ 磅}$$

$$38000 \div (1.5 \times 7) = 3600, \text{ 亦與上求 } KZ \text{ 之數 } 3600 \text{ 磅相}$$

對，故安全。

第二章 樑 之 計 算

凡樑之 bd 與 W 或 P 及 L 為已知，而欲求所用之材料，對於單位應力之安全與否，謂之計算。

木樑之計算

凡桁條、樓板、地欄柵、任柵等，其算法均歸於樑之一類。

第一節 樑之應力，有一欄柵 3 吋，8 吋，跨距 12 呎，均佈重每呎 120 磅，木料每立方呎 40 磅，試查驗該樑安全應力 = 5 若干磅。

$$b = 3 \text{ 吋} \quad h = 8 \text{ 吋} \quad L = 12 \times 12 = 144 \text{ 吋} \quad C = \frac{1}{2} h = 4 \text{ 吋}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = 125 \quad P = 120 \text{ 磅} \quad W = \frac{3}{12} \times \frac{8}{12} \times 1 \times 40 = 6.7 \text{ 磅}$$

$$\text{彎矩 } M = \frac{1}{8} WL^2 = \frac{1}{8} \times (120 + 6.7) \times 12 \times 12 = 2300 \text{ 吋磅}$$

$$27500 \text{ 吋磅}$$

$$\text{應力 } S = \frac{MC}{I} = \frac{27500 \times 4}{125} = 880 \text{ 每方吋磅}$$

材料	壓力每方吋	拉力每方吋	剪力每方吋
杉木	900 磅	750 磅	80 磅
本松	900 "	750 "	80 "
白松	900 "	750 "	80 "
黃松	1500 "	1200 "	150 "
紅松	1200 "	900 "	100 "
硬木	1400 "	1200 "	200 "
生鐵	16000 "	3000 "	3000 "
熟鐵	11000 "	12000 "	7000 "
鋼	16000 "	18000 "	10000 "
2.4 混凝土	450 "		
13.6 混凝土	300 "		
普通石	100 "		
硬石	150 "		
花崗石	180 "		

表 2.1 MATERIALS OF STRUCTURAL ENGINEERING

材料應力表 = 5

查得黃松 1200 至 1500 磅方吋已屬安全，若換紅松則以 1200 磅為壓力，800 磅為拉力亦妥。

例題一，有一普通石樑， $b=10$ 吋， $d=10$ 吋， $h=5$ 呎， $W=1000$ 磅，試求該樑之安全應力。（石料每立方呎 165 磅）

$$b = 10 \text{ 吋}, \quad d = 10 \text{ 吋}, \quad L = 60 \text{ 吋}, \quad C = \frac{1}{2}h = 4 \text{ 吋}$$

$$I = \frac{bd^3}{12} = 830 \text{ 吋}^4, \quad P = 500 \text{ 磅}, \quad W = \frac{10 \times 10}{144} \times 165 = 114 \text{ 磅}$$

$$M = \frac{1}{8}WL^2 = \frac{1}{8} \times (500 + 114) 5^2 = 1920 \text{ 呎磅}$$

$$1920 \times 12 = 23000 \text{ 吋磅。}$$

$$\text{答。 } S = \frac{MC}{I} = \frac{23000 \times 5}{830} = 138 \text{ 每方吋磅。}$$

查表普通石每方吋 100 磅不足倘用硬石每方吋 150 磅已妥。

例題二 又石樑， $L = 10$ 呎 = 120 吋， $W = 200$ 磅， $b = 10$ 吋， $d = 10$ 吋，試求 S 之應力若干。

$$\text{答。 } W = 200 \times 10 = 2000 \text{ 磅， } L = 10 \times 12 = 120 \text{ 吋}$$

$$\text{彎矩 } M = \frac{WL}{8} = \frac{2000 \times 120}{8} = 30000 \text{ 吋磅。}$$

$$30000 = (2d^2 \times 150)$$

$$S = \frac{30000}{2 \times 10 \times 10} = 150 \text{ 每方吋磅，即所求之安全應力。}$$

例題三 假如有 3"×4" 木樑跨距 10 呎， $W = 30$ 磅，試求應力為若干。

$$W = \frac{3 \times 4}{144} \times 40 = 3.3 \text{ 磅。 } W = 80 \text{ 磅。 } W = 33.3 \times 10 = 333 \text{ 磅}$$

$$L = 10 \times 12 = 120 \text{ 吋。}$$

$$\text{彎矩 } M = \frac{WL}{8} = \frac{333 \times 120}{8} = 12400 \text{ 吋磅。}$$

$$\text{應力 } S = \frac{6M}{bd^2} = \frac{6 \times 12400}{3 \times 4 \times 4} = \frac{74000}{48} = 1550 \text{ 每方吋磅}$$

查表上最大之壓應力為 1200 磅，今求得 1550 磅，已屬過

量不變，應將木標加大，再算，假如改為 2"×7"吋

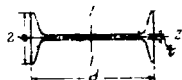
$$W = 83.9 \times 10 = 839 \text{ 磅}$$

$$\text{彎矩 } M = \frac{839 \times 120}{8} = 12600 \text{ 吋磅}$$

$$\text{應力 } S = \frac{6 \times 12600}{2 \times 7 \times 7} = \frac{75600}{98} = 770 \text{ 磅}$$

查表紅松拉力每方吋 800 磅，已屬安全。

第二節 工形標之計算，可用表較為便利，茲抄一段如
F 以便參考。



剖視圖

標深	每呎之重量	剖面積	慣性 1-1 軸	剖面係數	滾轉 2-2 軸	標厚 1-1	標闊
d	W	A	I	$\frac{1}{c}$	J	t	b
24吋	100磅	29.4呎 ²	2380吋 ⁴	198吋 ³	48.6吋 ⁴	.747	7.247
24	80	23.5	2088	174	42.9	.500	7.000
20	75	22.1	1269	127	30.2	.641	6.391
20	65	19.1	1170	117	27.9	.500	6.250
18	70	20.6	921	102	24.6	.711	6.251
18	55	15.9	796	88.4	21.2	.460	6.000
15	55	16.2	511	68.1	17.1	.648	5.738
15	42	12.5	442	58.9	14.6	.410	5.500
12	35	10.3	228	38.0	10.1	.428	5.078
12	31½	9.3	216	36.0	9.5	.350	5.000

工形標表詳見第二編第十章末頁

假如有一工形樑，跨距 30 呎，每呎均佈重 1000 磅，用 55 磅，18 吋之深，在表中查得 $\frac{I}{C}$ 剖面係數為 88.4 吋⁴。

$$\text{先求彎矩 } M = \frac{WL^2}{8} = \frac{1}{8} \times 1000 \times 30^2 \times 12 = 1350000 \text{ 吋磅}$$

$$\text{次求應力 } S = \frac{M}{88.4} = 15250 \text{ 每方吋磅}$$

查材料應力表得每方吋 16000 磅，已屬安全。

例題一 有一工形樑，跨距 40 呎，每呎均佈重 1000 磅，活力 80 磅，24 吋樑，在表上查見 $\frac{I}{C} = 174$ 。試解答應力若干。

$$M = \frac{WL^2}{8} = \frac{1}{8} \times 1080 \times 40 \times 40 \times 12 = 2620000 \text{ 吋磅}$$

$$\text{答, } S = \frac{M}{174} = 15100 \text{ 查表 16000 已安全。}$$

例題二 計算一 I 形樑，跨距 26 呎，集中重 $P = 18000$ 磅，用 55 磅，18 吋深， $\frac{I}{C} = 88.4$ 。試求應力若干。

$$M = \frac{1}{8}WL^2 + \frac{1}{4}PL = \frac{1}{8}55 \times 26^2 + \frac{1}{4}18000 \times 26 =$$

$$4700 + 117000 = 121700 \times 12 = 1450000 \text{ 吋磅}$$

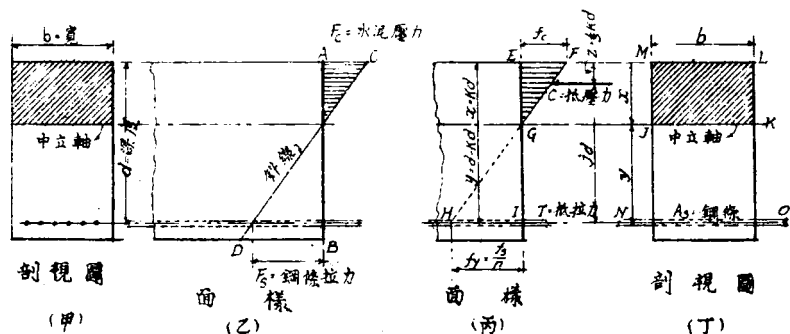
$$\text{答, } S = \frac{M}{88.4} = 16250 \text{ 磅, 查表 16000 磅, 過量 250 磅。}$$

例題三 有一生鐵圓桿，直徑 4 吋，受拉力 34000 磅，試求單位應力若干。

$$\text{面積 } A = 3.1416 \times 4 = 12.6 \text{ 方吋。}$$

答。 $S = \frac{W}{A} = \frac{34000}{12.6} = 2710$ 磅，查表 3000 磅安全無誤。

第三節 混凝土標之上面無鋼，標之下面有鋼，擔任拉力與壓力，謂之單標。附圖參考如下。



假如有一混凝土標， $b=20$ 吋， $d=40$ 吋，用 $10-1\phi$ 鐵桿， $n=12$ (n 為鋼與混凝土之彈率之比) 活力 3200 磅，標之跨距 24 呎。假定大料重量 = $20 \times 40 = 800$ 磅。 $W = 3200 + 800 = 4000$ 磅。

$$M = \frac{1}{8} WL^2 = \frac{1}{8} 4000 \times 24^2 = 288000 \text{ 呎磅} = 3460000 \text{ 吋磅}$$

$$d = 40 - 3 = 37 \text{ 吋}$$

$$\text{鋼積} = 10 \times 7.854 = 7.85 \text{ 方吋}$$

$$P = \frac{A_s}{bd} = \frac{7.85}{20 \times 37} = .0106 \quad (P = \text{鋼積與標深之比})$$

$$k = \sqrt{(pn)^2 + 2pn} - pn \quad (k = \text{上面壓力至重心線高度與標高之比})$$

$$\sqrt{(.0106 \times 12)^2 + 2 \times .0106 \times 12} - .0106 \times 12 = 0.393 \text{ 吋}$$

$$j = 1 - \frac{K}{3} = 1 - \frac{.393}{3} = .869 \text{ 吋} \quad (i = \text{抵轉距與標高之比})$$

根據以上順序求得之後，隨後可以公式計算混凝土之壓力如下：

$$f_c = \frac{2M}{Kjbd^2} = \frac{2 \times 3460000}{.393 \times .869 \times 20 \times 37^2} = 740 \text{ 磅/吋}^2$$

再行計算鋼條之拉力如下：

$$f_s = \frac{M}{A_s j d} = \frac{3460000}{7.85 \times .869 \times 37} = 13700 \text{ 磅/吋}^2$$

例題一。試計算一鋼條混凝土標對於混凝土之壓力及鋼條之拉力安全否，列圖如下。

$$b = 10 \text{ 吋}$$

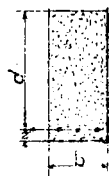
$$d = 22 \text{ 吋}, \quad 22 - 2 = 20 \text{ 吋}$$

$$\text{容重} = 250000 \text{ 磅}$$

$$A_s = 3 - \frac{5}{8} \text{ 吋} = 3 \times .3008 = .92 \text{ 方吋}$$

$$n = 12$$

$$P = \frac{A_s}{bd} = \frac{.92}{10 \times 20} = 0.0047 \text{ 吋}$$



標之剖面

比例 $\frac{1}{2} = 1:20$

$$K = \frac{(Pn)^2 + 2Pn}{1} = \sqrt{(0.0047 \times 12)^2 + 2 \times 0.0047 \times 12} - 0.0047 \times 12$$

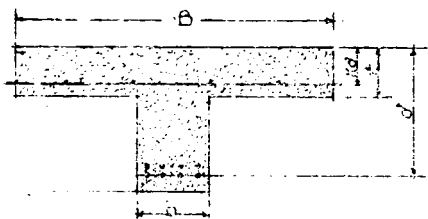
$$= \sqrt{.0317 + 0.113} - .0565 = .12 - .0565 = .0635 \text{ 吋}$$

$$j = 1 - \frac{K}{3} = 1 - \frac{.0635}{3} = 0.978 \text{ 吋}$$

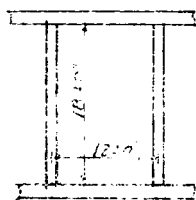
$$\text{答. } f_c = \frac{2M}{K_j b d^2} = \frac{2 \times 250000}{.0635 \times 0.978 \times 10 \times 20} = 490 \text{ 磅吋磅}$$

$$f_s = \frac{M}{A_s j d^2} = \frac{250000}{.92 \times 0.978 \times 20^2} = 15000 \text{ 磅吋磅}$$

例題二 試再求丁形梁混凝土與鋼條之壓力安全否，
 剖面如下。



丁形梁前視圖



丁形梁平面圖

梁之跨距 18 呎。

$$i = 6 \text{ 吋}$$

$$d = 24 - 3 = 21 \text{ 吋} \quad A_s = 8 - 1 \frac{1}{4} \quad b = 12 \text{ 吋}$$

$$\text{或 } B \text{ 之闊度} = \frac{1}{4} \times 18 \times 12 = 54 \text{ 吋}$$

$$b' + 16t = 12 + 16 \times 3 = 140 \text{ 吋}$$

宜取 $b = 54$ 吋為妥。

$$\text{比例 } \frac{1}{16} = 120'$$

$$W = \text{樑板} = 8 \times 12.5 \times 12 = 1200 \text{ 呎磅}$$

$$\text{活力} = 300 \times 12 = 3600 \text{ ,,}$$

$$\text{梁身} = \frac{(24-8) \times 12}{144} \times 150 = 200 \text{ ,,}$$

$$\text{總重} = 5000 \text{ 呎磅}$$

$$\text{彎矩 } M = \frac{1}{8} WL^2 = \frac{1}{8} \times 5000 \times 18^2 = 202500 \text{ 呎磅,}$$

2430000 吋磅,

鋼積 $A_s = 8 - 1'' \phi$ 查表如下得 .7354 $\times 8 = 6.28$ 方吋。

直徑	方鋼面積	圓鋼面積	外週率	直徑	方鋼面積	圓鋼面積	外週率
				$\frac{1}{8}$	0.5625	0.4418	2.3562
				$\frac{1}{4}$	0.6602	0.5185	2.5526
$\frac{1}{2}$	0.0039	0.0031	0.1964	$\frac{3}{8}$	0.7656	0.6013	2.7489
$\frac{3}{32}$	0.0088	0.0069	0.2945	$\frac{1}{2}$	0.8789	0.6903	2.9453
$\frac{1}{8}$	0.0156	0.0123	0.3927	1	1.0000	0.7854	3.1416
$\frac{5}{32}$	0.0244	0.0192	0.4909	$\frac{1}{16}$	1.1289	0.8866	3.3380
$\frac{3}{16}$	0.0352	0.0276	0.5891	$\frac{1}{8}$	1.2656	0.9940	3.5343
$\frac{7}{32}$	0.0479	0.0376	0.6872	$\frac{3}{16}$	1.4102	1.1075	3.7306
$\frac{1}{4}$	0.0625	0.0491	0.7854	$\frac{1}{4}$	1.5625	1.2272	3.9270
$\frac{9}{32}$	0.0791	0.0621	0.8836	$\frac{5}{16}$	1.7227	1.3530	4.1234
$\frac{5}{16}$	0.0977	0.0767	0.9818	$\frac{1}{2}$	1.8909	1.4849	4.3197
$\frac{11}{32}$	0.1182	0.0928	1.0799	$\frac{3}{8}$	2.0664	1.6230	4.5161
$\frac{3}{8}$	0.1406	0.1104	1.1781	$1\frac{1}{2}$	2.2500	1.7671	4.7124
$\frac{13}{32}$	0.1650	0.1296	1.2763	$\frac{1}{16}$	2.4414	1.9175	4.9088
$\frac{7}{16}$	0.1914	0.1503	1.3745	$\frac{5}{8}$	2.6406	2.0739	5.1051
$\frac{15}{32}$	0.2197	0.1726	1.4726	$\frac{11}{16}$	2.8477	2.2365	5.3015
$\frac{1}{2}$	0.2500	0.1963	1.5708	$1\frac{1}{4}$	3.0625	2.4053	5.4978
$\frac{17}{32}$	0.2822	0.2217	1.6690	$\frac{1}{2}$	3.2852	2.5802	5.6942
$\frac{9}{16}$	0.3164	0.2485	1.7672	$1\frac{3}{8}$	3.5156	2.7612	5.8905
$\frac{19}{32}$	0.3525	0.2769	1.8653	$\frac{3}{4}$	3.7539	2.9483	6.0869
$\frac{5}{8}$	0.3906	0.3068	1.9635	2	4.0000	3.1416	6.2832
$\frac{21}{32}$	0.4307	0.3382	2.0617				
$\frac{11}{16}$	0.4727	0.3712	2.1599				
$\frac{23}{32}$	0.5166	0.4057	2.2580				

鋼積一覽表

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{6.28}{54 \times 21} = 0.00554. \quad \text{假定 } n = 15$$

$$k = \sqrt{(pn)^2 + 2pn} - pn$$

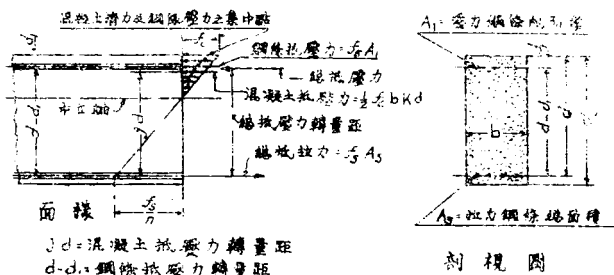
$$\sqrt{(0.00554 \times 15)^2 + 2 \times 0.00554 \times 15} - 0.00554 \times 15 = 0.333 \text{ 吋}$$

$$j = 1 - \frac{1}{3}k = 1 - \frac{1}{3} \times 0.333 = .889 \text{ 吋}$$

$$\text{答: } f_c = \frac{2M}{Kjbd} = \frac{2 \times 2430000}{.333 \times .889 \times 54 \times 21^2} = 689 \text{ 吋磅}$$

$$f_s = \frac{M}{A_s j d} = \frac{2430000}{6.28 \times .889 \times 21} = 20700 \text{ 吋磅}$$

第四節 凡梁之上下用鋼條者曰兩面鋼骨鐵，上面任壓力，下面任拉力，其作用使梁身收小與他梁相同，故為最經濟之梁，分解如下圖。



$$\text{梁之等式} = \frac{1}{2} b x^2 + (n-1) A'_s (x-d_1) = n A_s (d-x)$$

$$\text{梁之慣性} = I = \frac{1}{3} b x^3 + (n-1) A'_s (x-d_1)^2 + n A_s (d-x)^2$$

$$\text{求單位混凝土之壓力} = f_c = \frac{Mx}{I}$$

$$\text{求鋼條於重心處之單位壓力} = f_x = \frac{M(x-d_1)}{I}$$

$$\text{求鋼條之準確單位壓力} = f_s'' = \frac{nM(x-d_1)}{I}$$

$$\text{求鋼條之單位拉力} = f_s = \frac{nM(d-x)}{I}$$

假如有—混凝土雙標，標闊 = $b = 14$ 吋，標之深度 = $d = 22$ 吋，上距 $d_1 = 2$ 吋，壓力鋼條 = $A'_s = 4 \times 6.01 = 2.4$ 吋，下面拉鉄 = $A_s = 6 \times 7.85 = 4.71$ 吋，比率 = $n = 15$ ，上積 = $(n-1)A'_s = 14 \times 2.4 = 33.6$ 方吋，下積 = $nA_s = 15 \times 4.71 = 70.7$ 方吋。

彎矩 = 160000 吋磅。

$$\text{等式} = \frac{1+x x^2}{2} + 33.6(x-2) = 70.7(22-x) \text{ 依次推算如下。}$$

$$\text{分解} = 33.6 \times 2 \times 2 = 134.4 \text{ 吋。}$$

$$14 \div 2 = 7 \text{ 吋。}$$

$$7 - 2 = 5 \text{ 吋。}$$

$$7 + 2 = 9 \text{ 吋。}$$

$$134.4 \div 9 = 14.9 \text{ 吋。}$$

$$33.6 \div 5 = 6.72 \text{ 吋。}$$

$$70.7 \times 22 = 1555 \text{ 吋。}$$

$$1555 \div 6.72 = 232 \text{ 吋。}$$

$$\text{故 } x^2 + 14.9x - 232 = 0$$

$$\text{公式} = \frac{14.9 + \sqrt{(14.9)^2 + 4 \times 232}}{2} = 9.5 \text{ 方吋。}$$

$$d-x = 22 - 9.5 = 12.5 \text{ 吋}$$

隨後求樑之彎矩如 $\frac{1}{3}bx^3 = \frac{1}{3} \times 14 \times 9.5^3 = 4000$ 吋

$$(n-1)A'_s(x-d)^2 = 33.6 \times (9.5-2)^2 = 1890 \text{ 吋}$$

$$nA_s(d-x)^2 = 70.7 \times 12.5 = 11050 \text{ 吋}$$

$$I = 16940 \text{ 吋}$$

$$\text{水泥之壓力} = f_c = \frac{Mx}{I} = \frac{1600000 \times 9.5}{16940} = 897 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{鋼條之壓力} = f_s'' = \frac{nM(x-d)}{I} = \frac{15 \times 1600000 \times 7.5}{16940} = 10600 \text{ 吋磅}$$

$$\text{鋼條之拉力} = f_s = \frac{nM(d-x)}{I} = \frac{15 \times 1600000 \times 12.5}{16940} = 17700 \text{ 吋磅}$$

上列公式計算雙樑之壓力與拉力，於算題上求彎矩學者困難，茲更舉一例，較為便利如下

$$\text{公式} = K = \sqrt{\frac{2n(A_s d + A'_s d')}{b} \left[\frac{n(A'_s + A_s)}{b} \right]^2 - \frac{n(A'_s + A_s)}{b}}$$

$$f_c = \frac{2M}{bK(d - \frac{K}{3}) + 2A'_s n(\frac{K-d'}{K})(d-d')}$$

$$f_s'' = f_c n \left(\frac{K-d'}{K} \right)$$

$$f_s = \frac{f_c n(d-K)}{K}$$

假如有一混泥土雙樑 $d = 22$ 吋， $b = 14$ 吋， $A_s = 3.036$ 吋

$A'_s = 2.27$ 方吋， $M = 950400$ 吋磅，演算如下。

先求壓力面至中立軸與探高之比記號為 K 如下

$$K = \sqrt{\frac{2 \times 15 (3.036 \times 22 + 2.27 \times 2)}{14} \left[\frac{15 (2.27 + 3.036)}{14} \right]^2} - \frac{15 (2.27 + 3.036)}{14}$$

$$= 13.6 - 5.63 = 7.92 \text{ 方吋, 即所求之 } K$$

$$\text{水泥壓力 } f_c = \frac{2 \times 950400}{14 \times 7.92 \left(22 - \frac{7.92}{3} \right) + 2 \times 2.27 \times 15 \left(\frac{7.92 - 2}{7.92} \right) (22 - 2)}$$

$$\frac{1900800}{2146.63 + 1017.41} = 600 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{鋼條壓力 } f_s'' = 15 \times 600 \left(\frac{7.92 - 2}{7.92} \right) = 6727 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{鋼條拉力 } f_s' = 15 \times 600 \left(\frac{22 - 7.92}{7.92} \right) = 16000 \text{ 每方吋磅}$$

例題一 已知雙大料之剖面積 $b = 12$ 吋, $d = 20$ 吋, 用 8 吋方鋼條, 4 根在上, 離 2 吋, 4 根在下, 離 2 吋有效深度 $d = 18$ 吋, $y = 2$ 吋, 試用以上公式計算如下

$$K = \sqrt{\frac{2 \times 15 (4 \times 18 + 4 \times 2)}{12} \left[\frac{15 (4 + 4)}{12} \right]^2} - \frac{15 (4 + 4)}{12}$$

$$\sqrt{300} - 10 = 7.32 \text{ 吋}$$

$$f_c = \frac{2 \times 829137}{12 \times 7.32 \left(18 - \frac{7.32}{3} \right) + 2 \times 4 \times 15 \left(\frac{7.32 - 2}{7.32} \right) (18 - 2)}$$

$$\frac{1658274}{(1470 + 1325)} = 600 \text{ 吋磅}$$

$$f_s = \frac{600 \times 15 \times (18 - 7.32)}{7.32} = 13131 \text{ 吋磅}$$

$$f_s'' = \frac{600 \times 15 (7.32 - 2)}{7.32} = 6540 \text{ 吋磅}$$

例題二 有一混凝土兩面鋼骨樑已知 $c = 2$ 吋, $b = 18$ 吋, $d = 20$ 吋, $A_s = 6 \times .442 = 2.65$ 方吋, $A_s' = 3 \times .442 = 1.326$ 方吋

容重 = 635000 吋磅, $17A_s = 15 \times 2.65 = 39.8$ 方吋

$(10 \cdot 1)A_s' = (15 - 1) \times 1.326 = 18.6$ 方吋 (求重心距計算如下)

$$\text{等式} = \frac{9x^2}{2} + 18.6(x - 2) = 39.8(18 - x)$$

分解 $9 \div 2 = 4.5$ 吋, $4.5 \div 2 = 6.5$ 吋, $2 \times 2 = 4$ 吋

$$(39.8 \times 18.6) \div 4.5 = 167 \text{ 吋}$$

$$(18.6 \times 4.5) \div 6.5 = 13 \text{ 吋}$$

$$\text{故} = x^2 + 13x - 167 = 0$$

$$x = \frac{-13 \pm \sqrt{13^2 - 4(-167)}}{2 \times 1}$$

$$= \frac{13 \pm \sqrt{169 + 652}}{2}$$

$$= \frac{-13 \pm \sqrt{821}}{2}$$

$$= \frac{-13 \pm 28.7}{2}$$

$$x = \frac{15.7}{2} = 7.9 \text{ (近似數 } x = 8 \text{ 即所求之重心距) 茲求}$$

複機公式： $I = \frac{1}{3} b x^3 + (n-1) A'_s (x-d_1)^2 + n A_s (d-x)^2$

$$\text{分解 } \frac{1}{3} b x^3 = \frac{1}{3} \times 9 \times 6^3 = 1540 \text{ 吋}$$

$$(n-1) A'_s (x-d_1)^2 = 18.6 \times (8-2)^2 = 670 \text{ 吋}$$

$$n A_s (d-x)^2 = 33.8 \times 10^2 = 3980 \text{ 吋}$$

$$I = 6190 \text{ 吋}$$

再求水泥單位壓力如下。

$$f_c = \frac{Mx}{I} = \frac{635000 \times 8}{6190} = 821 \text{ 每方吋磅}$$

推求鋼條壓力如下。

$$f_s'' = \frac{nM(x-d_1)}{I} = \frac{15 \times 635000 \times 6}{6190} = 9230 \text{ 每方吋磅}$$

再推求拉力如下。

$$f_s = \frac{nM(d-x)}{2I} = \frac{15 \times 635000 \times 10}{6190} = 15400 \text{ 每方吋磅}$$

計算樑之由面積求應力即拉力與壓力，所以考察材料之安全與否，已詳術之矣。茲更由他方面考察，所用材料究屬適當否，試分段說明於下。

樑之變形與彈率

第五節 凡樑受外力，即現改變之形態，曰變形。因拉力而變者為伸長，壓力為縮短。倘外力移去，則回復原狀。如有存在之變形，謂之永久變形。公式如下。

$$\text{公式 } S = \frac{d}{l}$$

分解 S = 為變形所號。

d = 為伸長或縮短。

L = 為原來長度。

假如有一鐵桿，原長 8 吋，因受拉力而伸長 0.0052 吋，則以公式排之求變形如下。

$$S = \frac{d}{L} = \frac{0.0052}{8} = 0.00065 \text{ 吋。即所求之變形。}$$

又標之受外力移去之，仍能回覆原狀而不變者，曰彈率。其公式如下

公式 $E = \frac{S}{s}$

分解 E = 彈率。

S = 單位應力。

s = 變形。

假如有一 4 吋方洋松，長 10 吋，受壓力 8000 磅，縮短 0.004 吋，則以公式求之如下。

$$S = \frac{P}{A} = \frac{8000}{4 \times 4} = 500 \times 10 = 5000 \text{ 吋磅}$$

$$E = \frac{S}{s} = \frac{5000}{.004} = 1250000 \text{ 每方吋磅。即所求之彈率。}$$

欲明瞭以上彈率之得數是否安全，可查表如下。

木類 = 1500000 吋磅	鋼 條 = 30000000 吋磅
生 鐵 = 15000000 吋磅	1.2.4 混凝土 = 3000000 吋磅
熟 鐵 = 25000000 吋磅	1.3.6 混凝土 = 2000000 吋磅

彈率一覽表

例題一 有一鋼條，原長 20 呎，受拉力而伸長 .025 吋，試求壓力之變形若干。

$$\text{公式 } s = \frac{d}{L} = \frac{.025}{20 \times 12} = 0.000104 \text{ 吋。}$$

答. 0.000104 即所求之單位變形。

例題二. 有一 6 吋方洋松，長 6 呎，受壓力 16000 磅，縮短 0.0022 吋，試求該木彈率。

$$S = \frac{P}{A} = \frac{16000}{6 \times 6} = 442 \times 72 = 32000 \text{ 吋磅。}$$

$$E = \frac{S}{s} = \frac{32000}{.0022} = 14500000 \text{ 每方吋磅。}$$

查表(木類) 15000000 磅較上數為大，故知計算之彈率 $E = 14500000$ 每方吋磅為安全彈率。

如上式已知彈率 15000000 吋磅，木樑假定應力 S 為 30000 磅，試問該樑變形若干數。

$$\text{公式 } s = \frac{S}{E} = \frac{30000}{15000000} = 0.002 \text{ 吋。}$$

答. 0.002 即所求之變形。

又如上式已知變形為 0.0002 吋，與樑之跨距為 6 呎，試求伸長若干吋。

$$\text{公式 } d = sL = 72 \times 0.0002 = 0.0144 \text{ 吋。}$$

例題三. 有一鋼條 1 吋方，長 8 呎，一端另器拉之，伸長 0.0048 吋，試計算該鋼條受拉力若干磅。

$$S_s = \frac{dAE}{L} = \frac{0.0048 \times 1 \times 30000000}{8} = 18000 \text{ 磅}$$

答：18000 磅 即 所 求 之 拉 力。

標之彈限與極力

第六節。凡材料一經重壓，則生變形。在變形範圍內，利用其固有之彈性，使物料經過壓力後，仍能回復原狀者，曰彈限。列表如下。

木類	拉力 = 3000 每方吋磅	壓力 = 3000 每方吋磅
生鐵	拉力 = 6000 每方吋磅	壓力 = 20000 〃
熟鐵	拉力 = 25000 每方吋磅	壓力 = 25000 〃
鋼	拉力 = 35000 每方吋磅	壓力 = 35000 〃

彈限一覽表

若重壓愈大，則變形愈多，而至破裂，曰極力。列表如下。

木類 - 拉力 = 10000	每方吋磅	壓力 = 8000	每方吋磅	剪力 = 3000	每方吋磅橫面	剪力 = 600	每方吋縱面
磚類		〃 = 3000		〃 = 1000		〃 = 1000	
石類		〃 = 6000		〃 = 1500		〃 = 1500	
生鐵 = 拉力 = 20000		〃 = 90000		〃 = 20000		〃 = 20000	
熟鐵 = 拉力 = 50000		〃 = 50000		〃 = 40000		〃 = 40000	
鋼類 = 拉力 = 65000		〃 = 65000		〃 = 50000		〃 = 50000	

極力一覽表

例如有一熟鐵板， $\frac{1}{4} \times 2$ 吋，任拉力，不逾彈限二分之一，則可受力若干磅。

$$\text{公式 } \frac{1}{2} \times 25000 \div (\frac{1}{4} \times 2) = 6250 \text{ 磅。}$$

又如有一生鐵圓管，5吋直徑，已知極力為30000磅方吋磅，欲使之壓斷，須若干磅。

$$\text{公式 } dr20000 = 5 \times 3.1416 \times 20000 = 316000 \text{ 磅。}$$

例題一 有一長方枕木， $b=4$ 吋， $d=6$ 吋，欲使壓應力適在彈限範圍內，問此木能壓若干磅。

$$\text{答。 } 4 \times 6 \times 3000 = 72000 \text{ 磅。}$$

又，已知木之彈限為3000磅，但欲置放一鐵重之物， $P=20$ 噸，試問此木須若干大之面積。

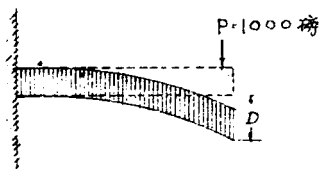
$$\text{公式 } = (20 \times 2000) \div 3000 = \sqrt{13.3} = 3.65 \text{ 方吋。}$$

答約4方吋。

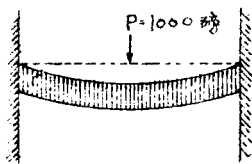
例題二 已知鋼條之極力為65000磅，今有 $\frac{1}{2}$ 吋之鋼條，欲使之破斷，須若干磅。

$$\text{答。 } 65000 \times .1963 = 12750 \text{ 磅。}$$

第七節 凡樑之上面受有壓力，則必向下軟曲如圖。



懸樑(即牛腿軟曲圖)



集中軟曲圖

欲求樑之軟曲若干吋數，可以公式計算便得，而公式之應用不一，列表如下。

一	牛腿樑之有集中重 P	$D = \frac{PL^3}{3EI}$
二	牛腿樑之均佈重 W	$D = \frac{WL^4}{8EI}$
三	樑之均佈重 W	$D = \frac{5}{384} \times \frac{WL^2}{EI}$
四	樑之集中重 P	$D = \frac{1}{192} \times \frac{PL^3}{EI}$
五	樑之集中重 P 偏於一端者	$D = \frac{P(L-b)}{3EIL} \left[\frac{b}{3}(2L-b) \right]^{\frac{3}{2}}$
六	有二個集中重 P	$D = \frac{Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2)$
七	有三個集中重 P	$D = \frac{10}{384} \times \frac{PE}{EI}$

樑之軟曲公式一覽表

假如有一木樑集中 P=1000 磅，跨距 12 呎，bd=6x14 吋。

欲求該樑軟曲若干吋，公式如下。

$$D = \frac{1}{192} \times \frac{PL^3}{EI}$$

分解 D 為軟曲吋數。

$\frac{1}{192}$ 為常數，

P = 為集中力磅數，

L = 為樑之跨距，

E = 為彈率，

I = 為樑之剖面相乘之積如 = $\frac{bd^3}{12}$

隨後求 P = 10000 磅，L = 12 × 12 = 144 吋，E = 1500000 每方吋磅，

$$I = \frac{6 \times 14^3}{12} = 1370 \text{ 吋}^4$$

$$\text{公式} = \frac{1 \times 10000 \times 144^3}{192 \times 1500000 \times 1370} = \frac{30140000000}{397000000000} = 0.077 \text{ 吋}$$

例題一 有一工字樑跨距 40 呎，每呎均佈重 2100 磅，每呎 64 吋 = 1 = 2380 吋⁴，試求該樑軟曲若干吋。

$$\text{公式} = D \times \frac{5}{384} \times \frac{WL^4}{EI} = \frac{5 \times 2100 \times (40 \times 12)^4}{384 \times 30000000 \times 2380} = \frac{110000000000}{275000000000} = 0.04 \text{ 吋}$$

答 0.04 吋，即所求之軟度。

例題二 有一鋼骨混凝土樑，bd = 10 × 20 吋，跨距 24 呎，集中 P = 12000 磅，試解答之，

$$P = 12000 \text{ 磅}$$

$$L = 20 \times 12 = 240 \text{ 吋}$$

$$E = 30000000 \text{ 吋磅}$$

$$I = \frac{10 \times 20^3}{12} = 6700 \text{ 吋}^4$$

$$\text{公式} = D = \frac{1}{192} \times \frac{PL^3}{EI} = \frac{1 \times 2000 \times 240^3}{192 \times 1500000 \times 6700}$$

$$\frac{163000000000}{195000000000} = 0.083 \text{ 吋}$$

答：所求結數為 0.083 吋。

樑之安全率與躍回率

第八節，凡極力與應力之比率，曰安全率，而安全率對於變差及激衝不同，列表如下。

木類	固定 = 房屋	8	變差 = 橋樑	10	激衝 = 機械	15
磚石	" "	15	" "	25	" "	40
生鐵	" "	6	" "	10	" "	20
熟鐵	" "	4	" "	6	" "	10
鋼	" "	4	" "	6	" "	10

安全率一覽表

又物體受力後移去，因有彈性，故有躍回能力，曰躍回率，所以比較材料之應力，而視剖面之大小，與跨距為斷，茲舉例如下。

$$\text{公式} = \nu \mu = \frac{S^2}{2E} \times AL$$

分解 S^2 = 彈限之斷號。

E = 彈率之斷號。

$\nu \mu$ = 躍回率。

A = 面積,

L = 跨距,

假如有一木樑, 跨距 10 呎, $b = 6$ 吋, $d = 10$ 吋, 彈限 3000 磅, 重率 1500000 磅, 試求躍回率有若干磅,

$$\text{公式} = \delta = \frac{S^2}{2E} \times AL = \frac{3000^2}{2 \times 1500000} \times 6 \times 10 \times 10 \times 12 =$$

$$\frac{3000000}{3000000} \times 7200 = 21600 \text{ 吋磅}$$

此 21600 吋磅, 即所求之躍回率,

又有一鋼條彈限為 35000 磅, 極力為 65000 磅, 今欲使應力適在彈限範圍之內, 則安全率為若干,

答 = $65000 \div 35000 = 1.85$, 即所求之安全率,

例題一 有根 $1\frac{1}{2}$ " ϕ 鋼釘, 長 14" 吋, 假如拉力 13000 磅, 試問應力與安全率若干, 又剪力及安全率若干,

公式 = $1\frac{1}{2}$ " $\phi = 2.25 \times .7854 = 1.76715$ 方吋,

$13000 \div 1.76715 = 10700$ 吋磅, 答拉力,

$50000 \div 10700 = 4.7$ 答安全率,

$13000 \div 4.7 = 4050$ 磅, 答剪力,

$50000 \div 4050 = 12.4$ 答安全率,

例題二 有一升降機, 重 2 噸, 若取 10 為安全率, 試求支持該機之鋼桿的大小,

公式 = $(2 \times 2000) / 10 = 40000$ 磅,

$150000 \div 40000 = 0.4$ 方吋

答，鋼樑 = 0.4，約用 $\frac{1}{4}$ " ϕ = 0.4418 為妥。

樑之冷應力與熱應力

第九節 凡物體之脹縮，均因溫度之升降而異，乘係數表即得結果如下。

生 鐵	0.0000063	鋼	0.0000094
熟 鐵	0.0000068	磚 石	0.0000050
鋼 條	0.0000061	混 凝 土	0.0000055

係數一覽表

計算之公式如右 = $S = CtE$

分解 S = 應力。

C = 係數。

t = 寒暑表度數。

E = 彈率。

例如有一鋼樑，跨距 40 呎，架於兩牆之間，若溫度改變 40 度，則應力為若干。

$$\text{公式} - S = CtE = 0.0000061 \times 40 \times 300000000 =$$

7400 磅，即所求之應力。

注意 遇冷，則溫度減低，所求得之結果為拉力，即冷應力。遇熱，則溫度升高，所求得之結果為壓力，即熱應力。

例題一 有一熟鐵圓桿，長 30 呎，寒暑表升高 55 度，熱應力為 9400 磅。若升至 105 度時，問壓力有若干磅，試解

答之。

$$\text{公式} = S \cdot C t E = 0.0000068 \times 55 \times 25000000 = 9400 \text{ 磅。}$$

$$\text{又} = 0.0000068 \times 105 \times 25000000 = 18000 \text{ 磅。}$$

答。18000 磅，即所求之熱應力。

再以比例求之，如： $55 : 9400 = 105 : x$

$$x = \frac{9400 \times 105}{55} = 18000 \text{ 磅。}$$

例題二。有一鋼線，兩端固定，寒暑表在 0 點時，冷熱應力各為 1850 磅，若升 110 度，與降至零度以下 20 度時，擠壓力與拉力各若干磅。

$$\text{公式} = S = C t E = 0.0000061 \times 0 \times 300000000 = \pm 1850 \text{ 磅。}$$

$$\text{壓力} = \text{熱應力} = 0.0000061 \times 110 \times 300000000 = + 20200 \text{ 磅。}$$

$$\text{拉力} = \text{冷應力} = 0.0000061 \times 20 \times 300000000 = - 3700 \text{ 磅。}$$

答。± 1850 磅為壓力與拉力相等。

+ 20200 磅為壓力

- 3700 磅為拉力

第三章 柱之計算

凡木柱，石柱，鐵柱，鋼骨混凝土柱，其形式不等，有圓有方，有腰圓，有長方，有六角與八角等，而計算之公式，亦不同，分術如下。

第一節 凡屬短柱在 10 呎以下欲計算其安全應力如下。

$$\text{公式} = S \cdot \frac{P}{A}$$

分解 S = 材料之單位應力。

P = 負載之壓力。

$A = bd$ = 柱之剖面積。

假如有一石柱，高 8 呎， $bd = 10$ 吋，上負載重 3 噸 = 6000 磅，試求該石柱之安全應力為若干。

$$P = 6000 \text{ 磅。}$$

$$A = 10 \times 10 \times .7854 = 78.54 \text{ 方吋。}$$

$$\text{公式} = S \cdot \frac{6000}{78.54} = 77 \text{ 每方吋單位應力為 } 77 \text{ 磅。}$$

(查第三編一章材料應力表，普通石 $S = 100$ 磅)

故所求之單位應力 77 磅為安全者。

例題一 有一短木柱，高 7 呎，8 吋方，上負載重 $P = 40000$ 磅，不知單位應力 S = 安全否，試計算之。

$$P = 40000 \text{ 磅。}$$

$$A = 8 \times 8 = 64 \text{ 方吋。}$$

$$\text{公式} = S = \frac{40000}{64} = 625 \text{ 磅。}$$

答： $S = 625$ 磅。(查應力每吋 800 磅故安全)

例題二 有一生鐵圓柱，直徑 3 吋，厚 $\frac{1}{2}$ 吋，高 6 呎，上有 25 噸半之壓力，問安全應力，每方吋有若干磅。

$$A = 3 \times 3 \times .7854 = 7.03 \text{ 方吋。}$$

$$A^2 = 2 \times 2 \times 7854 = 3.13 \text{ 方吋.}$$

$$A - A' = 7.03 - 3.13 = 3.9 \text{ 方吋.}$$

$$P = 51000 \text{ 磅.}$$



$$\text{公式} = S = \frac{P}{A} = \frac{51000}{3.9} = 13100 \text{ 每方吋磅.}$$

查表應力 = 10000 磅, 求得 $S =$ 已安全.

第二節 凡柱之高在 10 呎以上者, 可用公式, 排列如下.

$$\text{公式} = S = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{9L^2}{K^2} \right)$$

分解 $S =$ 單位應力.

$P =$ 總載重.

$A =$ 柱之面積.

$l =$ 公式常數.

$L =$ 柱高吋數.

$q =$ 柱之常數.

$K^2 =$ 模式半徑.

對於柱上常數 q , 因材料之不同, 故常數亦各異如下.

木料	二端	$\frac{1}{3000}$	一端	$\frac{2}{3000}$	二端	$\frac{1}{2000}$
		$\frac{1}{5000}$		$\frac{2}{5000}$		$\frac{1}{5000}$
生鐵	圓柱	$\frac{1}{35000}$	圓柱	$\frac{2}{35000}$	圓柱	$\frac{1}{25000}$
		$\frac{1}{25000}$		$\frac{2}{25000}$		$\frac{1}{25000}$
磚	圓柱	$\frac{1}{25000}$	圓柱	$\frac{2}{25000}$	圓柱	$\frac{1}{25000}$
		$\frac{1}{25000}$		$\frac{2}{25000}$		$\frac{1}{25000}$

柱之常數一覽表

之種或半徑 K^2 其公式亦不同，排列如下，以便參考。

實心矩形	$K^2 = \frac{d^2}{12}$	中空矩形	$K^2 = \frac{bd^3 - b_1d_1^3}{12(bd - b_1d_1)}$
實心方形	$K^2 = \frac{d^2}{12}$	中空方形	$K^2 = \frac{(d^2 + d_1^2)}{12}$
實心圓形	$K^2 = \frac{d^2}{16}$	中空圓形	$K^2 = \frac{d^2 + d_1^2}{16}$

複式半徑公式一覽表

注意 凡屬工字鐵之複式半徑 K^2 可查工形鋼一覽表以 $I/A = K^2$ 除之便得。(注意：I 形標表詳第二編末章末頁)

假如有一柱，二端固定，高 24 呎，42 磅，15 吋之工形標用以代柱，受壓力 20 噸，查表 $A = 12.5$ 方吋， $I = 14.6$ 吋， $q = \frac{40000}{25000}$

$$K^2 = \frac{I}{A} = \frac{14.6}{12.5} = 1.17 \text{ 方吋}, \quad L = 24 \times 12 = 288 \text{ 吋}$$

$$\text{公式} = \frac{P}{A} \left(1 + q \frac{L^2}{K^2} \right) = \frac{40000}{12.5} \left(1 + \frac{1 \times 288 \times 288}{25000 \times 1.17} \right)$$

$$3200 \times 3.72 = 12000 \text{ 每方吋磅}$$

約彈限之三分之一，為應力之 $\frac{3}{4}$ ，頗為安全。

例題一 有一中空方鐵柱，外徑 18 吋，內徑 17 吋，兩端紋狀，高 28 呎，受壓力 80 噸，安全力每方吋若干。

$$P = 80 \text{ 噸} = 160000 \text{ 磅}$$

$$A = 18^2 - 17^2 = (324 - 289) = 42 \text{ 方吋}$$

$$L = 28 \times 12 = 336 \text{ 吋}$$

$$q = \frac{A}{5000}$$

$$K^2 = \frac{d^2 + d_1^2}{12} = \frac{18^2 + 17^2}{12} = \frac{324 + 289}{12} = \frac{613}{12} = 51 \text{ 吋}$$

$$S = \frac{P}{A} \left(1 + 9 \frac{L^2}{K^2} \right) = \frac{160000}{42} \left(1 + \frac{4 \times 335 \times 335}{5000 \times 51} \right) =$$

$$3850 \left(1 + \frac{450000}{255000} \right) = 10600 \text{ 每方吋磅。}$$

查表小於彈限三分之一，頗為安全。

例題二 有一12吋鐵柱，用做任柱，高14呎，上加壓力已噸，二端固結，試求該柱之容許。

$$L = 2 \frac{1}{2} \times 14 = 2.5^2 \times 17354 = 4.9 \text{ 方吋。}$$

$$L = 11.5 \times 11.5 = 132 \text{ 吋。}$$

$$P = 4000 \text{ 磅。}$$

$$A = \frac{1}{35000}$$

$$K^2 = \frac{L^2}{12} = \frac{132 \times 132}{12} = 139 \text{ 吋。}$$

$$S = \frac{P}{A} \left(1 + 9 \frac{L^2}{K^2} \right) = \frac{4000}{4.9} \left(1 + \frac{1 \times 132 \times 132}{35000 \times 139} \right) =$$

$$810 \left(1 + \frac{1317400}{1360} \right) = 810 \times 13.8 = 11000 \text{ 每方吋磅}$$

查表得11000尚甚安全。

第三節 凡計算鋼骨混凝土柱，其高度不得超過直徑之十五倍，求其與 f_c 之單位應力，公式如下。

$$\text{公式} = f_c = \frac{P}{A_c} = \frac{P}{(1+n)A_s} = f_s \cdot n f_c$$

分解 f_c = 求以之單位應力。

P = 上壓之總載重。

A = 水泥柱之剖面積。

n = 鋼與水泥彈率之比。

A_s = 鋼之剖面積。

假如有一鋼條混凝土柱，10 吋方，有效為 7 吋方，用 $4-\frac{3}{8}$ 吋， $n=15$ ， $P=40000$ 磅，分解如下。

$$A_s = 4 \times .5625 = 2.25 \text{ 方吋。}$$

$$A_c = (7 \times 7) - 2.25 = 46.75 \text{ 方吋。}$$

$$f_c = \frac{40000}{46.75 + (15-1)2.25} = 510 \text{ 每方吋磅。}$$

$$f_s = 15 \times 510 = 7700 \text{ 每方吋磅。}$$

與此各應力編彈率，以驗其單位變形如下。

$$\epsilon_c = \frac{f_c}{E} \quad \epsilon_s = \frac{f_s}{E}$$

分解 ϵ_c = 為水泥之單位變形附號。

f_c = 為水泥之彈率 = 2000000 磅。

ϵ_s = 為鋼條之單位變形附號。

f_s = 為鋼條之彈率 = 30000000 磅。

假如以上得 f_c 與 f_s 之結果，求單位變形如下。

$$\epsilon_c = \frac{f_c}{E} = \frac{510}{2000000} = 0.000255 \text{ 吋。}$$

$$\epsilon_s = \frac{f_s}{E} = \frac{7700}{30000000} = 0.000255 \text{ 吋。}$$

以上計算所得單位變形相等，故甚安全，又已知 f_c 為 510 磅， A_s 為 2.25 方吋， A_c 為 4.9 方吋，以求其載重 P 公式如下。

$$P = f_c [A_c + (n-1)A_s] = x$$

仍以上術結數，求之如下。

$$P = 510 [4.9 + (15-1)2.25] = 41000 \text{ 磅}$$

例題一 有一鋼骨混凝土柱， 21×21 方吋，取其有效者， 18×18 方吋，用 $6 - \frac{7}{8} \phi$ 鋼條，水門汀壓力為 $f_c' = 3000$ 磅，比率 $n = 10$ ，試計算其安全載重為若干磅。

分解 $A = 18 \times 18 = 324$ 方吋。

$$A_s = 6 \times 6.01 = 36.1$$
 方吋。

$$f_c = 3000 \times 2 = 600$$
 方吋磅。

公式 $P = 600 \times [324 + (10-1) \times 36.1] = 214000$ 磅。

例題二 載重 $P = 70000$ 磅，柱之面積為 $A = 14 \times 14$ 方吋，用 $4 - \frac{3}{4} \phi = 1.768$ 方吋， $n = 15$ ，試計算水泥與鋼條之單位安全壓力，各若干磅。

分解 $A =$ 取其有效面積為 $= 11 \times 11 = 121$ 方吋。

$$A_s = 4 \times 4.42 = 1.768$$
 方吋。

$$P = 70000$$
 磅。

公式 $f_c = \frac{P}{A + (n-1)A_s} = \frac{70000}{121 + (15-1) \times 1.768} = 480$ 每方吋磅。

答。 $f_c = 480$ 磅，即所求水泥壓力。

$$f_3 = 11f_c = 15 \times 480 = 7200 \text{ 方吋磅。}$$

答: $f_3 = 7200$ 磅, 即所求之鋼條壓力。

第四節 偏心載重之柱, 公式如下。

$$S = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{Ce}{K^2} \right)$$

S = 偏心載重之應力。

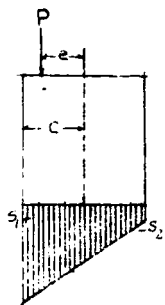
P = 上面載重。

A = 柱之剖面積。

$C = \frac{1}{2}d$, 材料之重心距。

e = 偏心率之距點。

$K^2 = \frac{1}{12}d^2$, 樸式半徑。



應力圖

設如有一偏心木柱 6 吋方, $e = 3$ 吋, 高 = 14 呎,

上面重 $P = 4$ 噸。

$$P = 8000 \text{ 磅。}$$

$$A = 6 \times 6 = 36 \text{ 吋。}$$

$$C = \frac{1}{2} \times 6 = 3 \text{ 吋。}$$

$$e = 2 \text{ 吋。}$$

$$K^2 = \frac{1}{12} \times 6 \times 6 = 3 \text{ 吋。}$$

$$\text{公式 } S = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{Ce}{K^2} \right) = \frac{8000}{36} \left(1 + \frac{3 \times 2}{3} \right) = 223 \times 3 = 669 \text{ 磅方吋磅。}$$

查木材應力, 每方吋 300 磅, 故甚安全。

又根據上式化為 S_1 與 S_2 二個公式, 詳列如下。

$$S_1 = \frac{P}{A} \left(1 + 6 \frac{e}{d} \right) = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{C e}{K^2} \right) \text{ 為正號 +}$$

$$S_2 = \frac{P}{A} \left(1 - 6 \frac{e}{d} \right) = \text{為負號 -}$$

注意 以上公式為短柱在 10 呎以下者，倘係 10 呎以上之長柱，則須改用公式如下。

$$\text{公式 } S = \frac{P}{A} \left(1 + q \frac{e^2}{K^2} + \frac{C e}{K^2} \right) \cdot x.$$

分解 S = 偏心之應力。

P = 載重。

A = 剖面積。

1 = 公式常數。

q = 柱之常數。

e = 偏心距點。

C = $\frac{1}{2} d$ 重心距。

K^2 = $\frac{1}{12} d^2$ 慣性半徑。

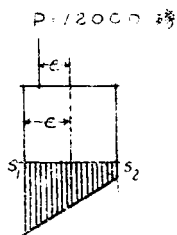
假如有一偏心木柱，高 24 呎， $bd = 8$ 吋方，
兩端固定， $P = 6$ 噸，試求偏心載重單位
應力為若干磅。

$$A = 8 \times 8 = 64 \text{ 吋}^2.$$

$$P = 12000 \text{ 磅}.$$

$$q = \frac{1}{30000}.$$

$$e^2 = 3 \times 3 = 9$$



偏心柱
應力圖

$$C = \frac{1}{2} \times 8 = 4 \text{ 吋.}$$

$$I^2 = \frac{1}{2} d^2 = \frac{1}{2} \times 8^2 = 5.35 \text{ 吋.}$$

$$\text{公式} \cdot S = \frac{P}{A} \left(1 + 9 \frac{e^2}{K^2} + \frac{C e}{K^2} \right) = \frac{12000}{64} \left(1 + \frac{1 \times 9}{5000 \times 5.35} + \frac{4 \times 3}{5.35} \right) =$$

$$188 \times (1.001 + 2.23) = 188 \times 3.23 = 620 \text{ 方吋磅.}$$

查表木材單位應力 = 900 磅，今求得應力

$$S = 620 \text{ 方吋磅，類屬安全.}$$

例題一 有一偏心圓鐵柱，直徑外週 4 吋，裡週直徑 3 吋，高 14 呎，偏心重 $P = 8$ 噸，兩端鉸狀，試求該柱之單位應力若干磅。

$$A = d^2 \cdot d_1^2 = 4^2 \times .7854 - 3^2 \times .7854 = 12.5 - 7.22 = 5.48 \text{ 方吋.}$$

$$P = 16000 \text{ 磅.}$$

$$9 = \frac{2}{5000}$$

$$e^2 = 1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2} = 2.25 \text{ 吋.}$$

$$C = \frac{1}{2} \times 4 = 2 \text{ 吋.}$$

$$K^2 = \frac{d^2 + d_1^2}{16} = \frac{4^2 + 3^2}{16} = 1.56 \text{ 吋.}$$

$$S = \frac{P}{A} \left(1 + 9 \frac{e^2}{K^2} + \frac{C e}{K^2} \right) = \frac{16000}{5.48} \left(1 + \frac{2 \times 2.25}{5000 \times 1.56} + \frac{2 \times 1.5}{1.56} \right) =$$

$$2930 (1.0006 + 1.93) = 2930 \times 2.9306 = 8600 \text{ 吋磅.}$$

查生鐵之單位應力 = 15000 磅，故安全。

例題二 有一偏心工形鋼柱，高 30 呎，深 12 吋，每呎重 35 磅，查表得鋼積 $A = 10.3$ 方吋 $K^2 = I \div A = 10.1 \div 10.3 = 0.98$ 方吋，

$P=40000$ 磅。二端鉸狀，試解偏心重單位應力若干磅。

$$P = 8000 \text{ 磅。}$$

$$A = 10.3 \text{ 方吋。}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{4}{25000}$$

$$e = 3 \text{ 吋。}$$

$$c = \frac{1}{2} \times 12 = 6 \text{ 吋。}$$

$$K^2 = 0.98 \text{ 吋。}$$

$$\text{公式 } S_1 = \frac{P}{A} \left(1 + q \frac{e^2}{K^2} + \frac{ce}{K^2} \right)$$

$$\frac{8000}{10.3} \left(1 + \frac{3 \times 3.6}{25000 \times 0.98} + \frac{2 \times 6}{0.98} \right)$$

$$S_1 = 780 (1.0004 + 18.3) = 15000 \text{ 每方吋磅。}$$

查表(鋼應力) 18000 磅，故得數已安全。

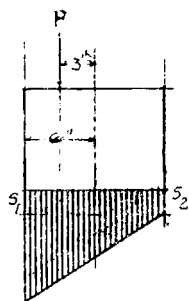
例題三 有一 10 吋方木柱， $e = 3$ 吋，高不逾 10 呎，重 28000 磅，試將正負公式計算之如下。

$$S_1 = + \frac{P}{A} \left(1 + 6 \frac{e}{d} \right)$$

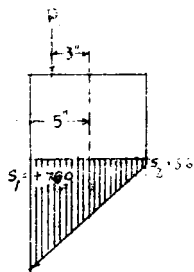
$$S_1 = + \frac{28000}{100} \left(1 + 6 \frac{3}{10} \right) = 280 \times 2.8 = 780 \text{ 磅}$$

$$S_2 = - \frac{P}{A} \left(1 - 6 \frac{e}{d} \right)$$

$$S_2 = - \frac{28000}{100} \left(1 - 6 \frac{3}{10} \right) = 280 \times 0.2 = 56 \text{ 磅。}$$



偏心柱應力圖



偏心柱應力圖

第五節 計算鋼筋混凝土偏心柱之單位壓力公式如下。

$$\text{公式 } F_c = \frac{P}{A'} \pm \frac{PY}{Z}$$

分解 F_c = 水泥單位壓力。

P = 偏心荷重。

$A' = bd + (m-1)A_s$ = 柱之剖面與鋼筋合併之積數。

$Z = \frac{bd^3 + 42A_s d_1^2}{6d}$ = 柱之剖面與鋼筋乘除之積數。

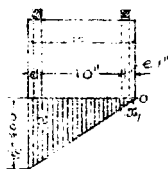
$Y = \frac{Z}{A'}$ 比率。

假如有一混凝土柱高 14 呎， $bd = 12$ 方吋，用 4-1" 方吋鋼筋，荷重 $P = 40000$ 磅，欲求單位壓力分解如下。

$$Z = \frac{bd^3 + 42A_s d_1^2}{6d} = \frac{12^3 + 42 \times 4 \times 10^2}{6 \times 12} = 521.3 \text{ 吋。}$$

$$A' = bd + (m-1)A_s = 144 + 14 \times 4 = 200 \text{ 吋。}$$

$$Y = \frac{Z}{A'} = \frac{521.3}{200} = 2.6065 \text{ 吋。}$$



$$F_c = \frac{P}{A'} \pm \frac{PY}{Z} = \frac{40000}{200} \pm \frac{40000 \times 2.6065}{521.3}$$

$200 + 200 = 400$ 每方吋磅水泥壓力。

$$200 - 200 = 0$$

注意 (柱之設計，以外邊 12×12 方吋，則裡邊 9×9 方吋計算為妥)

再計算一鋼筋之應力，分解如下。

$$\text{公式 } f_s'' = f_c'' = n f_c \frac{d-e}{d}$$

分解 $n = 15$ 鋼與水泥彈率之比,

f_c = 水泥每方吋壓力 400 磅,

d = 柱之深度,

e = 偏心率之距點,

$$\text{故 } f_s'' = f_c'' = 15 \times 400 \frac{12-1}{12} = 5500 \text{ 每方吋磅鋼條壓力,}$$

$$f_s = n c \frac{e}{d} = 15 \times 400 \times \frac{1}{12} = 500 \text{ 每方吋磅鋼條拉力.}$$

例題一 有一偏心柱, 高 14 呎, $bd = 15$ 吋, $b'd' = 12$ 吋, 用 $4 - \frac{3}{4}$ 吋方鋼條, $P = 40000$ 磅, 試解答之.

$$\text{公式 } z = \frac{15^4 + 42 \times (4 \times 5625) \times 12^2}{6 \times 15} = \frac{51000 + 13400}{90} = 720 \text{ 吋,}$$

$$A' = 225 + 14 \times (4 \times 5625) = 256.5 \text{ 吋,}$$

$$y = \frac{720}{256.5} = 2.8 \text{ 吋.}$$

$$f_c = \frac{40000}{256.5} \pm \frac{40000 \times 2.8}{720} = 156 \pm 156 = 312 \text{ 磅}$$

$$156 - 156 = 0$$

$$\text{答 } f_s'' = 15 \times 312 \times \frac{15-1.5}{15} = 4300 \text{ 磅在 } O \text{ 處,}$$

$$\text{答 } f_s = 15 \times 312 \times \frac{1.5}{15} = 470 \text{ 磅在 } O \text{ 下 } O \text{ 處.}$$

例題二 有一混凝土偏心載重 $P=60000$ 磅，柱之大小與上相同，假使 $y=3$ 吋，試計算其偏心應力，為若干磅。

公式 $e=720$ 吋， $A'=256.5$ 吋， $y=3$ 吋。

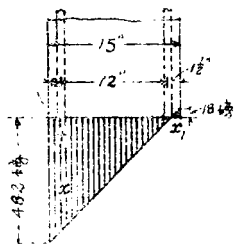
$$\text{水泥壓力} = f_c = \frac{60000}{256.5} \pm \frac{60000 \times 3}{720}$$

$$232 \pm 250 = 482 \text{ 磅}$$

$$232 - 250 = -18 \text{ 磅}$$

$$\text{鋼條壓力} = f_s = 15 \times 482 \times \frac{15-1.5}{15} = 6500 \text{ 磅}$$

$$\text{鋼條拉力} = f_s = 15 \times 482 \times \frac{1.5}{15} = 723 \text{ 磅}$$



偏載應力圖

第四章 彎鋼與鋼箍之計算

凡剪力大於標之抗剪力，則生破裂，有折斷之虞，故用彎鋼與鋼箍，普通標即以直鋼條，兩端彎起，於跨距半之處，彎成 30° 度，或短跨距之標，則 45° 度，兩端必須彎成鉤形，而混凝土與鋼之總剪力，為安全起見，每方吋在單位剪力不得過 180 磅，為妥。又鋼標普通用 $\frac{1}{4}$ 吋或 $\frac{3}{8}$ 吋，其距離不得過標身高度之半，若對鋼標重要部份，必須另行計算，分詳如下。

第一式 $A_s f_s = 0.01 l V$

分解 $A_s =$ 鋼箍之積

$f_s =$ 鋼條應力 $= 16000$ 每方吋磅 (或 12000)

$0 =$ 剪力與滑力鋼箍之直徑。

$$U = \text{滑力} = \text{每方吋規定不得過 } 80 \text{ 磅 (竹節 } 150) \\ = .04 \times f_c' = .04 \times 2500 = 80 \text{ 磅}$$

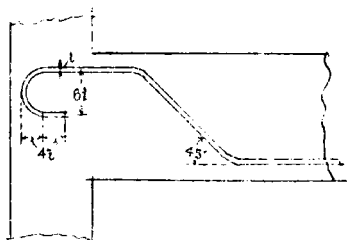
z = 距離

i = 彎鋼直徑

根據等式再排演算公式如下

$$z i = \frac{A_s f_s}{0U} = \frac{A_s}{0} \times \frac{f_s}{U} = \frac{6i}{4U} = \frac{12000 \times i}{4 \times 150} = 20 i$$

彎鋼兩端形式如下 (普通彎鋼均照下式為標準)



彎鋼面樣

i = 彎鋼之直徑

$6i$ = 六倍之直徑

$4i$ = 四倍之直徑

例題一 假如有一彎鋼直徑 $\frac{7}{8} \phi = .601$ 方吋，即一個

$$z = .601 \text{ 方吋}$$

$$4 \text{ 個 } z = 4 \times .601 = 2.404 \text{ 方吋}$$

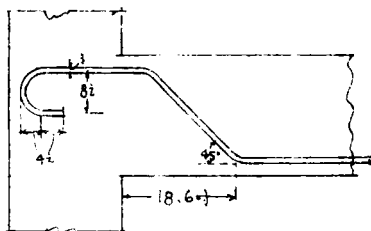
$$8 \text{ 個 } z = 8 \times .601 = 4.808 \text{ 方吋}$$

以上片邊彎鋼兩端均須凹成馬蹄形，而以彎鋼直徑乘上式之註數便得，參考上圖。

例題二 樑身 $b = 10$ 吋， $d = 18$ 吋， $f_s = 60000$ 磅，角 45° 度， $U = 155$ 磅， $f_c' = 60$ 磅， $A_s = 2 \cdot \frac{3}{8} = 0.78$ 方吋，試求彎鋼距離若干吋。

馬蹄形之吋數若干。公式 = $\frac{f_s A_s}{0.7(V - V_c) b} = S$ 推算如下。

$$\text{分解 } S = \frac{16000 \times 0.78}{0.7 \times (155 - 60) \times 10} = \frac{12500}{670} = 18.6 \text{ 吋。}$$



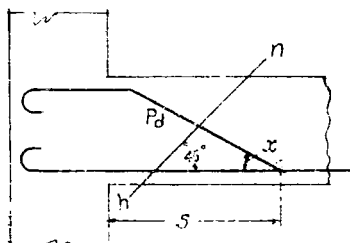
$$i = \frac{5}{8} \text{ 直徑。}$$

$$8i = 8 \times \frac{5}{8} = 5 \text{ 吋。}$$

$$4i = 4 \times \frac{5}{8} = 2\frac{1}{2} \text{ 吋。}$$

彎鋼面樣

第二節 凡彎鋼至 25° 角處者，另有計算公式如下。



彎鋼面樣

$$\text{等式 } f_s A_s = \frac{(a - 2i) b_s}{\sin \alpha + \cos \alpha} \quad \text{公式一。}$$

$$V - V_c = \frac{f_s A_s (\sin \alpha + \cos \alpha)}{b S} \quad \text{公式二。}$$

$$S = \frac{f_s A_s (\sin \alpha + \cos \alpha)}{(V - V_c) b} \quad \text{公式三。}$$

$$S = \frac{45d}{x}$$

公式四

圖上 x 假定為 25 角度。

S = 管鋪之距離。

hn = 分角線求得三角形 ABC 。

AC 與 S 平行。

AB 與 hn 線平行，而 $AB = \frac{S \sin x}{\sin(45^\circ + x)}$ 。

$P'd = Pd$ 總拉力。

$$\text{欲求拉力公式} = P'd = (U - U_c) = bs \frac{\sin 45^\circ}{\sin(45^\circ + x)} = x.$$

假如 $b = 16$ 吋， $d = 27$ 吋， $v' = 114$ 磅，管鋪為 25 角度，用公式三，以求最大之距離如下。

$$\text{公式 } S = \frac{v' A_c (\sin x + \cos x)}{(U - U_c) b} = \frac{16000 \times 2.4 \times (\sin 25^\circ + \cos 25^\circ)}{(114 - 40) \times 16}$$

$$\frac{16000 \times 2.4 \times 1.329}{74 \times 16} = 43.1 \text{ 方吋。}$$

再以公式四求之，如 $S = \frac{45d}{x} = \frac{45 \times 27}{25} = 48.6$ 方吋，以上的兩公式

式所求得之結果，以 43 吋為妥，再計算總拉力如下。

$$P'd = (U - U_c) bs \frac{\sin 45^\circ}{\sin(45^\circ + x)}$$

$$(114 - 40) \times 16 \times 43.1 \times \frac{0.7071}{0.93269} = 39000 \text{ 磅。}$$

答, $P_d = 74 \times 16 \times 43.1 \times 0.765 = 39000$ 磅。

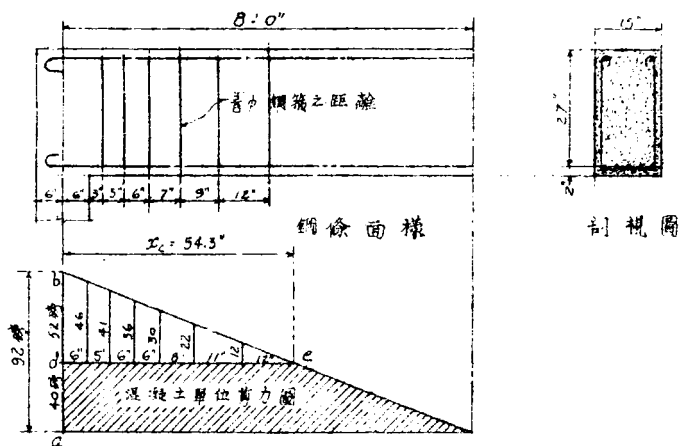
例題一 大料 $bd = 15 \times 27$ 吋, $V = 92$ 磅, $V_c = 40$ 磅, U 用 #4 鋼筋, $f_v = 16000$ 磅, 試求各 S 之距離。

$$\text{公式 } x_c = \frac{l}{L} \left(\frac{V - V_c}{V} \right) = 96 \times \left(\frac{92 - 40}{92} \right) = 54.3 \text{ 吋。}$$

$$A_v = 2 \times .11 = .22 \text{ 吋。}$$

$$\text{公式 } S = \frac{f_v A_v}{(V - V_c) b} = \frac{16000 \times .22}{(92 - 40) \times 15} = \frac{235}{46} = 5 \text{ 吋。}$$

在圖上 dbe 三角剪力圖表上量得 46 磅方吋磅, 求得 $S = 5$ 吋, 於第二行總量得 41 磅, 再如上法計算, 如 $S = \frac{235}{41} = 5.73 = 6$ 吋, 在圖上再量第三行線, 得 36 磅, 仍如上法計算, 如 $S = \frac{235}{36} = 6.53 = 7$ 吋, 於第四行量得 22 磅, 得 $S = \frac{235}{22} = 10.7 = 11$ 吋, 如下圖。



剪力量力圖

比例 $1'' = 80$ 磅
 $\frac{1}{2}'' = 10'$

再以上數相加而減之，便得 12 吋於末端，如

$$54 - (6 + 5 + 6 + 6 + 6 + 11) = 12 \text{ 吋}$$

例題二. $bd = 16 \times 27$ 吋, $L = 16$ 呎, $V = 32000$ 磅, $A_s = 10 \cdot \frac{3}{8}$ 吋.

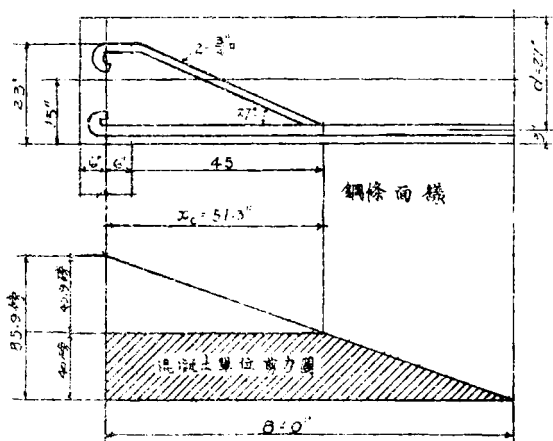
$j = .862$ 吋, $V_c = 40$ 磅, $A_v = 2 \cdot \frac{3}{8}$ 吋鋼, 試解答之.

剪力 $V = \frac{V}{bjd} = \frac{32000}{16 \times .862 \times 27} = 85.9$ 吋磅.

鋼積 $A_v = (3 \times .442) = .884$ 方吋.

$$\frac{1}{2}L = \frac{1}{2} \times 16 = 8 \text{ 呎} \quad 12 \times 9 = 96 \text{ 吋}$$

$$x_c = \frac{1}{2} \left(\frac{V - V_c}{V} \right) = 96 \times \left(\frac{85.9 - 40}{85.9} \right) = 51.3 = 51 \text{ 吋, 如 7. 圖}$$



剪力應力圖 比例 $1" = 80 \text{ 磅} \cdot \frac{3}{8}" = 110"$

求 x 之角度 = $\frac{45d}{5} = \frac{45 \times 27}{45} = 27$ 度.

求彎鋼垂直高度 = $45 \tan 27^\circ = 45 \times 0.51 = 22.95 = 23$ 吋。

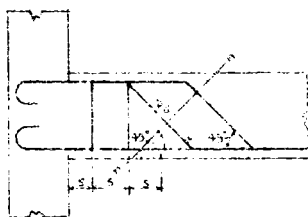
再求彎力之安全否 = $U \cdot \frac{V}{j d_0} = \frac{32000}{.862 \times 27 \times 8 \times 2.36} = 72.8$ 每方吋磅。

查鋼力規表為每吋不得過 80 磅，已屬安全。

再求總拉力 = $P'D = (1 - U_2) b S \frac{\sin 45^\circ}{\sin(45^\circ + \alpha)} = (85.9 \cdot 40) / 6 \times 45 \frac{0.7071}{0.95106}$

答 = $45.9 \times 720 \times 0.745 = 24600$ 方吋磅。

第三節 因剪力過重，求彎鋼兩端彎成 45° 度公式如下。



彎鋼並轉

等式 = $P_D = (1 - U_2) b S \sin 45^\circ = .7 (1 - U_2) b S = J_D A_D$

分解 P_D = 標準總拉力。

U = 鋼之單位剪力如 114 吋磅。

U_2 = 規定之剪力如 40 每方吋磅。

b = 鋼之寬度。

s = 彎鋼距離。

J_D = 彎鋼抗剪力如 16000 每方吋磅。

A_D = 鋼索總積。

排列計算公式如下：

$$1. \text{ 等式 } = f_u A_v = .7(V - V_c) b S$$

$$2. \text{ 又 } L \cdot V = \frac{f_u A_v}{.7 b S}$$

$$3. \text{ 求距離 } S = \frac{f_u A_v}{.7(V - V_c) b}$$

假如標闊 16 吋, $d = 27$ 吋, $f_u = 16000$ 磅, $V = 144$ 磅, $V_c = 40$ 磅,
 $A_v = 3 \times 4418 = 13254$ 方吋。

$$\text{公式 } S = \frac{f_u A_v}{.7(V - V_c) b} = \frac{16000 \times 13254}{.7 \times (144 - 40) \times 16} = 23.5 \text{ 吋}$$

此 23.5 吋即所求等間距鐵釘數總拉力如下。

$$f_u A_v = \frac{(V - V_c) b S}{\sin 45^\circ + \cos 45^\circ} = \frac{(V - V_c) b S}{\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}}}$$

$$P_d = .7(V - V_c) b S = .7 \times 74 \times 16 \times 23.5 = 19600 \text{ 磅即總拉力}$$

$$f_v A_v = \frac{(V - V_c) b S}{\sin 90^\circ + \cos 90^\circ} = (V - V_c) b S$$

$$P_d = P_d \cos 45^\circ = (V - V_c) b S = (144 - 40) 16 \times 23.5 = 5900 \text{ 磅}$$

即分設於 S 距鐵釘, b 剖面之總結力為 $P_d = 5900$ 方吋。

例題一 有一大料, $b = 16$ 吋, $V = 114$ 磅, $V_c = 40$ 磅, $f_u = 16000$ 磅, 用長方形鋼筋為釘即 $A_v = 2 \times 196 = 392$ 方吋試計算 S 之距離。

$$\text{公式 } S = \frac{f_u A_v}{(V - V_c) b} = \frac{16000 \times 392}{(114 - 40) \times 16} = 53 \text{ 即 } 5 \text{ 吋}$$

求彎鋼距離之一 $M = \frac{x' \cdot m}{n'} \cdot \frac{48.5 \times 2}{8} = 12.15 = 12$ 吋。

分解 $x' = \frac{2}{3} \times 73.3 = 48.5$ 吋。

$m = 2$ = 即第一次二根彎鋼數。

$n' = 8$ = 即共計八根彎鋼數。

求彎鋼距離之二 $M'' = \frac{48.5 \times (3+2)}{5} = 24.3 = 24$ 吋。

視圖從上探重心線與彎鋼相交之點剖迄至下端剪力圖上左右減半，各分 12 吋再劃帶線如圖，以尺量左邊 11.5 吋，右邊 13.8 吋。

求剪力 $ab = 128.5 - 50 = 78.5$ 吋磅。

再求剪力 $ed = 78.5 \times \frac{73.3 - 11.5}{73.3} = 66.2$ 吋磅。

次求總剪力 $abcd = V_s = \frac{1}{2} \times (78.5 + 66.2) \times 11.5 \times 14 = 11650$ 吋磅。

用 U 形鋼箍，直徑 $\frac{1}{2} \phi = A_s = 2 \times 136 = 392$ 方吋。

求根數 $N_s = \frac{V_s}{f_v A_s} = \frac{11650}{16000 \times 392} = 1.86$ 用 2 根。

再計算鋼環之距離 $S = \frac{f_v A_s}{(V - V_c) b} = \frac{16000 \times 392}{(14 - V_c) \times 14} = \frac{448}{78.5} = 5.7$ 吋。

用鋼環 $5 \frac{1}{2}''$ 中距為妥。

再求 f_q 之單位剪力 $78.5 \times \frac{13.8}{73.3} = 14.8$ 吋磅。

次求總剪力 $f_q c = V_s = \frac{1}{2} \times 14.8 \times 13.8 \times 14 = 1430$ 吋磅。

用 U 形鋼籠同上 = $A_v = .392$ 再求根數 $N_v = \frac{1430}{16000 \times .392} = .23$ 的一根。再計算鋼籠之距離 $S = \frac{488}{14.8} = 30.2$ 即 30 吋。為安全起見，故至多以 12 吋中距為限，如前圖。

第四節 普通鋼條混凝土柱，雖加鋼籠，而鋼籠之應力若干並不計及，為明瞭起見，分解公式如下。

$$W = F_c = (1 + f_s r) [A_c + (n-1) A_s]$$

分解 f_c = 水泥壓力每方吋 500 磅。

n = 15 比率。

A_c = 水泥柱之剖面積。

A_s = 鋼條剖面積。

f = 方形直鋼籠比率 = 0.5 (另詳下表)

S = 48 - 80 $\frac{P}{d}$ 鋼籠常數。

P = 鋼籠跨距。

d = 柱之直徑。

r = $\frac{V_h}{V}$ 鋼籠比率。

P = 鋼距	S = 常數	f = 比率	鋼籠
0.2 d	32	1.0	螺旋形
0.3 d	24	0.75	渾圓形
0.4 d	16	0.5	直線方形
0.5 d	8		
0.6 d	0		

鋼籠比率一覽表

又鋼箍有圓形、螺旋形、直線形等，其常數亦不同，列表如上。假如有一混凝土鋼骨方形柱，用4-1"方鋼條，鋼箍用 $\frac{3}{8}$ "方吋，4吋中距，直徑10吋，欲計算總應力，公式如下。

$$W = f_c (1 - f_s r) (A_c + (r - 1) A_s)$$

分解 f_c = 每方吋壓力 500 磅，

n = 比率 15，

A_c = $10 \times 10 = 100$ 混凝土方吋，

A_s = $4 \times 1 = 4$ 方吋鋼積，

f = 查表用直線方形 = 0.5，

S = 查表甲直線方形 = 16，

$$r = \frac{V_h}{V} = \frac{\frac{3}{8} \times \frac{3}{8} \times 10 \times 4}{10 \times 10 \times 4} = 0.0035.$$

$$W = 500 (1 + 0.5 \times 16 \times 0.0035) (100 + 14 \times 4) = 80184 \text{ 磅。}$$

假如鋼箍應力不計，則以公式求得結數如下。

$$W = f_c (A_c + 14 A_s) = 500 (100 + 14 \times 4) = 78000 \text{ 磅。}$$

較諸以鋼箍公式計算減少 2184 磅。

例題一 有一圓形柱，12吋直徑，用8根1吋方形鋼，鋼箍用 $\frac{1}{2}$ "方吋，三吋中距， $f_c = 500$ 磅，試計算總應力若干。

答：圓形柱查表 = $f = 0.75$ 吋。

$$A_c = 12 \times 12 = 144 \text{ 吋。}$$

$$n = 15.$$

$$A_s = 8 \times 1 = 8 \text{ 方吋。}$$

$$S = 48 - 30 = 18$$

P = 鋼筋距離 3 吋

d = 柱之直徑 12 吋

$$\text{故 } \frac{P}{d} = \frac{3}{12}$$

$$S = 48 - 30 \times \frac{3}{12} = 28$$

$$r = \frac{V_r}{V} = \frac{12 \times 3.1416 \times 0.75 \times 28}{12 \times 12 \times 0.7854 \times 3} = 0.007$$

$$W = f_c (1 + f_s r) [A_c + (n-1) A_s]$$

$$\text{答: } 500 (1 + 0.75 \times 28 \times 0.007) \times [144 + 14 \times 8] = 112000 \text{ 吋磅}$$

例題二 有圓柱用 8-75 鋼用螺旋形鋼筋 3 吋中距 0.25 方吋 柱之直徑 15 吋, C = 500 磅, n = 15. 試計算安全應力共若干.

$$\text{答: } A_c = 15 \times 15 \times 0.7854 = 176.7 \text{ 吋}^2$$

$$A_s = 8 \times 75 \times 75 \times 0.7854 = 3534 \text{ 方吋}$$

f = 10 查表在螺旋形鋼筋

$$S = 48 - 80 \times \frac{3}{15} = 32$$

$$r = \frac{V_r}{V} = \frac{\sqrt{(15 \times 3.1416)^2 + 3^2} \times 25 \times 25}{15 \times 15 \times 0.7854 \times 3} = \frac{2.95}{530} = 0.0055$$

$$\text{公式 } W = f_c (1 + f_s r) [A_c + (n-1) A_s]$$

$$500 (1 + 10 \times 32 \times 0.0055) (176.7 + 14 \times 353) =$$

$$\text{答: } 500 \times 1.176 \times 226.12 = 132958.56 \text{ 吋磅}$$

倘用以下公式, 則安全應力較諸上面所求結果約少

20000 磅，額不減將如下。

$$\text{公式 } f_c(A_c + 14A_s) = 500(176.7 + 14 \times 3.53) = 113060 \text{ 方吋磅}$$

但以上簡單公式，對於計算上較為便利，故普通工程之設計常用之。

第五章 鋼板與鉚釘之計算

凡構造師遇有鉚額建築，如用工形鋼造屋，或建築橋樑，則對於鋼板螺釘等之計算常識，不可無之，分解如下。

第一節 鋼板接連之計算，公式如下。

$$P = fA$$

分解 P ：總安全應力以磅為單位。

f ：工作單位應力每方吋拉力磅。

A ：鋼板面積。

假如有二塊鋼板 5×1 吋，其單位拉力，查應力表 = 160000 每方吋磅，欲求總應力公式如下。

$$A = 2 \times 5 \times 10 \text{ 方吋}$$

$$\text{公式 } P = fA = 160000 \times 10 = 1600000 \text{ 方吋磅}$$

假如有一生鐵釘，一吋圓，查表 $A = .551$ 方吋。

又查表，鐵之極力 = 20000 磅，含有總拉力 $P = 14000$ 磅，欲查該鐵之單位應力若干磅，能否使之斷裂，公式如下。

$$f = \frac{P}{A} = \frac{14000}{.551} = 25000 \text{ 磅}$$

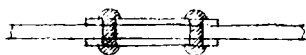
所得結數若超過極力必可破斷，又鉚釘求面積列表如下。

釘 頭 直 徑	$\frac{1}{4}$	釘 頭 面 積	0.049	釘 腳 直 徑	0.185	釘 腳 面 積	0.027
	$\frac{3}{8}$		0.110		0.294		0.068
	$\frac{1}{2}$		0.196		0.400		0.126
	$\frac{5}{8}$		0.307		0.507		0.202
	$\frac{3}{4}$		0.442		0.620		0.302
	$\frac{7}{8}$		0.601		0.731		0.419
	1		0.785		0.839		0.551
	$1\frac{1}{8}$		0.994		0.939		0.693
	$1\frac{1}{4}$		1.227		1.064		0.890
	$1\frac{3}{8}$		1.485		1.158		1.054
	$1\frac{1}{2}$		1.767		1.283		1.294
	$1\frac{5}{8}$		2.074		1.389		1.515
	$1\frac{3}{4}$		2.405		1.490		1.744
	$1\frac{7}{8}$		2.761		1.615		2.049
	2		3.142		1.711		2.300
	$2\frac{1}{4}$		3.976		1.961		3.021
$2\frac{1}{2}$	4.909	2.175	3.716				
$2\frac{3}{4}$	5.940	2.425	4.619				
3	7.069	2.629	5.428				
$3\frac{1}{4}$	8.296	2.879	6.509				
$3\frac{1}{2}$	9.621	3.100	7.549				

鉚釘一覽表



鋼板鉚釘平面圖



剖視圖

例題一 有一鋼板 $\frac{5}{8}$ 吋厚，6 吋闊，用 $\frac{3}{4}$ 吋鉚釘，假如單位安全力 = 16000 每方吋磅，問此鋼板，尚有若干壓力，列圖如下，試解答之。

答：先求鋼積 = $6 \times \frac{5}{8} = 3.75$ 吋，次求鉚釘之積 = $(\frac{3}{4} + \frac{1}{8}) \times \frac{5}{8} = .547$ 方吋，被減於鋼積 = $3.75 - .547 = 2.66$ 方吋。

公式 $P = fA = 16000 \times 2.66 = 42600$ 方吋磅。

例題二 有一短鋼面積 $A = 0.75$ 方吋，受兩端總拉力 $P = 13500$ 磅，問該鋼條之單位壓力為若干磅。

公式 $f = \frac{P}{A} = \frac{13500}{.75} = 18000$ 方吋磅。

答： $f = 18000$ 磅，即所求之單位壓力。

三、 鉚釘剪力，有單位剪力如圖 a，複剪力如圖 b。



b
剖視圖

假如有一鉚釘 $\frac{3}{4}$ 吋其力為 $\frac{75}{100}$ 之 12000 磅，欲求該鉚釘之橫剪力若干，公式如下。

$$R_s = 1.571 d^2 V$$

分解 R_s = 橫剪力之得商。

1.571 = 常數。

d^2 = 鉚釘之直徑 $\frac{3}{4}$ 吋。

V = 規定剪力 = 12000 磅。

$$\text{故 } R_s = 1.571 d^2 V = 1.571 \times \left(\frac{3}{4}\right)^2 \times 12000 = 10600 \text{ 磅。}$$

第二節 鉚釘與鋼板合力公式如下。

$$R_b = f_b d t.$$

分解 R_b = 鉚釘與鋼條拉力。

f_b = 規定扭力單位應力每方吋 24000 吋磅。

d = 鉚釘之直徑。

t = 鋼板之厚度。

假如有一 $\frac{3}{4}$ 吋鉚釘，用於 $\frac{1}{2}$ 吋厚鋼板，規定拉力每方吋單位應力 24000 磅，欲計算該鉚釘與鋼板之單位扭力，舉例如下。

$$R_b = f_b d t = 24000 \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = 9000 \text{ 每方吋磅。}$$

例題一 有一鋼板 $\frac{5}{8}$ 吋中間厚度，兩邊 $\frac{3}{8}$ 吋厚，用鉚釘 $\frac{1}{2}$ 吋直徑，單位剪力每方吋 = 10000 磅，試求該鉚釘之橫剪力為若干。

$$\text{公式 } R_s = 1.571 d^2 V = 1.571 \times \left(\frac{3}{4}\right)^2 \times 10000 = 8840 \text{ 磅}$$

答, $R_s = 8840$ 即所求之複剪力。

例題二 再如上題計算該扭力之安全力 = 20000 磅鋼板之厚 = $\frac{3}{4}$ 吋, 又一鋸釘厚度為 $\frac{5}{8}$ 吋, 試求單位之扭力為若干磅。

$$\text{公式 } R_b = f_b d t = 20000 \times \frac{3}{4} \times \frac{5}{8} = 9380 \text{ 吋磅}$$

答, $R_b = 9380$ 吋磅, 即所求單位扭力。

第三節 鋸釘之剪力與扭力, 大小以直徑 $\frac{1}{2}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$, 1 吋與 $\frac{1}{8}$ 吋為限, 列表如下。

單位應力 磅	單剪 力磅	複剪 力磅	鋸釘 直徑	指示每方吋單位扭力				
				16000	18000	20000	24000	30000
8000	1570	3140	$\frac{1}{4}$	2000	2250	2500	3000	3750
9000	1770	3530	$\frac{5}{16}$	2500	2810	3150	3750	4690
10000	1960	3930	$\frac{3}{8}$	3000	3380	3750	4500	5630
12000	2360	4710	$\frac{7}{16}$	3500	3940	4380	5250	6560
13500	2650	5300	$\frac{1}{2}$	4000	4500	5000	6000	7500

鋸釘剪力與扭力一覽表(一)

壓力 位吋 磅	單力 剪磅	複力 剪磅	鋼直 釘徑	指示每方吋單位扭力				
				16000	18000	20000	24000	30000
8000	2450	4910	$\frac{1}{4}$	2500	2810	3150	3750	4690
9000	2760	5520	$\frac{5}{16}$	3130	3520	3910	4690	5860
10000	3070	6140	$\frac{3}{8}$	3750	4220	4690	5630	7030
12000	3680	7360	$\frac{7}{16}$	4380	4920	5470	6560	8200
13500	4140	8280	$\frac{1}{2}$	5000	5630	6250	7500	9380
			$\frac{9}{16}$	5630	6330	7030	8440	10550
			$\frac{5}{8}$	6250	7030	7810	9380	11720

鋼釘剪力與扭力一覽表(二)

壓力 位吋 磅	單力 剪磅	複力 剪磅	鋼直 釘徑	指示每方吋單位扭力				
				16000	18000	20000	24000	30000
8000	3530	7070	$\frac{1}{4}$	3000	3380	3750	4500	5630
9000	3980	7950	$\frac{5}{16}$	3750	4220	4690	5630	7030
10000	4420	8840	$\frac{3}{8}$	4500	5060	5630	6750	8440
12000	5300	10600	$\frac{7}{16}$	5250	5910	6560	7880	9840
13500	5960	11930	$\frac{1}{2}$	6000	6750	7500	9000	11250
			$\frac{9}{16}$	6750	7590	8440	10130	12650
			$\frac{5}{8}$	7500	8440	9380	11250	14060
			$\frac{1}{2}$	8250	9280	10310	12380	15470

鋼釘剪力與扭力一覽表(三)

單位應力	單力剪磅	複力剪磅	鉚直徑	指示每方吋單位扭力				
				16000	18000	20000	24000	30000
8000	4810	3620	$\frac{1}{16}$	4320	4920	5470	6560	8200
9000	5410	40820	$\frac{3}{16}$	5250	5910	6560	7880	9840
10000	6010	42030	$\frac{1}{8}$	6130	6890	7660	9151	11480
12000	7220	44330	$\frac{3}{8}$	7000	7880	8750	10500	13130
13500	8120	46240	$\frac{1}{2}$	7880	8860	9840	11810	14770
			$\frac{5}{8}$	8750	9840	10940	13130	16410
			$\frac{11}{16}$	9630	10830	12030	14440	18050
			$\frac{3}{4}$	10500	11810	13130	15750	19690

鉚釘剪力與扭力一覽表(四)

單位應力	單力剪磅	複力剪磅	鉚直徑	指示每方吋單位扭力				
				16000	18000	20000	24000	30000
8000	6280	12570	$\frac{1}{16}$	5000	5630	6250	7500	9380
9000	7070	14140	$\frac{3}{16}$	6000	6750	7500	9000	11250
10000	7850	15710	$\frac{1}{8}$	7000	7880	8750	10500	13130
12000	9420	18850	$\frac{3}{8}$	8000	9000	10000	12000	15000
13500	10600	21210	$\frac{1}{2}$	9000	10130	11250	13500	16880
			$\frac{5}{8}$	10000	11250	12500	15000	18750
			$\frac{11}{16}$	11000	12380	13750	16500	20630
			$\frac{3}{4}$	12000	13500	15000	18000	22500
			$\frac{13}{16}$	13000	14630	16250	19500	24380
			$\frac{7}{8}$	14000	15750	17500	21000	26250

鉚釘剪力與扭力一覽表(五)

單位應力 磅	單力 剪磅	複力 剪磅	鉚釘 直徑	指示每方吋單位扭力				
				16000	18000	20000	24000	30000
8000	7950	15900	$\frac{5}{16}$	5630	6330	7030	8440	10550
9000	8950	17890	$\frac{3}{8}$	6750	7590	8440	10130	12660
10000	9340	19880	$\frac{7}{16}$	7880	8860	9840	11810	14770
12000	11930	23860	$\frac{1}{2}$	9000	10130	11250	13500	16880
13500	13420	26840	$\frac{9}{16}$	10130	11390	12660	15190	18980
			$\frac{5}{8}$	11250	12660	14060	16880	21090
			$\frac{11}{16}$	12380	13920	15470	18560	23200
			$\frac{3}{4}$	13500	15190	16880	20250	25310
			$\frac{13}{16}$	14630	16450	18280	21940	27420
			$\frac{7}{8}$	15750	17720	19690	23630	29530

鉚釘剪力與扭力一覽表(六)

假如有一鉚釘，求得單位剪力為 12000 磅，扭力為 30000 每方吋磅，查表求得鉚釘之複剪力為 10600 每方吋磅，又求其之扭力在 30000 磅之下，為 14060 磅，即每吋鉚釘與剪之扭力。

例題一 有一單位應力為 13500 磅，又扭力為 30000 每方吋磅，試查表求複剪力，又查鉚釘直徑與鋼板之扭力各若干磅。

答：查表 13500 磅之複剪力為 11930 磅，又查表在單位應力 30000 磅之下，為 9300 磅，即所求之扭力。

例題二 依第二節例題一與例題二，所有鋼 $\frac{3}{4}$ 吋厚，鉚釘直徑為 $\frac{1}{2}$ 吋，單位剪力 10000 磅，扭力為 20000 磅，試用表解答之。

答：查表在第一行 10000 磅，向右第三行為複剪力 88+0 磅，又 $\frac{1}{2}$ 之鉚釘向右在 20000 磅單位扭力之下，為 9380 磅，即所求鉚釘與鋼板之扭力。

第四節 欲求鋼板與鉚釘拉力及壓力與剪力，公式如下。

公式 $f_s = \frac{P}{t(p-d)}$ = 求鋼板單位拉力。

分解 f_s = 單位拉力。

P = 總應力。

t = 鋼板厚度。

p = 鉚釘跨距。

d = 鉚釘直徑。

公式 $f_c = \frac{P}{2td}$ = 求鉚釘單位壓力。

公式 $V = \frac{P}{2 \times \frac{1}{4} \times 3.1416 d^2}$ = 求鉚釘單位剪力。

假如有一鉚釘，直徑 $\frac{1}{2}$ 吋，釘距 2 吋，鋼板 $\frac{1}{2}$ 吋厚，受拉力 3900 磅，求各種單位應力如下。

鋼板單位拉力 $f_s = \frac{3900}{\frac{1}{2}(2 - \frac{3}{4})} = 6240$ 磅。

即所求之單位拉力。

$$f_c = \frac{3900}{\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}} = 10400 \text{ 吋磅}$$

即所求之鉚釘單位壓力

$$V = \frac{3900}{0.7854 \times (\frac{3}{4})^2} = 8860 \text{ 吋磅}$$

即所求之鉚釘單位剪力

例題一 有二列鉚釘，總力 $P = 8000$ 磅，鋼板之積 = $2\frac{1}{2}$ 吋，
鉚釘之積 = $\frac{3}{8}$ 吋，跨距 $t = \frac{3}{4}$ 吋，試計算各公式如下。

$$f_s = \frac{P}{t(P-d)} = \frac{8000}{\frac{3}{4}(2\frac{1}{2} - \frac{3}{8})} = 6560 \text{ 吋磅}$$

即所求之鋼板拉力

$$f_c = \frac{P}{2ld} = \frac{8000}{2 \times \frac{3}{4} \times \frac{7}{8}} = 6100 \text{ 吋磅}$$

即所求之鉚釘壓力

$$V = \frac{P}{2 \times \frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{8000}{2 \times 0.7854 \times (\frac{7}{8})^2} = 6650 \text{ 吋磅}$$

即所求之鉚釘剪力

例題二 假如有二塊鋼板厚 $\frac{1}{2}$ 吋，二頭接以 $\frac{7}{8}$ 吋鉚釘，
鋼板拉力 = 10000 磅，鉚釘剪力 = 8000 磅，試計算 t 即釘距
若干吋。

$$\text{公式 } \frac{7}{8} = 0.6013 \text{ 方吋}$$

$$\text{求 } \frac{1}{2}(P - \frac{7}{8}) = \text{釘之面積}$$

$$\text{故 } \frac{1}{2}(p - \frac{3}{8}) \times 10000 = 2 \times 0.6013 \times 8000.$$

$$\text{即 } \frac{2 \times 0.6013 \times 8000}{\frac{1}{2} \times 10000} = 1.824 \text{ 吋.}$$

$$\text{或 } p = \frac{7}{8} = 1.824 \text{ 吋.}$$

$$\text{即 } \frac{7}{8} = .876 \text{ 吋.}$$

$$p = .876 + 1.824 = 2.70 \text{ 吋.}$$

答, $p = 2.70$ 吋, 即所求之釘距距離.

第五節 鋼板接聯用釘釘之大小與距離, 均有關係, 假如欲接厚度之鋼板二塊, 用三個 $\frac{3}{4}$ 吋釘釘, 若接釘之距離 2 吋, 查表鋼之拉力對於極力為 55000 磅, 釘釘之剪割力, 對於極力為 44000 吋磅, 又鋼之壓力, 對於極力為 65000 吋磅, 對於接筒部份之安全率計算如下.

$$\text{鋼板拉力} = t(p-d)S_t = \frac{3}{8}(2\frac{3}{4} - \frac{3}{4})50000 = 37500 \text{ 磅}$$

$$\text{釘釘剪力} = 2dS_t = 2 \times .4418 \times 40000 = 35500 \text{ 磅.}$$

$$\text{釘板壓力} = 2t d S_t = 2 \times \frac{3}{8} \times \frac{3}{4} \times 90000 = 50200 \text{ 磅.}$$

$$\text{穿空拉力} = 2d' t S_t = 2 \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{8} \times 50000 = 51600 \text{ 磅.}$$

$$\text{求安全效率} = \frac{\text{釘釘剪力}}{\text{穿空拉力}} = \frac{35500}{51600} = 0.688 = 68.8\%$$

凡計算接筒, 欲使拉力壓力與剪力相等, 則求安全效率, 假如用釘釘 $\frac{3}{4}$ 吋, 釘距 2 吋, 公式如下.

$$\frac{t(p-d)S_t}{t p S_t} = 1 - \frac{d}{p} = 1 - \frac{3/4}{2} = .625 = 62.5\%$$

再將各種接筒之安全效率，列表如下

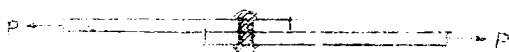
鉚釘接筒一列搭頭	效率	50-65%
鉚釘接筒二列搭頭	效率	65-75%
鉚釘接筒一列平頭	效率	65-75%
鉚釘接筒二列平頭	效率	70-80%

鋼板與鉚釘接筒效率一覽表

例題一 有鉚釘接筒為一列搭頭，釘距 $P=2\frac{1}{2}$ 吋，鉚釘之直徑 $d=\frac{3}{8}$ 吋，試用上列公式，解答之如圖。



鋼板接筒單受圖



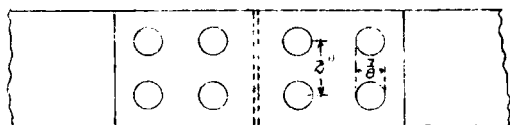
側視圖

公式 $1 - \frac{d}{P} = 1 - \frac{\frac{3}{8}}{2\frac{1}{2}} = 0.65 = 65\%$ (即百分之六十五)

查表 50-65% 並未超過最屬安全。

例題二 有一平頭接筒兩列鉚釘，用鉚釘直徑 $\frac{3}{8}$ 吋，釘距 2 吋，鋼板厚 $\frac{1}{2}$ 吋，如圖，試用公式計算安全效率。

鋼板拉力 $= (P-d) S_p = 2 \times \frac{1}{2} (2 - \frac{3}{8}) 50000 = 56500$ 每方吋磅。



鋼板接筍平面圖



剖視圖

$$\text{鉚釘剪力} = 2dS_t = 2 \times .6013 \times 40000 = 48000 \text{ 磅。}$$

$$\text{釘板壓力} = 2t d S_t = 2 \times \frac{1}{2} \times .6013 \times 30000 = 54000 \text{ 磅。}$$

$$\text{穿孔拉力} = 2dt S_t = 2 \times \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times 50000 = 71500 \text{ 磅。}$$

$$\text{安全效率} = \frac{2dS_t}{2dtS_t} = \frac{48000}{71500} = 0.67 = 67\%$$

查表 70-80% 並未超過，故屬安全。

第六章 牆基與柱腳及樁之計算

牆垣與牆腳之計算

第一節 擬建一牆垣，高 5'3" 呎，厚 13 吋，風力每方呎 20 磅。牆之本身重合計 683 磅。列圖分解如下。

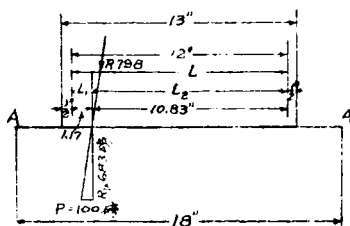
先行推算風力每一直呎牆之面積為 $5 \times 1 \times 20 = 100$ 磅。牆之折中為 2'6" 呎，加 3" = 2'9" = 33 吋。

風力之彎矩 $M_1 = 100 \times 33 = 3300$ 磅。

次行推算牆之本身重 $W = 1.067 \times 5.3 \times 120 = 683$ 磅。

$$L_1 = \frac{R}{R_V} = \frac{7.98}{6.83} = 1.17 \text{ 吋.}$$

$$L_2 = L - L_1 = 12 - 1.17 = 10.83 \text{ 吋.}$$



牆腳圖

比例 1/8" = 1"

再行推求 K_1 與 K_2 分解如下。

推算公式如下。

$$K_1 = \frac{2R_V(2L - 3L_1)}{L^2} = \frac{2 \times 6.83 \times (2 \times 12 - 3 \times 1.17)}{12 \times 12} = 194 \text{ 磅.}$$

$$194 \div 12 = 16.2 \text{ 每方吋壓力磅.}$$

$$K_2 = \frac{2R_V(2L - 3L_2)}{L^2} = \frac{2 \times 6.83 \times (2 \times 12 - 3 \times 10.83)}{12 \times 12} = 81 \text{ 磅.}$$

$$81 \div 12 = 6.8 \text{ 每英吋拉力磅.}$$

又推求最多之壓力公式如下。

$$K_1 = \frac{2R_V}{3L_1} = \frac{2 \times 6.83}{3 \times 1.17} = 389 \text{ 英磅.}$$

$$389 \div 12 = 32 \text{ 每英吋壓力磅.}$$

又求牆之單位剪力，為牆之厚度 12 吋，故 $12 \times 12 = 144$ 吋，以風力 P 除之便得，公式如下。

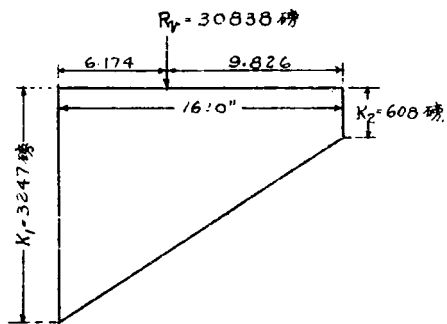
$$V = P \div A = 100 \div 144 = 0.7 \text{ 吋磅，或小於 1 磅，頗屬安全。}$$

例題一 已知 $R_y = 30838$ 磅， $L_1 = 6.174$ 呎， $L = 16$ 呎， $L_2 = 9.826$ 呎，試推求 K_1 與 K_2 之值。

$$\text{答 } K_1 = \frac{2 \times 30838 (2 \times 16 - 3 \times 6.174)}{16 \times 16} = 3247 \text{ 磅。}$$

$$K_2 = \frac{2 \times 30838 (2 \times 16 - 3 \times 9.826)}{16 \times 16} = 608 \text{ 磅。}$$

附圖如下，



應力圖

比例呎 $\frac{1}{8}'' = 120''$

例題二 有一牆垣高 $5 \pm 3''$ 呎，牆之淨厚 8 吋，風力 $R_y =$ 每平方呎 100 磅，牆之自重 $W =$ 每一直呎 512 磅，求得 $L_1 = 4.45$ 呎， $L_2 = L + L_1 = 10.45$ 呎，列圖如下，試推求 K_1 與 K_2 之值，及單位剪力 $V =$ 若干磅。

答 $K_1 = \frac{2 \times 512 \times (2 \times 8 - 3 \times 2.45)}{8 \times 8} = 373.6$ 磅,

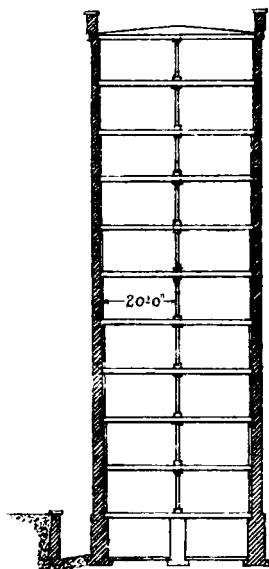
$374 \div 12 = 31$ 每英吋壓力磅。

$K_2 = \frac{2 \times 512 \times (2 \times 8 - 3 \times 10.45)}{8 \times 8} = 245.6$ 磅。

$246 \div 12 = 21$ 每英吋拉力磅。

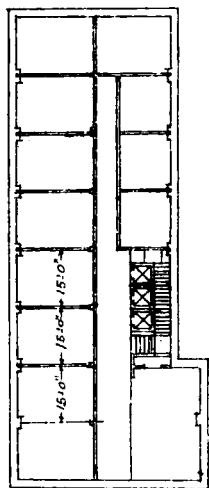
$V = 100 \div (12 \times 8) = 1.4$ 吋磅。超過每方吋一磅。

第二節 樑脚之計算，自屋頂以至柱脚之載重互相加并得總載重 W ，列圖分解如下。



穿弓圖

比例尺 $\frac{1}{40} = 1:40$



平面圖

比例尺 $\frac{1}{100} = 1:100$

查平面圖跨距 20 呎，以 $20 \div 2 = 10$ 呎，再以 10 層計算，即 $10 \times 10 = 100$ 方呎，死力每呎 = 60 磅，則 $100 \times 60 = 6000$ 磅，又屋頂載重每方呎 25 磅，即 $10 \times 25 = 250$ 磅，又總計牆之載重為 30890 磅，合計

牆之載重 30890 磅

屋頂重量 250 磅

樓板重量 6000 磅

總計 = 37140 呎磅

又活力合計 10 層即 $10 \times 10 \times 70 = 7000$ 磅

再加雪力 $10 \times 12 = 120$ 磅

活力 = 7000 磅

雪力 = 120 磅

共計 = 7120 磅

減半之活力為 $7120 \div 2 = 3560$ 磅

總計載重 死力 = 37140

活力 = 3560

總計 = 40700 每一層呎磅

假定泥土載重，每方呎勝任 4 噸，即 $4 \times 2000 = 8000$ 磅死力，故 $40700 \div 8000 = 5.09$ 呎，即 5 呎週之牆脚。

又柱脚之計算，先求面積 = $30 \times 15 = 300$ 方呎，共計 10 層 = $10 \times 300 = 3000$ 方呎，活力 = 60 磅，總計 $60 \times 3000 = 180000$ 磅。

又屋頂死力 = $300 \times 25 = 7500$ 磅

共計 $180000 + 7500 = 187500$ 磅

又樑板之活力 = $3000 \times 70 = 210000$ 磅。

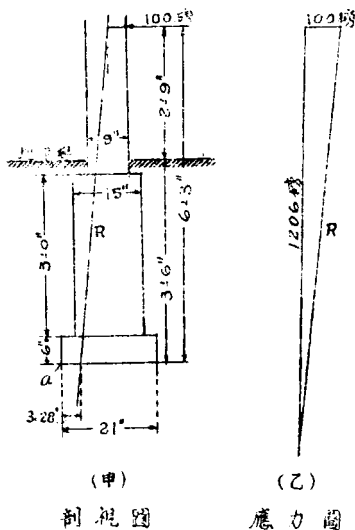
雪力 = $300 \times 12 = 3600$ 磅。

總計活力 = 213600 磅。

減半 $213600 \div 2 = 106800$ 磅。

故此之總載重為 $187500 + 106800 = 294300$ 磅，每方呎載重應 ≤ 8000 磅，故求面積之潤 = $294300 \div 8000 = \sqrt{36.8} = 6.06$ 呎，即 $6'1''$ 呎。

例題一。根據上題(二)，牆之本重 $W = 512$ 磅，牆腳每方呎 150 磅，合計 694 磅，剖圖如下，($R_v = 512 + 694 = 1206$)



合計 $R_v = 1206$ 磅， $L_1 = 3.28$ 呎，試求該牆腳之寬度若干。

公式 = $\frac{2R_v}{3L_1} = \frac{2 \times 1206}{3 \times 3.28} = \frac{2412}{9.84} = 245$ 磅。

$$245 \div 12 = 20 \text{ 每方吋磅}$$

每方呎 = $144 \times 20 = 2880$ 磅，即 $2880 \div 2000 = 1.44$ 或 $\frac{1}{2}$ 噸，對該牆脚一直呎 $\times 21$ 吋寬度，所負重為 2880 磅。

例題二 欲計算一牆垣之高，在每層之鋼樑為 7000 磅，又屋頂樑為 5000 磅，下層之牆為 17 吋厚，16 呎高，上層之牆為 13 吋厚，13 呎高，又屋頂牆 3 吋厚，2 呎高，求得牆重為 17700 磅，16000 磅，1200 磅，共計為 54000 磅，列圖如右。

根據上式，試推求牆之摩算與重心距及牆基之寬度若干。

分解	壓頂牆	$1200 \times 4.5 =$	5400 磅。
	13 吋牆	$16000 \times 6.5 =$	104650 磅。
	17 吋牆	$17700 \times 8.5 =$	150450 磅。
	屋頂樑	$5000 \times 8 =$	40000 磅。
	上層鋼樑	$7000 \times 8 =$	56000 磅。
	下層鋼樑	$7000 \times 12 =$	84000 磅。
	總摩算		440500 磅。

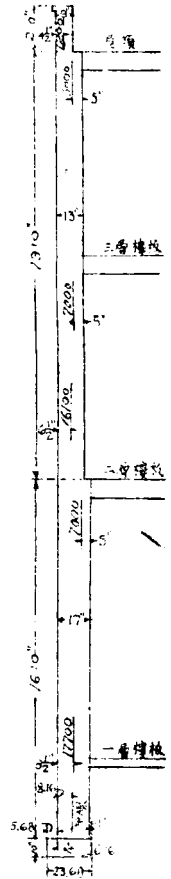
求牆之下層重心為 $440500 \div 54000 = 8.16$ 呎。

$8.16 - 2 = 6.16$ 呎，參看圖上，求牆基之潤為

$(6.16) \times 2 = 12.32$ 二倍，即 23.68 呎，如右圖。

求此牆基寬度，為決定用磚每方呎以 3.5

吋，求其摩算公式如下。



剖視圖
比例 $\frac{5}{32}$

$$B = \frac{W}{3.5 P} = \frac{54000}{3.5 \times 2000} = 7.71 \text{ 呎,}$$

每一直呎寬度 8 呎, 已足安全

凡柱脚之形式不一, 有方形及長方形, 計算之法, 亦不同, 分解如下,

第三節 鋼骨混凝土之方柱脚, 欲計算應力之安全與否, 可根據下列公式,

$$\text{公式 } V = W(a+c)c$$

分解 $V =$ 計算柱脚之總剪力,

$W =$ 每方呎載重,

$a =$ 柱之直徑,

$c =$ 柱脚之一邊闊度,

假如有一柱脚, $A = 12$ 呎方, 柱之直徑 $a = 2.5$ 呎, 上面載重 $P = 500000$ 磅, 先求每呎載重, 公式如下,

$$A = 12 \times 12 = 144 \text{ 呎,}$$

$$W = \frac{P}{A} = \frac{500000}{144} = 3470 \text{ 磅,}$$

次求 C 值公式如下,

$$C = \frac{A - a}{2} = \frac{12 - 2.5}{2} = 4.75 \text{ 方呎,}$$

再求總剪力公式如下,

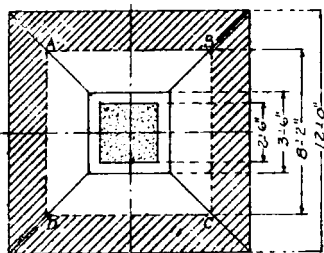
$$V = W(a+c)c = 3470 \times (2.5 + 4.75) \times 4.75 = 119500 \text{ 呎磅,}$$

又求柱脚之彎矩公式如下,

$$M = \frac{W}{2} \left(a + \frac{1}{3} c \right) c^2 = \frac{3470}{2} \times \left(2.5 + \frac{1}{3} \times 4.75 \right) \times 4.75^2 = 346000 \text{ 呎磅,}$$

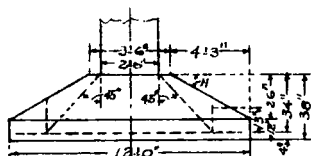
$$346000 \times 12 = 4150000 \text{ 吋磅.}$$

方柱脚之圖形如下,



(甲)

平面剖視圖



(乙)

剖面剖視圖

$$\text{比例 } \frac{34}{121} = 1:20'$$

欲計算水泥之單位壓力, 先求寬度 b , 公式如下,

$$b = a/2 + (c/2) + d = (2.5 \times 12) + (4.75 \times 12) + 34 = 121 \text{ 吋.}$$

隨後計算混凝土之單位壓力, 公式如下,

$$f_c = \frac{6M}{bd^2} = \frac{6 \times 4150000}{121 \times 34 \times 34} = 178 \text{ 每方吋磅}$$

再求混凝土之斜抵壓力, 公式如下,

$$\text{公式 } f'_c = f_c \sec^2 H,$$

分解 $f'_c =$ 混凝土之斜抵力率,

$f_c =$ 混凝土之單位壓力,

$\sec^2 H =$ 角度,

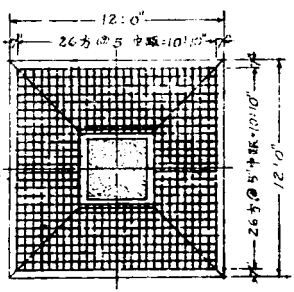
$$\text{先求角度 } \tan H = \frac{2\frac{1}{2}}{31} = 0.51. \quad \left(\therefore \frac{2\frac{1}{2}}{4\frac{1}{2}} = 0.51 \right)$$

次求角度 $\sec^2 H = 1 + \tan^2 H = 1.26$

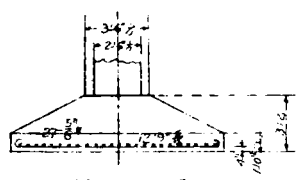
隨後求 f_c' 公式如下。

$$f_c' \cdot f_c \operatorname{stc}^2 H = 178 \times 1.26 = 224 \text{ 每方吋磅}$$

查得柱脚下 $\frac{5}{8}$ " @ 5" 中距, 共計 $O = 23 \times 39.06 = 8.98$ 如下圖。



平面圖



剖視圖

比例 $\frac{1}{8} = 1:0"$

欲計算柱腳之滑力, 安全與否公式如下。

$$u = \frac{V}{j d o}$$

分解 u = 單位滑力每方吋磅。

V = 總剪力 = 119500 磅。

j = 比率 = .875

d = 柱腳深度 = 34 吋。

O = 鋼筋面積 = 8.98 方吋。

$$\text{公式 } u = \frac{V}{j d o} = \frac{119500}{.875 \times 34 \times 8.98} = 70 \text{ 每方吋磅}$$

再行推求柱腳之彎矩, 公式如下。

$$\text{公式 } \frac{1}{3} h (F + f + \sqrt{Ff})$$

分解 h = 即柱高度 26 吋 = 2.17 呎,

F = 柱腳下面高度 = 12 吋

f = 柱腳上面高度 = $3'6'' = 3.5$ 呎,

故公式 $\frac{1}{3}h(F+f+\sqrt{F+f}) = \frac{1}{3} \times 2.17 \times (12^2 + 3.5^2 + \sqrt{12^2 + 3.5^2}) = 143$ 立方呎,

將柱腳下面 $12 \times 12 = 144$ 呎, 相加得 $144 + 143 = 287$ 立方呎,

隨後求柱腳載重 $287 \times 150 = 43100$ 磅的總載重之百分之九,

注意 普通計算柱腳高之約數已屬妥當,

例題一 有一柱腳, 上面方柱 36 吋, 總載重 $P = 760000$ 磅柱腳 14'6" 呎, 方鋼條總積 = 72 吋, 試求該柱之單位水壓壓力與滑力及總剪力若干磅,

答: 先求柱腳面積 = $14.5^2 = 210$ 方呎, 次求每方呎載重,

$$W = \frac{760000}{210} = 3620 \text{ 每方呎磅,}$$

再求 $C = \frac{14.5 - 3}{2} = 5.75$ 方呎, 隨後求彎矩如下,

$$\text{彎矩 } M = \frac{W}{2} \left(a + \frac{4}{3} C \right) C^2 = \frac{3600}{2} \times \left(3 + \frac{4}{3} \times 5.75 \right) \times 5.75^2 = 639000 \text{ 呎磅,}$$

7670000 吋磅,

求柱腳 $b = a + (Cd_1) = 36 + (5.75 \times 12) = 105$ 方吋,

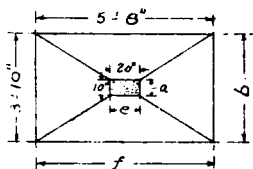
$$d = 42 \text{ 方吋,}$$

$$\text{應力 } f_c = \frac{6M}{bd^2} = \frac{6 \times 7670000}{105 \times 42 \times 42} = 248 \text{ 每方吋磅,}$$

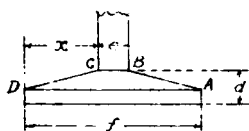
次求總剪力 $W(a+C)C = 3620(3+5.75)5.75 = 182000$ 磅,

再求滑力 $u = \frac{V}{.875 d O} = \frac{182000}{.875 \times 42 \times 72} = 68.8$ 每方吋磅。

例題二 有一長方形柱脚 $P = 36000$ 磅，柱 10×20 吋，柱脚 3×5 呎， $d = 10$ 吋， $A_s = 30 - \frac{3}{8}$ 方吋，試計算單位剪力與滑力如圖。



柱脚平面圖



剖視圖

比例 $\frac{3}{16} = 1:0$

先求彎矩如下。

公式 $M = \frac{1}{24} \left(2 + \frac{\frac{1}{2}a+e}{b} \right) \left(1 - \frac{\frac{1}{2}a+e}{f} \right)^2 f P,$

分解 $\frac{1}{2}a+e = \frac{1}{2} \times 10 \times 20 = 15 = 1.25$

$b = 3.10$ 呎， $a = 10 = 0.83$ 呎。

$f = 5.8$ 呎， $e = 20 = 1.67$ 呎。

$W = \frac{P}{bf} = \frac{36000}{3.83 \times 5.67} = 1670$ 每方呎磅。

彎矩 $M = \frac{1}{24} \left(2 + \frac{1.25}{3.83} \right) \left(1 - \frac{1.25}{5.67} \right)^2 5.67 \times 36000 =$

$\frac{1}{24} \times 1.4 \times 205000 = 11900$ 呎磅， 143000 吋磅。

總剪力 $V = bf - (\sqrt{ae} + 2d)^2 W = (3.83 \times 5.67) - (\sqrt{.83 \times 1.67} + 2 \times .67)^2 \times 1670 =$

$(21.5 - 6.25) 1670 = 25500$ 磅。

$x = (f - e) \div 2 = (5.67 - 1.67) \div 2 = 2$ 呎。

$$\text{單位壓力 } V = \frac{V}{48(\sqrt{ae+2d}) \cdot d} = \frac{25500}{48(\sqrt{83 \times 1.67 + 2 \times 67}) \cdot 0.889 \times 8} = \frac{25500}{860} = 30 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{滑力 } u = \frac{(ax + x^2)W}{mjd} = \frac{(-0.5 \times 2 + 2^2) 1670}{30 \times \frac{3}{8} \times 4 \times 0.889 \times 8}$$

$$\frac{9500}{320} = 32 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{單位水泥壓力} = f_c = \frac{6M}{\sqrt{b} \cdot d^2} = \frac{6 \times 186000}{\sqrt{5.83} \times 5.67 \times 12 \times 8 \times 8} = \frac{112000}{3550}$$

320 每方吋磅

第四節 牆基之計算，以地面應力每方呎 1600 磅為標準，倘地面減小，則必代之以橋，而求得之安全力，分解如下，假如已知橋身每直呎 $P=4600$ 磅，橋底寬度 3 呎，欲知地面安全應力，可依下式計算之，

$$\text{公式 } S = \frac{P}{b} = \frac{4600}{3} = 1530 \text{ 每方呎磅，故屬安全}$$

查地面安全應力每方呎 1600 磅，

倘做混凝土橋脚，則根據下式計算之，

$$\text{公式 } M = \frac{3}{2}(b-a)^2 S =$$

$$\text{分解 } M = \text{彎矩}$$

$$b = \text{橋脚之闊} = 3 \text{ 呎}$$

$$a = \text{牆之厚度} = 10 \text{ 吋}$$

$$S = \text{牆基應力} = 1530 \text{ 磅}$$

假如根據上法求壓力如下。

$$M = \frac{3}{2}(b-a)^2 S = \frac{3}{2}(3-.83)^2 \times 1530 = 10800 \text{ 吋磅。}$$

次求混凝土牆基之深度，公式如下。

$$\text{深度 } d = \sqrt{\frac{M}{12 \times K}} = \sqrt{\frac{10800}{12 \times 88.9}} = 3.3 \text{ 吋。}$$

假如已知深度 $d = 6$ 吋， $A_s = \frac{3}{8}$ " ϕ @ 6' 中距，

欲求剪力若干磅，公式如下。

$$\text{總剪力 } V = (b-a)S = (3-.83)1530 = 3350 \text{ 磅。}$$

$$\text{單位剪力 } V = \frac{V}{24jd} = \frac{3350}{24 \times .89 \times 6} = \frac{3350}{128} = 28 \text{ 磅。}$$

例題一 有一牆基，闊 5 呎，上壓載重 $P = 8000$ 磅，問該基地壓力，每方呎若干磅。

$$\text{答公式 } S = \frac{P}{b} = \frac{8000}{5} = 1600 \text{ 磅。}$$

例題二 已知牆基寬度 5 呎，壓力 $S = 1600$ 磅，牆身 10 吋，牆基深度 $d = 6$ 吋，做混凝土，試計算該牆基之總剪力與單位剪力，各若干。

$$\text{答總剪力 } V = (5-.83)1600 = 6700 \text{ 呎磅。}$$

$$\text{單位剪力 } V = \frac{V}{24 \times .89 \times 6} = \frac{6700}{128} = 52 \text{ 每方吋磅。}$$

第五節 凡牆垣高度與深濶之關係，各工務局，均有規定，無須計算，對於鄰界牆垣加搭之計算，分解如下。

牆身每直呎之重 = 7000 每一直呎磅，

牆基本重 = 800 每一直呎磅，

總計重量 = 7800 每一直呎磅，

假定牆基之潤 $3 \times 1600 = 4800$ 每一直呎磅，

減後尚餘 = 3000 每一直呎磅，另行加卷。

假如用 $4\frac{1}{2}$ " ϕ 12 呎長，其抵應力 = $\frac{4.5}{12} \times 3.1416 \times 12 \times 200 = 2850$ 磅。

用 $2-4\frac{1}{2}$ " ϕ 格 = $\frac{2 \times 2850}{3000} = 1.9$ 每格跨距 1.9 " 呎。

起造高大之房屋，須有更深基礎，用落鏈機之公式，分解如下。

$$W = \frac{2PH}{a+1}$$

分解 W = 每格安全應力。

P = 鉄鏈之重以噸計算。

H = 鉄鏈高度。

a = 格之最後一擊，量得入土之吋數。

注意 拷格用人工者 $(a+1)$ ，倘以蒸汽打格則 $(a+0.1)$ 。假如用人工，將 1 噸重之鏈 = $P=1$ 最後一擊透入一吋， $a=1$ ，鏈高 $H=12$ 呎。

$$\text{公式 } W = \frac{2 \times 1 \times 12}{1+1} = 12 \text{ 噸} = 24000 \text{ 磅。}$$

以上所用之格，假定為 8 吋圓，欲求其安全應力如下。

$$W = S \frac{\pi d^2}{4} = 770 \times \frac{3.1416 \times 3^2}{4} = 551400 \text{ 磅每噸安全應力}$$

問題一 有一界牆 $P = 8000$ 磅，牆闊 3 呎，牆高 $4\frac{1}{2}$ 呎，而 12 呎長，跨距 12 呎，試計算樁之應力安全否。

答：地面應力 $= S = 1600 \times 3 = 4800$ 磅。

$$8000 + 4800 = 3200 \text{ 磅}$$

$$\text{樁之應力} = \frac{4.5}{12} \times 3.1416 \times 12 \times 200 \times 1.5 = 4270 \text{ 磅}$$

應力 $= 4270$ 大於 3200 故屬安全。

例題二 有一方柱於 6×6 用落錘打樁在最後一擊入土半吋，打樁錘為每重錘之重量為 30 噸，試求樁之安全應力若干磅。

答：先計算水樁自身安全力為 $6 \times 6 \times 100 = 25200$ 磅，次求入土應力公式如下：

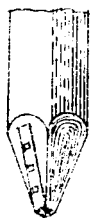
$$W = \frac{2PH}{u+1} = \frac{2 \times 1.5 \times 30}{.5+1} = 40 \text{ 噸} = 80000 \text{ 磅}$$

答：安全應力 $= 80000$ 磅。

附樁之說明與參考，凡偉大建築，對於地面非打深樁不為功，而樁之長，入土愈深，樁頭愈覺軟化，不易深入，而有破裂之慮，故樁頭外包鐵錐子，夫形或圓形，如下圖。

樁入深土，能支於下層石者最佳，如圖(甲)。

依上海之地上，而樁深入至下層石似較困難，如圖(乙)。



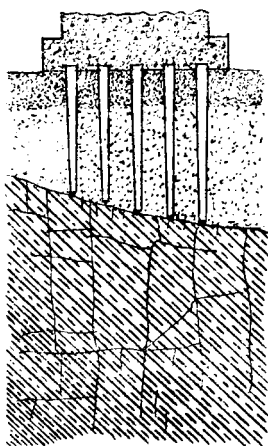
(一)



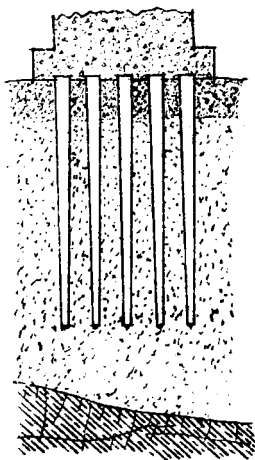
(二)



(三)



(甲)

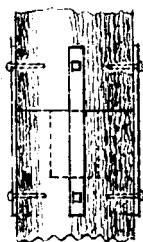


(乙)

木格無相當長度，可以兩根接之用鐵板或鐵箍形式不一如下圖。



(一)



(二)

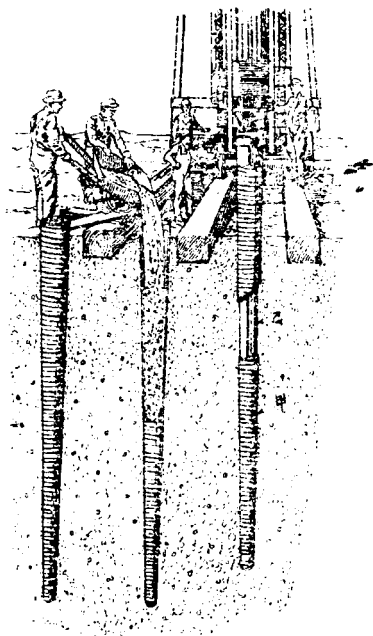


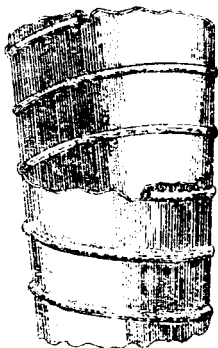
(三)



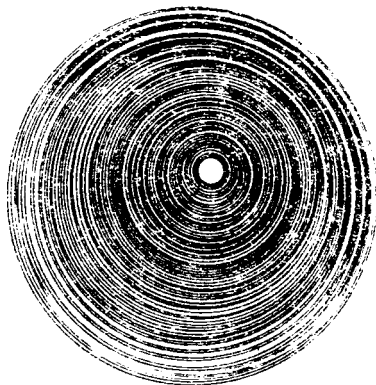
(四)

木樁恐有腐爛之日，改製混凝土樁，先以空心鋼管入土，隨後備入混凝土如下圖。



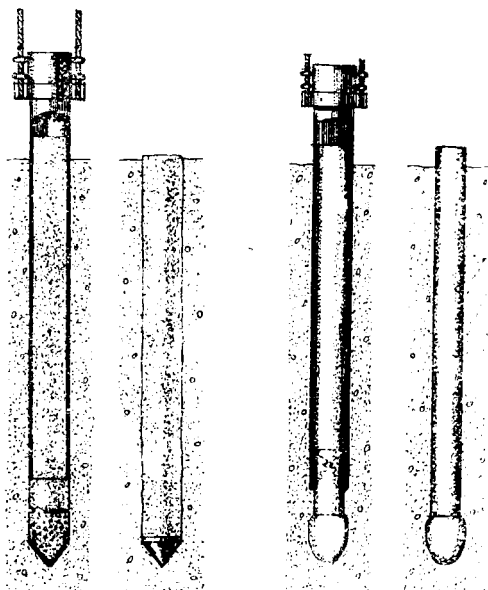


(甲) 外觀形式



(乙) 內部形式

又有用鋼管深入
土中，重行拔起，隨
後傾入混凝土者，
其有形式如右圖

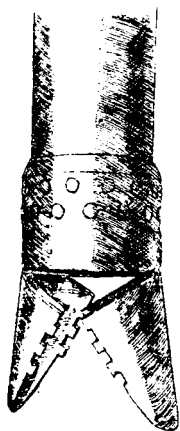


(一)

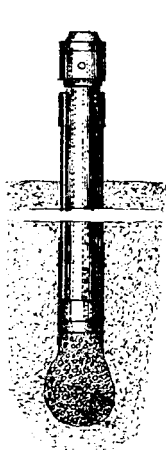
(二)

(一)

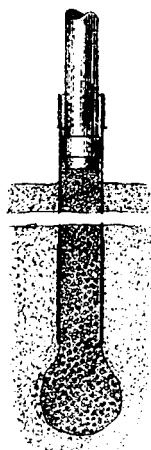
(二)



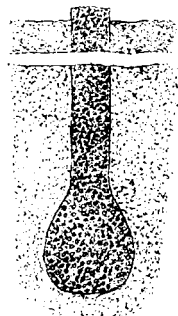
混凝土傾入之後，用重力擊之，
使下端變形，更為有力者，如下圖。



(一)

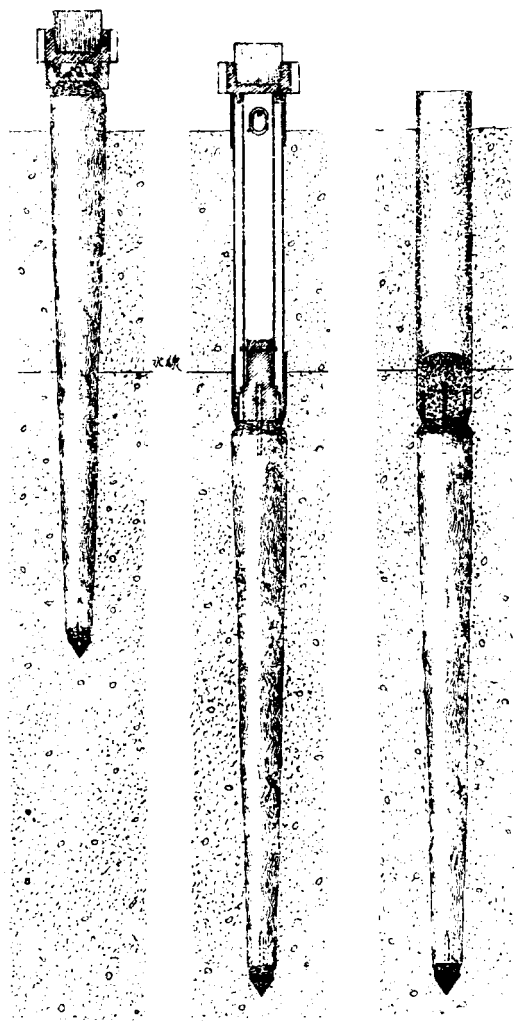


(二)

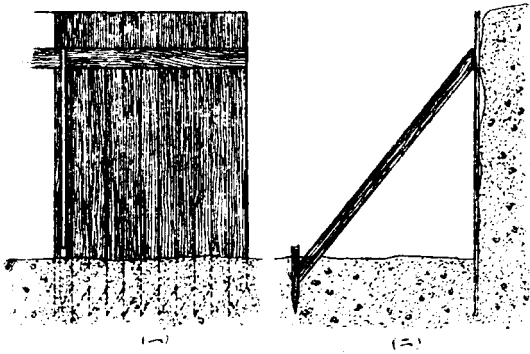


(三)

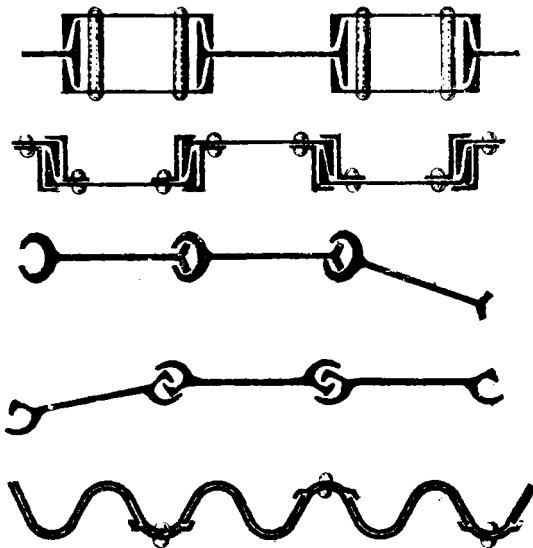
將木樁深入土中，再加混凝土樁深至十餘丈者，如圖，



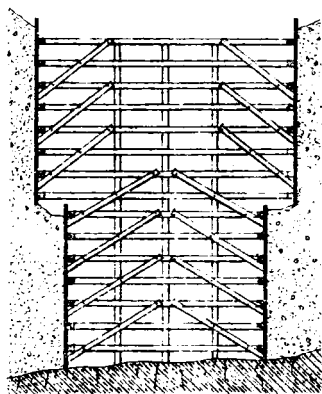
凡高大建築往往有地下層，四週壁土，架以相當之支撐木，參考如下，



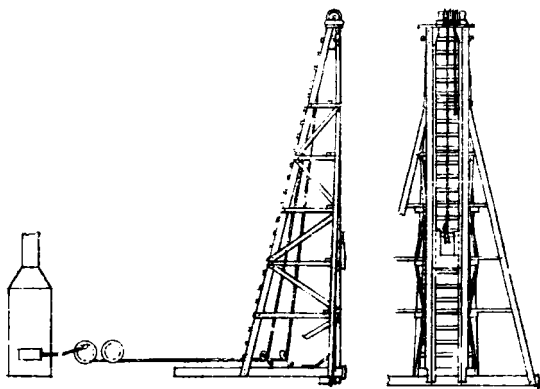
又有用鋼板或形似工字鐵用螺絲絞穿，參考如下，



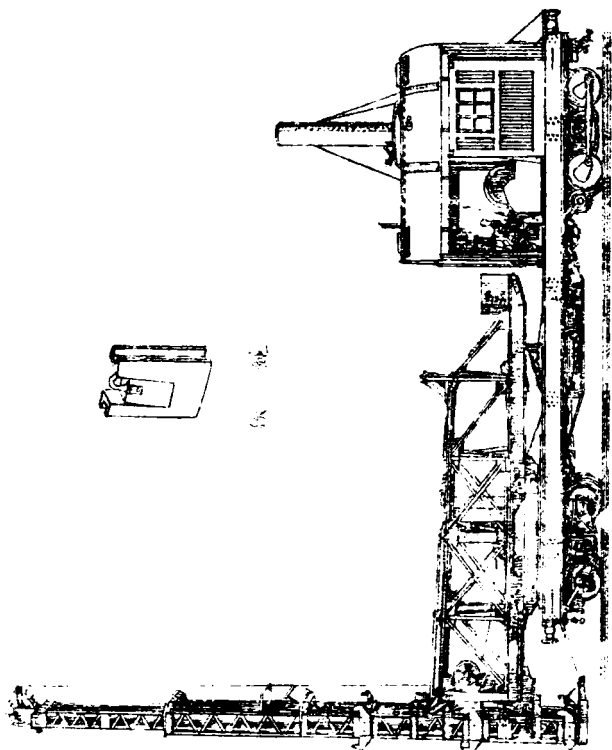
又數十層以上之建築，對於地土薄者，無用打樁，或將土與砂全部翻去，在下層底石上，築基礎，其四週架以適當之撐木參考如下。



打樁機除人工應用較小者外，又有簡單與複雜二種參考如下。



簡單之打樁架 (一)



鐵 籠

鐵 籠 之 結 構 圖

第七章 吊鉤之計算

第一節 吊鉤之計算，對於起重機，頗感重要，錄之如下。

$$\text{公式 } st = \frac{P}{A}$$

分解 st = 為純粹受拉力而生之應力，

P = 為載重。

A = 為剖面積。

$$\text{公式 } sb = \frac{Mc}{I}$$

分解 sb = 為彎曲而生之應力，

M = 為彎矩。

C = 為 $\frac{d}{2}$ 。

I = 為 $\frac{\pi d^4}{64}$ ，即 $I-I$ 之慣性。

$$\text{公式 } S = st + sb$$

分解 S 為 st 與 sb 相加之總應力。

$$\text{公式 } S = \frac{P}{A} + \frac{Pec}{I} = \frac{P}{A} + \frac{MC}{I}$$

分解 S = 為安全應力，

e = 為中立軸之距點。

假如有一款鉤，在 AB 剖面之對徑，為 1 吋， e 為 2 吋，載重 P 為 1500 磅，欲知安全應力 S 為若干磅，推算如下。

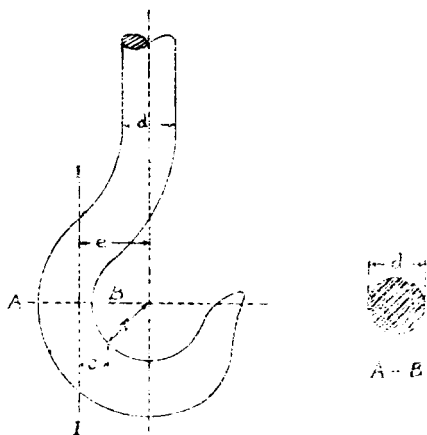
$$A = 3.7854 \times 1.5 = 1.77 \text{ 方吋}, \quad e = 2 \text{ 吋}.$$

$$C = \frac{1.5}{2} = 0.75 \text{ 吋}, \quad I = \frac{3.1416 \times 1.5^4}{64} = 0.25 \text{ 吋}.$$

$$S = \frac{1500}{1.77} + \frac{1500 \times 2 \times 0.75}{0.25} = 880 + \frac{2250}{0.25} = (880 + 9000) =$$

$$= 9880 \text{ 吋磅}, \quad \text{答每方吋} = 9880 \text{ 吋磅}.$$

查熟鐵單位拉力為 12000 磅，壓力同上，故安全無誤。列圖如下。



比例 $\frac{1}{4}'' = 1 \text{ 吋}$.

例題一 有一生鐵鉤 $A B$ 直徑為 2 吋， e 為 2 吋，載重 F 為 1000 磅，試解答之。

$$\text{答 } A = 3.7854 \times 2^2 = 3.12 \text{ 吋}, \quad e = 2 \text{ 吋}, \quad C = \frac{2}{2} = 1 \text{ 吋}.$$

$$I = \frac{3.1416 \times 2^4}{64} = 0.79.$$

$$\text{公式 } S = \frac{1000}{3.12} \cdot \frac{1000 \times 2 \times 1}{1.79} = 320 + 2030 = 2350 = \text{每方吋磅}$$

查表生夾之拉力為 3000 吋磅，故屬安全。

例題二 有一鋼鉤，A B 直徑 $d = 2\frac{1}{2}$ 吋， $e = 2\frac{1}{2}$ 吋，重量 $P = 20000$ 磅，試解答之。

$$\text{答： } A = 7854 \times 2.5^2 = 4.35 \text{ 方吋} \quad e = 2.5 \text{ 吋} \quad C = 1.25 \text{ 吋}$$

$$I = \frac{3.1416 \times 2.5^4}{64} = 6.1$$

$$\text{公式 } S = \frac{20000}{4.35} + \frac{20000 \times 2.5 \times 1.25}{6.1} = 4650 + 10300$$

$$= 14950 \text{ 吋磅} \quad \text{答： } 14350 \text{ 每方吋磅}$$

查表鋼之拉力與壓力為 16000 吋磅，故屬安全無疑。

附鋼鏈之計算。

有一起重機，起重物以 2 噸為標準，安全率為 10，欲求該機之鋼鏈安全與否，分解如下。

$$\text{公式 } 2 \times 2000 = 4000 \text{ 磅}$$

$$4000 \times 10 = 40000 \text{ 磅}$$

$$A_s = 16000 \div 40000 = 0.4 \text{ 方吋}$$

答： d 用 $\frac{3}{4}$ " $\phi = 0.4418$ 為妥，如右圖。

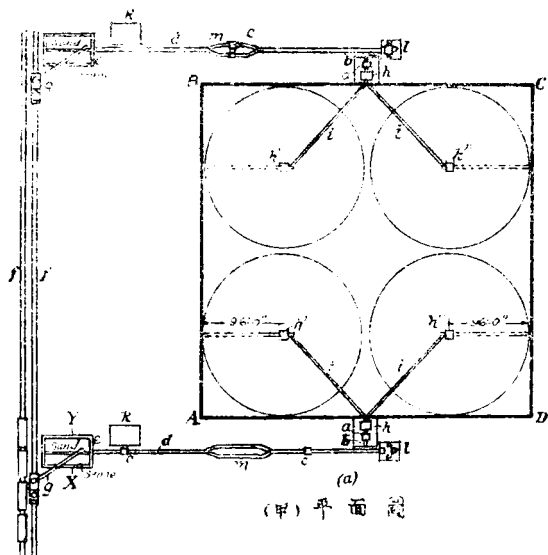


圖 11 圖

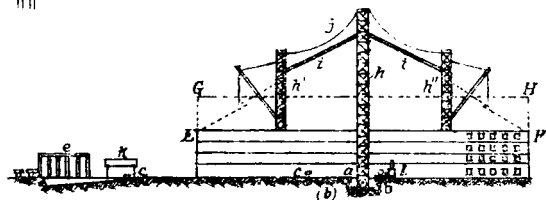
第二節 吊桿高度之計算，依建築物之高，與各點之高度為斷面圖之(甲)平面圖為佈置吊桿之情形，圖之(乙)立體圖是

示表示建築物與吊桿相連可將笨重物併運至目的地

(附張 = ABCD = 地面)



(甲) 平面圖



(乙) 立體圖

比例 $\frac{1}{8} = 1:0''$

- a - 卷揚車
- b - 堆棧處
- c - 運貨車
- d - 單軌道
- e - 材料處
- f - 雙軌道
- g - 搬運機
- h - 升降機
- i - 卸槽
- m - 分道
- Y - 黃砂
- X - 石子
- K - 水門汀

第四層 EF 以上, 至屋頂 GH 為數約 14 呎, 故 $14 \times 7 = 98$ 呎。自地面至屋頂之高, 查圖自中點至一邊跨距 96 呎, 以屋頂 1:3 之比為 $\frac{96}{3} = 32$ 呎。層上 h' 與 h'' 即 $98 + 32 = 130$ 呎, 自地面至上端之高, 另加至頂點, 共計 140 呎。即兩邊吊桿

h' 與 h'' 高度又 h 至 h' 或 h 至 h'' 之跨距為 136 呎，仍依 1:3 之比為 $\frac{136}{3} = 45.3$ 呎，至之點，即 $98 + 32 + 45 = 175$ 呎，再之點至 j 高 25 呎，共計中央吊桿之高度，自地面至頂點為 200 呎。
 注意 以上排列吊桿，非偉大工程不用，普通工程無用研究，姑釋之附圖以供參考云耳。

第八章 瓦筒之計算

凡陰溝管之形式大小不一，有腰圓形，有圓形，大者有鋼骨配製，小者無之，總稱之曰瓦筒。

第一節 混凝土陰溝管之計算，假如有一 50 呎頭子之陰溝，對徑為 18 吋，安全率為 4，公式如下。

$$\text{公式 } P = \frac{H^4}{2.31} = \frac{50 \times 4}{2.31} = 86 \frac{1}{2} \text{ 磅}$$

$$r = 9 \text{ 吋} \quad \text{以一呎呎為 } L = 12 \text{ 吋}$$

$$\text{鋼筋 } A_s = \frac{PRL}{f_s} = \frac{86.5 \times 9 \times 12}{18000 \times 89} = 0.583 \text{ 方吋}$$

用 $\frac{1}{2}$ " ϕ @ 4 吋中距，

再行推求助鉄 $S = 4$ 吋， $b = 12$ 吋， $W = 4 \times 12 \times 86.5 = 4130$ 吋磅

$$\text{彎矩 } M = \frac{4130 \times 6}{12} = 2070 \text{ 方吋磅}$$

$$\text{厚度 } d = \sqrt{\frac{2070}{95 \times 12}} = 1.34 \text{ 吋 } d_t = 2 \text{ 吋}$$

$$\text{鋼筋 } A_s = Pbd = 0.00675 \times 12 \times 1.34 = 0.125 \text{ 方吋}$$

用 $\frac{1}{4}$ " ϕ 間 4 吋 中 距 助 鉄,

例題一 欲求一 6 呎 直 徑 之 大 瓦 筒, 假 定 每 方 吋 之 抵 抗 力 為 50 磅, $f_c = 500$ 每 方 吋 磅, 試 推 求 瓦 筒 之 厚 度 與 鋼 積 若 干,

$$\text{答: } d = \frac{36P}{1.14 f_c - P} = \frac{36 \times 50}{1.14 \times 500 - 50} = 3\frac{1}{2} \text{ 吋, } d_t = 6 \text{ 吋.}$$

$$\text{鋼 積 } A_s = 0.01 \times 12 \times 3.5 = 0.42 \text{ 方 吋,}$$

用 $\frac{1}{2}$ " ϕ 間 6 吋 中 距,

例題二 根 據 上 題 試 推 求 助 鉄 之 公 式 如 下,

$$6 \times 12 P = 72 \times 50 = 3600 \text{ 吋 磅,}$$

$$\text{彎 矩 } M = \frac{3600 \times 6}{12} = 1800 \text{ 方 吋 磅,}$$

$$\text{深 度 } d = \sqrt{\frac{1800}{95 \times 12}} = 1.6 \text{ 吋.}$$

$$\text{鋼 積 } A_s = 0.00675 \times 12 \times 1.6 = 0.13 \text{ 方 吋.}$$

用 $\frac{1}{4}$ " ϕ 間 4 吋 中 距.

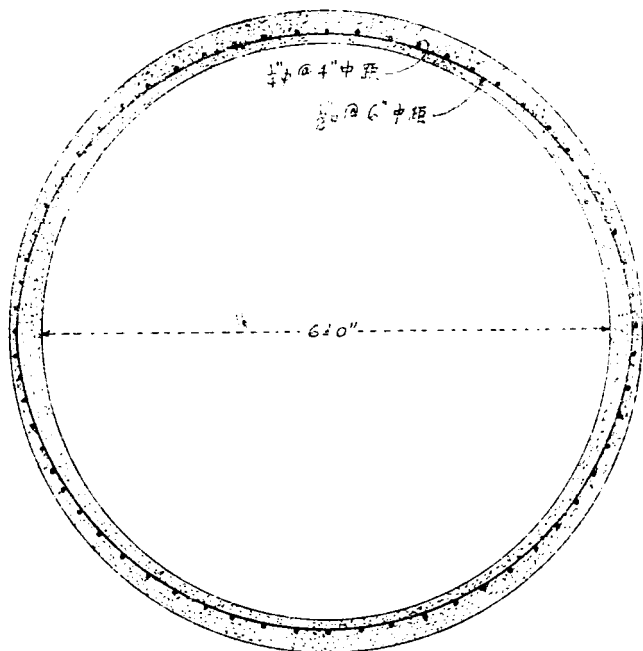
注 意 鉄 計 算 所 用 之 材 料 對 於 f_c 與 f_s 之 單 位 壓 力, 是 否 安 全, 仍 依 下 列 公 式 推 算 可 也.

$$K = \sqrt{\frac{2 N A_s d}{b} + \left(\frac{N A_s}{b}\right)^2} - \frac{N A_s}{b}$$

$$f_c = \frac{2 M}{b K \left(d - \frac{K}{3}\right)}$$

$$f_s = \frac{f_c b K}{2 A_s}$$

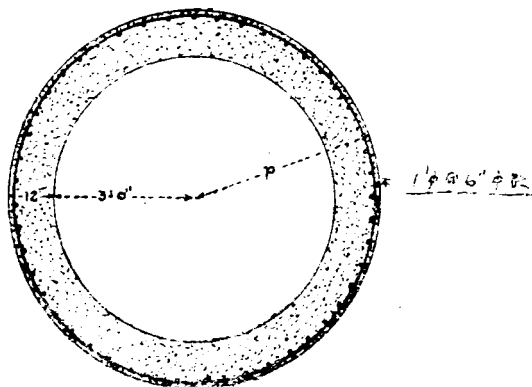
瓦筒剖面圖



比例 1" = 1'-6"

第二節 烟筒之計劃，對於風力之計算，每方呎 35 磅，假如設計一鋼骨混凝土之烟筒，高 130 呎，直徑 6 呎，下端之厚 12 吋，上端之厚 4 吋，用 1" @ 6 吋中距，列圖分解如下，

烟筒剖視圖如下



比例 1" = 3'-0"

$$r = 610'' = 72 \text{ 吋}, \quad 2 \times 12 = 24 \text{ 吋}, \quad 72 + 24 = 96 \text{ 吋}$$

$$72 + (2 \times 4) = 80 \text{ 吋}$$

公式 $0.7854(A+B)(A-B)$

求下端面積 = $\frac{0.7854(96+72)(96-72)}{144} = 22 \text{ 方呎}$

上端面積 = $\frac{0.7854(80+72)(80-72)}{144} = 6.63 \text{ 方呎}$

中央面積 = $\frac{22+6.63}{2} = 14.3 \text{ 方呎}$

$W = \text{自重} = 14.3 \times 130 \times 150 = 278350 \text{ 呎磅}$

公式 $A_1 = A + 14 A_c$

故 $A_1 = 22 \times 144 + 14 \times 0.7854 \times 48 = 3460$ 呎磅

$$\text{得 } \frac{W_1}{A_1} = \frac{278850}{3460} = 80 \text{ 每方吋磅}$$

又 f_1 不得超過 $600 - 80 = 520$ 每方吋磅

f_2 不得超過 $16000 + 15 \times 80 = 17200$ 每方吋磅

又求風力等載重 $P = 0.7854 \times 35 \times 130 \times \frac{96 + 80}{2 \times 12} = 260.25$ 呎磅

$$\text{又公式 } \frac{H(A+2B)}{3(A+B)} = \frac{130 \times 12(96 + 2 \times 80)}{3 \times (96 + 80)} = 756 \text{ 方吋磅}$$

或彎矩 $M = 260.25 \times 756 = 19674900$ 方吋磅

$$\text{又求 } K = y + r \left[1 - \cos 360 \frac{\sqrt{1.5na(b+na) - 1.5ma}}{2b - ma} \right]$$

$$\text{以上 } \alpha = 1'' = \frac{0.7854}{6} = 0.131$$

$$\begin{aligned} \text{故 } K &= \frac{2+46 \left[1 - \cos 360 \frac{\sqrt{1.5 \times 15 \times 0.131(12+15 \times 0.131)} - 1.5 \times 15 \times 0.131}{2 \times 12 - 15 \times 0.131} \right]}{1} \\ &= 2+46 - 1 [\cos 56.5] = 2+46 \times 0.448 = 22.6 \text{ 吋} \end{aligned}$$

$$\text{又求求泥之壓力 } D = f_c = \frac{M(35 - 1.5ma)}{2\pi rd(b+ma) \frac{n-y}{n} \left[\sqrt{1.5ma(b+ma) - 1.5ma} \right]}$$

$$f_c = \frac{19674900(35 - 1.5 \times 0.131)}{\frac{2 \times 22 \times 46 \times 96}{7} (12 + 15 \times 0.131) \frac{22 - 1.5}{22} \left[\sqrt{1.5 \times 15 \times 0.131(12 + 15 \times 0.131) - 1.5 \times 15 \times 0.131} \right]}$$

$$\frac{650255475}{1231020} = 528 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{求鋼條之壓力} = f_s = \frac{528 \times 15 (34 - 22)}{22} = 25021 \text{ 方吋磅}$$

查鋼條之壓力每方吋不得過 18000 磅，今屬過量，因另行計算，加重鋼條，或水泥加厚，以增其抵抗力為要。

例題一 擬建一中空圓柱，厚 3 吋，用 16- $\frac{1}{2}$ " 鋼條，柱之直徑外週 23 吋，裡週 17 吋，試推求該柱之壓力若干磅。

答：公式 $0.7854(a+b)(b-a) = A$ ，為混凝土面積如下：

$$0.7854(17+23)(23-17) = 188.5 \text{ 方吋}$$

$$\text{又 } A_c = 16 \times 0.25 \times 0.7854 = 3.14 \text{ 方吋為鋼積}$$

假定水泥 $f_c = 500$ 每方吋磅。

$$\text{壓力} = W = 500(188.5 + 14 \times 3.14) = 116230 \text{ 吋磅}$$

例題二 假如上題改為小煙筒，其高度未知，但知求重為 25000 磅，又風力等重 $P = 2000$ 磅，下部半徑 10 吋， $Y = 1$ 吋，用 $\frac{1}{2}$ " @ 4 吋中距，試推求彎矩與 f_c 及 f_s 之壓力各若干磅。

$$\text{答： } A_1 = 188.5 + 14 \times 3.14 = 232.5 \text{ 吋}$$

$$W = 25000 \text{ 磅}$$

$$\frac{W}{A_1} = \frac{25000}{232.5} = 108 \text{ 每方吋磅}$$

$$f_c = \text{不能超過 } 600 - 108 = 492 \text{ 每方吋磅}$$

$$f_s = \text{不能超過 } 16000 + 15 \times 108 = 17620 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{自行推算 } r = \frac{0.5 \times 0.7854}{4} = 0.049 \text{ 方吋}$$

$$K = 1.5 + 10 \left[1 - \cos 360 \frac{\sqrt{1.5 \times 15 \times .049 (3 + 15 \times .049)} - 1.5 \times 15 \times .049}{2 \times 3 - 15 \times .049} \right]$$

$$1.5 + 10 (1 - \cos 63.4) = 1.5 + 10 (1 - 0.447) = 7 \text{ 吋.}$$

$$\text{彎矩 } M = 2000 \times 10 \times 12 = 240000 \text{ 吋磅.}$$

$$d = 23 - 1.5 = 21.5 \text{ 吋.}$$

$$f_c = \frac{240000 (3 \times 3 - 15 \times 15 \times .049)}{\frac{2 \times 32 \times 12 \times 21.5}{7} (3 + .049 \times 15 \frac{7 - 1.5}{7}) \left(\sqrt{15 \times 15 \times .049 (3 + 15 \times .049)} - 1.5 \times 15 \times .049 \right)}$$

$$= \frac{240000 \times 7.9}{1351.43 \times 3.577 \times 0.9265} = 423 \text{ 每方吋磅.}$$

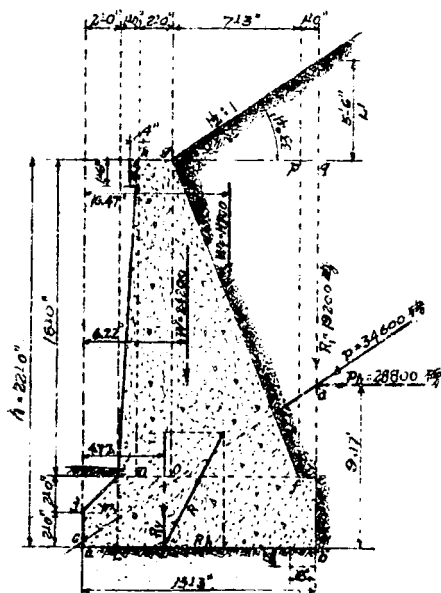
$$f_s = \frac{423 \times 15 (21.5 - 7)}{7} = 13143 \text{ 每方吋磅.}$$

第九章 駁岸之計算

夫駁岸與橋樑等，對於房屋建築師，或可缺如，惟就社會建築師，應有相當之技術，故錄之以供參考。

第一節 無鋼條之駁岸，其計劃與有鋼條設備者不同。假如泥土每方呎 110 磅，混凝土每方呎 150 磅，岸上泥土為 1/2 : 1 之比，欲求各應力之所在，與大小呎吋，參考如圖。

駁岸剖視圖



比例 $\frac{1}{8} = 1:0'$

分解先求 $1/2:1$ 比之度角，為 $\tan Z = \frac{2}{1}$ ，即 $Z = 33^{\circ}33'$ 度。查上圖 99 之 $\tan = h = 8.25 \tan Z = 5.5$ 呎。(角度表查 155 張)

求得 $P = \frac{1}{2} W (h + h_1)^2 \cos Z = \frac{1}{2} \times 110 \times 27.5^2 \times 0.832 = 34600$ 磅。

$P_h = P \cos Z = 34600 \times 0.832 = 28800$ 磅。

$P_v = P \sin Z = 34600 \times 0.555 = 19200$ 磅 = R_1

又求 P_h 之距點 = $\frac{1}{3} \times 27.5 = 9.17$ 呎。

再求各部份自身截重列表如下。

各部份	面積	重量
a j m i	$2 \times 2 = 4$	$(\frac{1}{2} \times 2) \times 4 = 4$
b e i i	$11.25 \times 4 = 45$	$(2 + \frac{1}{2} \times 11.25) \times 45 = 343$
g h n o	$2 \times 1.8 = 3.6$	$(3 + \frac{1}{2} \times 2) \times 3.6 = 14.4$
i j m	$\frac{1}{2} \times 2 \times 2 = 2$	$(\frac{2}{3} \times 2) \times 2 = 3$
k l n	$\frac{1}{2} \times 1 \times 18 = 9$	$(2 + \frac{2}{3} \times 1) \times 9 = 24$
f g o	$\frac{1}{2} \times 7.25 \times 18 = 65.3$	$(5 + \frac{2}{3} \times 7.25) \times 6.55 = 48.5$
總計 = 161.3		總計 = 1003

故 $W = 161.3 \times 15 = 24200$ 磅。而跟站為 $1003 \div 161.3 = 6.22$ 呎。

參看如前圖。

對於泥工壓力推測到表如下。

各部份	面積	重量
e f p q	$1 \times 18 = 18$	$(13.25 - \frac{1}{2} \times 1) \times 18 = 230$
f q p	$\frac{1}{2} \times 7.25 \times 18 = 65.3$	$(5 + \frac{2}{3} \times 7.25) \times 65.3 = 640$
g h q	$\frac{1}{2} \times 8.25 \times 5.5 = 22.7$	$(5 + \frac{2}{3} \times 8.25) \times 22.7 = 238$
總計 = 106.0		總計 = 1108

$W_f = 106 \times 110 = 11700$ 磅。

$1108 \div 106 = 10.47$ 呎。參看如前圖。

求總重量如 W , W_f 與 P_v 減 P_h 排列如下。

24200×6.22 呎磅。

11700×10.47 呎磅。

19200×13.25 呎磅。

55100×29.94 呎磅。

總彎矩 $M = (55100 \times 29.94) - (28800 \times 9.17) = 263000$ 呎磅。

再求 R, R_y, R_x 之重心點 x 如下。

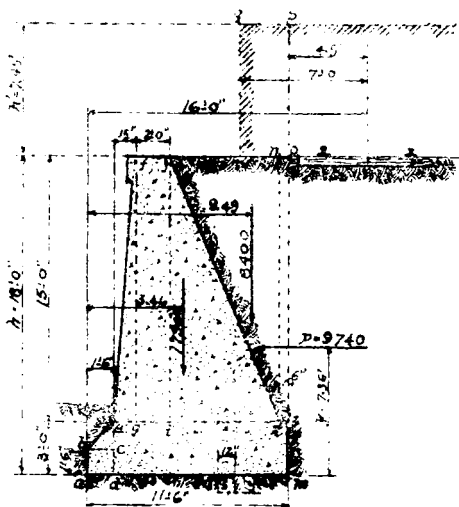
即 $W + W_f + P_y = 24000 + 11700 + 19200 = 55100$ 磅。

隨後以上數相減，得 $x = \frac{263000}{55100} = 4.77$ 呎。

欲驗重心是否安全可以 $\frac{1}{3} \times b'd = \frac{1}{3} \times 15.25 = 4.42$ 呎。

即 x 之重心處與上式 x 相近。

例題一 有一河塘，近邊欲築鐵路恐有危險，故建混凝土駁岸一段，斜坡 = (1 份：1)，泥重每立方呎 115 磅，火車軌離地 16'0" 呎，草蓋面積 = 12000 磅，假定駁岸 (14 + 4) = 18 呎深，高 15'0" 呎，闊 12'6" 呎，如圖，試驗答之。



駁岸剖視圖

比例 $\frac{1}{8} = 1:20$

答先推求軌道中線與外角之距 = $16 \cdot 115 = 4.5$ 呎。

又 $\frac{1}{2} \times 14 = 7$ 呎，車行假定重 $P = \frac{12000}{14} = 857$ 每方呎磅。

$h = \frac{857}{115} = 7.45$ 呎， $h = 18$ 呎，度角 $Z = 33^\circ 40'$ 度。

隨後求 $P = \frac{1}{2} Wh (h + 2h') \frac{1 - \sin Z}{1 + \sin Z} =$

$$\frac{1}{2} \times 115 \times 18 \times (18 + 2 \times 7.45) \times \frac{1 - .555}{1 + .555} = 9740 \text{ 磅。}$$

$$y = \frac{h^2 + 3h'h}{3(h + 2h')} = \frac{18^2 + 3 \times 7.45 \times 18}{3 \times (18 + 2 \times 7.45)} = 7.36 \text{ 呎}$$

$$M = P \cdot 7.36 = 9740 \times 7.36 = 71700 \text{ 呎磅。}$$

再求各部份混凝土之彎矩，列表如下。

各部份	面積	彎矩
a b c d	$1.5 \times 1.5 = 2.25$	$(\frac{1}{2} \times 1.5) \times 2.25 = 2$
b c e	$\frac{1}{2} \times 1.5 \times 1.5 = 1.13$	$(\frac{2}{3} \times 1.5) \times 1.13 = 1.13$
e f g	$\frac{1}{2} \times 1.25 \times 15 = 9.38$	$(1.5 + \frac{2}{3} \times 1.25) \times 9.38 = 22$
f g i j	$2 \times 15 = 30.00$	$(1.5 + 1.25 + \frac{1}{2} \times 2) \times 30.00 = 113$
i j k	$\frac{1}{2} \times 6.25 \times 15 = 46.88$	$(2.75 + 2 + \frac{1}{3} \times 6.25) \times 46.88 = 320$
d e l m	$10 \times 3 = 30.00$	$(1.5 + \frac{1}{2} \times 10) \times 30.00 = 175$
總計 = 119.64		總計 = 653

混凝土重每立方呎 = 150 磅，故 $119.64 \times 150 = 17900$ 磅。

重心距為 $653 \div 119.64 = 5.46$ 呎。如前圖，其彎矩為

$$M = 17900 \times 5.46 = 97700 \text{ 呎磅。}$$

茲求各部份之泥土彎矩列表如下。

各部份	面 積	彎 矩
J K N	$\frac{1}{2} \times 6.25 \times 15 = 46.88$	$(2.75 + 2 + \frac{2}{3} \times 6.25) \times 46.88 = 418$
K L O P	$.5 \times 15 = 7.5$	$(11.5 - \frac{1}{2} \times .5) \times 7.50 = 84$
O P Q R	$(7 - 4.5) \times 7.45 = 18.63$	$(11.5 - \frac{1}{2} \times 2.5) \times 18.63 = 191$
	總計 = 73.01	總計 = 693

泥土重每方呎 = 115 磅故 $73.01 \times 115 = 8400$ 磅。重心距為 $693 \div 73.01 = 9.49$ 呎。其彎矩為 $M = 8400 \times 9.49 = 79700$ 呎磅。若 $(W + W_f) = 17900 + 8400 = 26300$ 磅。

應力彎矩 = $(W + W_f) \cdot P = (97700 + 79700) - 71700 = 105700$ 呎磅。
再以應力彎矩除應力，得 R 之重心點距 x，如下。

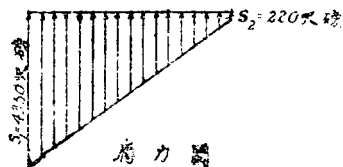
$105700 \div 26300 = 4.02$ 呎。以 $\frac{1}{3} \times 11.5 = 3.83$ 呎。驗得相差 2 吋，尚屬安全。

再求 $R_v = W + W_f = 17900 + 8400 = 26300$ 磅。 $d = 11.5$ 吋。該底脚之偏心應力

$$\text{先求偏心率 } e = \frac{j}{2} - \frac{1}{3} d = \frac{11.5}{2} \cdot 4.02 = 1.73 \text{ 呎}$$

$$\text{故 } S_1 = \frac{R_v}{d} \left(1 + \frac{be}{d} \right) = \frac{26300}{11.5} \times \left(1 + \frac{6 \times 1.73}{11.5} \right) = 4350 \text{ 呎磅。}$$

參看如左圖



比例 $\frac{1}{4} = 1:0$

$$\text{答 } P = \frac{1}{2} \times 110 \times 9^2 = 4450 \text{ 呎磅。}$$

$$\frac{1}{3} \times 9 = 3 \text{ 呎。}$$

每部份牆面積呎磅如下。

$$cde = \frac{1}{2} \times 5 \times 8 = 2 \text{ 呎。}$$

$$defg = 1.25 \times 8 = 10 \text{ 呎。}$$

$$fgh = \frac{1}{2} \times 3.25 \times 8 = 13 \text{ 呎。}$$

$$abij = 5.5 \times 1 = 5.5 \text{ 呎。}$$

$$\underline{\quad\quad\quad} \\ 30.5 \text{ 呎。}$$

面積方呎

乘 數

$$\frac{1}{2} \times 5 = 0.333 \text{ 呎。} \quad 2 \times 0.333 = 0.666$$

$$.5 + \frac{1}{2} \times 1.25 = 1.125 \text{ 呎。} \quad 10 \times 1.125 = 11.25$$

$$.5 + 1.25 + \frac{1}{3} \times 3.25 = 2.83 \text{ 呎。} \quad 3 \times 2.83 = 8.67$$

$$.5 + \frac{1}{2} \times 5.5 = 3.25 \text{ 呎。} \quad 5.5 \times 3.25 = 17.875$$

$$\underline{\quad\quad\quad} \\ 65.675$$

$$65.675 \div 30.5 = 2.15 \text{ 呎。}$$

$$\text{牆重} \quad 30.5 \times 120 = 3650 \text{ 磅。}$$

$$\text{磨幕重} \quad 3650 \times 2.15 = 7800 \text{ 呎磅。}$$

填泥部份

乘 比

$$hgm = \frac{1}{2} \times 3.25 \times 8 = 13 \text{ 呎。} \quad .5 + 1.25 + \frac{2}{3} \times 3.25 = 3.91 \text{ 呎。}$$

$$hijn = .25 \times 8 = 2 \text{ 呎。} \quad 5.5 - \frac{1}{2} \times 2 = 4.5 \text{ 呎。}$$

$$\underline{\quad\quad\quad} \\ 15 \text{ 呎。}$$

響幕

$$13 \times 3.91 = 51$$

$$2 \times 4.5 = 9$$

60

$$60 \div 15 = 4 \text{ 呎.}$$

填泥部份重 $15 \times 110 = 1650$ 磅.

響幕 $1650 \times 4 = 6600$ 呎磅.

$$W = 7800 \text{ 呎磅.}$$

$$W_f = 6600 \text{ 呎磅.}$$

$$\underline{14400 \text{ 呎磅.}}$$

$$m = Ph = 4450 \times 3 = 13300 \text{ 磅.}$$

$(W_f + W)$ 超過 Ph

$$14400 - 13300 = 1100 \text{ 磅.}$$

$$R = 14400 - 4450 = 9950 \text{ 磅.}$$

$$R_V = 3650 + 1650 = 5300 \text{ 磅.}$$

$$9950 \div 5300 = 1.86 \text{ 呎.}$$

$$e = \frac{5.5}{2} - 1.86 = 0.89 \text{ 呎.}$$

$$S_1 = \frac{5300}{5.5} \left(1 + \frac{6 \times 0.89}{5.5} \right) = 1910 \text{ 呎磅.}$$

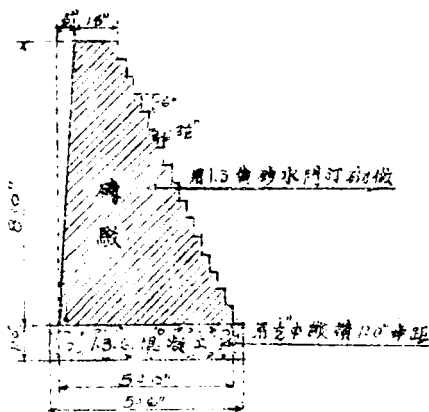
$$S_2 = \frac{5300}{5.5} \left(1 - \frac{6 \times 0.89}{5.5} \right) = 288 \text{ 呎磅.}$$

$$z_j = 1910 - \frac{1.5}{5.5} \times (1910 - 288) = 1465 \text{ 呎磅.}$$

$$gh = 1910 - \frac{3}{5.5} \times (1910 - 288) = 1030 \text{ 呎磅.}$$

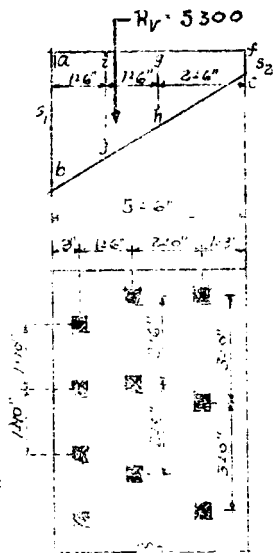
$$a_i^2 (ah + z_j) = \frac{1.5}{2} \times (1910 + 1465) = 2530 \text{ 呎磅.}$$

配置圖形參考如下



剖視圖

(a)



配置圖

(b)

比例 $\frac{1}{4} = 1:0''$

$$\frac{jg}{2} (j + gh) = \frac{1.5}{2} \times (1465 + 1030) = 1870 \text{ 呎磅}$$

$$\frac{gf}{2} (gh + fc) = \frac{2.5}{2} \times (1030 + 288) = 1630 \text{ 呎磅}$$

用 5 吋方格 @ 12:0 呎長

$$W = 200 \times \left(\frac{5 \times 5}{12}\right) \times 12 = 5000 \text{ 呎磅}$$

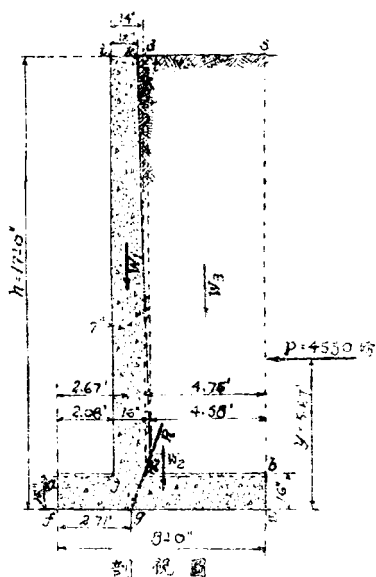
$$S = \frac{5000}{2530} = 1.97 \text{ @ } 12:10 \text{ 中距}$$

$$\frac{5000}{1870} = 2.67 \text{ @ } 2'6'' \text{ 中距.}$$

$$\frac{5000}{1630} = 3.03 \text{ @ } 3'0'' \text{ 中距.}$$

第二節 鋼骨混凝土駁岸，與上題畧有不同，分解如下。

假如有一駁岸，高17呎，斜坡1比1之比，混凝土每立方呎150磅，泥土每立方呎110磅，欲推求底脚之潤若干呎，參看如下圖。



$$\text{比例 } \frac{3}{4} = 120''$$

剖視圖

先求潤度 = $4.5 \times 17 = 7.65$ 呎，假定為 $8'0''$ 呎，又假定牆之厚度平均 15 吋，隨後求 $P = .143 Wh^2 = .143 \times 110 \times 17 \times 17 = 4550$ 磅，求重心 $y = \frac{1}{3} \times 17 = 5.67$ 呎。

$$\text{總重 } M = 4550 \times 5.67 = 25800 \text{ 呎磅}$$

各部份重量	乘比	總重
牆 $W_1 = 1.17 \times 15.75 \times 150 = 2770$	2.67	= 7400
腳 $W_2 = 8 \times 1.25 \times 150 = 1500$	4	= 6000
坑 $W_3 = 4.75 \times 15.75 \times 110 = 8230$	$8\frac{1}{2} \times 4.75 = 5.62$	<u>46300</u>
	12500 呎磅	59700 呎磅

$$\text{抵響器為 } 59700 - 25800 = 33900 \text{ 呎磅}$$

$$\text{求重心 } R \text{ 點至外角之距離為 } = \frac{33900}{12500} = 2.71 \text{ 呎}$$

又以 $\frac{1}{3} \times 8 = 2.67$ 呎，為中心點，參看上圖。

再計算牆之厚度及鋼筋 $f_3 = 18000$ 每方吋磅，

$$f_c = 650 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{牆之高 } h = 17'0'' \text{ 呎，因減 } 1.25, \text{ 即 } 17 - 1.25 = 15.75 \text{ 呎}$$

$$\text{再求 } P' = .143 W h^2 = .143 \times 110 \times 15.75^2 = V = 3900 \text{ 磅}$$

$$\text{又重心距 } \frac{1}{3} \times 15.75 = 5.25 \text{ 呎}$$

$$\text{總重 } M' = 3900 \times 5.25 = 20500 \text{ 呎磅}$$

假定 $N = 15$ ，查表在第三行 $f_3 = 16000$ 與 $f_c = 650$ 之下， K 為 107.7。

$$\text{故 } d = \sqrt{\frac{M}{K}} \cdot \sqrt{\frac{20500}{107.7}} = 13.8 = 14 \text{ 吋}$$

$$\text{又在表上查得 } j = .874 \text{ 故每方吋剪力 } V = \frac{V}{bjd}$$

$$\frac{3900}{12 \times .874 \times 14} = 26.5 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{公式} \cdot K = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} \quad p = \frac{f_c K}{2f_s} \quad j = 1 - \frac{K}{3} \quad K = \frac{1}{2} f_c K_j \text{ 或 } p f_s j$$

f_s	14000						
f_c	500	550	600	650	700	750	800
p	0.0062	0.0073	0.0084	0.0095	0.0107	0.0119	0.0132
K	0.3488	0.3708	0.3913	0.4105	0.4286	0.4455	0.4615
j	0.8838	0.8764	0.8696	0.8632	0.8571	0.8515	0.8462
K	77.07	89.37	102.1	115.2	128.6	142.2	156.2
f_s	16000						
f_c	500	550	600	650	700	750	800
p	0.0050	0.0058	0.0068	0.0077	0.0087	0.0097	0.0107
K	0.3131	0.3402	0.3600	0.3786	0.3962	0.4128	0.4286
j	0.8936	0.8866	0.8800	0.8738	0.8679	0.8624	0.8571
K	71.29	82.95	95.04	107.5	120.4	133.5	146.8
f_s	18000						
f_c	500	550	600	650	700	750	800
p	0.0041	0.0048	0.0056	0.0063	0.0072	0.0080	0.0089
K	0.2941	0.3143	0.3333	0.3514	0.3684	0.3846	0.4000
j	0.9020	0.8952	0.8889	0.8829	0.8772	0.8718	0.8667
K	66.32	77.37	88.88	100.8	113.1	125.7	138.7
f_s	20000						
f_c	500	550	600	650	700	750	800
p	0.0034	0.0040	0.0047	0.0053	0.0060	0.0068	0.0075
K	0.2727	0.2920	0.3103	0.3277	0.3443	0.3600	0.3750
j	0.9091	0.9027	0.8966	0.8908	0.8852	0.8800	0.8750
K	61.98	72.49	83.46	94.87	106.7	118.8	131.3

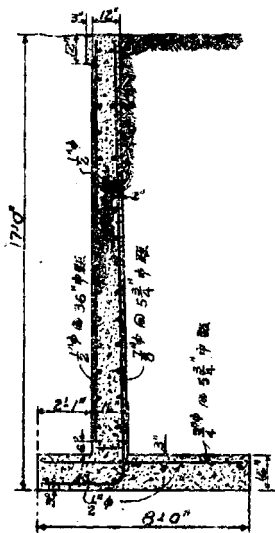
鋼條比率一覽表

假定牆之上端 12 吋，下端 16 吋，中央為 $\frac{12+16}{2} = 14$ 吋。隨檢定鋼積如下。

$$\text{鋼積} = A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{20500}{16000 \times 0.874 \times 14} = 0.1047 \text{ 方吋}$$

假定用 $\frac{7}{8}$ " 直徑 = .601 吋。

再求排置鋼條跨距 = $S = \frac{.601}{.1047} = 5 \frac{3}{4}$ 吋中距。參看如下圖。



駁岸剖視圖

比例 $\frac{3}{16} = 1:0''$

再求外腳之厚度 d 與鋼積 A_s 如下。

先求偏心率 $e = \frac{8}{2} - 2.71 = 1.29$ 呎。

$d = 8$ 呎。

$R_V = 12500$ 磅。

$$S_1 = \frac{R_V}{d} \left(1 + \frac{6e}{d}\right) = \frac{12500}{8} \times \left(1 + \frac{6 \times 1.29}{8}\right) = 3070 \text{ 呎磅。}$$

$$S_2 = \frac{R_V}{d} \left(1 - \frac{6e}{d}\right) = \frac{12500}{8} \times \left(1 - \frac{6 \times 1.29}{8}\right) = 50 \text{ 呎磅。}$$

再求 mnp 之分子如上圖。

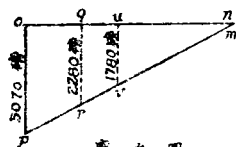
$$\text{即 } 50 + \frac{5.92}{8} \times (3070 - 50) = 2280 \text{ 呎磅。}$$

又求 $OPRq$ 之總剪力 = $2.08 \times \left(\frac{3070 + 2280}{2}\right) = 5560$ 磅如下圖。

假如該底脚之厚假定 1.25 呎。

則載重為 $2.08 \times 1.25 \times 150 = 390$ 磅。

故 $5560 - 390 = 5170$ 磅。



剪力圖

比例 $\frac{1}{8}'' = 110''$

欲求有效深度 $d = \frac{V}{jbr} = \frac{5170}{874 \times 12 \times 40} = 12.3 = 13$ 吋。 $d_t = 16$ 吋。

$$\begin{aligned} \text{再求彎矩 } M' &= 2.08 \times 2.280 \times \frac{2.08}{2} + \frac{1}{2} \times 2.08 \times (3070 - 2280) \times \frac{2}{3} \times 2.08 \\ &= 6070 \text{ 呎磅。} \end{aligned}$$

又求自重之彎矩 $M'' = 2.08 \times 1.33 \times 150 \times \frac{2.08}{2} = 432$ 呎磅。

$$M = M' - M'' = 6070 - 430 = 5640 \text{ 呎磅。}$$

$$\text{鋼積} = A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{5640}{16000 \times .874 \times 13} = .031 \text{ 方吋.}$$

假定用 $\frac{1}{2}$ "^φ 直徑 = 0.1963 方吋.

欲推求跨距如 $S = \frac{.1963}{.031} = 6.3$ 吋. 讓步以 6 吋中距.

鋼條折法參看上圖.

再求裡腳之厚度 d 與鋼積 A_s 如下.

假定 $d = 16$ 吋, 跨距為 4.58 呎, 泥之重量為 $W = 4.58 \times 15.67 \times 110$
= 7890 磅.

裡腳之半為 $\frac{1}{2} \times 4.58 = 2.29$ 呎.

其彎矩為 $M' = 7890 \times 2.29 = 18070$ 呎磅.

其自重為 $4.58 \times 1.33 \times 150 = 4.58 \times 200 = 916$ 磅.

又彎矩為 $M'' = 916 \times 2.29 = 2100$ 呎磅.

又求得泥土之應力 = $50 + \frac{4.58}{8} \times (3070 - 50) = 1780$ 磅其彎矩

為 $M''' = 4.58 \times 50 \times \frac{4.58}{2} + \frac{1}{2} \times 4.58 \times (1780 - 50) \times \frac{1}{3} \times 4.58 = 6570$ 呎磅.

其總彎矩為 $M = M' + M'' - M''' = 18070 + 2100 - 6570 = 13600$ 呎磅.

求 d 之深度 = $\sqrt{\frac{M}{K}} = \sqrt{\frac{13600}{107.7}} = 11.2$ 方吋. 總深度 $d_t = 16$ 吋. 其

總剪力為 $7890 + 920 = 8810$ 磅.

其抵剪力為 $4.58 \times \left(\frac{1780 + 50}{2} \right) = 4190$ 磅.

故 $V = (8810 - 4190) = 4620$ 磅.

$$\text{單位剪力} = V = \frac{V}{bjd} = \frac{4620}{12 \times .874 \times 13} \quad 34 \text{ 每方吋磅。}$$

$$\text{求鋼積} = A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{13600}{16000 \times .874 \times 13} = .0747 \text{ 方吋。}$$

假定用 $\frac{3}{4}$ " 直徑 = .442 方吋。求距離 $S = \frac{.442}{.0747} = 5.92$ 吋。即 $5\frac{3}{4}$ 吋。

時中距，參看上圖完。

例題一。有一混凝土駁牆，高 15 呎，外底腳伸出 2 呎，泥重每立方呎 100 磅，斜坡度 $1\frac{1}{2}$ 與 1 之比。 $f_s = 16000$ 磅， $f_c = 800$ 磅。試推求該牆之厚度，與鋼積及底腳之裡外應力各若干。

答：先求底腳之濶 = $.6 \times 15 = 9$ 呎。牆之折中厚度為 15 吋。底腳之深度 $d = 18$ 吋。泥之計算為 $= 9 - 2 - 1.25 = 5.75$ 呎。

角度 $Z = 33^\circ 40'$ 度， $h' = 5.75 \times \tan Z = 5.75 \times \frac{2}{3} = 3.83$ 呎。

求 $P = \frac{1}{2} W (h + h')^2 \cos Z = \frac{1}{2} \times 100 \times 18.83^2 \times .832 = 14750$ 磅。

又求 $Y = \frac{1}{3} \times 18.83 = 6.28$ 呎， $P_h = P \cos Z = 14750 \times .832 = 12270$ 磅。

再求 $P_v = P \sin Z = 14750 \times .555 = 8190$ 磅。(符號參考 132 頁)

隨後求偏心載重推算如下。

各部份之載重	乘比	磅
駁牆 $W_1 = 1.25 \times 13.5 \times 150 = 2530$ 呎磅。	$= 2.65$	6650 呎磅。
底腳 $W_2 = 9 \times 1.5 \times 150 = 2030$ 呎磅。	$= 4.5$	9140 呎磅。
abcf $W_3 = 5.75 \times 13.5 \times 100 = 7760$ 呎磅。	$9 - \frac{1}{2} \times 5.75 = 6.12$	47490 呎磅。
afg $W_4 = \frac{1}{2} \times 5.75 \times 3.83 \times 100 = 1100$ 呎磅。	$9 - \frac{1}{3} \times 5.75 = 7.08$	7730 呎磅。
P_v	$= 8190$ 呎磅。	$= 9$ 73710 呎磅。
總計 = 21610 呎磅。		總計 = 144780 呎磅。

$$P_h Y = 12270 \times 6.28 = 77100 \text{ 呎磅.}$$

應力臂 $M = 144800 - 77100 = 67700$ 呎磅 求 e 至 z 的

距離 = $\frac{M}{21600} = 3.13$ 呎, 外角重心距 = $\frac{1}{3} \times 9 = 3$ 呎, 牆與底脚石子之比重, 查下表.

分類	潮濕之土	.33	分類	石子	.60
"	砂地	.40	"	岩石或其他石類	.65
"	幹土	.50			

得 .6 即 $21600 \times .6 = 12960$ 磅. $P_v = 12270$ 磅. 求泥土垂直力即 $12270 \times \frac{1}{2} - 12960 = 5450$ 磅. ($\frac{1}{2}$ 為安全率)

又 $R_v = 21600$ 磅, $d = 9$ 呎, $e = \frac{9}{2} - 3.13 = 1.37$ 呎. 根據以上順序, 求下端應力如下.

$$S_1 = \frac{R_v}{d} \left(1 + \frac{6e}{d} \right) = \frac{21600}{9} \times \left(1 + \frac{6 \times 1.37}{9} \right) = 4590 \text{ 呎磅.}$$

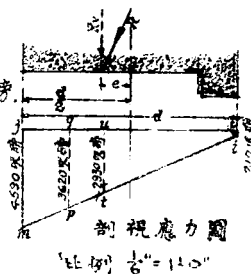
$$S_2 = \frac{R_v}{d} \left(1 - \frac{6e}{d} \right) = \frac{21600}{9} \times \left(1 - \frac{6 \times 1.37}{9} \right) = 210 \text{ 呎磅.}$$

再求牆之假構 $15 - 2 = 13$ 呎.

$$P' = \frac{1}{2} W h^2 \cos Z = \frac{1}{2} \times 100 \times 13^2 \times .832 = 7030 \text{ 磅.}$$

$$\text{又 } P'_h = P' \cos Z = 7030 \times .832 = 5850 \text{ 磅.}$$

牆之重心距 = $\frac{1}{3} \times 13 = 4.33$ 呎.



再求彎矩 = $M' = 5850 \times 4.33 = 25300$ 呎磅。

$f_s = 16000$ 每方吋磅。

$f_c = 800$ 每方吋磅。

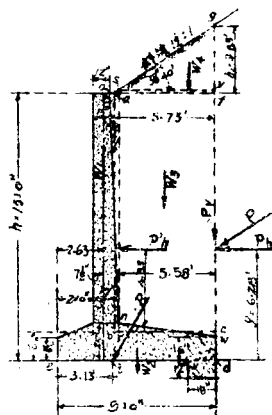
$n = 15$ 。

$K = 147.1$ 。

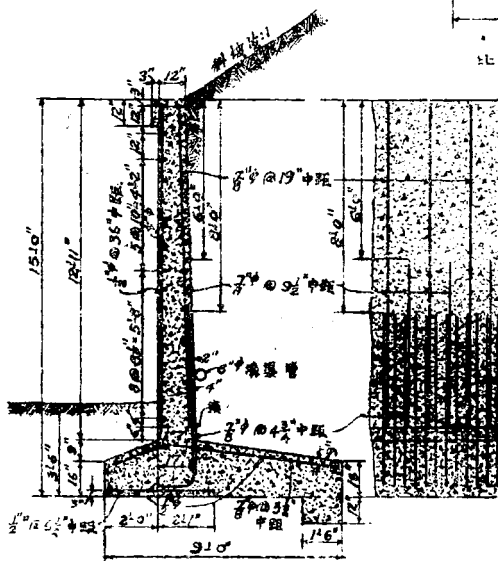
$$d = \sqrt{\frac{M'}{K}} = \sqrt{\frac{25300}{147.1}} = 13.1 = 14 \text{ 吋。}$$

再求有效深度 $d = \frac{V}{j b V} = \frac{5850}{.857 \times 12 \times 40} =$

14.2 = 15 吋。



比例 $\frac{1}{8} = 120'$



剖視圖

正面圖

比例 $\frac{3}{16} = 120'$

$$\text{又求鋼積} = A_s = \frac{M'}{f_s j d} = \frac{25300}{16000 \times .857 \times 15} = 0.123 \text{ 方吋。假定用 } \frac{7}{8}$$

$$\text{吋，直徑} = .601 \text{ 方吋。求中距} = \frac{.601}{.123} = 4.89 \text{ 吋。即 } 4\frac{3}{4} \text{ 吋中距如圖。}$$

$$\text{又求滑力，應先求鋼積} = \frac{12}{4.75} = 2.53 \text{ 吋。次求圓週} = 2.53 \times 2.75 = 6.96 \text{ 吋。}$$

$$\text{隨後得滑力} = U = \frac{V}{j d \phi} = \frac{5850}{857 \times 15 \times 6.96} = 65.4 \text{ 每方吋磅。}$$

$$\text{再求直鉄深度 } d = 25 \text{ 吋。即 } 25 \times \frac{7}{8} = 22 \text{ 吋} = 2 \text{ 呎。跨距以 } 2 \times \frac{3}{4} = 9\frac{1}{2} \text{ 吋。參看如上圖。再以 } 4 \times \frac{3}{4} = 19 \text{ 吋中距。}$$

又鋼之長短再以公式推算如下。

$$h_x = h_s \sqrt[3]{\frac{A_x}{A_s}} = .794 h_s = .794 \times 13 = 10.3 \text{ 呎} = 10 \text{ 呎。}$$

$$\text{彎矩} = M = \left(\frac{10}{13}\right)^3 \times 25300 = 11500 \text{ 呎磅。}$$

$$\text{再求有效厚度 } d = 10 + \frac{10}{13} \times (15 - 10) = 13.8 \text{ 吋。}$$

$$\text{鋼積 } A_s = \frac{.601 \times 2.53}{2} = .76 \text{ 方吋。}$$

$$P = \frac{.76}{12 \times 13.8} = 0.00459, \quad j = .897.$$

$$\text{抗彎矩} = M = A_s j d f_s = .76 \times .897 \times 13.8 \times 16000 = 12500 \text{ 呎磅。}$$

$10 - 2 = 8 \text{ 呎}$ ，參看上圖。

$$\text{再引證明 } h_x = h_s \sqrt[3]{.25} = 13 \times .63 = 8.2 \text{ 呎。}$$

$$\text{再求彎矩} = M = \left(\frac{8}{13}\right)^3 \times 25300 = 5900 \text{ 呎磅。 } d = 10 + \frac{8}{13} \times (15 - 10) = 13.1 \text{ 吋}$$

$$\text{鋼積} = A_s = \frac{.607 \times 2.53}{4} = .38 \text{ 方吋}$$

$$p = \frac{.38}{12 \times 13.1} = .00242$$

$$j = .922$$

$$\text{混凝土} = M = .38 \times .922 \times 13.1 \times 16000 = 6120 \text{ 呎磅, 又 } 8-2 = 6 \text{ 呎, 參}$$

看圖上。

$$\text{此外直鐵} = .002 \times 17 \times \frac{2}{3} = .0227 \text{ 吋}$$

$$\text{如用 } \frac{1}{8} \text{ 吋直鐵求跨距為 } = \frac{.136}{.0227} = 8.63 = 8 \frac{1}{2} \text{ 吋中距。}$$

$$\text{梁厚度 } d = \frac{12+17}{2} = 14.5 \text{ 吋}$$

$$\text{其直鐵積} = A_s = .002 \times 14.5 \times \frac{2}{3} = 0.0193 \text{ 吋}$$

$$\text{跨距} = \frac{.136}{.0193} = 10.15 = 10 \text{ 吋, 參看上圖}$$

例題二 根據上題, 試再推求底筋厚度與鋼積各若干。

$$\text{答: 先求混凝土反力} = S_2 = 200 + \frac{7}{9} \times (4590 - 210) = 3620 \text{ 磅}$$

$$\text{再求 } jMPQ = 2 \times \left(\frac{4590 + 3620}{2} \right) = 8210 \text{ 磅, 底筋之深度 } = d = 15 \text{ 呎}$$

$$\text{載重} = 1.5 \times 2 \times 150 = 450 \text{ 磅, } V = (8210 - 450) = 7760 \text{ 磅}$$

$$\text{彎矩} = M = 2 \times 3620 \times \frac{2}{2} + \frac{1}{2} \times 2 \times (4590 - 3620) \times \frac{2}{3} \times 2 = 8530 \text{ 呎磅}$$

$$\text{其彎筋載重為 } 450 \times \frac{2}{3} = 450 \text{ 呎磅}$$

$$\text{其載重為 } 8530 - 450 = 8080 \text{ 呎磅}$$

$$\text{求有效深度} = d = \frac{V}{j6V} = \frac{7760}{857 \times 12 \times 40} = 18.9 \text{ 吋}$$

$$\text{其抵抗彎矩之深度} = d = \sqrt{\frac{M}{K}} = \sqrt{\frac{8080}{147.1}} = 7.4 \text{ 吋}$$

$$\text{再求 CRS9 泥土之重} = f_v = \frac{2}{3} \times (5.75 - 5.58) = .11 \text{ 呎} \text{ (參考 132 頁)}$$

$$VS = 15 + .11 - 1.5 = 13.61 \text{ 呎} \text{ 故 } W = CRSV = 5.58 \times 13.61 \times 100 = 7590 \text{ 磅}$$

$$\text{又 SV9} = \frac{1}{2} \times 5.58 \times (3.83 - .11) \times 100 = 1040 \text{ 磅}$$

$$\text{又拖脚 } 12" \times 18" \text{ 之自重} = W = 5.58 \times 1.5 \times 150 = 1260 \text{ 磅}$$

$$\text{在牆之背面應力} = 210 + \frac{5.58}{9} \times (4590 - 210) = 2930 \text{ 磅}$$

$$\text{又 KLU 之重} = 5.58 \times \left(\frac{2930 + 210}{2} \right) = 8760 \text{ 磅} \text{ (參考 131 頁)}$$

$$\begin{aligned} \text{彎矩在 } R &= 7590 \times \frac{5.58}{2} + 1040 \times \frac{2}{3} \times 5.58 + 1260 \times \frac{5.58}{2} + 8190 \times \frac{5.58}{2} \\ &= 51400 \text{ 呎磅} \end{aligned}$$

$$\text{其反力彎矩} = M = 5.58 \times 210 \times \frac{5.58}{2} + \frac{1}{2} \times 5.58 \times (2930 - 210) \times \frac{5.58}{3}$$

$$= 17400 \text{ 呎磅}$$

$$\text{正彎矩} = M = 51400 - 17400 = 34000 \text{ 呎磅}$$

$$\text{再求有效深度} = d = \sqrt{\frac{M}{K}} = \sqrt{\frac{34000}{147.1}} = 15.2 = 16 \text{ 吋}$$

$$V = (7590 + 1040 + 1260 + 8190) - 8760 = 9320 \text{ 磅}$$

$$\text{抗剪力之深度} = d = \frac{V}{j6V} = \frac{9320}{857 \times 12 \times 40} = 22.7 \text{ 吋有效深度}$$

$$d = 23 \text{ 吋}$$

$$\text{鋼積} = A_s = \frac{M'}{f_s j d} = \frac{34000}{16000 \times .851 \times 23} = .108 \text{ 方吋}$$

$$P = \frac{.108}{23} = .0047$$

$$j = .896$$

$$d = \frac{9320}{.896 \times 12 \times 40} = 21.7 = 22 \text{ 吋}$$

$$\text{鋼積} = A_s = \frac{34000}{16000 \times .896 \times 22} = .108 \text{ 方吋}$$

$$\text{假定用 } \frac{7}{8} \text{ 吋直徑, 其跨距} = \frac{.601}{.108} = 5.6 = 5\frac{1}{2} \text{ 吋}$$

$$\text{再求滑力} = U = \frac{V}{j d o} = \frac{9320}{.896 \times 22 \times \frac{12}{5.5} \times 2.75} = 79 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{牆脚之最深度} = d = 1 \phi \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \times 50 \times \frac{7}{8} = 22 \text{ 吋} \text{ 加 3 吋, 總深度 } d_c = 25 \text{ 吋}$$

$$\text{再求底下鋼條, 先求各部份之應力} = \frac{1260}{5.58} \times 3.58 = 810 \text{ 磅}$$

$$\text{泥土垂直力} = \frac{8190}{5.58} \times 3.58 = 5250 \text{ 磅}$$

$$\text{在 } SV \text{ 處之 } W = \frac{7590}{5.58} \times 3.58 = 4870 \text{ 磅}$$

$$\text{又 } 3.58 \times \left(\frac{1.33 + 372}{2} \right) \times 100 = 900 \text{ 磅}$$

$$\text{又單位泥土之應力} = 210 + \frac{3.58}{9} \times (5250 - 210) = 1950 \text{ 磅}$$

$$\text{總應力為 } 3.58 \times \left(\frac{1950 + 210}{2} \right) = 3870 \text{ 磅以上應相加得剪力}$$

$V = (810 + 4870 + 5250 + 900) - 3870 - 7360$ 磅。(外腳 2 呎處)

又有致深度 $d = \frac{V}{j b V} = \frac{7960}{.896 \times 12 \times 40} = 18.5$ 吋。

$$p = \frac{.601}{5.5 \times 18.5} = .0059 \text{ 吋。}$$

$$j = .886.$$

再求準確之 $d = \frac{7960}{.886 \times 12 \times 40} = 18.7$ 吋。

又滑力 $u = \frac{V}{j d o} = \frac{7960}{.886 \times 18.7 \times \frac{12}{55} \times 2.75} = 80$ 方吋磅。

再求有效深度 d 之外腳為 16 吋，依公式演之如下。

$$22 - \frac{5.58}{2} \times (22 - 18.7) = 12.8 = 13 \text{ 吋，加 3 吋} = 16 \text{ 吋。}$$

再求鋼積 $A_s = \frac{M'}{f_s j d} = \frac{8080}{16000 \times .857 \times 22} = 0.0268$ 方吋。

$$p = \frac{0.0268}{32} = 0.00122.$$

$$j = .942.$$

$$\text{鋼積} = A_s = \frac{8080}{16000 \times .942 \times 22} = 0.0244 \text{ 方吋。}$$

假如用 $\frac{1}{2}$ " 吋方鋼，其跨距為 $.25 \div 0.0244 = 10$ 吋。

再求滑力 $u = \frac{7760}{.942 \times 22 \times \frac{12}{10} \times 2} = 156$ 磅，超過 100 磅之限度。

再行推算如 $= \frac{100}{156} \times 10 = 6.4$ 吋，即 $6\frac{1}{4}$ 吋中距為合度。參考如

上圖完

第三節 有抱牛腿之鋼骨混凝土駁岸，板如高 30 呎，託

重每立方呎 110 磅，斜坡 = $1\frac{1}{2}:1$ 比，半懸跨距 10 呎，求泥土應力之比 0.6, $f_s = 18000$ 磅, $f_c = 800$ 磅, $n = 15$. 根據前術原理，先推求底脚之闊 = $4.5 \times 30 = 13.5 = 14$ 呎，參看下列。

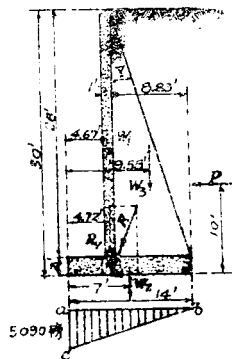
$$P = .143 W h^2 = .143 \times 110 \times 30 \times 30 = 14160 \text{ 磅}$$

重心距 = $\frac{1}{3} \times 30 = 10$ 呎。

彎矩 = $M = 14160 \times 10 = 141600$ 呎磅。

再行推求抵彎矩，必須先將各部份載重，分段計算，排列如下。

各部份載重，分段計算，排列如下。



比例 $\frac{1}{16} = 1:10$

應力與剖視圖

各部份之載重	量比	彎矩
版牆 $W_1 = 1 \times 28 \times 150 = 4200$ 呎磅。	$\frac{1}{3} \times 14 = 4.67$	19600 呎磅。
底脚 $W_2 = 14 \times 2 \times 150 = 4200$ 呎磅。	$\frac{1}{2} \times 14 = 7$	29400 呎磅。
泥重 $W_3 = 8.83 \times 28 \times 110 = 27200$ 呎磅。	$14 - \frac{1}{2} \times 8.83 = 9.58$	260600 呎磅。
總計 = 35600 呎磅		總計 = 309600 呎磅

抵彎矩 = $M = 309600 - 141600 = 168000$ 呎磅。

$$R_v = 35600 \text{ 磅。求重心距} = \frac{168000}{35600} = 4.72 \text{ 呎。}$$

又 $\frac{1}{3} \times 14 = 4.67$ 呎，如左圖，再求應力 $35600 \times .6 = 21360$ 磅。

$$\text{又求安全率} = \frac{21400}{14160} = 1.51$$

$$\text{再求外距之應力} = \frac{2R_v}{d} = \frac{2 \times 35600}{14} = 5090 \text{ 每立方呎。}$$

$$\text{又求牆脚之深度，先求 } P_x = Wh_x = \frac{1 - \sin Z}{1 + \sin Z} = 110 \times 28 \times \frac{1 - 0.555}{1 + 0.555} = 881 \text{ 磅。}$$

$$P \text{ 距 } 10 - 1 = 9 \text{ 呎，}$$

$$W = 881 \times 9 = 7930 \text{ 磅。}$$

$$V = \frac{W}{2} = 3970 \text{ 磅。}$$

$$\text{再求彎矩} = M = \frac{WL}{12} = \frac{7930 \times 9}{12} = 5950 \text{ 呎磅。}$$

$$f_c = 500 \text{ 磅。}$$

$$f_s = 18000 \text{ 磅。}$$

$$n = 15, K = 138.7, j = .867 \text{ (查126頁表便得)}$$

$$\text{求牆之有效深度 } d = \sqrt{\frac{M'}{K}} = \sqrt{\frac{5950}{138.7}} = 6.55 \text{ 呎。}$$

$$\text{又單位水泥之剪力為 } .03 f_c = .03 \times 2000 = 60 \text{ 磅。}$$

$$\text{再求總剪力之有效深度 } \cdot d = \frac{V}{j b v} = \frac{3970}{.867 \times 12 \times 60} = 6.35 \text{ 呎。 } d_t = 12 \text{ 呎。}$$

$$\text{求鋼積} = A_s = \frac{M'}{f_s j d} = \frac{5950}{18000 \times .867 \times 10} = .0381 \text{ 方呎。}$$

$$p = \frac{.0381}{10} = .00381.$$

$$j = .905.$$

$$\text{鋼積} = A_s = \frac{5950}{18000 \times .905 \times 10} = 0.365 \text{ 呎。 假如用 } \frac{1}{2} \text{ 吋方} = 0.25 \text{ 呎。}$$

求跨度 = $\frac{.25}{.0365} = 6.75$, 即 $6\frac{3}{4}$ 吋, 又 $.2 \times 9 = 1.8$ 呎 (力之距點)

再 $4.5 - 1.8 = 2.7$ 呎。 ($\frac{1}{2}$ 乘 P 距, 即 $\frac{1}{2} \times 9 = 4.5$)

$$V = 881 \times 2.7 = 2380 \text{ 磅。}$$

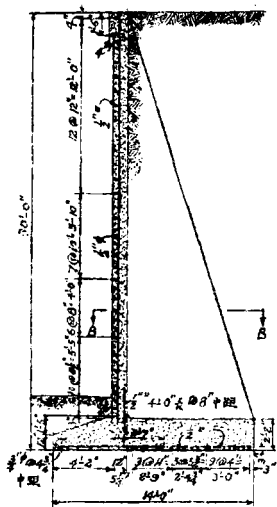
$$U = \frac{V}{jdo} = \frac{2380}{.905 \times 10 \times \frac{12}{6.75} \times 2} = \frac{2380}{32.2} = 74 \text{ 每立方吋磅。}$$

又 $V = \frac{W}{2} = 3970$ 呎磅。

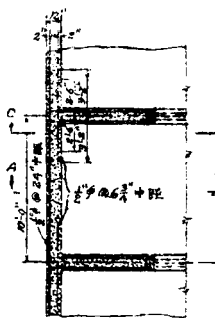
$$U = \frac{3970}{32.2} = 123.3 \text{ 每立方吋磅。}$$

再求跨度 = $\frac{120}{123.3} \times 6.75 = 6.57$, 即 $6\frac{1}{2}$ 吋中距。

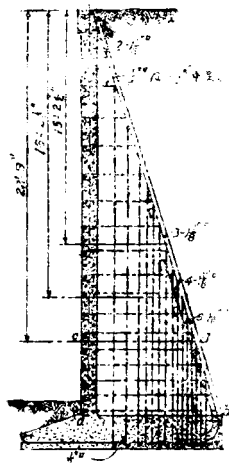
又三分之二之鋼條長度為 $15 + 1.8 = 2.3$ 呎, 而 $2 \cdot 6$ 呎。



剖視圖 A-A



橫截圖 B-B



剖視圖 C-C

比例 $\frac{1}{10} = 1:0$

又三分之一鋼條長度為 $\frac{1}{3} \times \frac{25 \times 18000}{2 \times 80} = 9.4$ 吋，即 0.8 呎。再以上

所得之 $2.3 + .8 = 3.1$ 呎，即 3'2" 吋，如上圖。再自牆上端至下底

之距加 $y = 8$ 吋。依公式求之，如 $hy = h_s \times \frac{S}{y} = 28 \times \frac{6.5}{8} = 22.75$ 呎。又

鋼距 10 吋，如 $28 \times \frac{6.5}{10} = 18.2$ 呎。又 12 吋距，如 $28 \times \frac{6.5}{12} = 15.2$ 呎，參考

上圖。又牆之肋鉄用 $\frac{1}{2}$ " 吋跨距 24 吋，垂直鉄條一端入底脚，

一端伸入牆內，為 $.003 \times 10 = .03$ 吋用 $\frac{1}{2}$ " 吋方，跨距 8 吋，24 吋

入牆，24 吋入底脚共 48 吋，參看上圖。

再求埋牆脚之重 = $2 \times 150 + 28 \times 110 = 300 + 3080 = 3360$ 磅。

本牆之底跨距 9'0" 呎。總重 = $3360 \times 3 = 30400$ 磅。

其總剪力 $V = \frac{30400 \times 3}{12} = 22800$ 呎磅。

其有效深度 $d = \sqrt{\frac{22800}{138.7}} = 12.8$ 吋。

再以 V 求有效深度 $d = \frac{15200}{.867 \times 12 \times 60} = 24.3$ 吋。

假定 $d = 23$ 吋。

$$j = .867.$$

鋼積 = $A_s = \frac{22800}{18000 \times .867 \times 23} = .0635$ 呎。

$$p = \frac{.0635}{23} = .00276.$$

$$j = .917.$$

再求有效深度 $d = \frac{15200}{.917 \times 12 \times 60} = 23$ 吋。另加 3 吋。 $d_t = 26$ 吋。

$$\text{再求鋼積} = A_s = \frac{22800}{18000 \times 9.17 \times 23} = \frac{22800}{380000} = .06 \text{ 方吋}$$

$$\text{用 } \frac{1}{2} \text{ 吋方鋼, 跨距 } \frac{.25}{.06} = 4.17 \text{ 即 4 吋中距}$$

$$\text{滑力} = u = \frac{15200}{.917 \times 23 \times \frac{12}{4} \times 2} = 120 \text{ 每方吋磅}$$

$$\text{再求離 3 呎處之應力即 } \frac{3}{14} \times 5090 = 1090 \text{ 每方呎磅}$$

$$3380 - 1090 = 2290 \text{ 呎磅, 求跨距 } 4 \times \frac{3380}{2290} = 5.9 \text{ 即 } 5\frac{3}{4} \text{ 吋}$$

$$\text{在 6 呎處之應力為 } \frac{6}{14} \times 5090 = 2180 \text{ 呎磅}$$

$$3380 - 2180 = 1200 \text{ 每方呎磅}$$

$$\text{求跨距 } 4 \times \frac{3380}{1200} = 11.27 \text{ 即 11 吋, 參看上圖}$$

$$\text{再求外腳 } \frac{9.83}{14} \times 5090 = 3570 \text{ 呎磅}$$

$$\text{總力} = \frac{4.17}{2} \times (5090 + 3510) = 18060 \text{ 磅}$$

$$\text{假定外腳 } d_t = 2 \text{ 呎, } W = 4.17 \times 2 \times 150 = 1250 \text{ 磅}$$

$$\text{總剪力 } V = (18060 - 1250) = 16810 \text{ 磅}$$

$$\begin{aligned} \text{牆面之應力總彎矩} = M &= 4.17 \times 3570 \times \frac{4.17}{2} + \frac{1}{2} \times 4.17 \times (5090 - 3570) \times \\ &\quad \frac{2}{3} \times 4.17 = 39900 \text{ 呎磅} \end{aligned}$$

$$\text{牆腳之抵彎矩} = M = 1250 \times \frac{4.17}{2} = 2600 \text{ 呎磅}$$

$$\text{正彎矩} = M = 39900 - 2600 = 37300 \text{ 呎磅}$$

求外脚之有效深度 $d = \sqrt{\frac{37300}{139.7}} = 16.4$ 吋。

求剪力之有效深度 $= d \cdot \frac{1680}{.867 \times 72.76} = 26.9$ 吋。

假定深度 $= d = 26$ 吋。

總長度 $= d_1 = 27$ 吋。

面積 $= A_s = \frac{37300}{18000 \times .908 \times 28} = 1.0813$ 方吋。

假定用 $\frac{3}{4}$ " 直徑，求中距 $S = \frac{.4+22}{16.878} \cdot 5.03$ 即 5 吋中距。

求潛力 $= U = \frac{16810}{.906 \times 26 \times \frac{12}{8} \times 2.36} = 126$ 每方吋磅 ($\frac{3}{4}$ " 外週 = 2.36)

每方吋規定不得過 120 磅故將中距改小，再行推算。

$S = \frac{120}{126} \times 5 = 4.76$ 即 $4\frac{3}{4}$ 吋中距。參看如上圖。

求鋼條自外脚接連伸入裡脚之長度 $= \frac{.442 \times 18000}{2.36 \times 80} = 42.1$ 吋。

按每四分之一長度為 3.7" 吋參看如上圖。

又牛腿之設計先求每直呎沉土之重量之重 27×10 吋。

$W = 3 \times 175 \times 27.83 \times 27.33 = 12780$ 磅。

查上圖牛腿距離為 10 呎中距。

總重量為 $P = 12780 \div 10 = 1278$ 磅 (即等於總剪力 $= V$)

求 P 之距離 $= \frac{1}{2} \times 27.83 = 2.28$ 呎。

其彎矩 $= M = 12780 \times 9.24 = 118100$ 呎磅。

規定牛腿每方為 $.06 \times 2000 = 120$ 每方吋磅。

求剪力有效深度 = $14'0'' - 4'2'' - 4'0'' = 9'6'' = 114$ 吋。

總剪力 = $V = P = 121800$ 磅。

求寬度 = $b' = \frac{121800}{120 \times 875 \times 114} = 10.2$ 吋，故至少有效寬度為 12 吋已足。又求剪力距點（在 140 頁 C-C）推算如下。

跨距 $ab = 14'0'' - 4'2'' - 6'' = 9'4''$ 吋，減去 4 吋，假定 $cd = 9$ 呎，

即 108 吋（ $14'0'' - 4'2'' - 1'0'' = 8'10'' = 8.83$ ）（ $30 - 2 = 28$ ）

參考圖上求 $\tan y = \frac{8.83}{28} = .315$ ，查求傾角度對照表便得 =

$y = 17^\circ 29'$ 度，又 $\cos y = .954$ 。

求下腳鋼積 = $A_s = \frac{M}{j d_0 \cos y} = \frac{1130000 \times 12}{18000 \times 108 \times .954} = 7.31$ 方吋。

用 6-1 $\frac{1}{2}$ 方吋 = (7.31 方吋)。

求滑力 = $u = \frac{V}{j d_0 \cos y} = \frac{121800}{108 \times 6 \times 4.5 \times .954} = 43.8$ 每方吋磅。

求中部之鋼積減去三分之一 = $\frac{A_x}{A_s} \cdot \frac{6-2}{6} = .667$

$h_x = h_c \sqrt{\frac{A_x}{A_s}} = 27.83 \times \sqrt{.667} = 22.7$ 呎，即 22'8" 吋。參看上

圖，在 cd 線以上，加算滑力，等於減半之拉力，或跨距 =

$\frac{1}{2} \times \frac{1.266 \times 18000}{4.5 \times 80} = 31.7$ 吋，即在 cd 平行線以上，加伸 2'8" 吋。

為滑力關係，必須彎成鉤形，如前圖。

在 3-鋼條以下之距為 $\frac{A_x}{A_s} = \frac{3}{6}$ ，即 $h_x = 27.83 \times \sqrt{.5} = 19.7$ 呎。

即 = 19'8" 吋。

又 2-鋼條以下之距為 $\frac{A_x}{A_s} = \frac{2}{6}$, 即 $h_x = 27.83 \sqrt{\frac{2}{3}} = 16.1$ 呎。

即 16-1" 吋。

其最後二根鋼條須伸長至頂點, 鑲入牆內為止。

又求鋼箍之公式 $P_x = W h_x \frac{1 - \sin Z}{1 + \sin Z} = 110 \times 27.83 \times \frac{1 - 0.555}{1 + 0.555} = 876$

每方呎磅

每呎之總重為 $876 \times 9 = 7880$ 磅, 用 $\frac{1}{2}$ " 方鋼 (U 形箍鐵)

$A_s = 2 \times .25 = .5$ 方吋, 求跨距 $S = 12 \div \left(.5 \times \frac{7880}{18000} \right) = 13.6$ 吋。

約 13 吋中距。

再求垂直助鉄 = $\frac{1.5}{14} \times 5090 = 550$ 呎磅, $3380 - 550 = 2830$ 呎

磅, 總力 $2830 \times 9 = 25500$ 磅, 根據最小跨距為 4 吋。

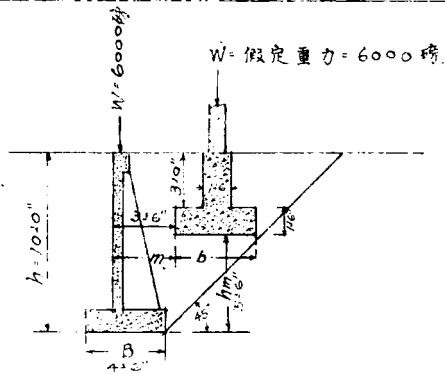
故 $A_s = \frac{25500}{18000 \times \frac{12}{4}} = .472$ 方吋, 用 U 形 $\frac{1}{2}$ " = .236 方吋, 其排置縱

橫相同, 如前圖。

例題一 擬建一混凝土駁岸, 岸上仍須建屋, 每一百呎之牆上負有 6000 磅壓力, 假定駁岸高 10 呎, 欲推求底脚之闊度與牛腿及鋼箍等, 斜坡 12:1 比 = 0.143, 泥重每立方呎 115 磅, $f_c = 18000$ 每方吋磅, $f_t = 600$ 每方吋磅, 試解答之。

答先求 $P = 143 W h^2 = 143 \times 115 \times 10^2 = 1650$ 磅。

參看如下圖。

剖視圖 比例 $\frac{1}{8} = 1:10'$

牆腳重 $W = 6000 \div 3 = 2000$ 磅, ($b = 3.0'$)

$$W' = \frac{hm - m}{hm} W = \frac{5.5 - 3.5}{5.5} \times 2000 = 725 \text{ 每方呎磅}$$

$$P' = W' \frac{1 - \sin Z}{1 + \sin Z} = 725 \times \frac{1 - 0.555}{1 + 0.555} = 212 \text{ 每方呎磅}$$

$$\text{應力} = P_1 = P' hm = 212 \times 5.5 = 1170 \text{ 磅}$$

$$\text{總應力} = P + P_1 = 1650 + 1170 = 2820 \text{ 磅}$$

$$P \text{ 之距點} = \frac{1}{3} h = \frac{1}{3} \times 10 = 3.33 \text{ 呎}$$

$$\frac{1}{2} hm = \frac{1}{2} \times 5.5 = 2.75 \text{ 呎}$$

$$P \text{ 之彎矩 } M = 1650 \times 3.33 = 5550 \text{ 呎磅}$$

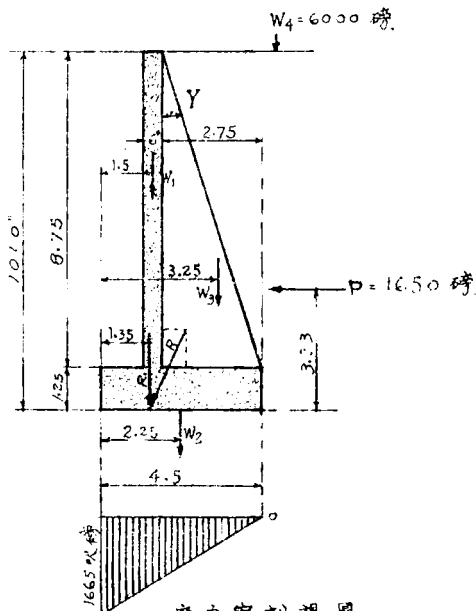
$$P' \frac{1}{2} hm = 1170 \times 2.75 = 3210 \text{ 呎磅}$$

$$\text{總計} = 8760 \text{ 呎磅}$$

$$\text{求底腳之寬 } B = 8760 \div 2820 = 3.11 \text{ 呎}$$

又 $0.45 \times h = .45 \times 10 = 4.5$ 呎，即 4' 6" 呎。

參看如下圖。



壓力與剖視圖

比例 $\frac{1}{4}'' = 120''$

各部份重量	重 比	磅 數
駁橋 = $W_1 = .5 \times 8.75 \times 150 = 655$	$\frac{1}{3} \times 4.5 = 1.5$	980
底腳 = $W_2 = .45 \times 1.25 \times 150 = 845$	$\frac{1}{2} \times 4.5 = 2.25$	1900
泥土 = $W_3 = 2.75 \times 8.75 \times 110 = 2650$	$4.5 - \frac{1}{2} \times 2.75 = 3.125$	8250
10寸牆 = $W^0 = 6000$	$1.5 \times 6000 = 9000$	9000
總計 = 10150 呎磅		總計 = 20130 呎磅

$$R = 20130 - 8760 = 11370 \text{ 呎磅.}$$

$$R_v = 11370 - 10150 = 111 \text{ 呎. 假定以 } R_v \text{ 之距點為 } 1.5 \text{ 呎.}$$

$$\text{偏心應力} = \frac{2R_v}{d} = \frac{2 \times 10150}{12} = 1665 \text{ 方呎磅.}$$

$$\text{肢牆之計算} = P_x = Wh_x = \frac{1 - \sin Z}{1 + \sin Z} = 110 \times 8.75 \times \frac{1 - .555}{1 + .555} = 280 \text{ 磅.}$$

$$W = P_x + P' = 280 + 212 = 492 \text{ 磅. (10 \cdot 1 = 9)}$$

$$\text{總載重} = W = 492 \times 9 = 4428 \text{ 呎磅.}$$

$$\text{剪力} = V = \frac{W}{2} = \frac{4428}{2} = 2214 \text{ 呎磅.}$$

$$\text{彎矩} = M' = \frac{WL}{12} = \frac{4428 \times 9}{12} = 3310 \text{ 呎磅. } 3310 \times 12 = 39852 \text{ 方吋磅.}$$

$$\text{肢牆之厚} = d = \frac{V}{jbd} = \frac{2214}{.89 \times 12 \times 60} = 3.5 \text{ 吋, 總厚度 } d_t = 6 \text{ 吋.}$$

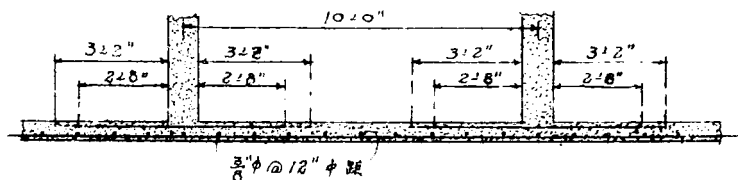
$$\text{求鋼積} = A_s = \frac{M'}{f_s j d} = \frac{39852}{18000 \times .89 \times 4.5} = 0.046 \text{ 方吋. 用 } \frac{3}{8} \text{ 吋} = .1406 \text{ 方吋.}$$

$$\text{求跨距} = S = \frac{.1406}{.046} = 3.05 \text{ 吋. 即 } \frac{3}{8} \text{ 吋} \text{ @ } 3 \text{ 吋中距. 求剪力零點 } x =$$

$$0.2 \times 3 = 1.8 \text{ 呎. } 4.5 - 1.8 = 2.7 \text{ 呎. } V = W \cdot 2.7 = 492 \times 2.7 = 1330 \text{ 磅.}$$

$$\text{滑力} = U = \frac{V}{j d \phi} = \frac{1330}{.89 \times 4.5 \times \frac{12}{3} \times 2} = 42 \text{ 每方吋磅.}$$

$$\text{筋力} = V = \frac{V}{j b d} = \frac{1330}{89 \times 12 \times 4.5} = 28 \text{ 每方吋磅.}$$



比例 $\frac{1}{4} = 1:0"$

立體的視圖

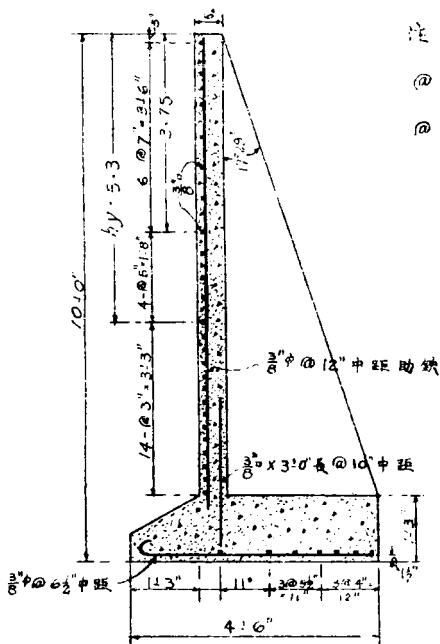
$.86 + 1.8 = 2.66$ 呎, 即 $2'8''$ 呎, $(\frac{127 \times 3}{42} = 0.86)$

又 $\frac{1}{3} \times \frac{.1406 \times 18000}{2 \times 80} = 5.3$ 吋, $(\frac{1}{2} \times 0.86 = 0.43)$

$2.66 + .43 = 3.1$ 呎, 即 $3'2''$ 吋, 參看上圖。

再求 $hy = 8.75 \times \frac{3}{5} = 5.3$ 呎, $(10 - 1.25 = 8.75)$

又 $8.75 \times \frac{3}{7} = 3.75$ 呎, 加 $\frac{3}{8}$ " 中 @ 12 吋中距助鉄, 參看如下圖。



注意： $\frac{3}{5}$ 之 3 即下圖
 @ 3" 之 3, 又 $\frac{3}{5}$ 之 5 即
 @ 5" 之 5, 餘類推。

橫面剖視圖

比例 $\frac{3}{8} = 1:0''$

裡底脚之計算 $W = 1.25 \times 150 + 8.75 \times 110 = 137.5 + 966.5 = 1,104$ 呎磅。

總重 $W = 1,104 \times 9 = 10,386$ 磅。

總剪力 $V = \frac{W}{2} = 5,193$ 磅。

彎矩 $M = \frac{10,386 \times 9}{12} = 7,800$ 呎磅。或 13.5 呎。或 11.5。

求鋼積 $= 4s \frac{1800}{16,000 \times 39 \times 13.5} = 0.36$ 方吋。

求跨距 $= S \times \frac{11,036}{0.36} = 39$ 吋。4 呎中距。用 $\frac{3}{8}$ " @ 4" 中距。

剪力 $U = \frac{5,193}{.89 \times 13.5 \times 13.5 \times 7} = 5.5$ 每方吋磅。

又 $\frac{1}{4.5} \times 1665 = 371$ ，即 $11.4 = 371 = 783$ 磅。

或 $4 \times \frac{11.54}{735} = 5.9$ ，即 $5 \frac{1}{2}$ 吋中距。

又 $\frac{2}{4.5} \times 1665 = 735$ ，即 $11.54 = 735 = 419$ 磅。

故 $4 \times \frac{11.54}{419} = 11$ ，即 11 吋中距。

又外底脚之計算 $= \frac{3.25}{4.5} \times 1665 = 1,160$ 每方呎磅。

$\frac{3.25}{2} \times (1660 + 1160) = 1,760$ 呎磅。又 $1.25 \times 1.25 \times 150 = 235$ 呎磅。

故剪力 $= V = 1,760 + 235 = 1,525$ 呎磅。

$1.25 \times 1,160 \times \frac{4.25}{2} + \frac{1}{2} \times 1.25 \times (1665 + 1160) \times \frac{2}{3} \times 1.25 =$

$(310 + 523) = 1,433$ 呎磅。

$275 \times \frac{1.25}{2} = 173$ 呎磅。

駁岸單 $M = 1433 - 153 = 1280$ 呎磅。

鋼索 $A_s = \frac{1280}{18000 \times .89 \times 10} = 0.000805$ 方吋。

跨距 $= S = \frac{.1104}{.000805} = 13.7$ 吋。該步用 $\frac{3}{8}$ " ϕ @ 10" 中距。

滑力 $= U = \frac{1523}{.89 \times 10 \times \frac{16}{12} \times 1.178} = 123$ 方吋磅。

因滑力過量，再求跨距 $= S = \frac{80}{.123} \times 10 = 6.5$ ，即 $6\frac{1}{2}$ 吋中距。

又牛腿之計算， $143 \times 110 \times 9 \times 9 = 1270$ 磅。

總重 $P = 1270 \times 10 = V = 12700$ 磅

P 距 $= \frac{1}{3} \times 9 = 3$ 呎。

管架 $M = 12700 \times 3 = 38100$ 呎磅。 $38100 \times 12 = 456000$ 吋磅

$d = 4.5 - 1.3 - \frac{1}{2} = 3\frac{1}{2} = 37\frac{1}{2}$ 吋。

$b = \frac{12700}{80 \times .89 \times 37.5} = 4.75$ 吋。讓步 10 吋。

$jd = 4.5 - 1.3 = 3 = 3'-0"$ 呎。又 $3' - \frac{1}{2}" = 2'-10\frac{1}{2}" = 34\frac{1}{2}$ 吋。

$y = \frac{2.75}{3.75} = 0.315 = 17^\circ 29'$ 度。 $\cos y = .954$

鋼索 $A_s = \frac{456000}{18000 \times 34.5 \times .954} = 0.9$ 吋。用 $4 - \frac{1}{2}$ " 方吋。

滑力 $= U = \frac{12700}{34.5 \times 2 \times \frac{1}{2} \times 4 \times .954} = 70$ 吋磅

單面剪力 $= V = \frac{12700}{34.5 \times 8 \times .954} = 49$ 方吋磅。

$\frac{Ax}{As} = \frac{4-2}{4} = .5$ $h_x = h_e \sqrt{\frac{Ax}{As}} = 9 \times \sqrt{.5} = 6.4 = 6:5$

$$\text{又 } \frac{4-3}{4} = .25$$

$$9 \times \sqrt{.25} = 5.65 = 5 \pm 8''$$

$$\text{應力} = P_x = Wh_x \times \frac{1 - \sin Z}{1 + \sin Z} = 110 \times 9 \times \frac{1 - .555}{1 + .555} = 290 \text{ 磅}$$

$$\text{總應力} = 290 \times 9 = 2610 \text{ 磅}$$

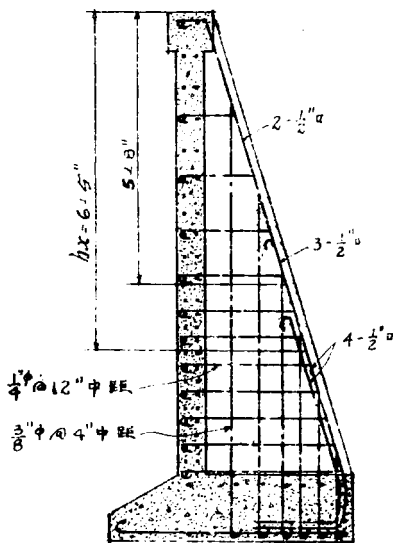
用 $\frac{1}{4}$ " 助鉄, $2 \times .049 = .098$ 方吋,

$$S = \frac{2610}{0.098 \times 18000} = 1.48 \text{ 呎, 讓步 } 12 \text{ 吋 中距,}$$

$$\frac{1.5}{4.5} \times 1665 = 464 \text{ 磅, 應力} = 1154 - 464 = 690 \text{ 磅}$$

$$\text{總應力} = 690 \times 9 = 6200 \text{ 呎磅, } A_s = \frac{6200}{18000 \times \frac{12}{4}} = 0.115 \text{ 方吋}$$

$0.115 \div 2 = 0.058$ 方吋, 讓步用 $\frac{3}{8}$ " ϕ 4 吋 中距,



剖視圖 比例 $\frac{3}{8}'' = 1'-0''$

例題二 根據上題附加樑 B_1 與柱 Col 每呎橋重 $P = 6000$ 磅欲推求該部份之應力與木構之部位試解答之。

答假定 $B_1 = (14 \times 18)$ 吋，跨距 10 呎。

$$\text{樑重} = B_1 = \frac{14 \times 18}{144} \times 50 = 260 \text{ 呎磅}$$

$$\text{橋之重 } P = 6000 \text{ 呎磅}$$

$$\text{總計} = 6260 \text{ 呎磅}$$

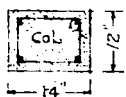
$$\text{求彎矩} = M = \frac{6260 \times 10 \times 10 \times 12}{12} = 626000 \text{ 吋磅}$$

$$\text{鋼積} = A_s = \frac{626000}{18000 \times 16.5 \times 1.89} = 2.1 \text{ 吋} \quad \text{設步用 } 4 - \frac{3}{4} \text{ 吋上下相同，如圖。}$$

$$\text{又柱之計劃} = P = 6000 \times 10 = 60000 \text{ 磅}$$

$$\text{假定用 } 4 - \frac{3}{4} \text{ 吋}$$

柱之 $bd = 10 \times 14$ 吋，如下圖。



比例 $\frac{1}{2}'' = 1'0''$

推求每方吋混凝土之壓力公式如下。

比例 $\frac{1}{2}'' = 1'0''$

$$f_c = \frac{P}{A_c + (n-1)A_s} = \frac{60000}{7 \times 11 + (14 + 4 \times .5625)} = 550 \text{ 每方吋磅}$$

又底腳之計算載重， $R_v = 10150$ 磅， $d = 4.5$ 呎， $e = \frac{4.5}{2} - 1.35 = .9$ 呎。

$$s_1 = \frac{R_v}{d} \left(1 + \frac{6e}{d}\right) = \frac{10150}{4.5} \left(1 + \frac{6 \times .9}{4.5}\right) = (2260 \times 2.2) = 4980 \text{ 呎磅}$$

$$s_2 = \frac{R_v}{d} \left(1 - \frac{6e}{d}\right) = \frac{10150}{4.5} \left(1 - \frac{6 \times .9}{4.5}\right) = (2260 \times .333) = 1880 \text{ 呎磅}$$

$$EF = 4980 - \frac{1}{3} \times (4980 - 1880) = 3953 \text{ 呎磅}$$

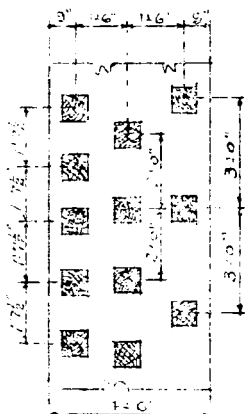
$$GH = 4380 - \frac{2}{3} \times (4980 - 1880) = 2892 \text{ 呎磅}$$

$$\frac{Ac}{2}(ab+cf) = \frac{1.5}{2} \times (4980 + 3953) = 6770 \text{ 呎磅}$$

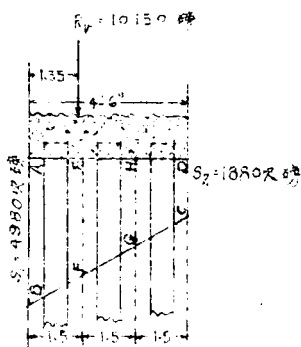
$$\frac{eG}{2}(ef+eh) = \frac{1.5}{2} \times (3953 + 3802) = 5750 \text{ 呎磅}$$

$$\frac{GD}{2}(GH+DC) = \frac{1.5}{2} \times (2892 + 1680) = 3570 \text{ 呎磅}$$

參看如下圖。



平面圖 比例 1/40



應力剖視圖

假定用 8 吋方, 20 呎長, 洋松木柱, 每方吋之應力為 300 磅, 柱各之應力如下:

$$O = \frac{1}{12} \times 4 \times 20 \times 200 = 10700 \text{ 呎磅之應力按距在 } abef = \frac{10700}{5750} =$$

$$1.6 = 117\frac{1}{2} \text{ 吋中距在 } efgh = \frac{10700}{5750} = 2.1 = 21 \text{ 吋中距又在}$$

$$ghdc = \frac{10700}{3570} = 3.05 = 31 \text{ 吋中距, 參看如左圖完。}$$

又對於計算上有角度關係必須應用八線表另附簡表於下以便應用。注意 = 查 \cos 由上視下，順數， \sin 則由下視上，逆數，餘皆此。

COSINES 角度一覽表

度	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	度
0	1.00000	0.99985	0.99969	0.99954	0.99939	0.99924	0.99909	89
1	0.99985	0.99970	0.99954	0.99939	0.99924	0.99909	0.99894	88
2	0.99970	0.99954	0.99939	0.99924	0.99909	0.99894	0.99879	87
3	0.99954	0.99939	0.99924	0.99909	0.99894	0.99879	0.99864	86
4	0.99939	0.99924	0.99909	0.99894	0.99879	0.99864	0.99849	85
5	0.99924	0.99909	0.99894	0.99879	0.99864	0.99849	0.99834	84
6	0.99909	0.99894	0.99879	0.99864	0.99849	0.99834	0.99819	83
7	0.99894	0.99879	0.99864	0.99849	0.99834	0.99819	0.99804	82
8	0.99879	0.99864	0.99849	0.99834	0.99819	0.99804	0.99789	81
9	0.99864	0.99849	0.99834	0.99819	0.99804	0.99789	0.99774	80
10	0.99849	0.99834	0.99819	0.99804	0.99789	0.99774	0.99759	79
11	0.99834	0.99819	0.99804	0.99789	0.99774	0.99759	0.99744	78
12	0.99819	0.99804	0.99789	0.99774	0.99759	0.99744	0.99729	77
13	0.99804	0.99789	0.99774	0.99759	0.99744	0.99729	0.99714	76
14	0.99789	0.99774	0.99759	0.99744	0.99729	0.99714	0.99699	75
15	0.99774	0.99759	0.99744	0.99729	0.99714	0.99699	0.99684	74
16	0.99759	0.99744	0.99729	0.99714	0.99699	0.99684	0.99669	73
17	0.99744	0.99729	0.99714	0.99699	0.99684	0.99669	0.99654	72
18	0.99729	0.99714	0.99699	0.99684	0.99669	0.99654	0.99639	71
19	0.99714	0.99699	0.99684	0.99669	0.99654	0.99639	0.99624	70
20	0.99699	0.99684	0.99669	0.99654	0.99639	0.99624	0.99609	69
21	0.99684	0.99669	0.99654	0.99639	0.99624	0.99609	0.99594	68
22	0.99669	0.99654	0.99639	0.99624	0.99609	0.99594	0.99579	67
23	0.99654	0.99639	0.99624	0.99609	0.99594	0.99579	0.99564	66
24	0.99639	0.99624	0.99609	0.99594	0.99579	0.99564	0.99549	65
25	0.99624	0.99609	0.99594	0.99579	0.99564	0.99549	0.99534	64
26	0.99609	0.99594	0.99579	0.99564	0.99549	0.99534	0.99519	63
27	0.99594	0.99579	0.99564	0.99549	0.99534	0.99519	0.99504	62
28	0.99579	0.99564	0.99549	0.99534	0.99519	0.99504	0.99489	61
29	0.99564	0.99549	0.99534	0.99519	0.99504	0.99489	0.99474	60

SINES

(查 156 頁)

(續增 155頁) COSINES

30	0.86603	0.86457	0.86310	0.86163	0.86015	0.85866	0.85717	59
31	0.85717	0.85567	0.85416	0.85264	0.85112	0.84959	0.84805	58
32	0.84805	0.84650	0.84495	0.84339	0.84182	0.84025	0.83867	57
33	0.83867	0.83708	0.83549	0.83389	0.83228	0.83066	0.82904	56
34	0.82904	0.82741	0.82577	0.82413	0.82248	0.82082	0.81915	55
35	0.81915	0.81748	0.81580	0.81412	0.81242	0.81072	0.80902	54
36	0.80902	0.80730	0.80558	0.80386	0.80212	0.80038	0.79864	53
37	0.79864	0.79688	0.79512	0.79335	0.79158	0.78980	0.78801	52
38	0.78801	0.78622	0.78442	0.78261	0.78079	0.77897	0.77715	51
39	0.77715	0.77531	0.77347	0.77162	0.76977	0.76791	0.76604	50
40	0.76604	0.76417	0.76229	0.76041	0.75851	0.75661	0.75471	49
41	0.75471	0.75280	0.75088	0.74896	0.74703	0.74509	0.74314	48
42	0.74314	0.74120	0.73924	0.73728	0.73531	0.73333	0.73135	47
43	0.73135	0.72937	0.72737	0.72537	0.72337	0.72136	0.71934	46
44	0.71934	0.71732	0.71529	0.71325	0.71121	0.70916	0.70711	45
度	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'分	度

SINES 角度一覽表

TANGENTS 角度一覽表

度	0'分	10'	20'	30'	40'	50'	60'	度
0	0.00000	0.00291	0.00582	0.00873	0.01164	0.01455	0.01746	89
1	0.01746	0.02036	0.02328	0.02619	0.02910	0.03201	0.03492	88
2	0.03492	0.03783	0.04075	0.04366	0.04658	0.04949	0.05241	87
3	0.05241	0.05533	0.05824	0.06116	0.06408	0.06700	0.06993	86
4	0.06993	0.07285	0.07578	0.07870	0.08163	0.08456	0.08749	85
5	0.08749	0.09042	0.09335	0.09629	0.09923	0.10216	0.10510	84
6	0.10510	0.10805	0.11099	0.11394	0.11688	0.11983	0.12278	83
7	0.12278	0.12574	0.12869	0.13165	0.13461	0.13758	0.14054	82
8	0.14054	0.14351	0.14648	0.14945	0.15243	0.15540	0.15833	81
9	0.15833	0.16137	0.16435	0.16734	0.17033	0.17333	0.17633	80
10	0.17633	0.17933	0.18233	0.18534	0.18835	0.19136	0.19438	79
11	0.19438	0.19740	0.20042	0.20345	0.20648	0.20952	0.21256	78
12	0.21256	0.21560	0.21864	0.22169	0.22475	0.22781	0.23087	77
13	0.23087	0.23393	0.23700	0.24008	0.24316	0.24624	0.24933	76
14	0.24933	0.25242	0.25552	0.25862	0.26172	0.26483	0.26795	75

COTANGENTS

(查 157 頁)

(繼續 156 頁)

TANGENTS

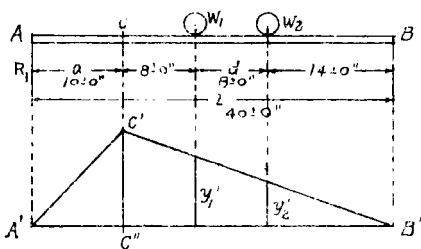
15	0.26795	0.27107	0.27419	0.27732	0.28046	0.28360	0.28675	74
16	0.28675	0.28990	0.29315	0.29621	0.29938	0.30255	0.30573	73
17	0.30573	0.30891	0.31210	0.31530	0.31850	0.32171	0.32492	72
18	0.32492	0.32814	0.33136	0.33460	0.33783	0.34108	0.34433	71
19	0.34433	0.34758	0.35085	0.35412	0.35740	0.36068	0.36397	70
20	0.36397	0.36727	0.37057	0.37388	0.37720	0.38053	0.38386	69
21	0.38386	0.38721	0.39055	0.39391	0.39727	0.40065	0.40403	68
22	0.40403	0.40741	0.41081	0.41421	0.41763	0.42105	0.42447	67
23	0.42447	0.42791	0.43136	0.43481	0.43828	0.44175	0.44523	66
24	0.44523	0.44872	0.45222	0.45573	0.45924	0.46277	0.46631	65
25	0.46631	0.46985	0.47341	0.47698	0.48055	0.48414	0.48773	64
26	0.48773	0.49134	0.49495	0.49858	0.50222	0.50587	0.50953	63
27	0.50953	0.51320	0.51688	0.52057	0.52427	0.52798	0.53171	62
28	0.53171	0.53545	0.53920	0.54296	0.54674	0.55051	0.55431	61
29	0.55431	0.55812	0.56194	0.56577	0.56962	0.57348	0.57735	60
30	0.57735	0.58124	0.58513	0.58905	0.59297	0.59691	0.60086	59
31	0.60086	0.60483	0.60881	0.61280	0.61681	0.62083	0.62487	58
32	0.62487	0.62892	0.63299	0.63707	0.64117	0.64528	0.64941	57
33	0.64941	0.65355	0.65771	0.66189	0.66608	0.67028	0.67451	56
34	0.67451	0.67875	0.68301	0.68728	0.69157	0.69588	0.70021	55
35	0.70021	0.70455	0.70891	0.71329	0.71769	0.72211	0.72654	54
36	0.72654	0.73100	0.73547	0.73996	0.74447	0.74900	0.75355	53
37	0.75355	0.75812	0.76272	0.76733	0.77196	0.77661	0.78129	52
38	0.78129	0.78598	0.79070	0.79544	0.80020	0.80498	0.80978	51
39	0.80978	0.81461	0.81946	0.82434	0.82923	0.83415	0.83910	50
40	0.83910	0.84407	0.84906	0.85408	0.85912	0.86419	0.86929	49
41	0.86929	0.87441	0.87955	0.88473	0.88992	0.89515	0.90040	48
42	0.90040	0.90569	0.91099	0.91633	0.92170	0.92709	0.93252	47
43	0.93252	0.93797	0.94345	0.94896	0.95451	0.96008	0.96569	46
44	0.96569	0.97133	0.97700	0.98270	0.98843	0.99420	1.00000	45
度	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'分	度

COTANGENTS 角度一覽表

第十章 橋樑之計劃

第一節 橋樑之計劃與普通房屋之樑畧有不同，因其負力為移動載重，其公式之應用，分解如下。

假如有一橋樑，跨距 40 呎，有二個集中力，離左支點 10 呎處 = 10000 磅，離右支點 14 呎處 = 15000 磅，欲求左面 10 呎處之彎矩，與左支點之剪力，及應力，又求中央之彎矩，如下圖。



比例 $\frac{1}{16} = 1:0''$

剪割應力如下。

$$\text{公式} = \frac{W_1(L-a) + W_2(L-a-d)}{L} = \frac{10000 \times 30 + 15000 \times 22}{40} = 15750 \text{ 磅}$$

在左支點 10 呎處之彎矩 = $R_1 a = 15750 \times 10 = 157500$ 呎磅。

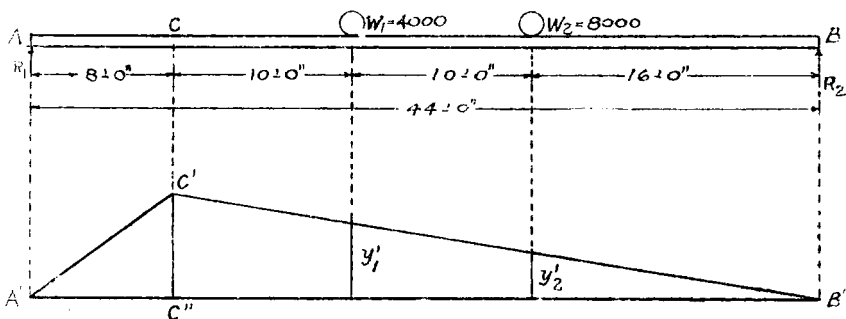
$$\text{公式} = R_1 = \frac{W_1(\frac{1}{2}L + d) + W_2 \frac{1}{2}L}{L} = \frac{10000(\frac{1}{2} \times 40 + 22) + 15000(\frac{1}{2} \times 40)}{40} = 15750$$

中央之彎矩 = $R_1 \times \frac{1}{2}L - W_1 d = 15750 \times 20 - 10000 \times 28 = 210000$ 呎磅

例題一。有一鋼骨混凝土橋，跨距 44 呎，橋面步行道車以 9 噸為限，至多重不得過 12 噸，車輪跨度假定 10 呎，試求該樑之中央，與離左支點 8 呎處之應力，即剪力與彎矩。

各若干磅。

答：貨車共有四輪，前輕後重，每個前輪 12 噸， $\frac{12}{6} = 2$ 噸 = 4000 磅，後輪 $\frac{12}{3} = 4$ 噸 = 8000 磅，列圖如下。



分力圖

比例 $\frac{1}{8}'' = 1'0''$

$$\text{公式} = V = R_1 = \frac{W_1(L-a) + W_2(L-a-d)}{L} = \frac{4000(44-8) + 8000(44-8-10)}{44}$$

$$\frac{144000 + 207000}{44} = \frac{351000}{44} = 8000 \text{ 磅。}$$

$$\text{左端彎矩} = M_1 = W_2 a = 8000 \times 8 = 64000 \text{ 呎磅。}$$

$$\text{公式} = V_1 = R_1 - \frac{W_1(\frac{1}{2}L+d) + W_2 \frac{1}{2}L}{L} = \frac{4000(\frac{1}{2} \times 44 + 10) + 8000 \times (\frac{1}{2} \times 44)}{44}$$

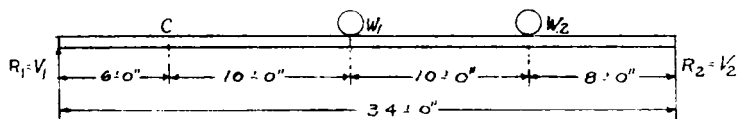
$$\frac{128000 + 176000}{44} = \frac{304000}{44} = 6900 \text{ 磅。}$$

$$\text{集中彎矩} = M_2 = R_1 \frac{1}{2}L - W_1 d = 6900 \times \frac{1}{2} \times 44 - 4000 \times 10 =$$

$$152000 - 40000 = 112000 \text{ 呎磅。}$$

例題二 擬建鋼骨混凝土橋一座，跨度 34 呎，每樑自重

為 24 噸，輾路機輪距 10 呎，前輪為 10 噸 = 20000 磅，後輪為 7 噸 = 14000 磅，離左支點 6 呎處，如圖題一，試分解之。



分力圖

$$\text{比例 } \frac{1}{8} = 1.0''$$

$$\text{公式} = V_1 - R_1 = \frac{20000(34-6) + 14000(34-8-10)}{34}$$

$$\frac{560000 + 240000}{24} = \frac{800000}{24} = 23500 \text{ 呎磅}$$

左支點 C 之彎矩 = $M_1 = W_2 a = 14000 \times 6 = 84000$ 呎磅

$$\text{公式} = V_1 = R_1 = \frac{20000(\frac{1}{2} \times 34 + 10) + 14000 \times \frac{1}{2} \times 34}{34}$$

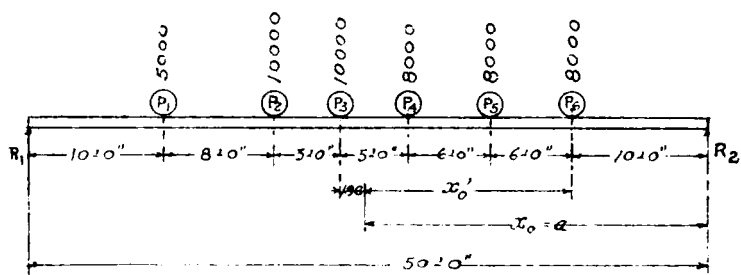
$$\frac{540000 + 238000}{34} = \frac{778000}{34} = 22800 \text{ 呎磅}$$

中央彎矩 = $M_2 = 22800 \times \frac{1}{2} \times 34 - 20000 \times 10 =$

$$388000 - 200000 = 188000 \text{ 呎磅}$$

第二節 輾路機與火車，在橋樑上行走，其重力為移動量，假定分為數支點之 P，其彎矩之計算與普通大料不同，分解如下。

假如有一大料，跨距 50 呎，輾路機之移動集中重力分為 6 個支點如下圖。



分力圖

 比例 $\frac{3}{32} = 1'' = 10''$

欲推求 x_0 之重心距與最大彎矩公式如下。

$$x_0' = \frac{5000 \times 30 + 10000 \times 22 + 10000 \times 17 + 8000 \times 12 + 8000 \times 6 + 8000}{49000}$$

$$\frac{150000 + 220000 + 170000 + 96000 + 48000 \times 8000}{49000}$$

$$\frac{702000}{49000} = 13.96 \text{ 呎。}$$

自 P_4 至 P_6 之距為 12 呎，即 $13.96 - 12 = 1.96$ 呎。此 1.96 呎為 P_3 向右之重心點。

又 P_3 與 P_4 之距 = 5.20 呎，即 $5 - 1.96 = 3.04$ 呎。為 P_4 向左之重心點。

再求總重心距為 $x_0 = a = (\frac{1}{2} \times 50) + \frac{1.96}{2} = 25.98$ 呎。

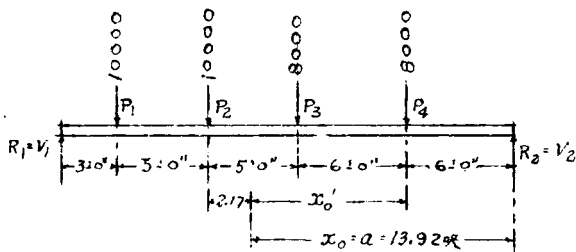
$$R_1 = V_1 = \frac{a}{L} \times \Sigma W = \frac{25.98 \times 49000}{50} = (5000 \times 18 + 10000 \times 10 + 10000 \times 5) = 421500 \text{ 呎磅。}$$

再求左端總跨距 $x_0 = a = (\frac{1}{2} \times 50) - \frac{3.04}{2} = 23.48$ 呎。

$$\text{剪力 } V_2 = R_2 = \frac{a}{L} \times \Sigma W = \frac{23.48}{50} \times 49000 = 23500 \text{ 呎磅}$$

$$\text{最大彎矩 } = M = \frac{23.48^2 \times 49000}{50} - (5000 \times 13 + 10000 \times 5) = 425300 \text{ 呎磅}$$

例題一 欲計算一木橋跨距 25 呎，後動重量之分配如下圖。



分力圖

比例尺 = 1/20"

答先求重心距 x_0 = 算式如下。

$$x_0 = \frac{10000 \times 16 + 10000 \times 11 + 8000 \times 6 + 8000}{36000} = 8.83 \text{ 呎}$$

8.83 - 6 = 2.83 呎，在 P_3 向左之重心點。

又 5 - 2.83 = 2.17 呎，在 P_2 向右之重心點。

總距點 $x_0 = a = 12.5 - \frac{2.17}{2} = 11.42$ 呎，為左端之重心距。

$$R_2 = V_2 = \frac{11.42}{25} \times 36000 = 16400 \text{ 呎磅，為右端之剪力。}$$

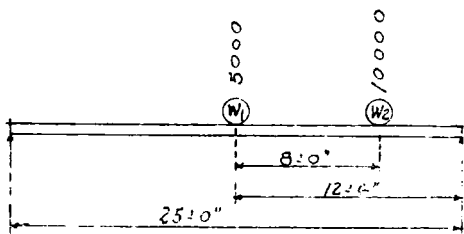
$$\text{又左端之最大彎矩 } = M = \frac{11.42^2 \times 36000}{25} - 10000 \times 5 = 137800 \text{ 呎磅}$$

又向左之總距 $x_0 = a = 12.5 + \frac{2.93}{2} = 13.92$ 呎。

剪力 $= R_1 = \frac{a}{L} \times \Sigma W = \frac{13.92}{25} \times 36000 = 20000$ 呎磅。

再求右端之彎矩 $= M = \frac{13.92^2 \times 36000}{25} - (10000 \times 10 + 10000 \times 5) = 129000$ 呎磅。

例題二 有一橋樑，跨距 25 呎，橋面經過載重 W_1 至 W_6 欲推求每個 W 重量經過橋面中央時之應力，及最大之應力與彎矩，列圖如下，試分段解之。

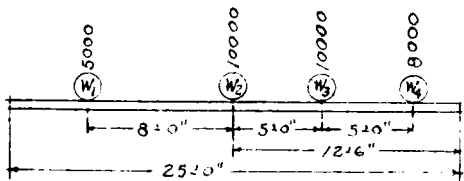


分力圖(一)
比例 $\frac{1}{8}'' = 1.0''$

車輪 W_1 之行動，經過橋面中央時之應力，為 W_1 與 $W_2 = W_1$ ：

$$\frac{a}{L} \times \Sigma W = \frac{12.5}{25} \times 15000 = 7500 \text{ 呎磅。}$$

又 W_2 在橋之中央，列圖如下。

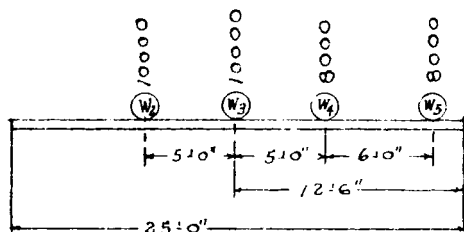


分力圖(二)
比例 $\frac{1}{8}'' = 1.0''$

標上共重 $W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 33000$ 磅。

$$R = V \cdot WL = \frac{12.5}{25} \times 33000 = 16500 \text{ 呎磅。}$$

又 W_3 在橋中央時之情形，到圖如下。



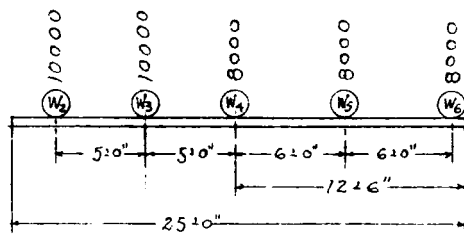
分力圖(三)

比例 $\frac{1}{8}'' = 1'0''$

其載重在橋上為 $W_2 + W_3 + W_4 + W_5 = 36000$ 呎磅，其應力為

$$W_c = \frac{12.5}{25} \times 36000 = 18000 \text{ 呎磅。}$$

又 W_4 在橋中央時之情形，到圖如下。



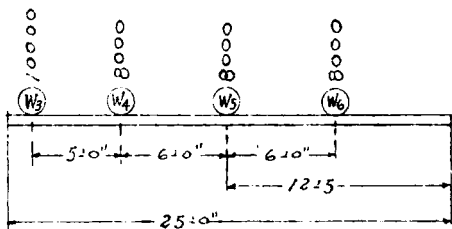
分力圖(四)

比例 $\frac{1}{8}'' = 1'0''$

其載重 $W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 = 44000$ 呎磅，其應力為

$$W_C = \frac{12.5}{25} \times 44000 = 22000 \text{ 呎磅}$$

又 W_5 在集中時之情形，列圖如下。



分力圖(五)

比例 $\frac{1}{8}'' = 12.0''$

橋面經過 $W_3 + W_4 + W_5 + W_6 = 34000$ 呎磅，其應力為

$$W_C = \frac{12.5}{25} \times 35000 = 17000 \text{ 呎磅，查得以上最大之應力 } W_4 \text{ 之行}$$

動，經過橋中為最大之應力。

再由常用之應力與剪力公式，求 W_3 在集中時之最大應力如下。

$$R_1 = \frac{10000 \times 17.5 + 10000 \times 12.5 + 8000 \times 7.5 + 8000 \times 1.5}{25} = 14880 \text{ 呎磅。}$$

又最大之彎矩為 $M = 14880 \times 12.5 - 10000 \times 5 = 136000$ 呎磅。

又求 W_4 在集中時之最大應力如下。

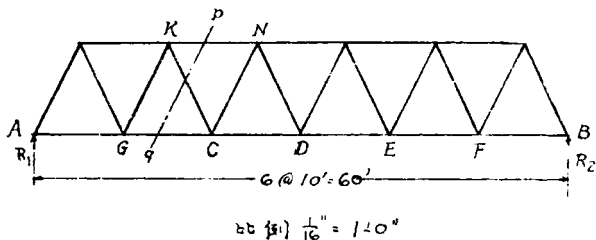
$$R_1 = \frac{10000 \times 22.5 + 10000 \times 17.5 + 8000 \times 12.5 + 8000 \times 6.5 + 8000 \times 0.5}{25} = 22240 \text{ 磅。}$$

$$M = 22240 \times 12.5 - (10000 \times 10 + 10000 \times 5) = 128000 \text{ 呎磅。}$$

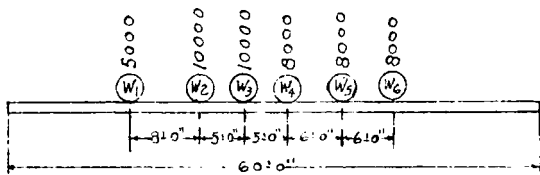
W_3 與 W_4 之彎矩用較大者為最安全，兩數相交以 $M = 136000$

尺磅為最多數。

第三節 橋樑之剪力與普通樑不同，因有移動及擊撞之關係，列圖如下。



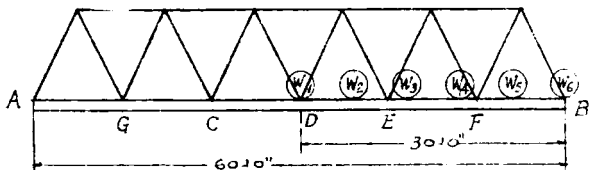
W_1 至 W_6 之重量跨距另行列表如下。



分力圖 (一)

比例 $\frac{1}{16}'' = 120''$

如欲求 CD 間之剪力，宜先求分力，如 W_1 在 D，則 W_6 在 B。圖如下。



分力圖 (二)

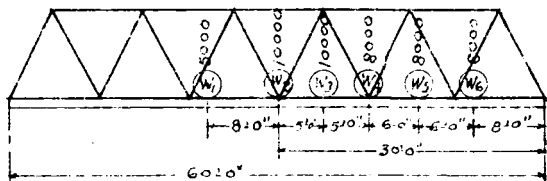
比例 $\frac{1}{16}'' = 120''$

在樑上之 $W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 = 41000$ 磅, 其分力為

$$W_1 = \frac{10}{60} \times 41000 = 6833 \text{ 磅}$$

假如 W_2 在 D 點, 則 $W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 = 49000$ 磅, 其分力為 $WP = \frac{10}{60} \times 49000 = 8167$ 磅, 求得結果較上式為大, 即最大之

剪應力, 推求如下。



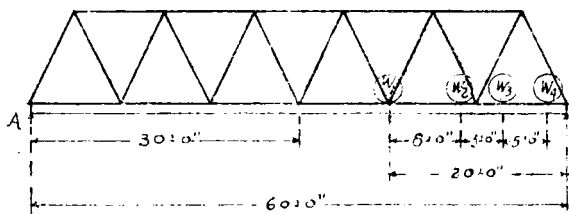
分力圖(三)

比例 $\frac{1}{16} = 1.0''$

$$V = \frac{5000 \times 38 + 10000 \times 30 + 10000 \times 25 + 8000 \times 20 + 8000 \times 14 + 8000 \times 8}{60} = \frac{5000 \times 8}{10} = 13930 \text{ 磅}$$

例題一. 仍依上法求 DE 間之剪力, 試列圖分解之。

答 W_1 在 E, 則 W_5 與 W_6 於處, 列圖如下。



分力圖(四)

比例 $\frac{1}{16} = 1.0''$

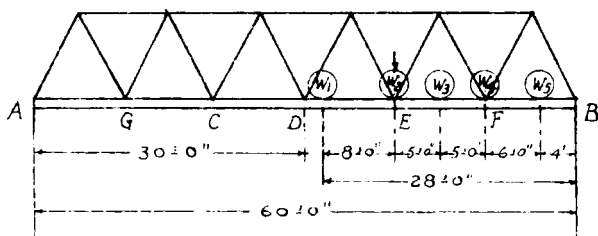
在樑上 $E = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 33000$ 磅。其分應力為

$$W_p = \frac{10}{60} \times 33000 = 5500 \text{ 磅。較 } W_1 \text{ 為大，但非最大之應力，再}$$

行推求。假如 W_2 在 E 點，則 $W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 = 41000$ 磅。

其應力為 $W_p = \frac{10}{60} \times 41000 = 6833$ 磅，較 W_1 為大。

又較 $W_1 + W_2$ 為小，但已最大之應力，其最大之剪力，查圖計算如下。



分力圖(五)

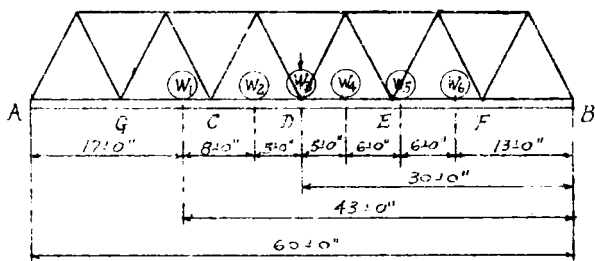
比例 $\frac{1}{16}'' = 1'0''$

$$V = \frac{5000 \times 28 + 10000 \times 20 + 10000 \times 15 + 8000 \times 10 + 8000 \times 4}{60} - \frac{5000 \times 8}{10} =$$

6030 磅。

例題二 再依上式求 CD 間之剪力，以 W_3 在 D ，試推求最大之剪力，與劃圖分解之。

答 先行推求該處之分力，列圖如下。



分力圖(六)

比例 $\frac{1}{16}'' = 1.0''$

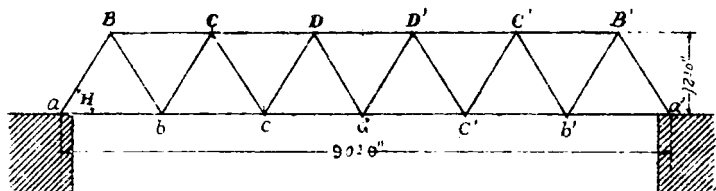
在標上全部重量 $W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 = 49000$ 磅

故分力為 $WP = \frac{10}{60} \times 49000 = 8175$ 磅。再行推算在該處最大之剪力如下。

$$V = \frac{5000 \times 43 + 10000 \times 35 + 10000 \times 30 + 8000 \times 25 + 8000 \times 19 + 8000 \times 13}{60}$$

$$\frac{5000 \times 8 + 10000 \times 5}{10} = \frac{1327500}{60} - \frac{90000}{10} = 22200 - 9000 = 13200 \text{ 磅}$$

第四節. 鋼架橋樑之計算, 其活力與死力, 分段任之, 如下圖。

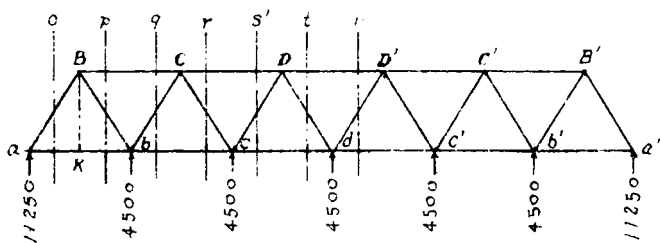


圖(一)

比例 $\frac{1}{4}'' = 1.0''$

高度 12 呎, 跨距 90 呎, 分成六支點, 每支點 9.0 呎跨距, 活力 L.L. = 1600 磅, 死力 D.L. = 600 磅, 求每支點處載重為 $D.L. \cdot \frac{60}{2} \times 15$

= 4500 磅。又應力 $R_1 = R_2 = \frac{4500 \times 5}{2} = 11250$ 磅。如下圖。

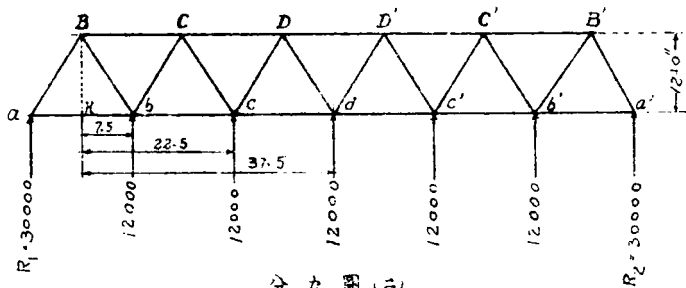


分力圖(一)

比例 $\frac{3}{64} = 1:0''$

又求每支點之活力 L.L. = $\frac{1600}{2} \times 15 = 12000$ 磅。其兩端應力

$R_1 = R_2 = \frac{12000 \times 5}{2} = 30000$ 磅。如下圖。



分力圖(二)

比例 $\frac{3}{64} = 1:0''$

求鉋力 D 之拉力如下。

$$ab = \frac{R_1 B}{12} = \frac{11250 \times 7.5}{12} = 7030 \text{ 呎磅}$$

$$bc = \frac{R_1 C}{12} = \frac{11250 \times 22.5 - 4500 \times 7.5}{12} = -18280 \text{ 呎磅.}$$

$$cd = \frac{R_1 D}{12} = \frac{11250 \times 3.75 - 4500 \times 22.5 - 4500 \times 7.5}{12} = -23910 \text{ 呎磅.}$$

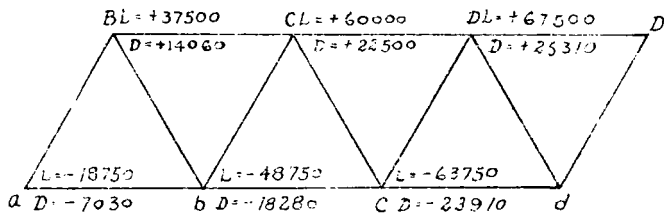
求死力 D.L. 之壓力如下.

$$BC = \frac{R_1 b}{12} = \frac{11250 \times 15}{12} = +14060 \text{ 呎磅.}$$

$$CD = \frac{R_1 c}{12} = \frac{11250 \times 30 - 4500 \times 15}{12} = +22500 \text{ 呎磅.}$$

$$DD' = \frac{R_1 d}{12} = \frac{11250 \times 45 - 4500 \times 30 - 4500 \times 15}{12} = +25310 \text{ 呎磅.}$$

以上求得死力之拉力與壓力, 列圖如下.



分力圖(三)

比例 $\frac{3}{32} = 1:0''$

注意 (一) 係表示拉力, (+) 係表示壓力.

又求活力 L.L. 之拉力如下.

$$ab = \frac{R_1 B}{12} = \frac{30000 \times 7.5}{12} = -18750 \text{ 呎磅.}$$

$$bc = \frac{R_1 C}{12} = \frac{30000 \times 22.5 - 4500 \times 7.5}{12} = -48750 \text{ 呎磅.}$$

$$cd = \frac{R_1' d}{12} = \frac{30000 \times 37.5 - 4500 \times 22.5 - 4500 \times 7.5}{12} = -63750 \text{ 呎磅.}$$

求活力 L.L. 之壓力如下.

$$BC = \frac{R_1' b}{12} = \frac{30000 \times 15}{12} = +37500 \text{ 呎磅.}$$

$$CD = \frac{R_1' c}{12} = \frac{30000 \times 30 - 4500 \times 15}{12} = +60000 \text{ 呎磅.}$$

$$DD' = \frac{R_1' d}{12} = \frac{30000 \times 45 - 4500 \times 30 - 4500 \times 15}{12} = +67500 \text{ 呎磅.}$$

以上求得活力之拉力與壓力, 列表如上, 再求各支點之

剪力, $V = aB = R_1 = +11250$ 呎磅. 切線在圖之 O 點.

$Bb = R_1 = +11250$ 呎磅. 切線在圖之 P 點.

$bc = 4500 + (\frac{1}{2} \times 4500) = +6750$ 呎磅. 切線在圖之 Q 點.

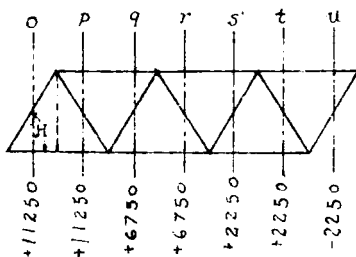
$Cc = 4500 + (\frac{1}{2} \times 4500) = +6750$ 呎磅. 切線在圖之 R 點.

$CD = \frac{1}{2} \times 4500 = +2250$ 呎磅. 切線在圖之 S' 點.

$Dd = \frac{1}{2} \times 4500 = +2250$ 呎磅. 切線在圖之 t 點.

$dD' = \frac{1}{2} \times 4500 = -2250$ 呎磅. 切線在圖之 U 點.

以上求得之各剪力, O, P, Q, R, S, t, U, 各點線列圖如下.



分力圖 (四)

比例 $\frac{3}{64} = 1:0''$

$$\text{又求角度 } \text{CSC } H = \text{CSC } BaK = \frac{Ba}{BK} = \frac{\sqrt{BK^2 + aK^2}}{BK} = \sqrt{BK^2 + \left(\frac{ab}{2}\right)^2} =$$

$$\frac{\sqrt{12^2 + 7.5^2}}{12} = 1.18 \text{ 呎.}$$

再以角度之 1.18 乘以上 O, P, Q, 等各剪力磅求得各斜撐之拉力與壓力如下。

$$aB = a'B' = 11250 \times 1.18 = +13280 \text{ 磅.}$$

$$Bb = B'b' = 11250 \times 1.18 = -13280 \text{ 磅.}$$

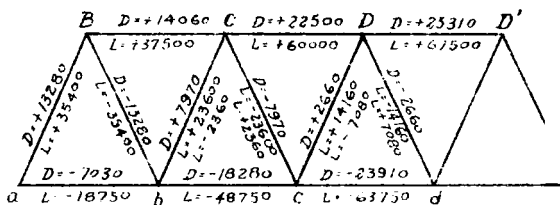
$$bC = b'C' = 6750 \times 1.18 = +7970 \text{ 磅.}$$

$$Cc = C'c' = 6750 \times 1.18 = -7970 \text{ 磅.}$$

$$cD = c'd' = 2250 \times 1.18 = +2660 \text{ 磅.}$$

$$Dd = D'd' = 2250 \times 1.18 = -2660 \text{ 磅.}$$

以上求得各部份之斜拉力與壓力，列圖如下。



分力圖 (五)

$$\text{比例 } \frac{3}{32} = 1:0''$$

再行推求活力在各部份之剪力，推算如下。

$$\text{求活力自 } b \text{ 至 } b' \text{ 之剪力} = ab = \frac{12000 \times (1+2+3+4+5)}{6} = 30000 \text{ 磅.}$$

$$\text{活力自 } c \text{ 至 } b' \text{ 之剪力} = bc = \frac{12000 \times (1+2+3+4)}{6} = 20000 \text{ 磅.}$$

$$\text{活力自 } d \text{ 至 } b' \text{ 之剪力} = cd = \frac{12000 \times (1+2+3)}{6} = 12000 \text{ 磅}$$

$$\text{活力自 } C' \text{ 至 } b' \text{ 之剪力} = dc' = \frac{12000 \times (1+2)}{6} = 6000 \text{ 磅}$$

$$\text{活力自 } b' \text{ 之剪力} = c'b' = \frac{12000 \times 1}{6} = 2000 \text{ 磅}$$

根據以上求得之數，以 1.18 乘之，得活力之壓力與拉力，係正面者如下。

$$aB = a'B' = 30000 \times 1.18 = + 35400 \text{ 磅}$$

$$Bb = B'b' = 30000 \times 1.18 = - 35400 \text{ 磅}$$

$$bc = b'c' = 20000 \times 1.18 = + 23600 \text{ 磅}$$

$$Cc = C'c' = 20000 \times 1.18 = - 23600 \text{ 磅}$$

$$cD = c'D' = 12000 \times 1.18 = + 14160 \text{ 磅}$$

$$Dd = D'd' = 12000 \times 1.18 = - 14160 \text{ 磅}$$

再行推求反面之拉力與壓力如下。

$$bc = b'c' = 2000 \times 1.18 = - 2360 \text{ 磅}$$

$$Cc = C'c' = 2000 \times 1.18 = + 2360 \text{ 磅}$$

$$cD = c'D' = 6000 \times 1.18 = - 7080 \text{ 磅}$$

$$Dd = D'd' = 6000 \times 1.18 = + 7080 \text{ 磅}$$

以上求得各部份之結數均在上圖，以供參考。再取上得各拉力與壓力，在斜桿部份相加為最多數之應力與剪力，及最少數之應力與剪力推算如下。

$$aB = (D.L. + 13280 + L.L. + 35400) = +48680 \text{ 磅.}$$

$$Bb = (D.L. - 13280 + L.L. - 35400) = -48680 \text{ 磅.}$$

$$bC = (D.L. + 7970 + L.L. + 23600) = +31570 \text{ 磅.}$$

$$Cc = (D.L. - 7970 + L.L. - 23600) = -31570 \text{ 磅.}$$

$$cD = (D.L. + 2660 + L.L. + 14160) = +16820 \text{ 磅.}$$

$$Dd = (D.L. - 2660 + L.L. - 14160) = -16820 \text{ 磅.}$$

以上各梁支點之拉力與壓力，又最多數之剪力如下。

$$aB = +48680 \div 1.18 = +41250 \text{ 磅.}$$

$$Bb = +48680 \div 1.18 = +41250 \text{ 磅.}$$

$$bC = +31570 \div 1.18 = +26750 \text{ 磅.}$$

$$Cc = +31570 \div 1.18 = +26750 \text{ 磅.}$$

$$cD = +16820 \div 1.18 = +14250 \text{ 磅.}$$

$$Dd = +16820 \div 1.18 = +14250 \text{ 磅.}$$

又最少數之拉力與壓力，推算如下。

$$aB = D.L. + 13280 \quad 13280 \text{ 磅.}$$

$$Bb = D.L. - 13280 \quad -13280 \text{ 磅.}$$

$$bC = (D.L. + 7970 - L.L. - 2360) = +5610 \text{ 磅.}$$

$$Cc = (D.L. - 7970 - L.L. + 2360) = -5610 \text{ 磅.}$$

$$cD = (L.L. - 7080 - D.L. + 2660) = -4420 \text{ 磅.}$$

$$Dd = (L.L. + 7080 - D.L. - 2660) = +4420 \text{ 磅.}$$

又最少數之正負剪力，推算如下。

$$aB = +13280 \div 1.18 = +11250 \text{ 磅.}$$

$$Bb = -13280 \div 1.18 = -11250 \text{ 磅.}$$

$$bc = +5610 \div 1.18 = +4750 \text{ 磅}$$

$$Cc = -5610 \div 1.18 = -4750 \text{ 磅}$$

$$CD = -4420 \div 1.18 = -3750 \text{ 磅}$$

$$Dd = +4420 \div 1.18 = +3750 \text{ 磅}$$

又上下 D.L. 與 L.L. 之數相加之即得最多數之拉力與壓力如下

$$aB = (D.L. - 7030 + L.L. - 18750) = -25780 \text{ 磅}$$

$$bC = (D.L. - 18280 + L.L. - 48750) = -67030 \text{ 磅}$$

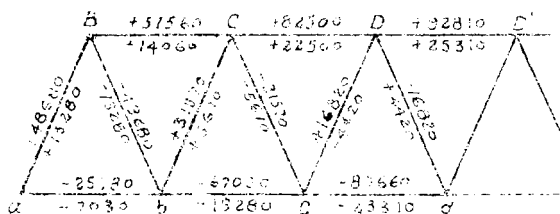
$$cD = (D.L. + 23910 + L.L. - 63750) = -39840 \text{ 磅}$$

$$BC = (D.L. + 14060 + L.L. + 37500) = +51560 \text{ 磅}$$

$$CD = (D.L. + 22500 + L.L. + 60000) = +82500 \text{ 磅}$$

$$DD' = (D.L. + 25310 + L.L. + 67500) = +92810 \text{ 磅}$$

以上求得各數列圖如下



分力圖 (a)

$$\text{比例 } \frac{3}{32} = 1:10''$$

上下部之搬算如下

$$ab = -25780 \div 1.18 = 21700 \text{ 磅}$$

$$bc = -63030 \div 1.18 = 53500 \text{ 磅}$$

$$cd = -87660 \div 1.18 = 74000 \text{ 磅}$$

$$BC = +57560 \div 1.18 = 48700 \text{ 磅}$$

$$CD = +82500 \div 1.18 = 70100 \text{ 磅}$$

$$DD' = +92810 \div 1.18 = 78600 \text{ 磅}$$

注意 (一) 以上各部份之拉力與壓力之彎矩, 既已求得, 欲求各材料之剖面積, 與設計普通架之方法相同。又各部份接筒處之拉力, 與壓力, 較諸上面求得結數約不同, 另行計算如下。

假如每段之死力 4500 磅, 活力 12000 磅, 其應用公式如下。

$$\cot H = \cot BaK = \frac{aK}{BK} = \frac{7.5}{12} = .625,$$

又 $\csc H = 1.18$ 參考如下圖。

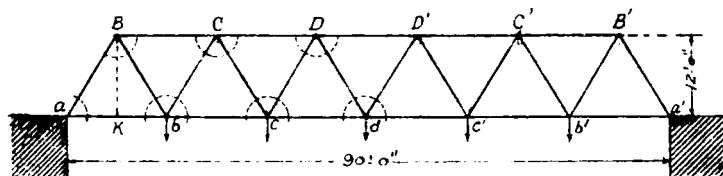
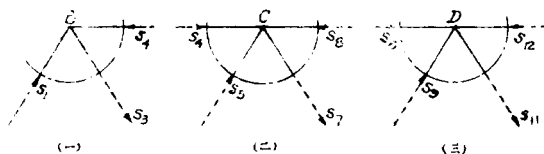


圖 (一)

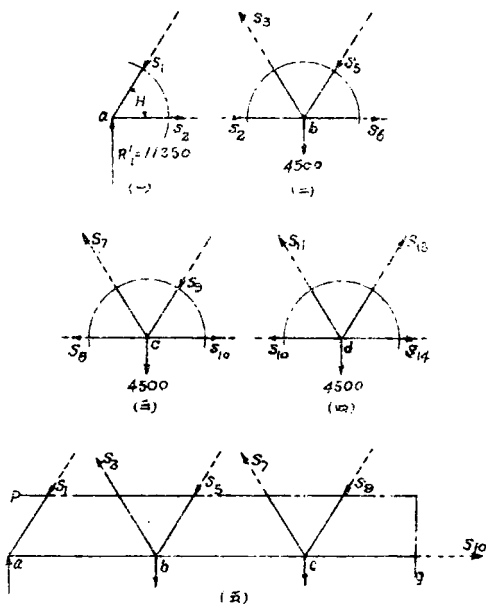
比例 $\frac{3}{32} = 12'0''$



(一)

(二)

(三)



先求各部之死力 D.L. 於接筒處 (a) 查算圖 (一) 應力 $R_1' = 11250$

應分力 S_1 與 S_2 而 $S_1 \sin H = R_1' = 11250$ 磅。

壓力 $AB = S_1 = 11250 \cos H = 11250 \times 0.18 = 13280$ 磅。

$$\text{故 } \sum Y: R_1' - S_1 \sin H = 0.$$

$$\text{故 拉力 } ab = S_2 = S_1 \cos H = 11250 \csc H \cos H = 11250 \frac{\cos H}{\sin H}$$

$$= 11250 \cot H = 11250 \times 0.625 = 7030 \text{ 磅}$$

$$\text{故 } \sum Y: S_1 \cos H - S_2 = 0.$$

求死力於接筒處 $B = S_3 \sin H = S_1 \sin H = 11250$ 磅。

$$\text{故 } \Sigma Y = S_1 \sin H - S_3 \sin H = 0$$

$$\text{又拉力 } Bb = S_3 = 11250 \csc H = 13280 \text{ 磅.}$$

$$\text{又壓力 } Bc = S_4 = (S_1 + S_2) \cos H = (11250 \csc H + 11250 \csc H)$$

$$\cos H = 22500 \csc H \cos H = 22500 \cot H = 14060 \text{ 磅.}$$

$$\text{故 } \Sigma X = S_1 \cos H + S_3 \cos H - S_4 = 0.$$

求死力於接筒處 b 如下.

$$\text{壓力 } bC = S_5 \sin H = S_3 \sin H - 4500 = 11250 - 4500 = 6750 \text{ 磅.}$$

$$\text{故 } \Sigma Y = S_3 \sin H - 4500 - S_5 \sin H = 0.$$

$$\text{又 } S_5 = 6750 \csc H = 7970 \text{ 磅.}$$

$$\text{求拉力 } bc = S_6 = S_2 + S_3 \cos H + S_5 \cos H =$$

$$= 11250 \cot H + 11250 \csc H \cos H,$$

$$+ 6750 \csc H \cos H = 29250 \cot H = 18280 \text{ 磅.}$$

$$\text{故 } \Sigma X = S_2 + S_3 \cos H + S_5 \cos H - S_6 = 0.$$

$$\text{求死力於接筒處 } C = S_7 \sin H = S_5 \sin H = 6750 \text{ 磅.}$$

$$\text{故 } \Sigma Y = S_5 \sin H - S_7 \sin H = 0.$$

$$\text{又拉力 } Cc = 6750 \csc H = 7970 \text{ 磅.}$$

$$\text{又壓力 } cD = S_8 = S_4 + S_5 \cos H + S_7 \cos H,$$

$$= 22500 \cot H + 6750 \csc H \cos H + 6750 \csc H \cos H =$$

$$= 36000 \cot H = 22500 \text{ 磅.}$$

$$\text{故 } \Sigma X = S_4 + S_5 \cos H + S_7 \cos H - S_8 = 0.$$

$$\text{求死力於接筒處 } C = S_9 \sin H = S_7 \sin H - 4500 = 6750 - 4500 = 2250 \text{ 磅.}$$

$$\text{故 } \Sigma Y = S_7 \sin H - S_9 \sin H - 4500 = 0.$$

$$\text{壓力 } cD = S_9 = 2250 \csc H = 2660 \text{ 磅.}$$

$$\begin{aligned} \text{拉力 } cd &= S_{10} = S_6 + S_7 \cos H + S_9 \cos H \\ &= 29250 \cot H + 6750 \csc H \cos H + 2250 \csc H \\ \cos H &= 38250 \cot H = 23910 \text{ 磅} \end{aligned}$$

$$\text{故 } \Sigma X = S_6 + S_7 \cos H + S_9 \cos H - S_{10} = 0.$$

$$\text{求死力於接筒處 } D = S_{11} \sin H = S_9 \sin H = 2250 \text{ 磅}.$$

$$\text{故 } \Sigma Y = S_9 \sin H - S_{11} \sin H = 0.$$

$$\text{拉力 } Dd = S_{11} = 2250 \csc H = 2660 \text{ 磅}.$$

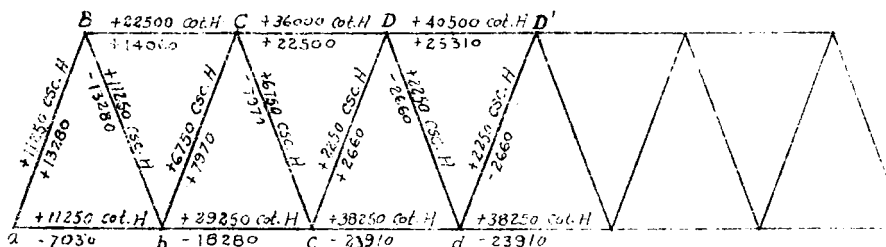
$$\begin{aligned} \text{壓力 } DD' &= S_{12} = S_8 + S_9 \cos H + S_{11} \cos H \\ &= 36000 \cot H + 2250 \csc H \cos H \\ &+ 2250 \csc H \cot H = 40500 \cot H = 25310 \text{ 磅} \end{aligned}$$

$$\text{故 } \Sigma Y = S_8 + S_9 \cos H + S_{11} \cos H - S_{12} = 0.$$

$$\text{求死力於接筒處 } d = S_{13} = S_{11} \text{ 又 } S_{14} = S_{10} \text{ 均等式}.$$

$$\text{故拉力 } dD' = S_{13} = 2660 \text{ 磅。又拉力 } dc' = S_{14} = 23910 \text{ 磅}.$$

以上自 S_1 至 S_{14} 求得各結數，註明於圖如下。



分力圖(七)

比例 $\frac{1}{15}'' = 1' : 0''$

又求活力之最大應力如下。

$$ab = \frac{12000(1+2+3+4+5)}{6} = 30000 \text{ 磅}$$

$$bc = \frac{12000(1+2+3+4+5)}{6} - 12000 = 18000 \text{ 磅}$$

$$cd = \frac{12000(1+2+3+4+5)}{6} - (12000 + 12000) = 6000 \text{ 磅}$$

$$ab - 18750 \div \cot H = 30000 \text{ 磅}$$

$$bc - 48750 \div .625 = 78000 \text{ 磅}$$

$$cd - 63750 \div .625 = 102000 \text{ 磅}$$

$$BC + 37500 \div .625 = 60000 \text{ 磅}$$

$$CD + 60000 \div .625 = 96000 \text{ 磅}$$

$$DD' + 67500 \div .625 = 108000 \text{ 磅}$$

$$aB + 35400 \div \csc H = 30000 \text{ 磅}$$

$$Bb - 35400 \div 1.18 = 30000 \text{ 磅}$$

$$bc + 23600 \div 1.18 = 20000 \text{ 磅}$$

$$Cc - 23600 \div 1.18 = 20000 \text{ 磅}$$

$$CD + 14160 \div 1.18 = 12000 \text{ 磅}$$

$$Dd - 14160 \div 1.18 = 12000 \text{ 磅}$$

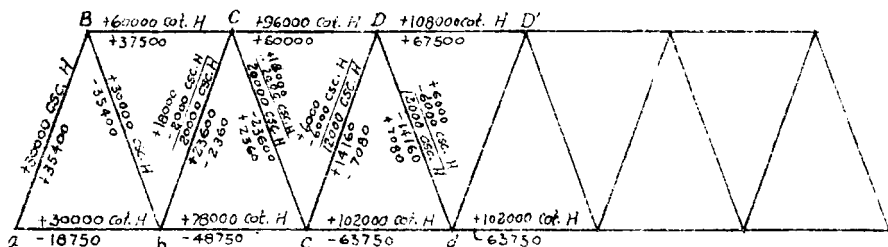
$$bC - 2360 \div 1.18 = 2000 \text{ 磅}$$

$$Cc + 23,60 \div 1.18 = 2000 \text{ 磅}$$

$$cD - 7080 \div 1.18 = 6000 \text{ 磅}$$

$$Dd + 7080 \div 1.18 = 6000 \text{ 磅}$$

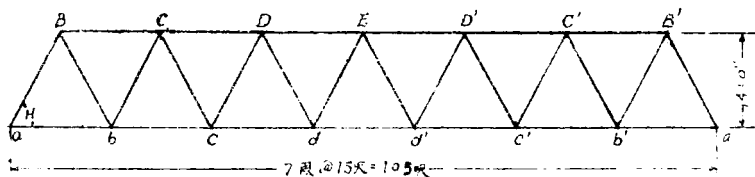
以上各部份活力(參看分力圖(10))之結數,為最大之應力,列圖如下。



分力圖心

比例 $\frac{1}{16} = 1:0''$

例題一. 欲建一橋樑跨距 105 呎, 分為七段, 每段 15 呎, 每呎之活力 = 2000 磅, 死力 = 1000 磅, 高度 14 呎, 列圖如下.



畧圖(一)

比例 $\frac{3}{64} = 1:0''$

用上術方法, 試推求各部份之拉力與壓力, 及最大與最小之應力, 并列圖証之.

$$\text{答: 每段死力} = \frac{1000 \times 15}{2} = 7500 \text{ 磅.}$$

假定 5000 磅, 在下支點, 2500 磅, 在上支點, 隨後求應力

$$R_1 = \frac{5000 \times 6}{2} + \frac{2500 \times 7}{2} = 23750 \text{ 磅. 每段活力} = \frac{2000 \times 15}{2} = 15000 \text{ 磅.}$$

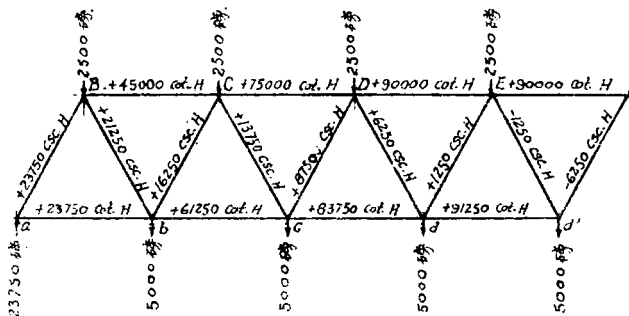
再求 $R_1' = \frac{15000 \times 6}{2} = 45000$ 磅。

假如在 bc 間，求 b 至 $C = 23750 - (5000 + 2500) = 16250$ 磅。

又求 C 至 $c = 23750 - (5000 + 2500 + 2500) = 13750$ 磅。

坡度 = $\csc H = \frac{\sqrt{14^2 + 7.5^2}}{14} = 1.134$ 。又 $\cot H = \frac{7.5}{14} = .5357$ 。

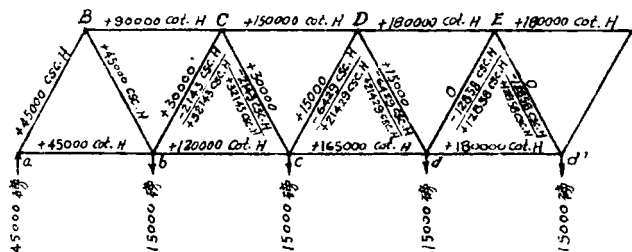
求得各部份之死力，注明圖上，如分力圖(二)。



分力圖(二)

比例 $\frac{1}{16}'' = 120''$

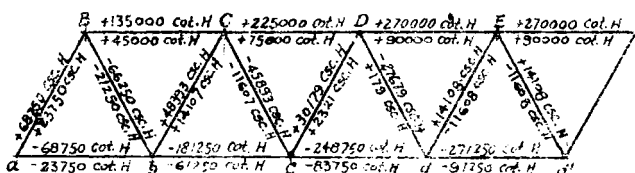
求得各部份之活力，注明圖上如分力圖(三)



分力圖(三)

比例 $\frac{1}{16}'' = 120''$

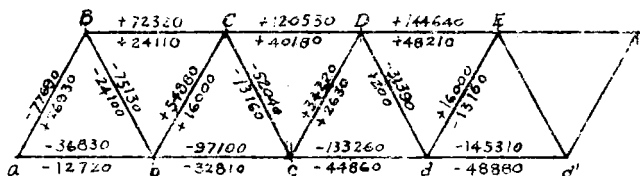
自死力與活力之應力在各部份與 $\text{CSC } H$ 及 $\text{cot } H$ ，求得最大與最小之應力，列圖如下，



分力圖 (四)

比例 $\frac{1}{16}'' = 100''$

由該數再與 $\text{CSC } H$ 及 $\text{cot } H$ 相乘除，而求得之最大與最小數如下圖，



分力圖 (五)

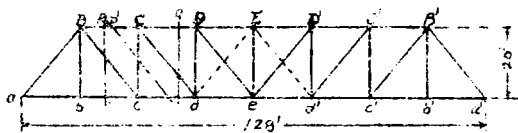
比例 $\frac{1}{16}'' = 100''$

以上(二)與(三)圖為剪力之總數，又(四)與(五)圖為拉力與壓力之總數。

例題二 擬建鋼橋一座，跨距 128 呎，共分八段，每段 16 呎，橋之上下距 20 呎，其末端之 aB 與 a'B' 為壓力，其垂直之 Bb 與 B'b' 為拉力，其餘垂直者，均為壓力，又 dE 與 E'd' 為反力線，假定死力每英尺 800 磅，活力 2000 磅，欲計算各

部份之應力與總剪力，及最大與最小之拉力，或壓力，又各部份之合併剪力等，試列圖解答之。

答：先計算每分段之應力，求得每段反力如下。



圖一

比例 $\frac{1}{40} = 1:10$

每段之死力 = $\frac{800}{2} \times 16 = 6400$ 磅。

兩頭末端之總應力如下。

$$R_2 = R_1 = \frac{6400 \times 7}{2} = 22400 \text{ 磅。}$$

每段之活力如 = $\frac{3000}{2} \times 16 = 16000$ 磅。

兩端活力之總應力如下。

$$R'_2 = R'_1 = \frac{16000 \times 7}{2} = 56000 \text{ 磅。}$$

求死力在 ab 與 bc (集中重之彎矩在 B 點) 公式如下。

$$\text{彎矩 } B = M = \frac{22400 \times 1 \times 16}{20} = -17900 \text{ 呎磅。}$$

求死力在 cd 處 (集中力 P 之彎矩在 C 點) 公式如下。

$$\text{彎矩 } C = M = \frac{(22400 \times 2 - 6400 \times 1) \times 16}{20} = -30700 \text{ 呎磅。}$$

求死力在 de 處 (集中力 P 之彎矩在 D 點) 公式如下。

$$\text{彎矩 } D = M = \frac{[22400 \times 3 - 6400(2+1)] \times 16}{20} = -38400 \text{ 呎磅}$$

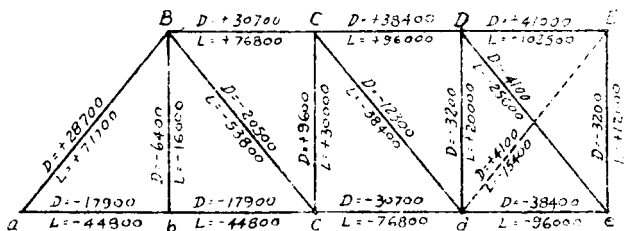
求彎矩 BC (與死力在 cd 同) = +30700 磅。

求彎矩 CD (與死力在 de 同) = +38400 磅。

求死力在 DE (集中重 P 之彎矩在 e 點) 公式如下。

$$\text{彎矩 } e = M = \frac{[22400 \times 4 - 6400(3+2+1)] \times 16}{20} = +41000 \text{ 磅}$$

以上求得各部份之死力彎矩列置如下。



分力圖(二)

比例 $\frac{1}{16} = 1:0''$

又推求各部份之活力之比率為 $\frac{2000}{800} = \frac{5}{2}$ 。求彎矩之公
如下。

$$M = ab = bc \quad 17900 \times \frac{5}{2} = -44800 \text{ 呎磅}$$

$$M = cd \quad 30700 \times \frac{5}{2} = -76800 \text{ 呎磅}$$

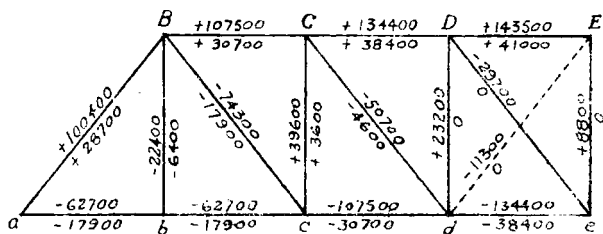
$$M = de \quad 38400 \times \frac{5}{2} = -96000 \text{ 呎磅}$$

$$M = BC \quad 30700 \times \frac{5}{2} = +76800 \text{ 呎磅}$$

$$M = CD \quad 38400 \times \frac{5}{2} = +96000 \text{ 呎磅}$$

$$M = DE \quad 41000 \times \frac{5}{2} = +102500 \text{ 呎磅}$$

求得活力各彎矩，均在上圖注明，又以死力與活力之彎矩相加，得結數若最大應力之彎矩，仍以死力之彎矩，為最小之應力彎矩，列圖如下。



分力圖(三)

比例 $\frac{1}{16}'' = 1.0''$

求死力之分段剪力公式如下

$$V = ab = \frac{6400 \times 7}{2} = +22400 \text{ 呎磅}$$

$$V = bc = 22400 - \left(\frac{800}{2} \times 16\right) = 16000 \text{ 呎磅}$$

$$V = cd = 16000 - \left(\frac{800}{2} \times 16\right) = 9600 \text{ 呎磅}$$

$$V = de = 9600 - \left(\frac{800}{2} \times 16\right) = 3200 \text{ 呎磅}$$

$$V = ed' = 3200 - \left(\frac{800}{2} \times 16\right) = -3200 \text{ 呎磅}$$

求活力之分段剪力公式如下

剪力分段在 a, b (壓力在 b, d, e, 拉力在 b, c, e) 公式如下

$$V = a, b = \frac{16000(1+2+3+4+5+6+7)}{8} = 26000 \text{ 呎磅}$$

剪力分段在 bc (重力在 c, d, e, d', c' 與 b' 之間) 公式如下。

$$V = \frac{16000(1+2+3+4+5+6)}{8} = 42000 \text{ 呎磅。}$$

剪力分段在 cd (重力在 d, e, d', c' 與 b' 之間) 公式如下。

$$V = \frac{16000(1+2+3+4+5)}{8} = 30000 \text{ 呎磅。}$$

剪力分段在 de (重力在 e, d', c' 與 b' 之間) 公式如下。

$$V = \frac{16000(1+2+3+4)}{8} = 20000 \text{ 呎磅。}$$

剪力分段在 ed' (重力在 d', c' 與 b' 之間) 公式如下。

$$V = \frac{16000(1+2+3)}{8} = 12000 \text{ 呎磅。}$$

剪力分段在 $d'c'$ (重力在 c' 與 b' 之間) 公式如下。

$$V = \frac{16000(1+2)}{8} = 6000 \text{ 呎磅。}$$

剪力分段在 $c'd'$ (重力在 b' 之間) 公式如下。

$$V = \frac{16000 \times 1}{8} = 2000 \text{ 呎磅。}$$

又死剪力與活剪力之合併者，或最大剪力如下。

$$V = ab (+22400) + (+56000) = +78400 \text{ 呎磅。}$$

$$V = bc (+16000) + (+42000) = +58000 \text{ 呎磅。}$$

$$V = cd (+9600) + (+30000) = +39600 \text{ 呎磅。}$$

$$V = de (+3200) + (+20000) = +23200 \text{ 呎磅。}$$

又剪力之正與負，及最大之正剪力與最小之負剪力，另行列表如下。

各部份死剪力		活力正剪力	活力反剪力	最大合併正剪力	最小單位反剪力	
ab	+ 22400	+ 56000		+ 78400	+ 23400	呎磅
bc	+ 16000	+ 42000	- 2000	+ 58000	+ 14000	呎磅
cd	+ 3600	+ 30000	- 6000	+ 39600	+ 3600	呎磅
de	+ 3200	+ 20000	- 12000	+ 23200	- 8800	呎磅

注意 (二) 以上各部份之彎矩, 與剪力, 求得鋼積 A_s , 而欲加以計算者, 可用計算樑之公式推算之完。

