

# 鋼筋混凝土設計圖解

(附公式)

駱繼綱編

龍門聯合書局發行

# 鋼筋混凝土設計圖解

(附公式)

駱繼綱編

龍門聯合書局

# 鋼筋混凝土設計圖解



編者  
出版者

駱繼綱  
嚴幼芝

發行者

上海茂名北路三〇〇弄三號  
電話 三〇二七七

龍門聯合書局

上海河南中路二一〇號  
電話 一七六七四

靜安寺支店

上海愚園路二三一號  
電話 二二六八六

分售處

龍門聯合書局各地分局

南京分局 太平路 267 號

北平分局 琉璃廠 103 號

重慶分局 中山一路 318 號

廣州分局 漢民北路 204 號

漢口分局 江漢一路 3 號

杭州分局 東坡路 57 號

長沙分局 府正街 33 號

青島分銷處 台北衡陽路 12 號

基本定價金圓拾陸元正

外埠酌加郵運費

中華民國三十八年二月初版

## 序

混凝土之見稱於世，約僅百年，而其爲用至溥；寔假奪木石等建築材料之席而代之。舉其優點，約有三端：木雖韌而易朽，石雖堅而質脆，各有偏敝，未愜匠心；鋼筋混凝土則兼具二者之長，一也。近代建築形式，與曩者異趣，層樓矗起，長橋若虹，跨徑增長，承力愈重，棟樑之材有所不能任，五丁之石有所不能勝者，莫不仰給混凝土以代之，二也。土圍之木，摩崖之石，既艱於謀致，而轉輸之費，又復倍蓰；混凝土裝貯纖小，購運皆便，及營造既成，混然如一體，無斧砌之痕，饒天衣之美，三也。至其體物塑形，洪纖鉅細，無施不可，猶其小焉者。混凝土既具此三長，宜其見重於世，用途宏通，方興未艾也。

然混凝土工程之設計，因包含變數過多，其計算方法向極繁瑣，習用者爲切試法 (Cut and Try Method)，先之以傾擬，繼之以覆覈，反復推算，始獲定議，曠費時力，深爲從事者所苦。駱君繼綱，嶽奇士也，早歲留學英倫，研習工程，卽思藉圖解方法，簡化混凝土設計及覆核手續；於是廣諮博訪良師益友，教勗兼隆，君則耗竭思智，鏗而不舍，積以歲年，編爲是篇，洵能不負所期。舉凡設計過程中各項應力之計算，樑柱之尺寸，鋼筋之面積與分佈等，皆能於一舉手之勞，求得答案，而其誤差甚者不過百分之一，亦爲實用所許；其有益於工程界，良非淺鮮。推其原，則爲 Nomograph 之應用，益之以恢奇變化，舉混凝土工程之各種應用，囊括無遺，允稱力作。書成問序於余，爲說混凝土致用之廣，與此書應時之效，以弁其端。

中華民國三十七年松江趙祖康序於上海市工務局

# 自序

吾國一切永久性之工程建築，由於鋼鐵事業之幼稚，大多採用鋼筋混凝土建造，如橋梁，房屋等，比比皆是。而鋼筋混凝土各種公式之計算，至為繁複，亦有將公式繪成曲線圖或製成簡數表，俾按已知之條件，以檢得所求之數值。但因公式內之變數恆在三個以上，致圖表之應用，甚感不便，有時竟迫使吾人仍用公式，輾轉計算，久久始能獲得解答。本人早年負笈英國，即有鑒於斯，擬編著圖解法，期其一舉手之勞，即可求得結果，俾所求設計及複核工作，俱行簡化；並承吾師英國工程師協會會長貝爾(H. Beare)先生，指示方針，供給資料，乃從事搜集，着手編著。返國以後，服務滬甯鐵路，實際負責橋涵之設計施工，尤感是項工作之迫切需要，想海內工程人士，亦有同感也。經數年來之繼續編集，已初具規模。前年赴美，與美國鋼筋混凝土學會同人多次研討，並以已編部份相示，咸認其具有重大價值，寄與無限鼓勵，復承美國紐約鐵路公司橋梁工程司葛福(E. F. Gifford)先生介紹參考書籍。去歲返國，供職浙贛鐵路，每於公暇，繼續整理，增添資料，務求一切鋼筋混凝土工程所有設計應用之公式，俱能包括無遺；惟以是道範圍至廣，情形各異，而編者公務較忙，時間有限，淺陋之處，在所不免，尚祈海內先進正之是幸。

本書係按照鋼筋混凝土斷面所受外力情況之不同而分為三篇，並首先簡述理論及公式之演算，嗣即逐一繪製圖解；使各種繁複公式，藉此種圖解，能於頃刻間得其解答，既能經濟時間，復可得相當準確之題解，此編者之旨也。

吾國工程界所用之度量衡，現規定採用公制單位，而英美書籍均以英制計，致實際應用時，彼此換算，不僅繁複費時，抑且易生錯誤，設計時無不引以為苦。本書一律採用公制單位，以符規定。書末並附單位換算諸表，藉供參考。

關於專門名詞之翻譯，吾國尚無統一規定以資遵照。編者僅就普通名詞，“人云亦云”譯出而已；誠恐讀者不易熟識，特附譯名對照表於書末，以備檢閱。

駱繼綱識於浙贛鐵路尖山江橋工處

民國三十六年十二月

## 通 例

1. 本書首述鋼筋混凝土計算所用各項公式之來源及相互關係，然後逐一製成圖解，以供應用。
2. 各圖解之使用法，分別舉例，詳述於各圖解之首頁；然其大要，不外將鋼筋混凝土各計算公式中之每個變數，分別繪於直線(或曲線)上，製成圖解；應用時僅以直尺連結已知兩點，使成一直線，則此直線與第三變數之衡度尺上相交之點，即為所求第三變數之數值。手續簡捷準確，既無公式計算之數字繁複，亦無查表求鄰數間插入值之費事，同時并可免除誤差之發生，故圖解在應用上之價值，實不能忽視。
3. 各圖解之精確度，均經數度詳細校核，其誤差僅在1%左右，最大者亦未超出2%，故在實際應用上，已無問題。
4. 各圖解中均示例題，俾易明瞭，不僅使初學者對於鋼筋混凝土之學習及計算，能收事半功倍之效，即一般土木工程師之於設計及複核工作上亦有莫大之幫助。
5. 各圖解均已畫線示其使用步驟；惟各圖前頁之計算實例則於圖上未全繪出，讀者試自繪線核對，以資練習。
6. 書內圖解除編者自製者外，大部資料係採自柴田直光著之“ノモグラムに依る鐵筋コンクリートの計算”，經編者複核後，分類重編，並參考歐美書籍，增加資料，以求完善。
7. 本書各圖解一律採用公制單位，適合我國工程界之應用。
8. 書後並附各項常用之有關數值及單位換算諸表，藉資參照，俾使讀者於應用時，倍覺方便。

## 鋼筋混凝土常用符號表

- $b$  —— 桁寬, 或 T 形桁之翼緣寬  
 $d$  —— 桁之有效高 (自壓縮面至抗拉鋼筋重心間之距離)  
 $h$  —— 桁之總高  
 $A_s$  —— 鋼筋之總截面積  
 $p$  —— 鋼筋截面積與鋼筋以上混凝土面積之比率 =  $\frac{A_s}{bd}$   
 $A_s'$  —— 對側鋼筋中抗壓鋼筋之總截面積  
 $p'$  —— 對側鋼筋中抗壓鋼筋之鋼筋比 =  $\frac{A_s'}{bd}$   
 $E_s$  —— 鋼筋之彈性係數  
 $E_c$  —— 混凝土之最初彈性係數  
 $n$  ——  $\frac{E_s}{E_c}$ , 彈性係數之比率  
 $f_s$  —— 鋼筋單位面積之抗拉應力  
 $f_c$  —— 混凝土極邊纖維單位面積之抗壓應力  
 $f_c'$  —— 混凝土經 28 日試驗後之極限抗壓強度  
 $\epsilon_s$  —— 鋼筋每單位長之應變  
 $\epsilon_c$  —— 混凝土極邊纖維單位長之應變  
 $k$  —— 自中立軸線至極邊纖維之距離與有效深度  $d$  之比率  
 $j$  —— 自鋼筋至抗壓應力重心之距離與有效深度  $d$  之比率  
 $z$  —— 自極邊纖維至抗壓應力重心之距離  
 $C$  —— 混凝土之總抗壓力  
 $C'$  —— 鋼筋之抗壓力  
 $T$  —— 鋼筋之抗拉力  
 $N$  —— 橫向抗壓應力之總數  
 $e$  —— 偏心距  
 $M$  —— 截面之抵抗力矩  
 $v$  —— 單位剪應力  
 $V$  —— 總剪力  
 $\Sigma o$  —— 定截面內各鋼筋周長之總和  
 $u$  —— 單位附着應力  
 $b_o$  —— T 形桁底面之寬  
 $t$  —— T 形桁翼緣之厚

# 目次

## 第一篇 單受彎曲力矩之斷面(桁)

### 第一章 矩形斷面

第一節 單側鋼筋矩形斷面	頁
1. 應力之計算.....	(1)
2. 斷面及鋼筋量.....	(2)
第二節 對側鋼筋矩形斷面	
1. 應力之計算.....	(3)
2. 斷面及鋼筋量.....	(4)
第三節 四側鋼筋矩形斷面	
1. 應力之計算.....	(5)

### 第二章 T形斷面

第一節 單側鋼筋T形斷面	
1. 應力之計算.....	(7)
2. 斷面及鋼筋量.....	(8)
第二節 對側鋼筋T形斷面	
1. 應力之計算.....	(9)

### 第三章 特種斷面

1. 圓形斷面.....	(11)
2. 八角形斷面.....	(12)
3. 中空圓筒斷面.....	(13)
4. 吞梁斷面.....	(14)

## 第二篇 單受軸壓力之斷面(柱)

1. 帶箍鋼筋柱.....	(17)
2. 螺旋筋柱.....	(17)
3. 長柱.....	(18)



## 第三篇 同時承受彎曲力矩及軸壓力之斷面(柱)

### 第一章 矩形斷面

#### 第一節 單側鋼筋矩形斷面

#### 第二節 對側鋼筋矩形斷面

頁

- |                 |      |
|-----------------|------|
| 1. 斷面內無拉應力時     | (19) |
| 2. 斷面之一部分發生拉應力時 | (20) |
| (a) 應力之計算       | (20) |
| (b) 斷面及鋼筋量      | (22) |
| (c) 斷面之決定       | (23) |

#### 第三節 四側鋼筋矩形斷面

- |          |      |
|----------|------|
| 1. 應力之計算 | (24) |
|----------|------|

### 第二章 特種斷面

#### 第一節 圓形斷面

- |                |      |
|----------------|------|
| 1. 斷面內無拉應力時    | (25) |
| 2. 斷面之一部發生拉應力時 | (26) |

#### 第二節 中空圓筒斷面

- |                |      |
|----------------|------|
| 1. 斷面內無拉應力時    | (26) |
| 2. 斷面之一部發生拉應力時 | (27) |

# 圖解目次

	圖解	共計幅數
鋼筋量之基本關係	1~3	3
單受彎曲力矩之斷面		
單側鋼筋矩形斷面	4~15	12
對側鋼筋矩形斷面	16~36	21
四側鋼筋矩形斷面	37	1
單側鋼筋 T 形斷面	38~49	12
對側鋼筋 T 形斷面	50~51	2
圓形及八角形斷面	52	1
中空圓筒斷面	53	1
脊梁斷面	54~55	2
單受軸壓力之斷面	56~59	4
同時承受彎曲力矩及軸壓力之斷面		
對側鋼筋矩形斷面	60~78	19
四側鋼筋矩形斷面	79	1
圓形及八角形斷面	80~94	15
中空圓筒斷面	95~96	2
剪力關係	97~104	8
參考圖解(彎曲力矩之計算)	105~109	5

## 附 錄

鋼筋混凝土設計及施工應注意之要項

鋼筋混凝土之許用應力表

桁之係數表

單位寬度矩形桁之強度表

鋼筋斷面積, 周長及重量表

圓鋼筋面積表

方鋼筋面積表

混凝土每一立方公尺材料表

公制英制單位換算表

中英文譯名對照表

# 第一篇 單受彎曲力矩之斷面

## 第一章 矩形斷面

### 第一節 單側鋼筋矩形斷面

#### 1. 應力之計算

由第1圖可知：
$$\frac{f_s'}{n f_s} = \frac{d - kd}{kd} = \frac{1 - k}{k} \dots\dots\dots (1)$$

上式表示中立軸比  $k$  與應力  $f_s, f_s'$  間之關係，變化之可得下述三式：

$$f_s = n f_s' \frac{1 - k}{k} \dots\dots\dots (2)$$

$$f_s' = \frac{k}{n(1 - k)} f_s \dots\dots\dots (3)$$

$$k = \frac{n f_s'}{n f_s' + f_s} \dots\dots\dots (4)$$

又由力之平衡條件知： $f_s' A_s = \frac{1}{2} f_s b k d$

以(2)式之右側，代入上式之  $f_s$ ，並令  $A_s = p b d$ ，則得  $k$  之值為：

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np \dots\dots\dots (5)$$

但  $jd = d - \frac{kd}{3}$ ，即  $j = 1 - \frac{k}{3} \dots\dots\dots (6)$

對抗拉鋼筋中心所得之應力力矩為：

$$M = C j d = \frac{1}{2} f_s' k j b d^2$$

於是：
$$f_s' = \frac{2M}{k j b d^2} \dots\dots\dots (7)$$

對抗壓側之應力重心點所得之應力力矩為：

$$M = T j d = f_s' A_s j d = f_s' p j b d^2$$

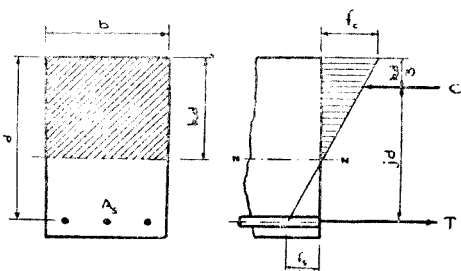
於是：
$$f_s = \frac{M}{A_s j d} = \frac{M}{p j b d^2} \dots\dots\dots (8)$$

如斷面之尺寸及外力之彎曲力矩為已知，則由(7)(8)兩式可以求得  $f_s'$  及

$f_s$  之值。

第 4 圖解至第 7 圖解即表示此等關係，其用法詳述於各圖首頁，茲不贅及。

以上所述為應力計算之通常方法；茲為簡單迅速以求出應力起見，特另製第 8 圖解。



第 1 圖。

因  $k, j$  均為  $p$  之函數，故(7)(8)兩式可以書成：

$$\left. \begin{aligned} f_c &= F_1(p) \frac{M}{bd^2} \\ f_s &= F_2(p) \frac{M}{bd^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

第 8 圖解即將此兩式同時予以圖解，雖稍欠理論根據，然其結果與真值頗為近似，在實際應用上已無問題。

平板梁之計算，恆令  $b = 100 \text{ cm}$ ，由是更形簡單化，乃製成第 9 圖解。

## 2. 斷面及鋼筋量。

由(4)式及(5)式消去  $k$ ，則得  $p$  之值為：

$$p = \frac{nf_c^2}{2f_s(f_s + nf_c)} \dots\dots\dots (10)$$

(10)式所示之值，稱為平衡鋼筋比。

以(4)式代入(6)式中之  $k$ ，簡化之可得：

$$j = \frac{2nf_c + 3f_s}{3(nf_c + f_s)} \dots\dots\dots (11)$$

以(4)式及(11)式代入(7)式中之  $k$  及  $j$ ，化簡之則得  $d$  之值為：

$$d = C_1 \sqrt{\frac{M}{b}} \dots\dots\dots (12)$$

其中：

$$C_1 = \frac{nf_c + f_s}{f_s} \sqrt{\frac{b}{n(2f_c + 3f_s)}} \dots\dots\dots (13)$$

此時之  $d$  為“對已知之  $M$  及規定之應力  $f_c, f_s$ ”所需之有效高度也。其鋼筋量為： $A_s = pbd$ ，如以(10)式之  $p$  及(12)式之  $d$  代入此式，則可得：

$$A_s = C_2 \sqrt{Mb} \dots\dots\dots (14)$$

其中：

$$C_2 = \frac{f_c}{2f_s} \sqrt{\frac{6n}{2nf_c + 3f_s}} \dots\dots\dots (15)$$

上述各式簡言之即：在已知之  $M$  及  $b$  之情形下，欲使應力之值達到規定之  $f_c$  及  $f_s$  時，所需之  $d$  及  $A_s$  兩值，可由(12)及(14)兩式分別求出。

茲令  $f_c, f_s$  為計算時所求得之應力 (Calculated Stress)

$f_{ca}, f_{sa}$  為規定之最高許用應力 (Allowable Stress)

通常設計，在已知  $M$  及  $b$  時，恆使  $f_c, f_s$  不超過此最高之許用應力，即：

$$f_c \leq f_{ca} \quad f_s \leq f_{sa}$$

惟各實例認可之  $f_c, f_s$  數值，因牽涉問題頗多，故常令：

$$f_c = f_{ca} \quad \text{及} \quad f_s = f_{sa} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

第 10 圖解表示公式(12)及(14)之關係。

實際問題中有先假定  $A_s$  者，亦有先假定  $d$  者，此時  $f_c$  及  $f_s$  兩者之中必先使一數為定值，然後再求其第二數之值。

此等決定斷面及鋼筋量之問題，可由第 10~15 圖解以解之。

## 第二節 對側鋼筋矩形斷面

### 1. 應力之計算

於第 2 圖中令： $C$  為混凝土中之總抗壓應力， $C'$  為抗壓鋼筋之總壓應力， $T$  為抗拉鋼筋之總拉應力，則由平衡條件可得次式：

$$T = C + C'$$

但  $T = A_s f_s$

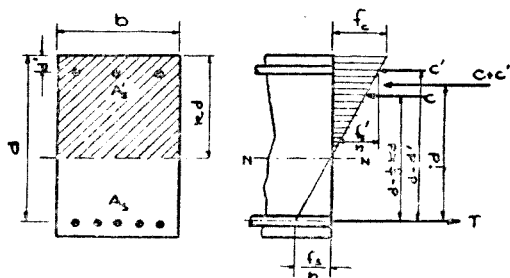
$$C = \frac{1}{2} f_c b k d, \quad C' = A_s' f_s'$$

由是：

$$A_s f_s = \frac{1}{2} f_c b k d + A_s' f_s' \quad (16)$$

$$\text{又知, } f_s = n f_c \frac{1-k}{k} \dots \dots \dots (17)$$

$$\text{及 } f_s' = n f_c \frac{k-d'}{k} \dots \dots \dots (18)$$



第 2 圖。

以(17),(18)兩式代入(16)式後，可得

$$k^2 - 2np(1-k) + 2np'(k - \frac{d'}{d}) = 0 \dots \dots \dots (19)$$

$$\text{解之則有: } k = \sqrt{2n(p + p' \frac{d'}{d}) + n^2(p + p')^2} - n(p + p') \dots \dots \dots (20)$$

由(20)式可以求出中立軸比  $k$  之值，而  $k$  為  $p, p'$  及  $\frac{d'}{d}$  之函數，故特製

成第 16 圖解以代其解。

其次，對抗拉鋼筋中心點，使外力及內應力之力矩相等，則可得：

$$\begin{aligned} M &= C\left(d - \frac{kd}{3}\right) + C'(d - d') \\ &= \frac{1}{2}f_c bkd^2\left(1 - \frac{k}{3}\right) + p'bd^2 n f_c \frac{1}{k}\left(k - \frac{d'}{d}\right)\left(1 - \frac{d'}{d}\right) \end{aligned}$$

解出  $f_c$ ，得：
$$f_c = \frac{M}{L_c b d^2} \dots\dots\dots (21)$$

其中 
$$L_c = \frac{k}{2}\left(1 - \frac{k}{3}\right) + \frac{np'}{k}\left(k - \frac{d'}{d}\right)\left(1 - \frac{d'}{d}\right) \dots\dots\dots (22)$$

如斷面之尺寸，鋼筋量及  $M$  為已知時，則可由(21)式以求  $f_c$ ，並由(17)式以求  $f_s$ ；此項計算手續，可由第 16~18 諸圖解代替之。

又由：
$$M = T \cdot jd = f_s A_s jd$$

得：
$$f_s = \frac{M}{A_s jd} = \frac{M}{p_j b d^2} \dots\dots\dots (23)$$

由(23)式即可直接求得  $f_s$  之值，此時  $j$  之值，可由下式求得：

$$j = \left(1 - \frac{d'}{d}\right) - \frac{k^2}{2np(1-k)}\left(\frac{k}{3} - \frac{d'}{d}\right) \dots\dots\dots (24)$$

第 19 圖解即為求(24)式中  $j$  值之用。

以上所述為計算應力  $f_c$ 、 $f_s$  之正常方法，但通常計算平板梁時，恆定其上下側鋼筋量之比  $\frac{A_s'}{A_s}$  為一特定數值如  $\frac{1}{4}$ ， $\frac{1}{2}$ ，1 等，在此諸情況下，則可另採種種簡便方法，如第 21~25 諸圖解所示，既極便利又切實用。（諸圖解所得之值均微含誤差，約為真值之 1%，於實用上已無妨礙。）

## 2. 斷面及鋼筋量

由(21)，(22)兩式得：
$$p' = \frac{k \frac{M}{bd^2} - \frac{1}{2}f_c\left(1 - \frac{k}{3}\right)k}{n f_c \left(k - \frac{d'}{d}\right)\left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \dots\dots\dots (25)$$

復由(23)，(24)兩式得：
$$p = \frac{\frac{M}{bd^2} + \frac{f_s k}{2}\left(\frac{k}{3} - \frac{d'}{d}\right)}{f_s \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \dots\dots\dots (26)$$

以(26)式除(25)式，且令  $\frac{p'}{p} = u$ ，並解出  $\frac{M}{bd^2}$ ，得：

$$\frac{M}{b h^2} = \frac{f_c k}{2} \left[ \left(1 - \frac{k}{3}\right) + \frac{n_s \left(k - \frac{d'}{d}\right) \left(1 - \frac{d'}{d}\right)}{(1-k) - n_s \left(k - \frac{d'}{d}\right)} \right] \dots\dots\dots (27)$$

自上式中解  $d$ ，則得：

$$d = C_3 \sqrt{\frac{M}{b}} \dots\dots\dots (28)$$

其中  $C_3 = \left\{ \frac{f_c k}{2} \left[ \left(1 - \frac{k}{3}\right) + \frac{n_s \left(k - \frac{d'}{d}\right) \left(1 - \frac{d'}{d}\right)}{(1-k) - n_s \left(k - \frac{d'}{d}\right)} \right]^{-\frac{1}{2}} \right\} \dots\dots\dots (29)$

$$k = \frac{n_s f_c}{n_s f_c + f_c} \dots\dots\dots (30)$$

當  $M$ ， $\frac{d'}{d}$ ， $\frac{d''}{d}$ ， $f_c$  及  $f_s$  為已知時，即可利用(28)式以求出有效高  $d$  之值，據此遂製成第 26, 27 兩圖解。至於實例對  $f_c$ ， $f_s$  應採何值一問題，則可仿前述單側鋼筋之假定而令  $f_c = f_{c0}$ ，及  $f_s = f_{s0} = 1200 \text{ kg/cm}^2$  亦無大礙。

第 28, 29, 30 三圖解專供在  $\frac{d'}{d}$  為某特定值時求  $d$  及  $A_s$  兩邊之用。（誤差約在 1% 左右）。

若  $d$  為已知而欲決定鋼筋量時，可用 (25)，(26) 兩式以求  $p'$  及  $p$  之值（第 31~33 圖解）。

各圖解之使用法，均詳於各圖首頁之說明，讀者可自參閱之。

### 第三節 四側鋼筋矩形斷面

#### 1. 應力之計算

僅受彎曲力矩之矩形斷面，周圍均置鋼筋時，其一般之解法如下：

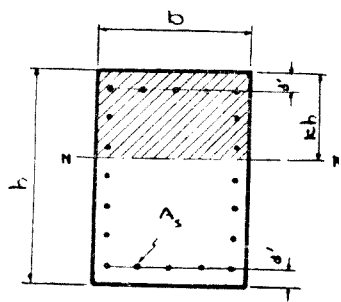
於第三圖中， $b$  為寬度， $h$  為梁之總高度， $A_s$  為總鋼筋量， $N-N'$  為中立軸，

則其有效斷面對中立軸所作之旋轉力矩

$G_{N-N'}$  為：

$$G_{N-N'} = \frac{1}{2} b (k h)^2 - n_s A_s \left( \frac{h}{2} - k h \right) = 0$$

因  $A_s = p b d$ ，故自上式解  $p$  可得：



第 3 圖。

$$p = \frac{k^2}{n(1-2k)} \dots\dots\dots(31)$$

由是可知中立軸比  $k$  僅為鋼筋比  $p$  之函數。茲令  $I$  為斷面有效部份之轉動慣量 (Moment of Inertia),  $M$  為彎曲力矩 (Bending Moment),  $f$  為距中立軸  $y$  處之應力, 則:

$$f = \frac{M}{I} y$$

$y$  之值對於  $f_c$  為  $kh$ , 對於  $f_s$  為  $(h - kh - d')$ 。

$$\text{由是: } \frac{f_s}{n f_c} = \frac{h - kh - d'}{kh}$$

$$\text{故 } \beta = \frac{f_s}{f_c} = \frac{n}{k} \left( 1 - k - \frac{d'}{h} \right) \dots\dots\dots(32)$$

上式之  $\beta$  為  $f_s$  與  $f_c$  之比例值。至於有效斷面之轉動慣量  $I$ , 如欲求其正確數值, 殊為麻煩, 茲示其近似值如下:

$$I = \frac{b}{3}(kh)^3 + \frac{nA_s}{12} \cdot \frac{h(h-2d')^2}{(b+h)} + \frac{nA_s b}{(b+h)} \left( \frac{h}{2} + d' \right)^2 + nA_s \left( \frac{h}{2} - kh \right)^2$$

以  $p h b$  代替上式中之  $A_s$ , 化簡之得:

$$I = b h^3 \left[ \frac{k^3}{3} + n p \frac{3b+h}{12(b+h)} \left( 1 - 2 \frac{d'}{h} \right)^2 + n p \left( \frac{1}{2} - k \right)^2 \right]$$

以(31)式代入上式之  $p$ , 則:

$$I = b h^3 \left[ \frac{k^2}{2} \left( \frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + \frac{k^2}{1-2k} \cdot \frac{3b+h}{12(b+h)} \left( 1 - 2 \frac{d'}{h} \right)^2 \right]$$

由是可得  $f_c$  之值為:

$$f_c = \frac{M}{I} kh = \frac{M}{L_c b h^2} \dots\dots\dots(33)$$

$$\text{其中 } L_c = \frac{k}{2} \left( \frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + \frac{k}{1-2k} \cdot \frac{3b+h}{12(b+h)} \left( 1 - 2 \frac{d'}{h} \right)^2 \dots\dots\dots(34)$$

總之, 若鋼筋比  $p$  為已知時, 則可由(31)式以求  $k$ , 復以此  $k$  代入(34)式可得  $L_c$ , 然後應用(33)式即能求出  $f_c$  之值矣。第 37 圖解即合併(31), (32), (34)三式而製成者。惟須注意: 所用之  $I$  為近似值, 但誤差甚小。



## 第二章 T 形斷面

### 第一節 單側鋼筋 T 形斷面

#### 1. 應力之計算

T 形斷面之計算，常將梁軀 (Stem) 內之抗壓力予以省略，茲為完備起見，更進而將梁軀內之抗壓力，一併計算，製成第 43 圖解。

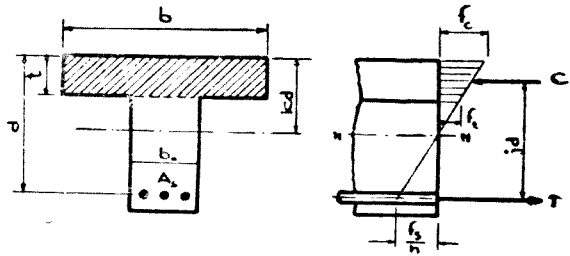
由第 4 圖知：

$$\frac{f_s}{n f_c} = \frac{1-k}{k}$$

於是得：

$$f_s = n f_c \frac{1-k}{k}$$

及  $f_c = f_s \frac{k}{n(1-k)}$



第 4 圖.

翼緣 (Flange) 混凝土中之總壓力  $C$  為：

$$C = \frac{1}{2} \left\{ f_c + f_c \left( \frac{k d - t}{k d} \right) \right\} b t = f_c b t \left( 1 - \frac{t}{2 k d} \right)$$

而抗拉鋼筋內之總拉應力  $T$  為：  $T = f_s A_s$

但  $T = C$ ，故：  $f_c b t \left( 1 - \frac{t}{2 k d} \right) = f_s A_s$  .....(35)

以  $A_s = p b d$  代入上式，得：

$$f_c \frac{t}{d} \left( 1 - \frac{t}{2 k d} \right) = f_s p = n f_c \frac{1-k}{k} \cdot p$$

解  $k$ ，得：  $k = \frac{n p + \frac{1}{2} \left( \frac{t}{d} \right)^2}{n p + \left( \frac{t}{d} \right)}$  .....(36)

利用梯形重心公式，則  $C$  與  $T$  間之距離  $j d$  為：

$$j d = d - \frac{t}{3} \cdot \frac{3 k d - 2 t}{2 k d - t}$$

以(36)式中之  $k$  代入上式，並解出  $j$ ，則：

$$j = \frac{6 - 6 \left( \frac{t}{d} \right) + 2 \left( \frac{t}{d} \right)^2 + \frac{\left( \frac{t}{d} \right)^3}{2 n p}}{6 - 3 \left( \frac{t}{d} \right)}$$
 .....(37)

對  $C$  之施力點 (Point of Application) 作應力之力矩:

$$M - f_s A_s j d = 0$$

故: 
$$f_s = \frac{M}{A_s j d} \dots\dots\dots (38)$$

計算已知斷面內之應力時, 當上式求得  $f_s$  後, 復由下式:

$$f_s = f_c \frac{k}{n(1-k)} \dots\dots\dots (39)$$

可以求得  $f_c$  之值。此等計算手續, 可利用各有關圖解代替之, 以期簡便。由(38)(39)兩式, 可知應力之一般公式為:

$$f_s = f_1 \left( p \frac{t}{d} \right) \frac{M}{b d^2},$$

$$f_c = f_2 \left( p \frac{t}{d} \right) \frac{M}{b d^2}$$

其中 
$$\left. \begin{aligned} f_1 \left( p \frac{t}{d} \right) &= \frac{1 - \frac{1}{2} \left( \frac{t}{d} \right)}{p \left[ 1 - \left( \frac{t}{d} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{t}{d} \right)^2 \right] + \frac{1}{12n} \left( \frac{t}{d} \right)^3} \\ f_2 \left( p \frac{t}{d} \right) &= \frac{p + \frac{1}{2n} \left( \frac{t}{d} \right)^2}{p \left( \frac{t}{d} \right) \left[ 1 - \left( \frac{t}{d} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{t}{d} \right)^2 \right] + \frac{1}{12n} \left( \frac{t}{d} \right)^3} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (40)$$

上式之關係由第 42 圖解表示之。

## 2. 斷面及鋼筋量

使  $\frac{M}{b d^2}$ ,  $f_c$ ,  $f_s$  與(40)式發生關係, 並加簡化及整理可得下式:

$$\frac{M}{b} = f_c \left( t d - t^2 + \frac{t^3}{3d} \right) - \frac{f_s}{n} \left( \frac{t^2}{2} - \frac{t^3}{3d} \right) \dots\dots\dots (41)$$

如  $M$ ,  $f_c$ ,  $f_s$ ,  $b$  及  $t$  為已知時, 則由上式自易求出  $d$ , 根據此項關係製成第 44 圖解。

如以  $t^2$  除(41)式, 且令  $\psi = \frac{t}{d}$ , 則:

$$\frac{M}{b t^2} = f_c \left( \frac{1}{\psi} - 1 + \frac{\psi}{3} \right) - \frac{f_s}{n} \left( \frac{1}{2} - \frac{\psi}{3} \right) \dots\dots\dots (42)$$

當  $M$ ,  $b$ ,  $t$ ,  $f_c$  及  $f_s$  為已知時, 則由(42)式可求出  $\frac{1}{d}$ , 遂製成第 47 圖解。

如以  $\varphi^2$  乘(42)式之兩邊,得:

$$\frac{M}{bd^2} = f_c \left( \varphi - \varphi^2 + \frac{\varphi^3}{3} \right) - \frac{f_c}{n} \left( \frac{\varphi^2}{2} - \frac{\varphi^3}{3} \right) \dots \dots \dots (43)$$

由此解  $d$ , 則:

$$d = C_4 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\text{此處 } C_4 = \left[ f_c \left( \varphi - \varphi^2 + \frac{\varphi^3}{3} \right) - \frac{f_c}{n} \left( 0.5 \varphi^2 - \frac{\varphi^3}{3} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (44)$$

(43)(44)兩式,由第 46 圖解表示之。

以上各式,已將  $M, b, t$  等相互之關係大致闡述明白,茲更述及其與鋼筋量間之關係如下:以  $A_s = \rho b d$  代入(35)式

$$f_c b t \left( 1 - \frac{t}{2kd} \right) = f_s \rho b d$$

次以  $k = \frac{n f_c}{n f_c + f_s}$  代入上式,並解  $\rho$ , 得:

$$\rho = \frac{f_c}{f_s} \left[ \left( \frac{t}{d} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{t}{d} \right)^2 \right] - \frac{1}{2n} \left( \frac{t}{d} \right)^2 \dots \dots \dots (45)$$

利用第 48 圖解,即代替此式以求出鋼筋比  $\rho$  之值。

茲為計算簡便計,更述求鋼筋量近似值之法如下:

$$\text{由(38)式: } f_s = \frac{M}{A_s j d}, \quad \text{則 } A_s = \frac{M}{f_s j d}$$

而  $j d$  之值恆在  $\left( d - \frac{t}{2} \right)$  與  $\left( d - \frac{t}{3} \right)$  之間,由是:

$$A_s = \frac{M}{f_s \left( d - \frac{t}{2} \right)} \sim \frac{M}{f_s \left( d - \frac{t}{3} \right)} \dots \dots \dots (46)$$

第 49 圖解示此情況下  $A_s$  之值。

## 第二節 對側鋼筋 T 形斷面

### 1. 應力之計算

$$\text{於第 5 圖,得: } \frac{f_s}{n f_c} = \frac{1-k}{k} \dots \dots \dots (47)$$

又翼緣中混凝土之總壓應力  $C$  為:

$$C = f_c b t \left( 1 - \frac{t}{2kd} \right)$$

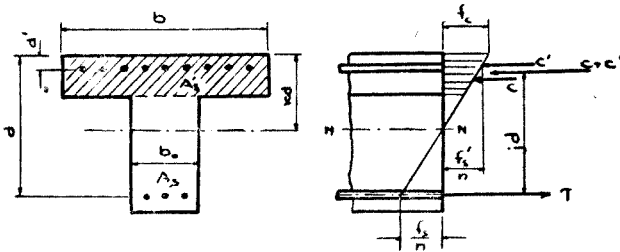
抗壓鋼筋之總壓應力  $C'$  爲：

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

抗拉鋼筋之總拉應力爲：

$$T = f_s A_s = \frac{n f_c \left( \frac{1}{k} - k \right) A_s}{k}$$

但  $T = C + C'$ ，亦即：



第 5 圖。

$$\frac{n f_c (1 - k)}{k} A_s = f_c b t \left( 1 - \frac{t}{2kd} \right) + \frac{n f_c \left( k - \frac{d'}{d} \right) A_s'}{k}$$

上式中，以  $A_s = pbd$ ， $A_s' = p'bd$  代入後，並解  $k$ ，得：

$$k = \frac{np + \frac{1}{2} \left( \frac{t}{d} \right)^2 + np' \left( \frac{d'}{d} \right)}{np + \left( \frac{t}{d} \right) + np'} \dots \dots \dots (48)$$

對抗壓鋼筋中心作應力之力矩爲：

$$M = f_s A_s (d - d') - f_c \left( 1 - \frac{t}{2kd} \right) b t \left( \frac{t}{3} \cdot \frac{3kd - 2t}{2kd - t} - d' \right)$$

以  $f_s = \frac{M}{A_s j d}$ ， $A_s = pbd$ ， $f_c = \frac{f_s k}{n(1 - k)}$  代入上式，並解  $j$ ，得：

$$j = \frac{\frac{d'}{d} \left( \frac{t}{d} \right) \left( 2k - \frac{t}{d} \right) - \left( \frac{t}{d} \right)^2 \left( k - \frac{2}{3} \frac{t}{d} \right) + 2np(1 - k) \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)}{2np(1 - k)} \dots \dots \dots (49)$$

$k, j$  兩值既知以後，即可由  $f_s = \frac{M}{A_s j d}$  及  $f_c = \frac{f_s k}{n(1 - k)}$  循序求得  $f_s$  及  $f_c$  兩值矣。第 50 圖解即代替(48)式以求  $k$ ；第 51 圖解則代替(49)式以求  $j$ 。

### 第三章 特種斷面

#### 1. 圓形斷面

令總斷面積為  $A_s$  之鋼筋平均分佈於半徑為  $r'$  之圓周上，則斷面重心軸  $G-G$  與中立軸  $N-N$  間之距離為： $r \cos \varphi$

混凝土之有效斷面對中立軸  $N-N$  之力矩為：

$$G_{N-N} = \int_0^\varphi 2r \sin \theta \cdot r \sin \theta \cdot d\theta \cdot r(\cos \theta - \cos \varphi)$$

$$= r^3 \left[ \frac{\sin \varphi}{3} (2 + \cos^2 \varphi) - \varphi \cos \varphi \right] \dots \dots \dots (50)$$

而鋼筋對中立軸  $N-N$  之力矩則為：

$$n A_s r \cos \varphi$$

由是遂得  $r^3 \left[ \frac{\sin \varphi}{3} (2 + \cos^2 \varphi) - \varphi \cos \varphi \right] - n A_s r \cos \varphi = 0$

令  $p = \frac{A_s}{\pi r^2}$ ，並以之代入上式，得：

$$\frac{\sin \varphi}{3} (2 + \cos^2 \varphi) - \varphi \cos \varphi - n \pi p \cos \varphi = 0$$

上式為僅含  $p$  與  $\varphi$  之函數，故能用以解  $\varphi$ ； $\varphi$  之值既定後，中立軸  $k_e$  之位置遂可決定，因

$$k = 1 - \cos \varphi \dots \dots \dots (51)$$

故也。

第 52 圖解即供求  $k$  之用。

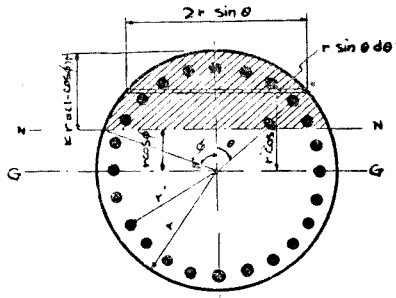
其次混凝土之有效斷面對  $N-N$  之轉動慣量  $I_c$  為：

$$I_c = \int_0^\varphi 2r \sin \theta \cdot r \sin \theta \cdot r^2 (\cos \theta - \cos \varphi)^2 \cdot d\theta$$

$$= r^4 \left[ \varphi \left( \frac{1}{4} + \cos^2 \varphi \right) - \sin \varphi \cos \varphi \left( \frac{13}{12} + \frac{1}{6} \cos^2 \varphi \right) \right]$$

而鋼筋對於  $N-N$  之轉動慣量  $I_s$  則為：

$$I_s = \frac{n A_s r'^2}{2} + n A_s r^2 \cos^2 \varphi$$



第 6 圖。

故總有效斷面之轉動慣量  $I$  為：

$$I = r^4 \left[ \psi \left( \frac{1}{4} + \cos^2 \psi \right) - \sin \psi \cos \psi \left( \frac{13}{12} + \frac{1}{6} \cos^2 \psi \right) \right] + n A_s \left( \frac{r'^2}{2} + r^2 \cos^2 \psi \right)$$

由是，混凝土之壓應力  $f_c$  為：

$$f_c = \frac{M}{I} r (1 - \cos \psi) = \frac{M}{r^3 C_1} \dots\dots\dots(52)$$

其中：

$$C_1 = \frac{\psi \left( \frac{1}{4} + \cos^2 \psi \right) - \sin \psi \cos \psi \left( \frac{13}{12} + \frac{1}{6} \cos^2 \psi \right) + n p \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{r'}{r} \right)^2 + \cos^2 \psi \right]}{(1 - \cos \psi)} \dots\dots\dots(53)$$

因  $\psi$  為  $p$  之函數，故當  $p$  及  $\left( \frac{r'}{r} \right)$  為已知時，由上式可以求出  $C_1$  值，第 52 圖解用以求  $C_1$ ，最為簡便。如已由此關係求出  $f_c$ ，則由下式極易求出  $f_s$ ：

$$f_s = \frac{n f_c}{k} \left( 1 + \frac{r'}{r} - k \right) \dots\dots\dots(54)$$

此式亦可由第 85 圖解求得之。

2. 八角形斷面

由於中立軸  $N-N$  之位置，將解法分為兩類：

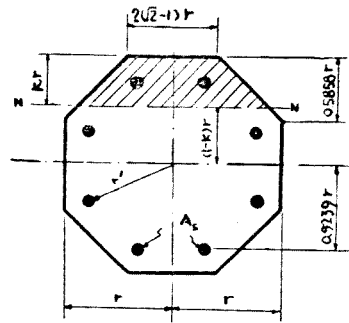
(a) 中立軸之位置  $kr$  為  $0 \sim 0.5858 r$  時：

令鋼筋之總面積為  $A_s$ ，各鋼筋與斷面中心之距離為  $r'$ ，則混凝土之總斷面積  $A_c$  為：

$$A_c = 8(\sqrt{2}-1) r^2 = 3.3137 r^2$$

茲令鋼筋比為  $p$ ，則：

$$p = \frac{A_s}{A_c} = \frac{A_s}{3.3137 r^2} \dots\dots\dots(55)$$



第 7 圖。

次因混凝土陰影部分與全部鋼筋兩者對中立軸力矩之和為零，故：

$$\left[ 2(\sqrt{2}-1) \frac{k^2 r^3}{2} + \frac{k^2 r^2}{2} \times 2 \times \frac{kr}{3} \right] - n A_s (1-k)r = 0$$

以(55)式代入上式，並令  $n = 15$ ，則得：

$$(\sqrt{2}-1) k^3 + \frac{k^3}{3} - 49.706 p (1-k) = 0 \dots\dots\dots(56)$$

又有效斷面對於中立軸之轉動慣量  $I$  為：

$$I = r^4 \left[ \frac{k^4}{6} + \frac{2}{3}(\sqrt{2}-1)k^3 \right] + 49.706 p r^4 \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{r'}{r} \right)^2 + (1-k)^2 \right]$$

由是：
$$f_c = \frac{M}{I} k r = \frac{M}{r^3 C_1} \dots \dots \dots (57)$$

其中：
$$C_1 = 0.16667 k^3 + 0.27614 k^2 + \frac{49.706 p}{k} \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{r'}{r} \right)^2 + (1-k)^2 \right] \dots (58)$$

由(57),(58)兩式可以求出  $f_c$ 。

(58)式為  $k, p, \left( \frac{r'}{r} \right)$  之函數，但由(56)式知  $p$  為  $k$  之函數，故結果可知：

$C_1$  僅為  $p$  與  $\left( \frac{r'}{r} \right)$  兩者之函數。第 52 圖解即用以求 (58) 式中之  $C_1$ ；由此  $C_1$  再應用(57)式，即可求得  $f_c$  之值。

(b) 中立軸之位置  $kr$  為  $0.5858 r \sim 1.0 r$  時：

與前述(a)同樣手續，可得下列諸式：

$$k^2 - 0.34315 k + 0.0670 - 49.706 p(1-k) = 0 \dots \dots \dots (59)$$

$$f_c = \frac{M}{r^3 C_1}$$

$$C_1 = \frac{2}{3} k^2 - 0.34315 k + 0.13401 - \frac{0.01963}{k} + \frac{49.706 p}{k} \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{r'}{r} \right)^2 + (1-k)^2 \right] \dots \dots \dots (60)$$

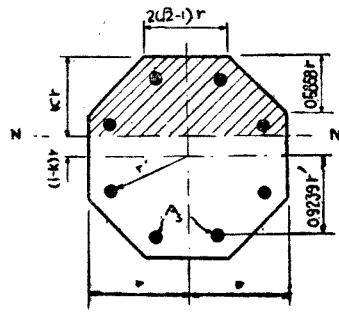
此時之  $C_1$  仍可由第 52 圖解求出。

$f_c$  既已求出，則  $f_s$  可由下式求之：

$$f_s = \frac{n f_c}{k} \left( 1 - k + 0.9239 \frac{r'}{r} \right) \dots \dots (61)$$

3. 中空圓筒斷面

如第 9 圖所示， $t$  為圓環之厚度， $r_0$  為圓環中央之半徑，鋼筋則平均分配於半徑為  $r_0$  之圓周上。此時有效斷面對於中立軸之力矩  $G_{N-N}$  及轉動慣量  $I_{N-N}$  各為：



第 8 圖。

$$G_{N-N} = 2 r_0^2 t (\sin \varphi - \cos \varphi) - n A_s r_0 \cos \varphi$$

$$I_{N-N} = 2 r_0^3 t \left( \frac{\varphi}{2} + \varphi \cos^2 \varphi - \frac{3}{2} \sin \varphi \cos \varphi \right) + n A_s r_0^2 \cos^2 \varphi + \frac{1}{2} n A_s r_0^2$$

令鋼筋比  $p = \frac{A_s}{2\pi r_0 t}$ ，由  $G_{N-N} = 0$  之關係而得：

$$n\pi p = \tan \psi - \psi \dots \dots \dots (62)$$

此式表示鋼筋比與中立軸位置間之關係，而  $f_c$  則為：

$$f_c = \frac{M}{I_{N-N}} \left[ r_0(1 - \cos \psi) + \frac{t}{2} \right]$$

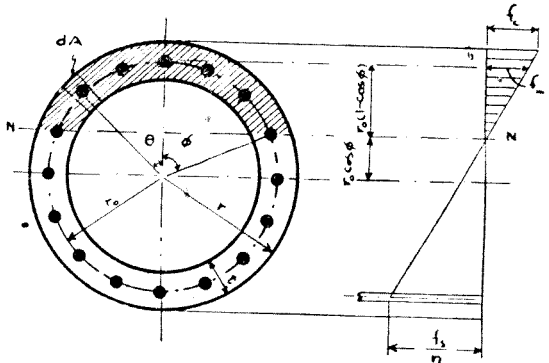
以前述諸式代入此式，並加整理及簡化，得：

$$f_c = \frac{M}{r_0^2 t} C_c \dots \dots \dots (63)$$

其中  $C_c = \frac{1 - \cos \psi + \frac{t}{2r_0}}{\tan \psi - \sin \psi \cos \psi} \dots \dots \dots (64)$

$C_c$  之值為  $\frac{t}{r_0}$  與  $\psi$  之函數，由 (62) 式則知  $\psi$  又為  $p$  之函數，故知  $C_c$  為  $\frac{t}{r_0}$  與  $p$  之函數。第 53 圖解即表示此種關係。

復由第 9 圖則得  $f_s$  與  $f_c$  間之關係如下：



第 9 圖。

$$\frac{n f_c}{f_s} = \frac{r_0(1 - \cos \psi) + \frac{t}{2}}{r_0(\cos \psi + 1)}, \text{ 或 } f_s = n f_c \frac{1 + \cos \psi}{1 - \cos \psi + \frac{1}{2} \left( \frac{t}{r_0} \right)}$$

以 (63) 式代入之，得：

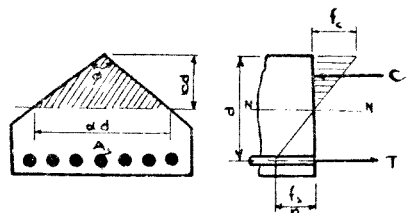
$$f_s = \frac{M}{r_0^2 t} \cdot C_s \dots \dots \dots (65)$$

其中： $C_s = \frac{n(1 + \cos \psi)}{\tan \psi - \sin \psi \cos \psi} \dots \dots \dots (66)$

$C_s$  之值可應用第 53 圖解與  $C_c$  同時求出。

4. 脊梁斷面 (Ridge Section)

令脊梁之頂角為  $\psi$ ，自頂點至中立軸之距離為  $kd$ ，中立軸處梁之寬度為  $ad$ ，



第 10 圖。



鋼筋量為  $A_s$ ，自頂點至抗拉鋼筋中心之距離為  $d$ ，則有效斷面對中立軸  $N-N$  之力矩和應為零，故：

$$\frac{1}{2}\alpha l k d \cdot \frac{1}{3}k d - n_s A_s (d - k d) = 0$$

而  $\alpha = 2k \tan \frac{\psi}{2}$  ( $\because \alpha l = 2 \tan \frac{\psi}{2} k d$ ) 及  $p = \frac{A_s}{b d}$

代入上式得：

$$k^3 \tan \frac{\psi}{2} - 3np(1-k) = 0$$

$$\therefore p = \frac{k^3 \tan \frac{\psi}{2}}{3n(1-k)} \dots \dots \dots (67)$$

有效斷面對  $N-N$  之轉動慣量  $I$  為：

$$I = \frac{\alpha l (k d)^3}{12} + n_s A_s (d - k d)^2 = b^3 \left[ \frac{k^3}{6} \tan \frac{\psi}{2} + np(1-k)^2 \right] \dots \dots \dots (68)$$

以(67)式代入(68)式之  $p$ ，得：

$$I = b^3 \frac{k^3}{3} \left(1 - \frac{k}{2}\right) \tan \frac{\psi}{2}$$

因  $f_c = \frac{M}{I} k d$ ，於是：

$$f_c = \frac{M}{b^3 C_1} \dots \dots \dots (69)$$

其中： $C_1 = \frac{k^2}{3} \left(1 - \frac{k}{2}\right) \tan \frac{\psi}{2}$  ..... (70)

又  $f_s = \frac{(1-k)}{k} \cdot n f_c$  ..... (71)

用(67)(69)(70)及(71)各式，可算出  $f_c$  及  $f_s$ 。第 55 圖解即由此等關係製成，可用以求出各項應力，至為簡便。

斷面之有效高  $d$  及鋼筋量  $A_s$ ，可由下法求得，由(69)式解  $d$ ：

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{C_1 f_c}} \dots \dots \dots (72)$$

因  $C_1$  中  $k$  之值為  $f_c$  之函數，當  $\psi$  予以假定後， $C_1$  值即可決定，故可由(72)式以求  $d$ ；第 54 圖解即表示此項手續。

由(72)式： $d^3 = \frac{M}{C_1 f_c}$

因：
$$p = \frac{A_s}{d^2}$$

則：
$$A_s = \frac{p}{C_1 f_c} \cdot \frac{M}{d}$$

以(67)式代入上式之  $p$ ，以(70)式代  $C_1$ ，則得：

$$A_s = \frac{1}{f_s \left(1 - \frac{k}{2}\right)} \cdot \frac{M}{d} \dots\dots\dots(73)$$

由(73)式可以求出  $A_s$ 。茲製成第 54 圖解，可同時讀出  $d$  及  $A_s$ ；雖係根據近似公式繪製，但與(72)(73)兩式之結果，幾相一致，故實際上已足夠應用，無需顧慮其誤差矣。

## 第二篇 單受軸壓力之斷面(柱)

### 1. 帶箍鋼筋柱

柱之用縱鋼筋及橫鋼箍者多為矩形或方形之斷面，其安全軸荷重為：

$$P = f_c A_s + f_s A_s = f_c (1 + np) A_c \dots \dots \dots (1)$$

式中  $A_c$  為柱之混凝土有效淨面積 (普通多取其等於柱之全斷面)， $A_s$  為縱鋼筋之總斷面積， $f_c = \frac{f_s}{n}$  為混凝土之許用抗壓應力。

(1)式之關係可以第 56 圖解表示之。

### 2. 螺旋鋼筋柱

柱之有縱鋼筋及緊密之螺旋鋼筋者，如第 11 圖所示，則安全軸荷重為：

(a) 日本規定  $P = f_c (1 + np + 2.4np_1) A_c \dots \dots \dots (2)$

(b) 德國規定  $P = f_c (1 + np + 3np_1) A_c \dots \dots \dots (3)$

當  $n = 15$ ，則  $P = f_c (1 + 15p + 45p_1) A_c \dots \dots \dots (4)$

上列三式均以公制為單位， $p$  為縱鋼筋比， $p_1$  為螺旋鋼筋比。

(4)式之關係可以第 57 圖解表示之。

(c) 美國規定  $P = A_c f_c + (n - 1)p A_c f_c = A_c f_c [1 + (n - 1)p]$ ，

其中  $f_c = 300 + (0.10 + 4p)f_c'$  磅/平方吋

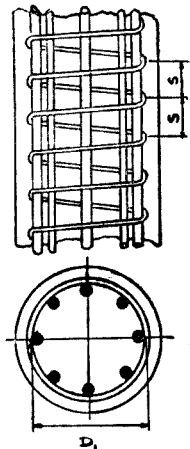
上式以英制單位計。如改用公制單位，則

$$P = [21 + (0.1 + 4p)f_c'] (1 - p + np) A_c \dots \dots \dots (5)$$

式中  $A_c$  為螺旋鋼筋以內混凝土柱心之面積，柱心直徑 (即螺旋直徑) 應以螺旋鋼筋之中心至中心計之， $p$  為縱鋼筋之總面積與柱心混凝土面積之比率， $f_c$  為混凝土之許用抗壓應力  $= 300 + (0.1 + 4p)f_c'$  (英制)，或  $21 + (0.1 + 4p)f_c'$  (公制)。

(5)式之關係以第 58 圖解表示之。

又於第 11 圖中： $s$  為螺距 (Pitch)， $a$  為螺旋筋之



第 11 圖。

斷面積， $l$  爲“柱長爲  $s$  之一段內”螺旋鋼筋之長， $D_1$  爲柱之有效直徑。

假定： $A_a$  爲螺旋鋼筋對於縱鋼筋之換算斷面積，則：

$$A_a = \frac{al}{s} = \frac{\pi D_1 a}{s}$$

於是：
$$s = \frac{\pi D_1 a}{A_a}$$

以  $A_a = \rho_1 \cdot \frac{\pi D_1^2}{4}$ ，及  $a = \frac{\pi d_1^2}{4}$  ( $d_1$  爲螺旋鋼筋之直徑)，代入上式，

得：
$$s = \frac{\pi d_1^2}{\rho_1 D_1} \dots \dots \dots (6)$$

(6)式之關係以第 59 圖解表示之。

### 3. 長柱

以上所述係就短柱立論者；若柱身過份細長而構成下述“長柱”條件時，則其資用安全荷重應隨細長度之不同而予以減低。

吾人通常用柱之“橫向無撐之高度” $h$  與其“有效斷面之最小邊” $b$  作比例而得之  $\frac{h}{b}$  值，或用前者與斷面之“最小迴轉半徑” $R$  作比例而得之  $\frac{h}{R}$  值，以判斷“長柱”與“短柱”之區別。

美國規定：
$$\frac{h}{R} = 40 \quad \text{以上時長柱。}$$

令  $P_1$  = 長柱安全荷重， $P$  = 短柱安全荷重，(公式(1)至(5))

則：
$$P_1 = P \left( 1.33 - \frac{h}{120R} \right)$$

德國規定：

矩形或方形之帶箍鋼筋柱：
$$\frac{h}{b} = 15 \quad \text{以上時爲長柱}$$

螺旋鋼筋柱：
$$\frac{h}{D_1} = 13 \quad \text{以上時爲長柱}$$

德國對於柱之細長影響恆施用一種“長柱係數”以酌減資用荷重之數值；若吾人強欲化成長柱公式則可得下形：

$$P_1 = P \left( 1.45 - 0.01 \frac{h}{R} \right)$$

# 第三篇 同時承受彎曲力矩與軸壓力之斷面

## 第一章 矩形斷面

### 第一節 單側鋼筋矩形斷面

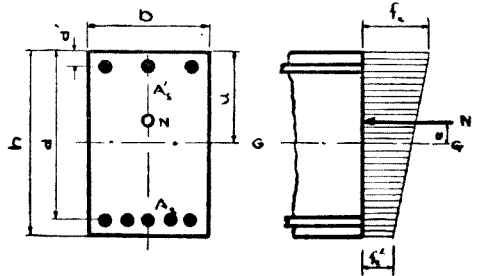
單側鋼筋矩形斷面，全部計算均可利用對側鋼筋斷面之各公式，僅使  $A_s = 0$  即可，故不贅述。

### 第二節 對側鋼筋矩形斷面

茲按斷面內發生抗拉應力與否，分述如次：

#### 1. 斷面內無拉應力時：

第 12 圖中，令  $N$  為軸壓力， $e$  為  $N$  之施力點與斷面重心  $G-G$  間之距離，則斷面之等值斷面積  $A_f$  為：



第 12 圖。

$$A_f = bh + n(A_s + A_s') \\ = bh(1 + np + np') \dots \dots (1)$$

其中  $A_s = pbh$ ,  $A_s' = p'bh$

重心軸  $G-G$  與最外抗壓邊之距離  $\mu$  為：

$$\mu = \frac{\frac{1}{2}bh^2 + n(A_s d + A_s' d')}{bh + n(A_s + A_s')}$$

或：

$$\frac{\mu}{h} = \frac{\frac{1}{2} + np \frac{d}{h} + np' \frac{d'}{h}}{1 + np + np'} \dots \dots (2)$$

(2)式中之  $\frac{\mu}{h}$  值可由第 60 圖解求得之。

等值斷面對  $G-G$  軸之轉動慣量  $I_f$  為：

$$I_f = \frac{b}{3} [\mu^3 + (h - \mu)^3] + nA_s(d - \mu)^2 + nA_s'(\mu - d')^2$$

令混凝土之壓應力為  $f_c$  及  $f'_c$ ，則：

$$\left. \begin{aligned} f_c &= \frac{N}{A_i} + \frac{N e}{I_i} \cdot \mu \\ f'_c &= \frac{N}{A_i} - \frac{N e}{I_i} (h - \mu) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

由(3)式自可求出所需之應力。

上式為上下兩側鋼筋量彼此相異之結果。茲更就對稱鋼筋(上下側鋼筋相等)之情況加以研究，此時  $A_s = A'_s$ ，則得：

$$\begin{aligned} A_i &= b h (1 + 2 n p) \\ \mu &= \frac{h}{2} \\ I_i &= b h^3 \left[ \frac{1}{12} + 2 n p \left( \frac{1}{2} - \frac{d'}{h} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

由是(3)式可變為：

$$f_c = \frac{M}{b h} C \dots\dots\dots (4)$$

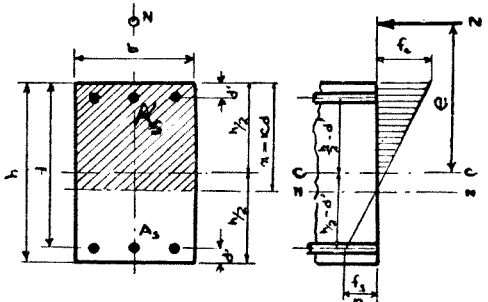
$$\text{其中： } C = \frac{1}{1 + 2 n p} + \frac{\frac{e}{n}}{\frac{1}{6} + 4 n p \left( \frac{1}{2} - \frac{d'}{h} \right)^2} \dots\dots\dots (5)$$

(5)式之關係由第 61 圖解表示之。

2. 斷面之一部分發生拉應力時：

(a)應力之計算：

如第 13 圖所示，令  $C-C$  為通過斷面中心之軸， $e$  為軸壓力  $N$  之施力點至  $C-C$  軸之距離，則得：



第 13 圖。

$$N = \frac{f_c}{2} b k h + A'_s f'_s - A_s f_s \dots\dots\dots (6)$$

$$N e = \frac{1}{2} f_c b k h \left( \frac{h}{2} - \frac{k h}{3} \right) + A'_s f'_s \left( \frac{h}{2} - d' \right) + A_s f_s \left( \frac{h}{2} - d' \right) \dots\dots\dots (7)$$

$$f_s = \frac{n f_c}{k} \left( 1 - k - \frac{d'}{h} \right) \dots\dots\dots (8)$$

$$f'_s = \frac{n f_c}{k} \left( k - \frac{d'}{h} \right) \dots\dots\dots (9)$$

以(8),(9)兩式代入(6),(7)兩式,並令  $A_s = p b h$ ,  $A_s' = p' b h$ ,化簡之得:

$$\frac{N}{f_c b h} = \frac{k}{2} + \frac{n p'}{k} (k - a) - \frac{n p}{k} (1 - k - a) \dots\dots\dots(10)$$

$$\begin{aligned} \frac{N e}{f_c b h^2} &= \frac{k}{2} \left( \frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + \frac{n p'}{k} (k - a) \left( \frac{1}{2} - a \right) \\ &\quad + \frac{n p}{k} (1 - k - a) \left( \frac{1}{2} - a \right) \dots\dots\dots(11) \end{aligned}$$

其中:  $a = \frac{d'}{h}$

以(10)式除(11)式,得:

$$\frac{e}{h} = \frac{\frac{k}{2} \left( \frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + \frac{n p'}{k} (k - a) \left( \frac{1}{2} - a \right) + \frac{n p}{k} (1 - k - a) \left( \frac{1}{2} - a \right)}{\frac{k}{2} + \frac{n p'}{k} (k - a) - \frac{n p}{k} (1 - k - a)} \dots\dots(12)$$

由(12)式解出  $k$ ,以之代入(10)式以求  $f_c$  值,再由(8)式可以求  $f_s$ 。但此種計算麻繁過甚,故另採簡便試算方法製成第 67 圖解,以供應用。

當鋼筋對稱插入斷面時,則  $p = p'$ , 而(10),(11),(12)各式變為:

$$\frac{N}{f_c b h} = \frac{1}{2} k + \frac{2 n p}{k} \left( k - \frac{1}{2} \right) \dots\dots\dots(13)$$

$$\frac{N e}{f_c b h^2} = \frac{k}{2} \left( \frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + \frac{2 n p}{k} \left( \frac{1}{2} - a \right)^2 \dots\dots\dots(14)$$

$$\frac{e}{h} = \frac{\frac{1}{2} k^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + 2 n p \left( \frac{1}{2} - a \right)^2}{\frac{k^2}{2} + 2 n p \left( k - \frac{1}{2} \right)} \dots\dots\dots(15)$$

由(13)式解  $f_c$ , 得:

$$f_c = \frac{N}{C b h} \dots\dots\dots(16)$$

其中:  $C = \frac{1}{2} k + \frac{2 n p}{k} \left( k - \frac{1}{2} \right) \dots\dots\dots(17)$

由(15)式解出  $k$ , 由(17),(16)兩式可解出  $f_c$ 。

(15)式可由第 63 圖解表示之;(17)式中之  $C$ , 則由第 64 圖解表示之;至於  $f_c$  之值,則可用(14)式以求之。

茲另由(14)式解  $f_c$ , 得:

$$f_c = \frac{N_e}{Lbh^2} \dots\dots\dots(18)$$

其中：
$$L = \frac{k}{2} \left( \frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + \frac{2np}{k} \left( \frac{1}{2} - \frac{d'}{h} \right)^2 \dots\dots\dots(19)$$

(19)式由第 68 圖解表示之。

普通計算  $f_c$  時，雖可任意採用(16)式或(18)式，但因(16)式中  $k$  之值微有變動即產生甚大之誤差，故多主張採用(18)式；然以(16)式之形式較簡，亦常有用之者。至於  $f_c$  之值，則可由(8)式求出(第 66 圖解)。

(b)斷面及鋼筋量。

自己知之斷面，決定  $f_c$  及  $f_s$  後，即可由下述之方法以求抗壓側之鋼筋比  $p'$  及抗拉側之鋼筋比  $p$  如次：

於第 14 圖中：

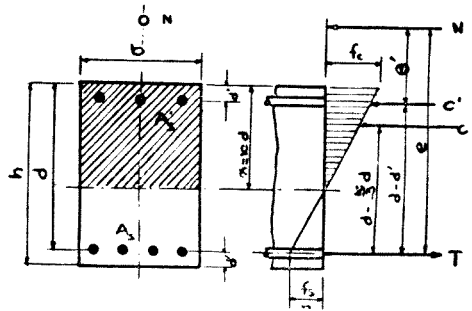
$$N_e = C \left( d - \frac{x}{3} \right) + C' (d - d')$$

$$N_e' = C \left( d' - \frac{x}{3} \right) + T (d - d')$$

其中：
$$C = \frac{bx}{2} f_c = \frac{f_c k b d}{2}$$

$$C' = \frac{n A_s'}{x} (d - d') f_c$$

$$T = \frac{n A_s}{x} (d - x) f_s$$



第 14 圖。

茲令  $d = ah, \quad x = kd,$

$$A_s = p b h, \quad A_s' = p' b h,$$

則  $d' = (1-a)h, \quad d - d' = (2a-1)h, \quad x = kah,$

以此諸式代入前述各式內，並整理之，得：

$$\frac{N_e}{f_c b h^2} = \frac{k}{2} a^2 \left( 1 - \frac{k}{3} \right) + \frac{np'}{k} \left( k - \frac{1}{a} + 1 \right) (2a-1) \dots\dots\dots(20)$$

$$\frac{N_e'}{f_c b h^2} = \frac{k}{2} a \left( 1 - a - \frac{ak}{3} \right) + \frac{np}{k} (1-k) (2a-1) \dots\dots\dots(21)$$

由(20)(21)兩式以求  $p'$  及  $p$  如次：

$$p' = \frac{\frac{N_e}{f_c b h^2} k - \frac{k^2 a^2}{2} \left( 1 - \frac{k}{3} \right)}{n \left( k - \frac{1}{a} + 1 \right) (2a-1)} \dots\dots\dots(22)$$



$$p = \frac{\frac{N e'}{f_s b h^2} k - \frac{k^2 a^2}{2} \left( \frac{1}{a} - 1 - \frac{k}{3} \right)}{n(1-k)(2a-1)} \dots\dots\dots(23)$$

其中： $k = \frac{n f_s'}{n f_s' + f_s} = \frac{n}{n + \beta} \quad \left( \beta = \frac{f_s}{f_s'} \right)$

故知  $k$  之值可由  $f_s$  與  $f_s'$  之比值決定之。

由(22),(23)式可知當  $f_s$  與  $\beta$  為已知時,  $p'$  及  $p$  均可求出。但自吾人預定  $f_s'$  之值後,  $\beta$  之值在  $f_s < 1200 \text{ kg/cm}^2$  之範圍內, 為數甚多, 仍難決定, 必須另加“使  $\frac{p'}{p}$  之比例為某定值”或“使  $(p+p')$  為最小”一類之條件, 始可決定  $\beta$  之數值, 以求  $p'$  及  $p$ 。

僅受彎曲力矩之斷面, 吾人雖可採用  $f_s = f_{sa} = 1200 \text{ kg/cm}^2$ , 但當軸壓力存在之斷面內, 則此條件是否適當, 遂成疑問; 一般情況, 宜使  $f_s = 800 \sim 1000 \text{ kg/cm}^2$  左右, 如是可得適當之鋼筋量。設計上  $p'$  及  $p$  之值, 恆採用有某種特定之比例值, 例如: 上下側之鋼筋量相等或上側鋼筋為下側鋼筋之半數等等; 否則使之在  $(p+p')$  為最小之條件下以求  $f_s$  亦可。第 69 圖解即表示在  $f_s = 50 \text{ kg/cm}^2$  及  $(p+p')$  為最小時,  $f_s$  之數值。

茲更研究  $p'$  及  $p$  之比例值為某特定值之局面如下: 將(22), (23)兩式兩邊相除, 並稍予變化後, 得:

$$\begin{aligned} & \frac{N e'}{f_s b h^2} (1-k) - \frac{k a^2}{2} \left( 1 - \frac{k}{3} \right) (1-k) \\ &= \psi \frac{N e'}{f_s b h^2} \left( k - \frac{1}{a} + 1 \right) - \frac{k a^2}{2} \left( \frac{1}{a} - 1 - \frac{k}{3} \right) \left( k - \frac{1}{a} + 1 \right) \psi \dots\dots\dots(24) \end{aligned}$$

其中： $\psi = \frac{p'}{p} = \frac{A_s'}{A_s}$

由上式可以解出  $k$  值, 因之  $\beta$  值亦可決定。當  $\frac{p'}{p} = 1$  及  $\frac{p'}{p} = \frac{1}{2}$  之情況下, 將此繁複之公式製成第 68 圖解。由此圖解求出  $\beta$  後, 再用第 70 圖解, 即可求出  $p$  及  $p'$ 。

(c)斷面之決定

(24)式中之  $e'$ , 為抗拉鋼筋之中心與垂直於截面之軸向壓力 (Thrust)  $N$  間之距離, 茲令  $M$  為此軸向壓力對斷面中心軸之彎曲力矩, 則:

$$\left. \begin{aligned} Ne &= M + N \left( d - \frac{h}{2} \right) = M + N h \left( a - \frac{1}{2} \right) \\ Ne' &= M - N \left( d - \frac{h}{2} \right) = M - N h \left( a - \frac{1}{2} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (25)$$

以上式代入(24)式，並整理之，得：

$$\begin{aligned} \frac{M}{f_c b h^2} &= \frac{N}{f_c b h} \left( a - \frac{1}{2} \right) \frac{\varphi \left( k - \frac{1}{a} + 1 \right) + (1 - k)}{\varphi \left( k - \frac{1}{a} + 1 \right) - (1 - k)} \\ &+ \frac{k a^2}{2} \frac{\left( \frac{1}{a} - 1 - \frac{k}{3} \right) \left( k - \frac{1}{a} + 1 \right) \varphi - \left( 1 - \frac{k}{3} \right) (1 - k)}{\varphi \left( k - \frac{1}{a} + 1 \right) - (1 - k)} \dots\dots\dots (26) \end{aligned}$$

$f_c, f_s$  為已知數時，將上下側鋼筋量之比例值  $\varphi$ ，予以預定，並另假定  $a$  之值，則上式中僅含一未知數  $h$  而已。茲將  $\varphi = 1$  時之上式關係製成第 72 圖解。

第 74~77 圖解係由(26)式稍予變化，取其近似值而製成，均可供決定斷面內  $\beta, A_s$  等值之用。

### 第三節 四側鋼筋矩形斷面

#### 1. 應力之計算

吾人皆知 
$$e_o = \frac{I_{N-N}}{G_{N-N}} \dots\dots\dots (27)$$

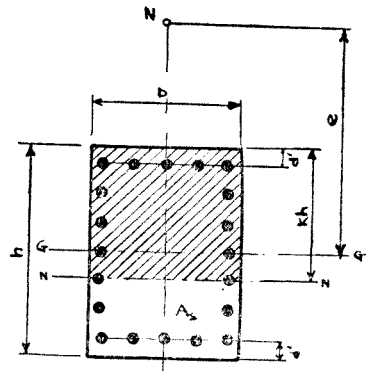
$$f = \frac{N}{G_{N-N}} \cdot x \dots\dots\dots (28)$$

兩式中： $I_{N-N}$  為有效斷面對中立軸所生之轉動慣量， $G_{N-N}$  為同上之力矩， $N$  為軸壓力， $e_o$  為自  $N$  之施力點至中立軸之距離，

$x$  為自中立軸至所求應力  $f$  之距離；此時之  $I_{N-N}$  及  $G_{N-N}$  可由第一篇第一章第三節內各公式求之如下：

$$\begin{aligned} I_{N-N} &= b h^3 \left[ \frac{k^3}{3} + n p \frac{3b+h}{12(b+h)} \left( 1 - \frac{2d'}{h} \right)^2 \right. \\ &\quad \left. + n p \left( \frac{1}{2} - k \right)^2 \right] \end{aligned}$$

$$G_{N-N} = b h^2 \left[ \frac{k^2}{2} - n p \left( \frac{1}{2} - k \right) \right]$$



第 15 圖。

於第 15 圖： $e_o = e + kh - \frac{h}{2}$

用以上各式代入(27)式，並解出  $\frac{e}{h}$ ，得：

$$\frac{e}{h} = \frac{k^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + np \frac{3b+h}{12(b+h)} \left( 1 - 2 \frac{p'}{h} \right)^2}{\frac{k^2}{2} - np \left( \frac{1}{2} - k \right)} \dots\dots\dots (29)$$

自此式解出  $k$ ，遂可決定中立軸之位置。第 79 圖解即由此關係製成。

茲求  $f_c$  之值如次：令  $x = kh$ ，由(28)式得：

$$f_c = \frac{N}{bh^2 \left[ \frac{k^2}{2} - np \left( \frac{1}{2} - k \right) \right]} kh = \frac{N}{C_o bh} \dots\dots\dots (30)$$

其中： $C_o = \frac{k}{2} - \frac{np}{2k} (1 - 2k)$  ..... (31)

$k$  值既定之後，則由(30)，(31)兩式可以求出  $f_c$ 。關於  $C_o$  之圖解，雖未繪製，但可利用第 64 圖解以求解答；此時將  $p$  值換為  $2p_o$ ，故

$$C_o = \frac{k}{2} - \frac{np_o}{k} (1 - 2k)$$

此  $p_o$  與上下側等量配置鋼筋時之  $C$  值相等，故可利用第 64 圖解求解。易言之：即將此時之鋼筋比  $p$  二等分後，由第 64 圖解求出之  $C$  即為  $C_o$ ，惟  $k$  之值，則非自第 79 圖解求出不可。至於  $f_c$  之值，則由第 66 圖解求得之。

## 第二章 特種斷面

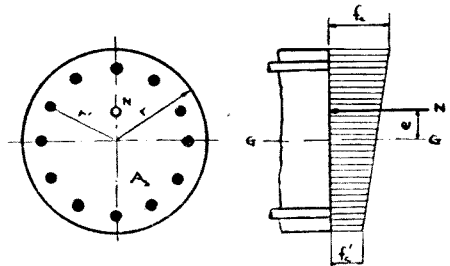
關於圓形斷面及中空圓筒斷面諸有關公式，已於第一篇第三章述及；茲為簡捷起見，復將各有關公式，列舉如次：

### 第一節 圓形斷面

1. 斷面內無拉應力時：

$$p = \frac{1}{\pi r^2} \text{ (第 80 圖解)}$$

$$\left. \begin{aligned} f_c &= \frac{N}{\pi r^2} C' \\ f_c' &= \frac{N}{\pi r^2} C' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (32)$$



第 16 圖。

其中：

$$\left. \begin{aligned} C &= \frac{1}{1+np} + \frac{4\left(\frac{e}{r}\right)}{1+2np\left(\frac{r'}{r}\right)^2} \\ C' &= \frac{1}{1+np} - \frac{4\left(\frac{e}{r}\right)}{1+2np\left(\frac{r'}{r}\right)^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (33)$$

(第 81 圖解)

2. 斷面之一部發生拉應力時：

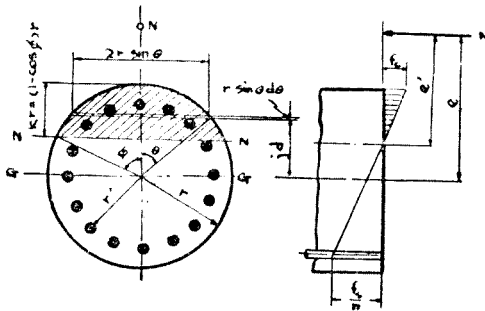
$$\frac{e}{r} = \frac{\frac{\psi}{4} - \sin \psi \cos \psi \left(\frac{5}{12} - \frac{1}{6} \cos^2 \psi\right) + n\pi p \frac{1}{2} \left(\frac{r'}{r}\right)^2}{\frac{\sin \psi}{3} (2 + \cos^2 \psi) - \psi \cos \psi - n\pi p \cos \psi} \dots\dots\dots (34)$$

(第 82 圖解)

$$f_c = \frac{N}{r^2 C} \dots\dots\dots (35)$$

$$C = \frac{\frac{\sin \psi}{3} (2 + \cos^2 \psi) - \psi \cos \psi - n\pi p \cos \psi}{1 - \cos \psi} \dots\dots\dots (36)$$

(第 84 圖解)



第 17 圖.

$$f_s = \frac{n f_c}{k} \left(1 - k + \frac{r'}{r}\right) \dots\dots\dots (37)$$

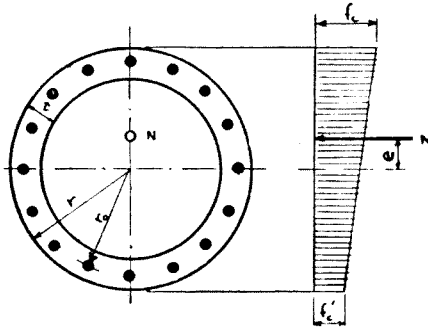
(第 85 圖解)

**第二節 中空圓筒斷面**

1. 斷面內無拉應力時：

$$p = \frac{A_s}{2\pi r_o t} \dots\dots\dots (38)$$

$$\left. \begin{aligned} f_c &= \frac{N}{2\pi r_o t} C_1 \\ f_c' &= \frac{N}{2\pi r_o t} C_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (39)$$



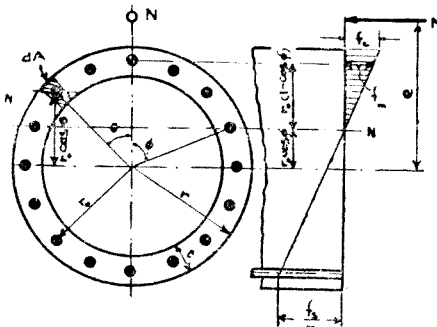
第 18 圖.

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{1}{1+np} + \frac{2\frac{e}{r_o}\left(1 + \frac{1}{2}\frac{t}{r_o}\right)}{\left(1+np\right) + \frac{1}{4}\left(\frac{t}{r_o}\right)^2} \\ C_2 &= \frac{1}{1+np} - \frac{2\frac{e}{r_o}\left(1 + \frac{1}{2}\frac{t}{r_o}\right)}{\left(1+np\right) + \frac{1}{4}\left(\frac{t}{r_o}\right)^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (40)$$

(第 95 圖解)

2. 斷面之一部發生拉應力時:

$$f_m = \frac{N}{2\pi r_o t} C \dots\dots\dots (41)$$



第 19 圖.

$$C = \frac{n(1 - \cos \varphi)}{\sin \varphi - \varphi \cos \varphi - \pi n p \cos \varphi} \dots\dots\dots (42)$$

(第 96 圖解)

$$f_s = \beta f_m \dots\dots\dots (43)$$

$$\beta = \frac{n(1 + \cos \varphi)}{(1 - \cos \varphi)} \dots\dots\dots (44)$$

而  $\varphi$  之值仍為  $p$  之函數，並有以下關係：

$$\frac{e}{r_o} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\varphi - \sin \varphi \cos \varphi + \pi n p}{\sin \varphi - \varphi \cos \varphi - \pi n p \cos \varphi}$$

[附註] 關於八角形斷面之各公式，分別記於第 91~94 諸圖解上，此處略去不述。

---

圖 解

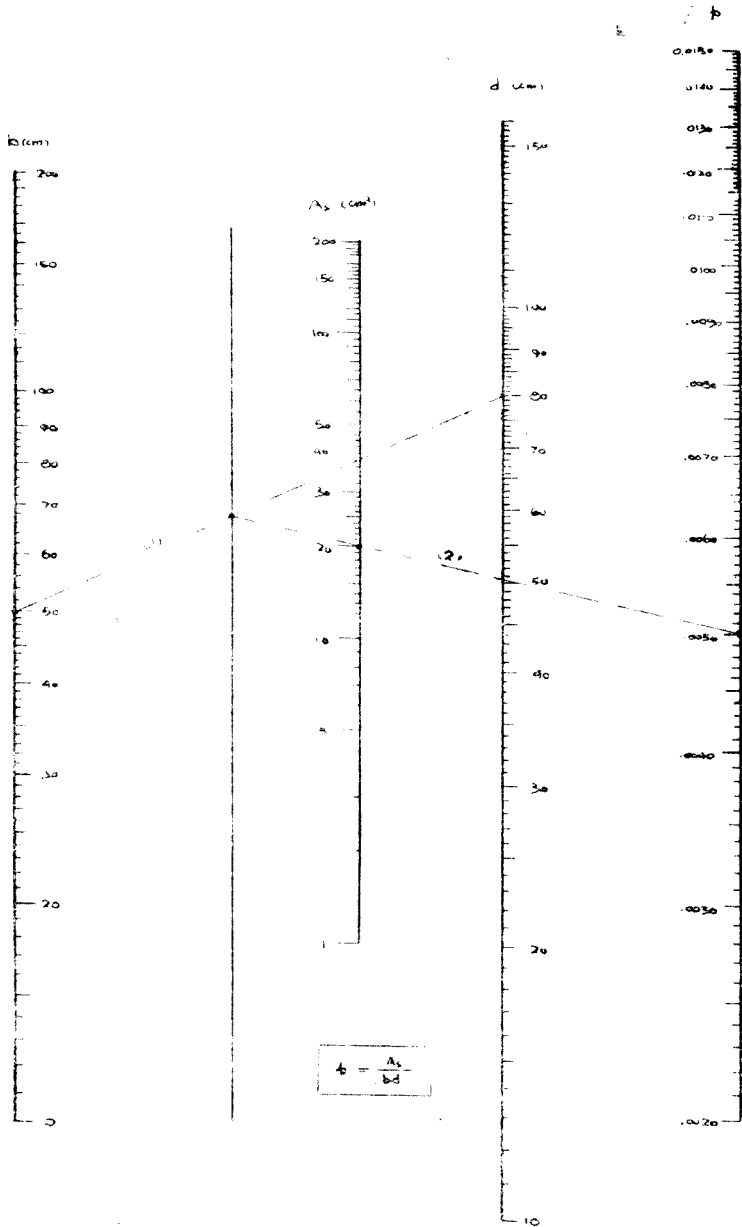
## 圖解 1

此為計算矩形桁鋼筋量之圖解，係根據公式  $A_s = pbd$  製成。已知斷面之  $b$  及  $d$  後，由於假定之  $A_s$  (或近似之  $p$ ) 即可求出鋼筋  $p$  (或所需之鋼筋量  $A_s$ )

圖中點線示其一例。



圖解 1



## 圖解 2

本圖解係將圖解 1 之關係，稍予變化而成，因：

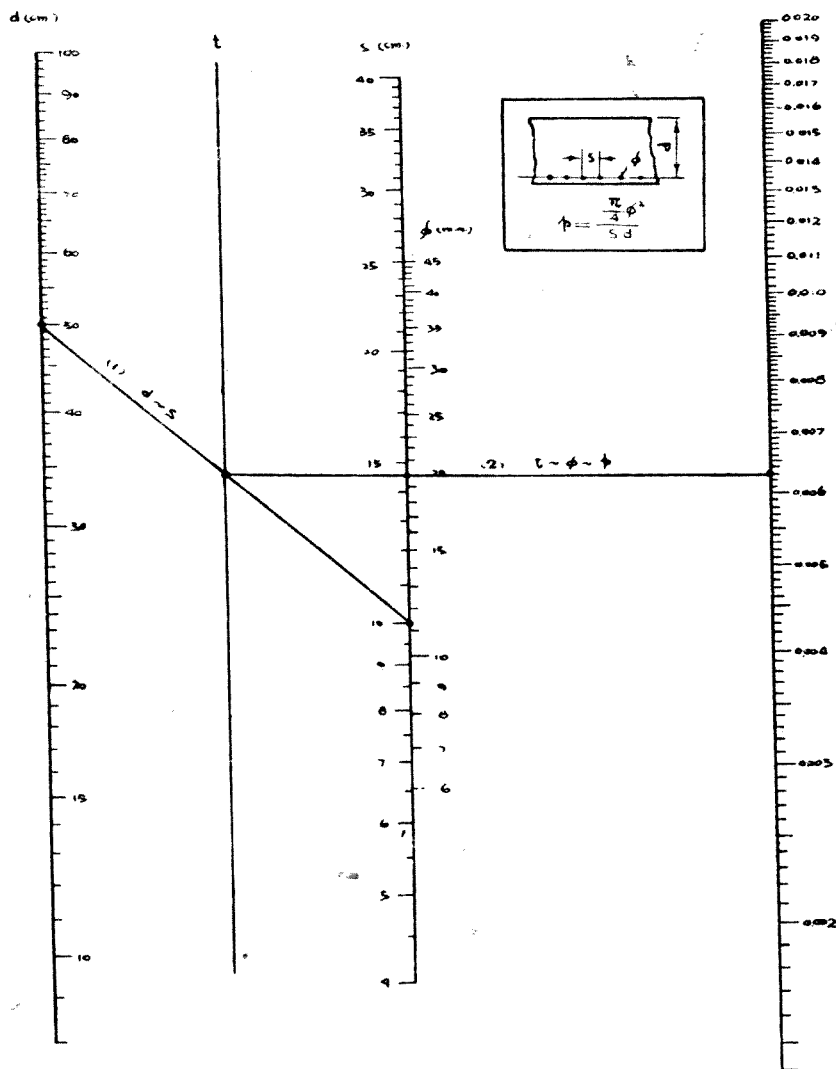
$$A_s = pbd$$

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{\pi\phi^2}{4st}$$

式中  $\phi$  表示鋼筋之直徑， $s$  為間隔， $d$  為桁之有效高。此式示出  $p$  與  $\phi$ ， $s$ ， $d$  間之直接關係，至切實用，又極簡便。

如已知  $\phi$ ， $s$  及  $d$ ，而欲求  $p$ ，可先連接  $s$  及  $d$ ，使與圖解中之  $t$  線相交，以此交點與  $\phi$  相連，即可於右側讀出  $p$  之值。

圖解 2



## 圖解 3

本圖解表示矩形桁寬度為 1 公尺內鋼筋之配置  $s$ ，係根據下列兩式製成者：

$$A_s = \frac{\pi \phi^2}{4s} \quad (\text{圓鋼筋})$$

$$A_s = \frac{d^2}{s} \quad (\text{方鋼筋})$$

已知矩形桁單位寬度 1 公尺內共需之鋼筋量  $A_s$ ，及所採用之圓鋼筋直徑  $\phi$ （或方鋼筋之邊長  $d$ ）後，即可求得鋼筋佈置之間隔  $s$ 。

茲將第 1, 2, 3 三圖解，舉例示其用法如下：

設已知  $b = 100 \text{ cm}$ ,  $d = 80 \text{ cm}$ ,  $A_s = 40 \text{ cm}^2$ 。

由圖解 1 得： $p = 0.005$

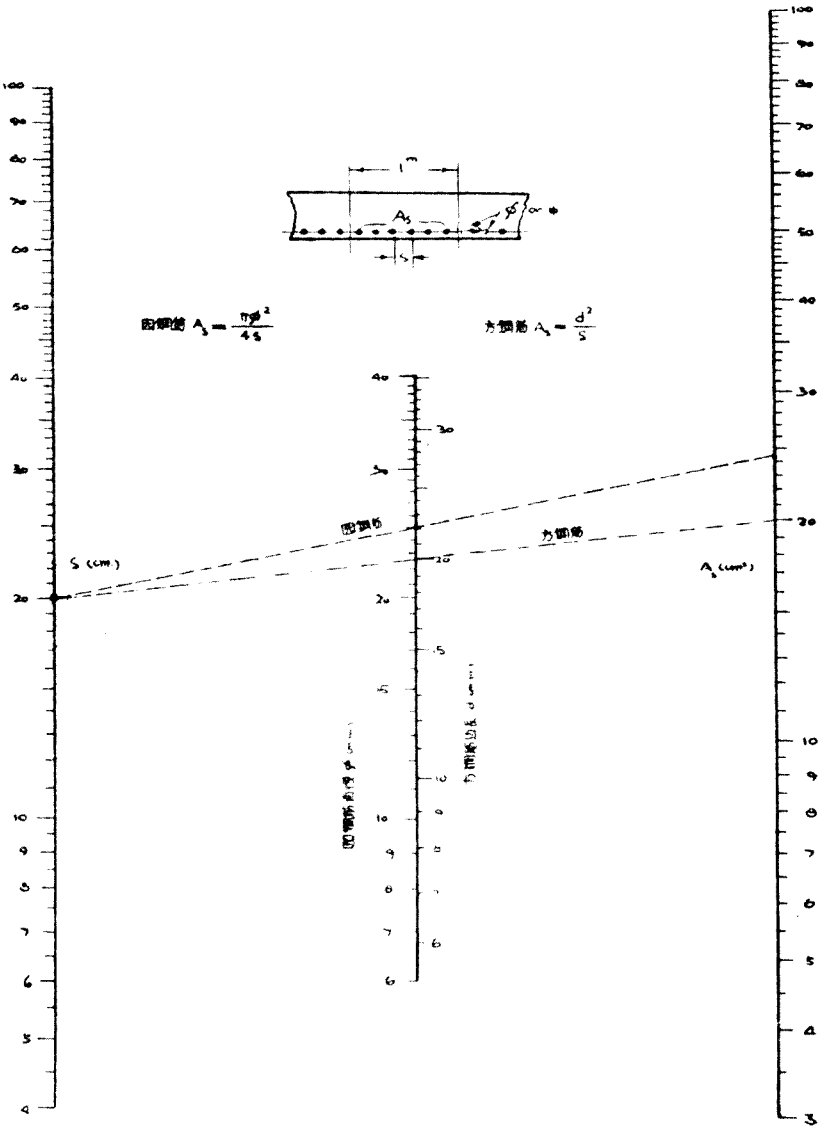
如採用  $\phi = 32 \text{ mm}$  之圓鋼筋，則由圖解 3 得：

$$s = 20 \text{ cm}$$

如以圖解 2 解之，則根據已知之  $\phi = 32$ ,  $s = 20$ ,  $d = 80$ ，亦可得：

$$p = 0.005$$

圖解 3

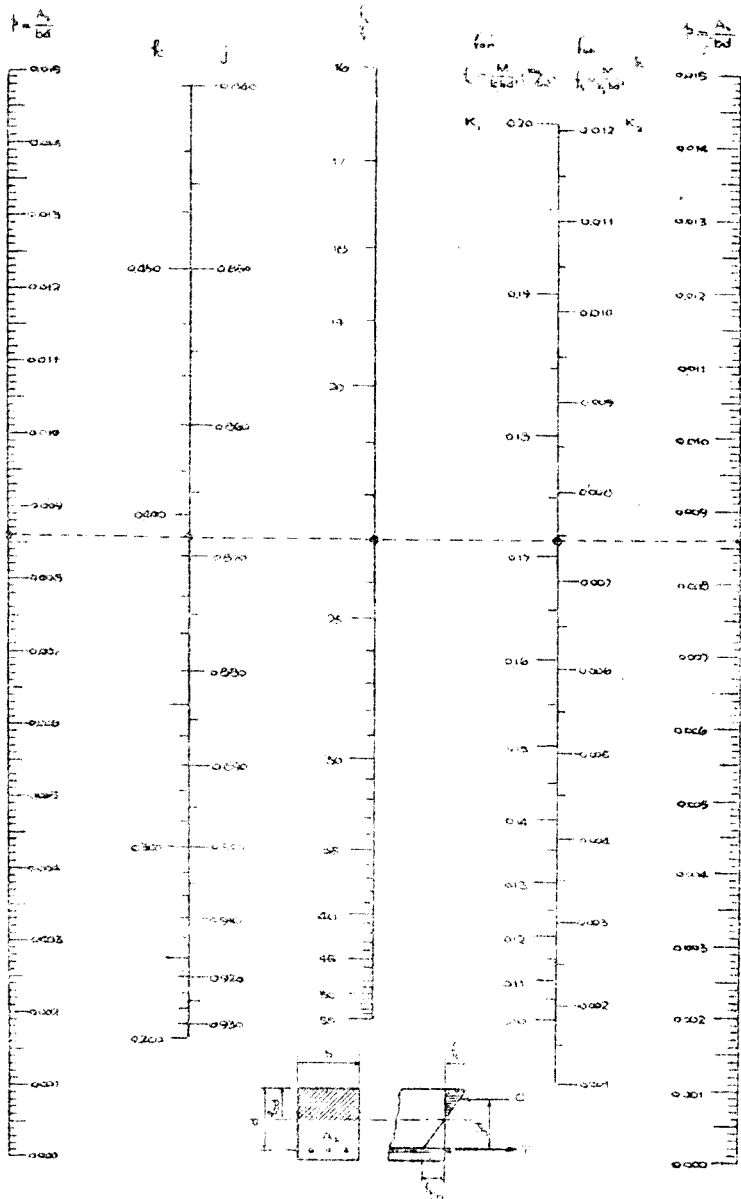


## 圖解 4

圖解 4~9 均供計算應力之用。

圖解 4 表示  $p$  與  $k$ ,  $j$  及  $\frac{f_c}{f_s}$  等之相互關係。例如圖中所繪之點線，連結兩端  $p$  之值後，於此點線與其他諸線之相交點，即可讀出各有關數之值。

圖解 4



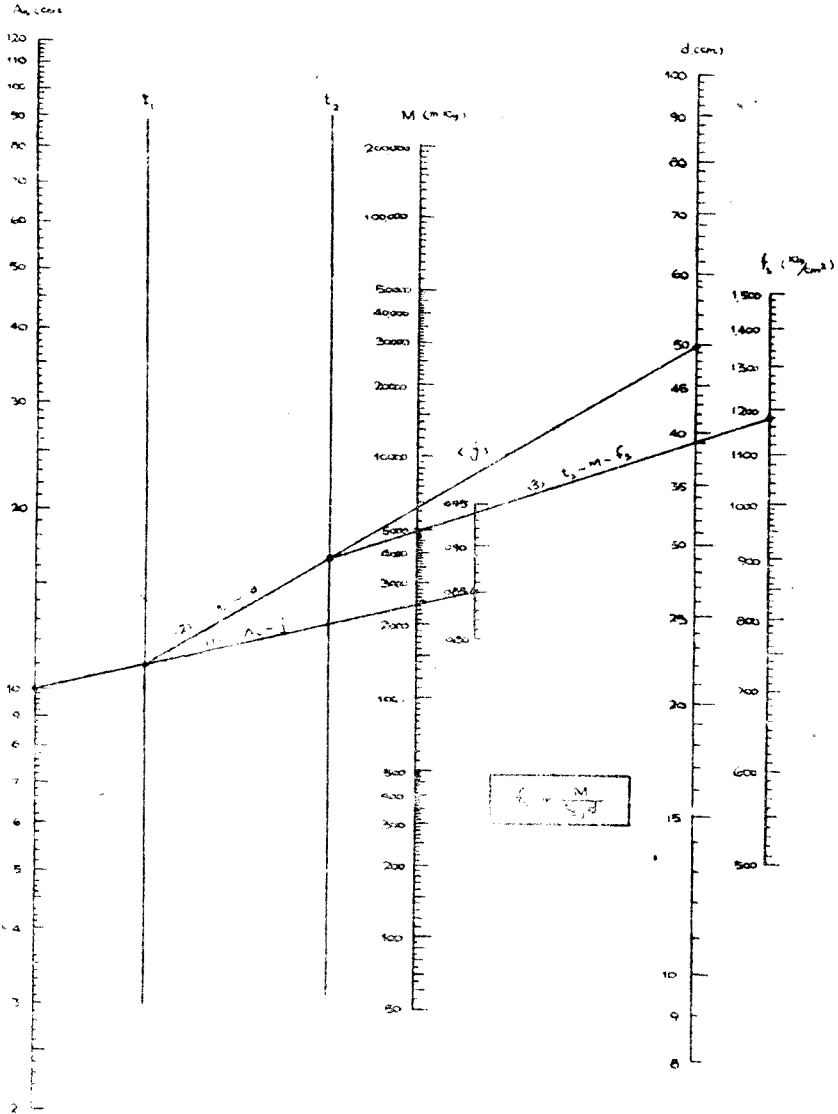
## 圖解 5

此圖解係由(8)式製成者。首先連接  $A_s$  與  $f_s$  使與  $t_1$  相交；其次，將此  $t_1$  與  $d$  相連，使與  $t_2$  相交；然後將此  $t_2$  與  $M$  相連，於右側讀出  $f_s$ 。

此圖解不僅單側鋼筋矩形桁可用，即對側鋼筋 T 形桁亦可應用。



解 5



## 圖解 6

係由公式(2),(3),(4)製成,頗為重要,以後共同利用之時甚多,而其使用法又極簡單,僅將任意已知二數連結後,其餘一數,即可於此連接線上直接讀出。

茲將 4, 5, 6 三圖解之使用法舉例於下:

已知  $b = 50 \text{ cm}$ ,  $d = 35 \text{ cm}$ ,  $A_s = 14 \text{ cm}^2$ ,  $M = 5,000 \text{ m}\cdot\text{kg}$ .

試求:  $f_c$  及  $f_s$ .

先求鋼筋比  $p$ : 
$$p = \frac{A_s}{bd} = 0.008,$$

此  $p$  值亦可由圖解 1 求出。

於圖解 4 中,對於  $p$  值之  $k, j$ , 為:

$$k = 0.384, \quad j = 0.872.$$

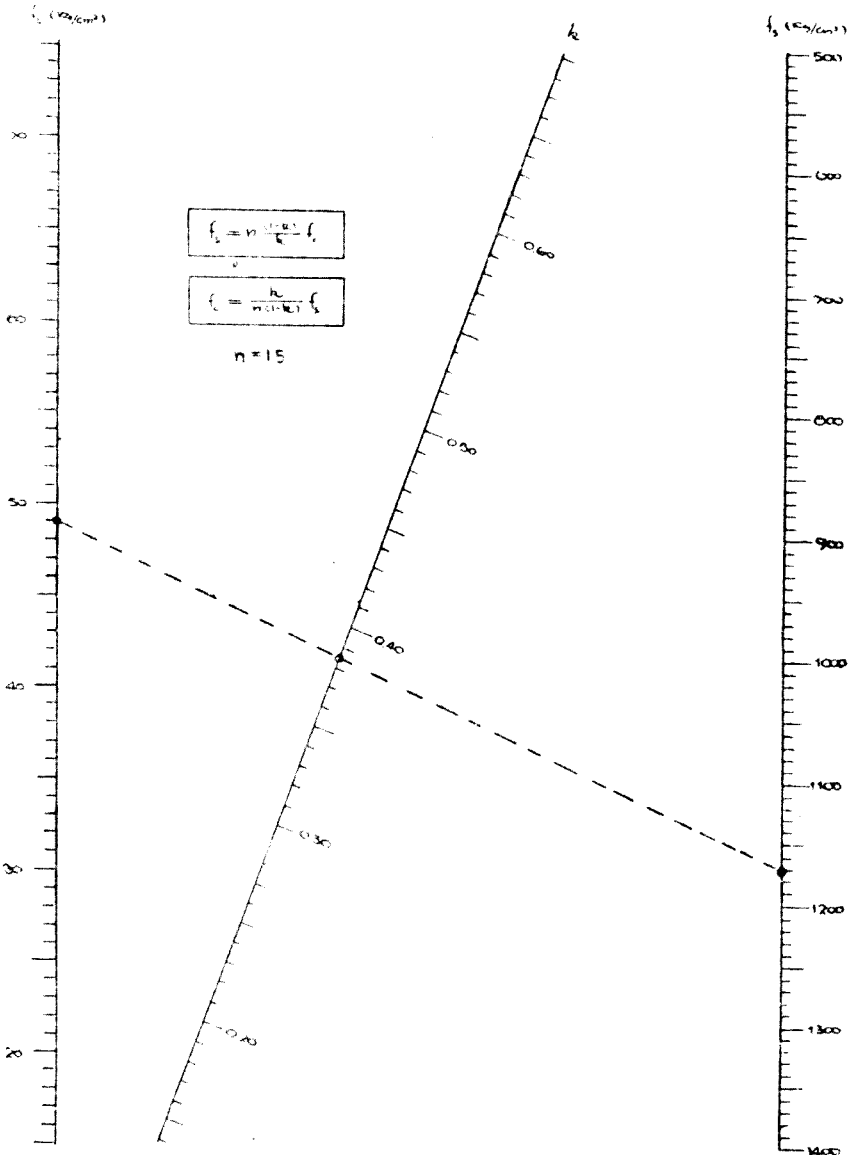
其次,則用圖解 5, 因  $M, d, A_s, j$  均為已知, 故可求得  $f_s$  之值為:

$$f_s = 1170 \text{ kg/cm}^2$$

最後,用圖解 6,  $f_s, k$  為已知, 則得:

$$f_c = 49 \text{ kg/cm}^2$$

# 圖解 6



## 圖解 7

試將前例用此圖解解之如下：

先由  $b = 35 \text{ cm}$ ,  $d = 50 \text{ cm}$ ,  $M = 5,000 \text{ m-kg}$ , 用圖解以求  $\frac{M}{bd^2}$ . 連  $d$  與  $b$ , 使與中立線相交, 將此交點與  $M$  相連, 於右側讀出所得之值爲：

$$\frac{M}{bd^2} = 8.17 \text{ kg/cm} \quad /$$

由圖解 1 得：  $p = 0.008$ ；次用圖解 4，對此  $p = 0.008$ ，以求  $K_1$  及  $K_2$  (此處  $K_1 = kj$ ,  $K_2 = pj$ ) 得：

$$K_1 = 0.1675, \quad K_2 = 0.007$$

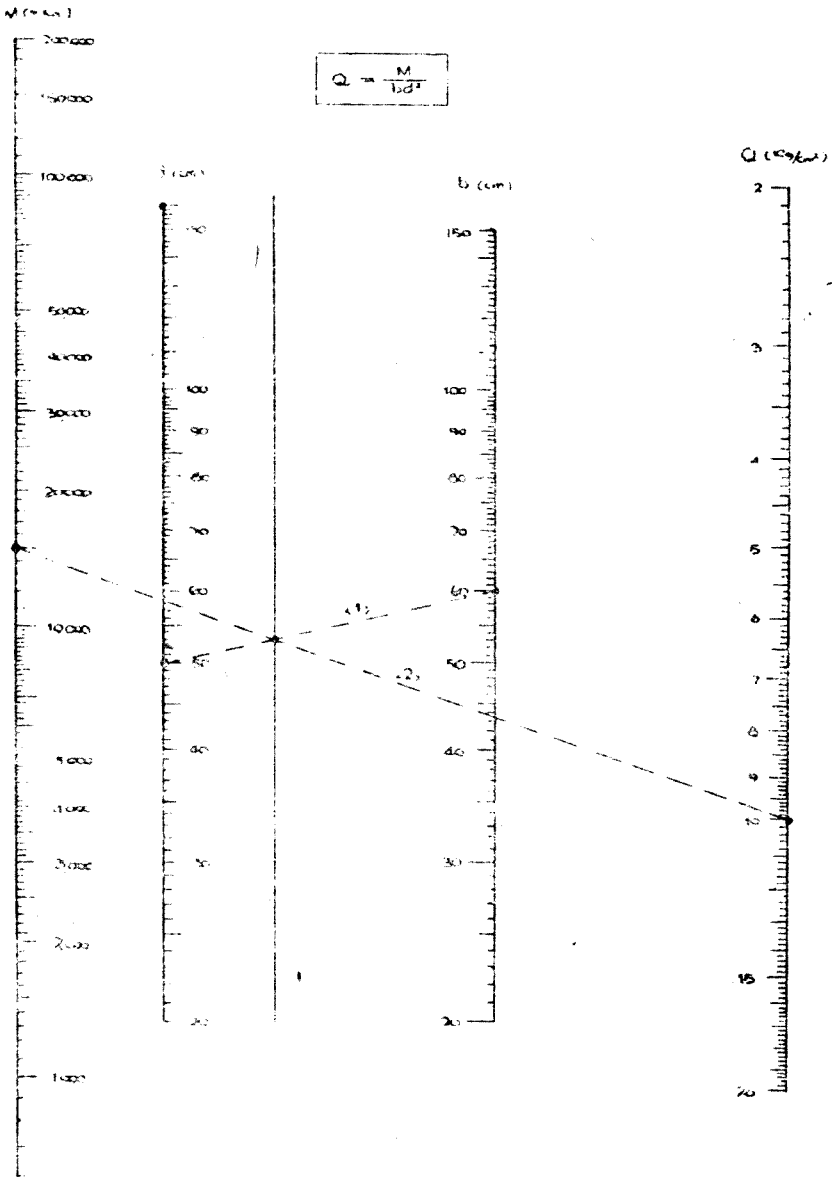
由是

$$f_c = \frac{M}{K_1 bd^2} = \frac{8.17}{0.1675} = 49 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = \frac{M}{K_2 bd^2} = \frac{8.17}{0.007} = 1170 \text{ kg/cm}^2$$

用此解法無直接求出  $k$  與  $j$  之必要。

圖解 7



## 圖解 8

計算應力之方法，前已示其通例；本圖解爲其近似解法，使用時頗爲簡便。茲將前述之例，用此法解之，以驗其誤差若何。

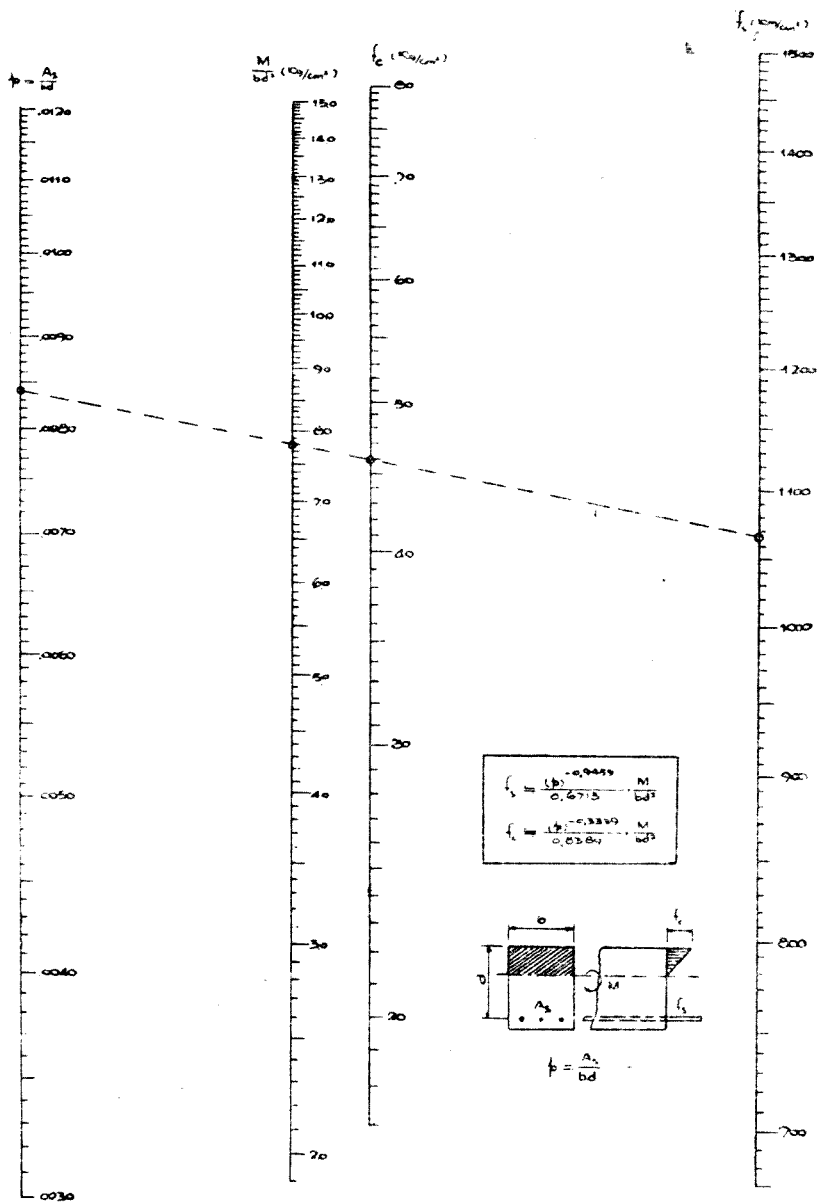
由圖解 7，已得  $\frac{M}{bd^2} = 8.17 \text{ kg/cm}^2$ ，並知  $p = 0.008$ ，在此圖解之左側尺度上，連接此兩數值之  $p$  與  $\frac{M}{bd^2}$ ，則於延長線上，可同時讀出  $f_c, f_s$  爲：

$$f_c = 49 \text{ kg/cm}^2, \quad f_s = 1170 \text{ kg/cm}^2$$

與前述例題所得之結果相同，即表示在此例題並無誤差。

此圖解另一用途爲：能直接由  $f_c$  及  $f_s$  之假定值，求出  $p$  及  $\frac{M}{bd^2}$  之數值，故常用以決定斷面尺寸及鋼筋數量。

解 8



## 圖解 9

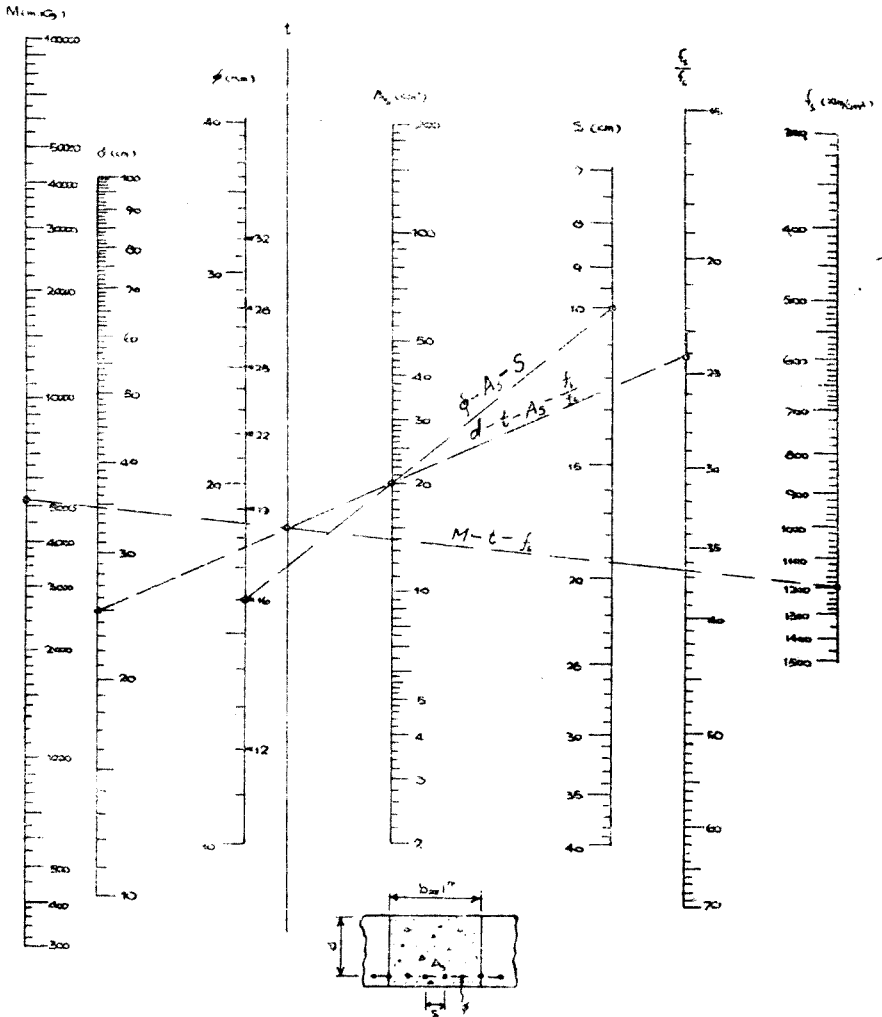
此圖解對於版梁之應力計算，至為便利，因其將版梁之鋼筋及其間隔等項包括無遺；雖其應用稍為繁複，然一旦熟習，自感其方便也。

先將鋼筋之直徑  $\phi$  與其間隔  $s$  相連，使與  $A_s$  相交。（此時  $A_s$  之值，不必讀出；如已先知  $A_s$  之值時，則此項手續可省。）以此交點與  $d$  相連，則同時可得  $t$  及  $\frac{f_s}{f_c}$  之值。復將此  $t$  與  $M$  相連，於右側即得  $f_s$  之值矣。

欲求  $f_c$  時，可利用已得之  $\frac{f_s}{f_c}$  值，而以  $f_s$  除之即可。此圖解所以未含鋼筋比  $p$  者，蓋其製法已稍予變化矣。



圖解 9



## 圖解 10

由公式(12),(14)製成,與前述者同係近似值,但實用上則甚便利,誤差亦小;惟應注意此係假定  $f_s = 1,300 \text{ kg/cm}^2$  而製成者。茲舉例如下:

當  $M = 5,000 \text{ m} \cdot \text{kg}$ ,  $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$ ,  $b = 50 \text{ cm}$  時,試求  $d$  及  $A_s$  之值。

$$\frac{M}{b} = \frac{5,000}{0.50} = 10,000 \text{ kg}$$

此處  $\frac{M}{b}$  之單位為  $\text{kg}$ 。故如  $M$  之單位為  $\text{cm} \cdot \text{kg}$ , 則  $b$  之單位應為  $\text{cm}$ 。

使右側  $\frac{M}{d}$  線內之 10,000 點與中央  $f_c$  線之 50 點相連接,則同時可讀出之數值為:

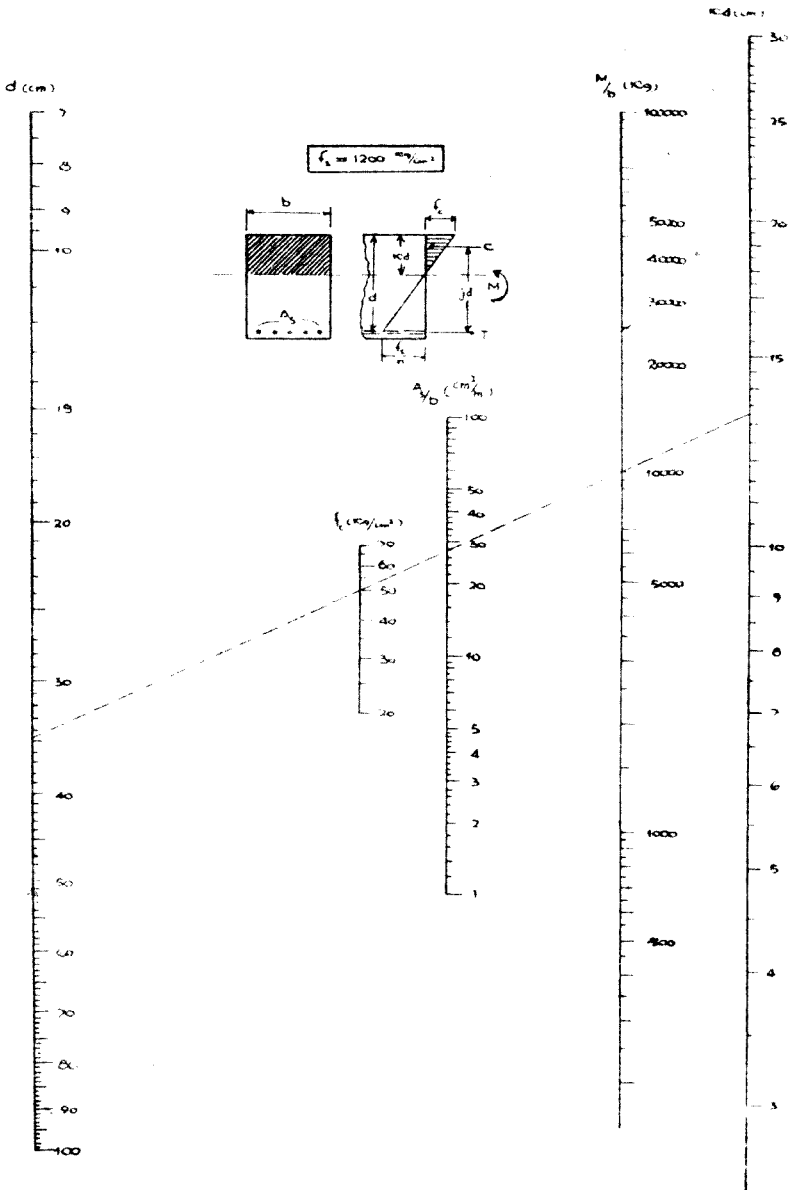
左側  $d = 34.6 \text{ cm}$ , 中部  $\frac{A_s}{b} = 28.0 \text{ cm}^2/\text{m}$ , 右側  $k/d = 13.3 \text{ cm}$

在此例題,無讀出  $k/d$  值之特別必要,惟於計算 T 形斷面時,利用其以比較翼緣之厚度,則頗便利。

更由  $b = 0.50 \text{ m}$ , 則得  $A_s = 28.0 \times 0.50 = 14.0 \text{ cm}^2$ , 由是  $d$  與  $A_s$  兩值均已求出。

此圖解之其他用途為:當  $d$  值為已知時,可連結  $M$  與  $d$  以求  $f_c$  及  $f_s$ ; 當  $A_s$  為已定時,可連接  $A_s$  與  $M$  以求  $d$  及  $f_c$ 。惟無論何種局面  $f_s = 1200 \text{ kg/cm}^2$  之固定事實,必須予以注意。

# 圖解 10

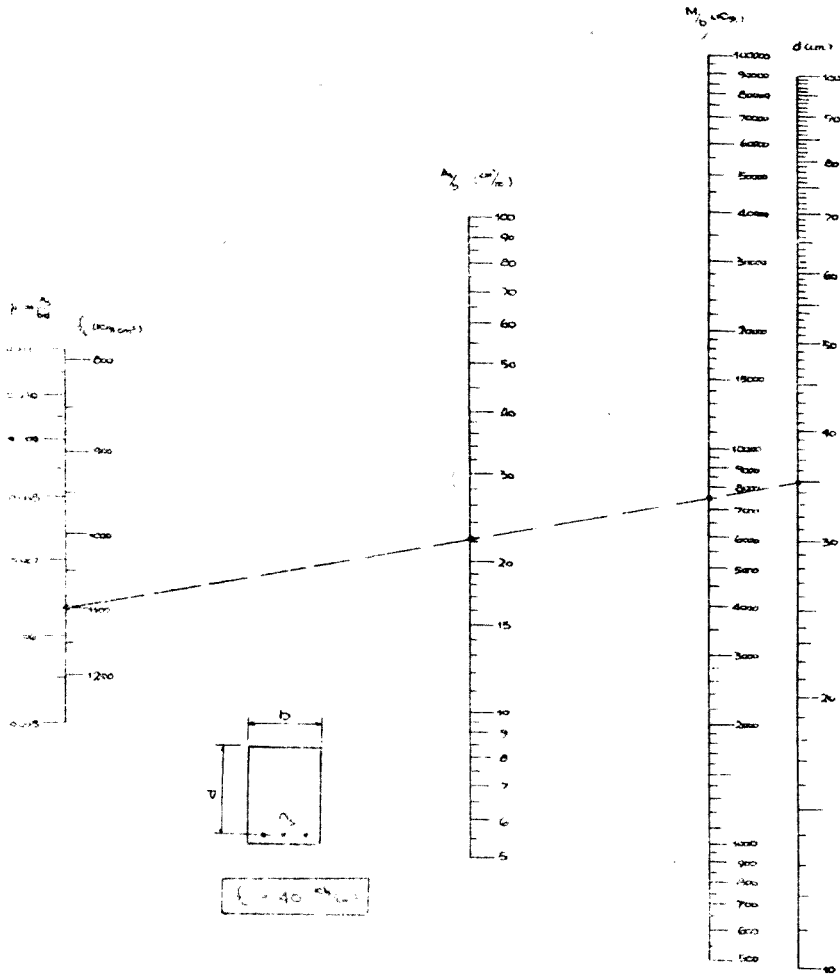


## 圖解 11~12

圖解 11 與圖解 12 同屬一類，惟  $f_c = 40$  及  $50 \text{ kg/cm}^2$  不同而已。當  $d$  之實用數值較普通由平衡鋼筋設計所求得者為小時（即寧使鋼筋不經濟，而必欲將  $d$  減小之情形下），則斷面之  $p$  與  $d$ ， $\frac{A_s}{b}$ ， $\frac{M}{b}$  諸數間之相互關係，可應用本兩圖解求解，頗為簡便。但因  $d$  之極小變化能使  $A_s$  之影響甚大，故於實際問題之應用，稍有疑問。（對側鋼筋之方法亦然。）故此圖解之存在價值或甚小，僅欲先決定  $p$  之數值時，此圖解或有便利之處。

使用法，係先將  $\frac{M}{b}$  與其他任一已知之尺度相連後，其餘兩未知數即可同時讀出。

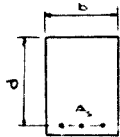
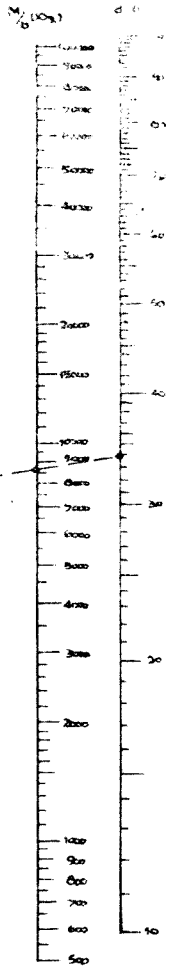
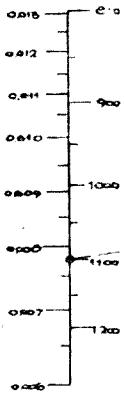
解 11





# 圖解 12

$$k = \frac{A_s}{b d} f_s \left( \frac{cm^2}{cm^2} \right)$$



$$f_s = 45 \frac{kg}{cm^2}$$

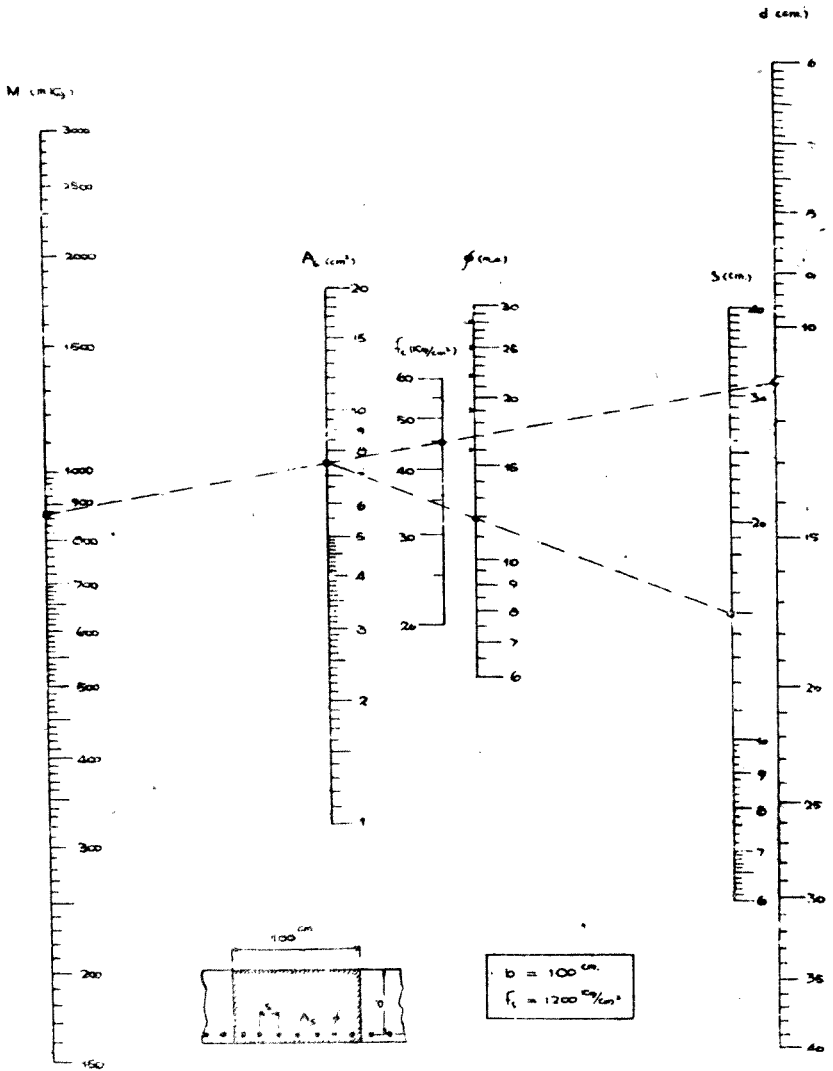
## 圖解 13

本圖係由圖解 10 蛻變而成，專供版梁應用。例如設計承受  $M = 808 \text{ m-kg}$  之版梁時，令  $f_c = 45 \text{ kg/cm}^2$ ，則於左側取  $M = 880$  點，而與中央  $f_c = 45$  點相連結，於右側可得  $d = 11 \text{ cm}$ ，同時又可讀出  $A_s$  值；以此  $A_s$  與採用鋼筋之直徑  $\phi$  相連結，即可於右側得所需之間隔  $s$  之值。此例如採用  $\phi = 12 \text{ mm}$  之鋼筋，則可直接求出  $s = 15 \text{ cm}$ 。

反之，先決定適當之  $\phi$  及  $s$  後，再求出  $A_s$ ；以此  $A_s$  與  $M$  相連結，即可求出  $d$  及  $f_c$ ；此時所得之  $f_c$  必小於  $f_{ca}$  固無論矣。



# 圖解 13

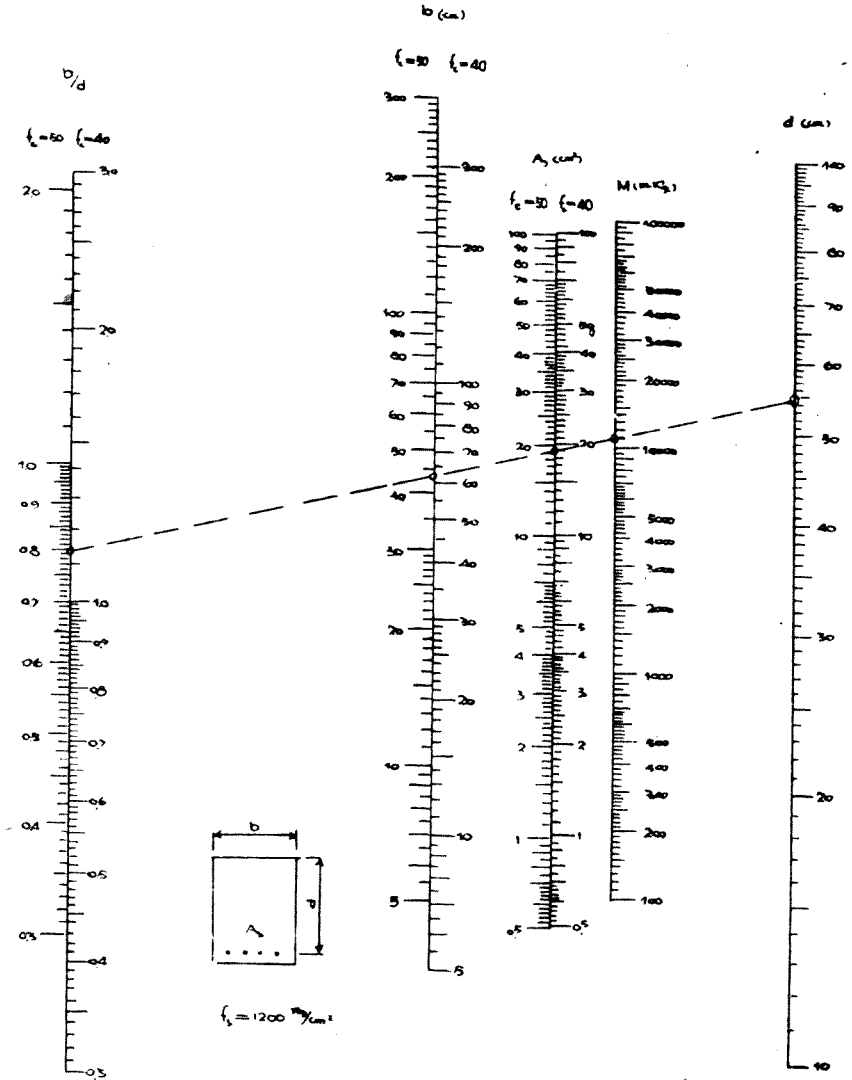


## 圖解 14

通常決定矩形斷面時， $\frac{b}{d}$  之概值，往往事前先行確定。在此情形下，利用本圖解有特殊之便利。可於左側取  $\frac{b}{d}$  值，而與  $M$  相連接，則  $b$ 、 $A_s$  及  $d$  三數同時可以讀出。衡度尺之左右分爲  $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$  及  $f_c = 40 \text{ kg/cm}^2$  兩種。

此圖解在  $b$  爲已定時，使用之亦甚便利。例如圖解 10 之例題： $M = 5,000 \text{ m}\cdot\text{kg}$ ， $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$ ， $b = 50 \text{ cm}$ 。應用此圖解求解時，則於中部  $b$  尺之左側取 50 點，而與  $M = 5,000$  點相連，則同時可於中部得  $A_s = 14.0 \text{ cm}^2$  (左側之尺度)，右側得  $d = 34.6 \text{ cm}$ 。此兩答數與圖解 10 所得之結果相同。但須注意，此圖解亦係按  $f_s = 1,200 \text{ kg/cm}^2$  製成者。

圖解 14



## 圖解 15

本圖解亦係供版梁計算之用，但無須考慮其本身重量(已將版梁自重包括在內)，此亦一變體也。茲舉例示其使用法如次：

今欲設計：勻佈活重為  $11,000 \text{ kg/m}^2$ ，徑間為  $2.9 \text{ m}$  之版梁。假定其彎曲力矩之係數為  $M = \frac{wl^2}{12}$ ，許用應力為  $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$ ， $f_s = 1,200 \text{ kg/cm}^2$ 。

通常解此等問題時，必先假定版梁自身之重量，以此自重再加勻佈活重作為總荷重，以求  $M$ 。但施用本圖解則無此必要，先於左側柱尺上直接取  $11,000 \text{ kg/cm}^2$  點，又於右側線網中，求出徑間  $l = 2.9 \text{ m}$  與彎曲力矩之係數  $c = 12$  之交點，自此交點水平向左移至線網邊緣(即  $c = 8$  之縱線)，得另一交點，然後以此新交點與前述之  $w = 11,000$  點相連成一斜線，此斜線與  $l$  之斜尺相交點可讀出：

$$d = 31.5 \text{ cm}$$

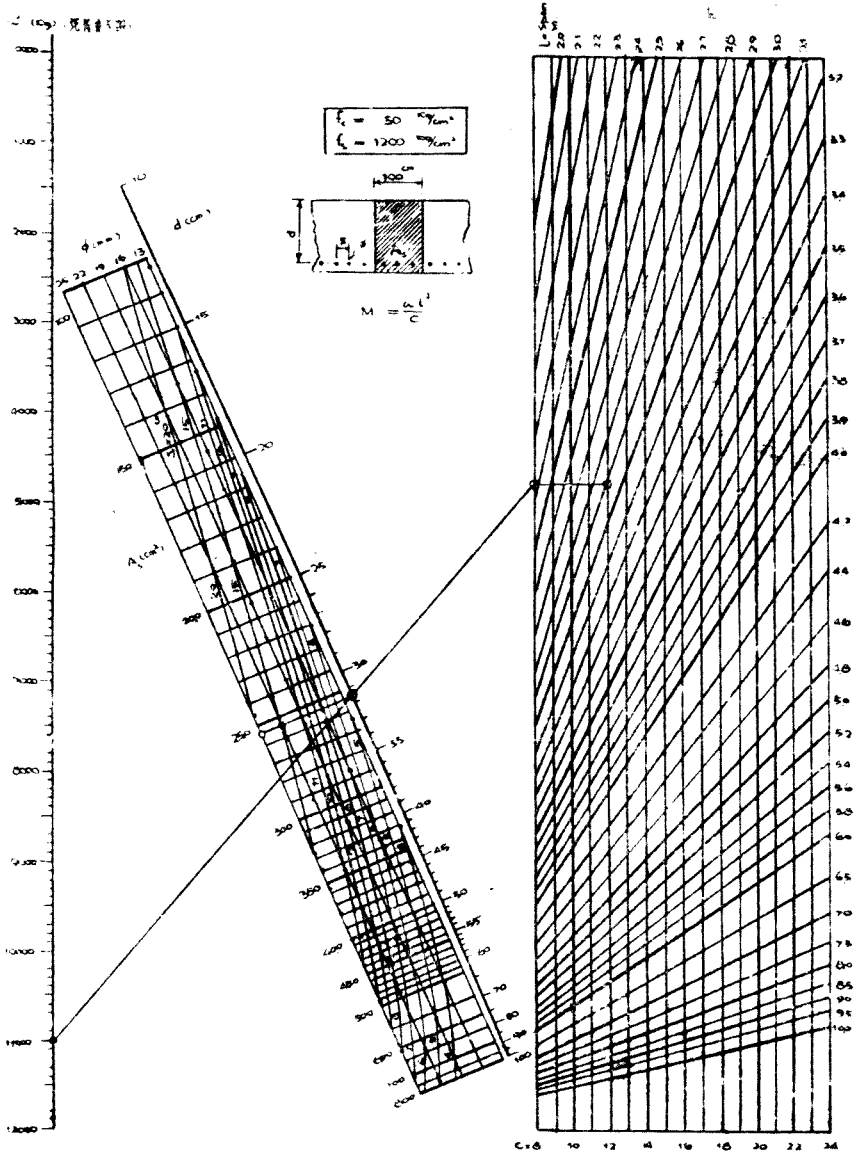
此即所求平版梁之有效高度也。

次由  $d = 31.5 \text{ cm}$  點，向左下方，引  $d$  尺之垂線，而得“每一公尺內所需鋼筋量  $A_s$ ”之值為： $A_s = 25.4 \text{ cm}^2$ 。

惟在讀  $A_s$  值時，應同時注意線網上端所示之鋼筋直徑，如採用鋼筋之大小決定後，即可於上述垂線與鋼筋直徑線之交點，在曲線尺度上讀出所用之間隔  $s$ 。此例中，如採用  $\phi = 22 \text{ mm}$  之圓鋼筋，則由  $d = 31.5$  之垂線與  $\phi = 22 \text{ mm}$  線之交點，在曲線尺度上得  $s = 15 \text{ cm}$ ，此即用  $\phi = 22 \text{ mm}$  之圓鋼筋，應有之間隔。

本圖解係根據  $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$  製成，遇急欲估出斷面尺寸之概值時，既便利且迅速。

圖解 15



## 圖解 16~18

圖解 16~24 均為計算對側鋼筋矩形桁應力之用，茲舉例如下：

已知： $M = 22,500 \text{ m} \cdot \text{kg}$ ， $b = 100 \text{ cm}$ ， $h = 45.3 \text{ cm}$ ， $d' = 4.5 \text{ cm}$ ，

$$A_s' = \frac{1}{2} A_s = 24.5 \text{ cm}^2, \quad A_s = 49 \text{ cm}^2.$$

試求  $f_c$  及  $f_s$ 。

計算應力，與單側鋼筋矩形桁相似，亦有同樣各方法，茲用圖解 16~18 解之如下：

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{49}{100 \times 45.3} = 0.0108 \text{ (圖解 1)},$$

$$p' = \frac{1}{2} p = 0.0054,$$

$$\frac{d'}{d} = \frac{4.5}{45.3} = 0.10,$$

$$\frac{M}{bd^2} = \frac{22,500 \times 100}{100 \times 45.3^2} = 11.0 \text{ kg/cm}^2.$$

圖解 16 供求中立軸比  $k$  之用，於左側  $p = 0.0108$  與右側  $p' = 0.0054$  相連結，此連結線與線網中之  $\frac{d'}{d} = 0.10$  線相交，而讀出  $k$  之值為  $k = 0.390$ 。

當  $\frac{A_s'}{A_s}$  為某特定數值，例如  $\frac{1}{3}$ ， $\frac{1}{2}$ ， $\frac{2}{3}$ ， $\frac{3}{4}$ ，1，等，則可利用圖解 17 以求  $k$  之值，至為簡捷；即以左側  $\frac{d'}{d}$  與右側  $p$  之連線，使與中央線網中  $\frac{A_s'}{A_s}$  之特定值相交，即得所求之  $k$ 。

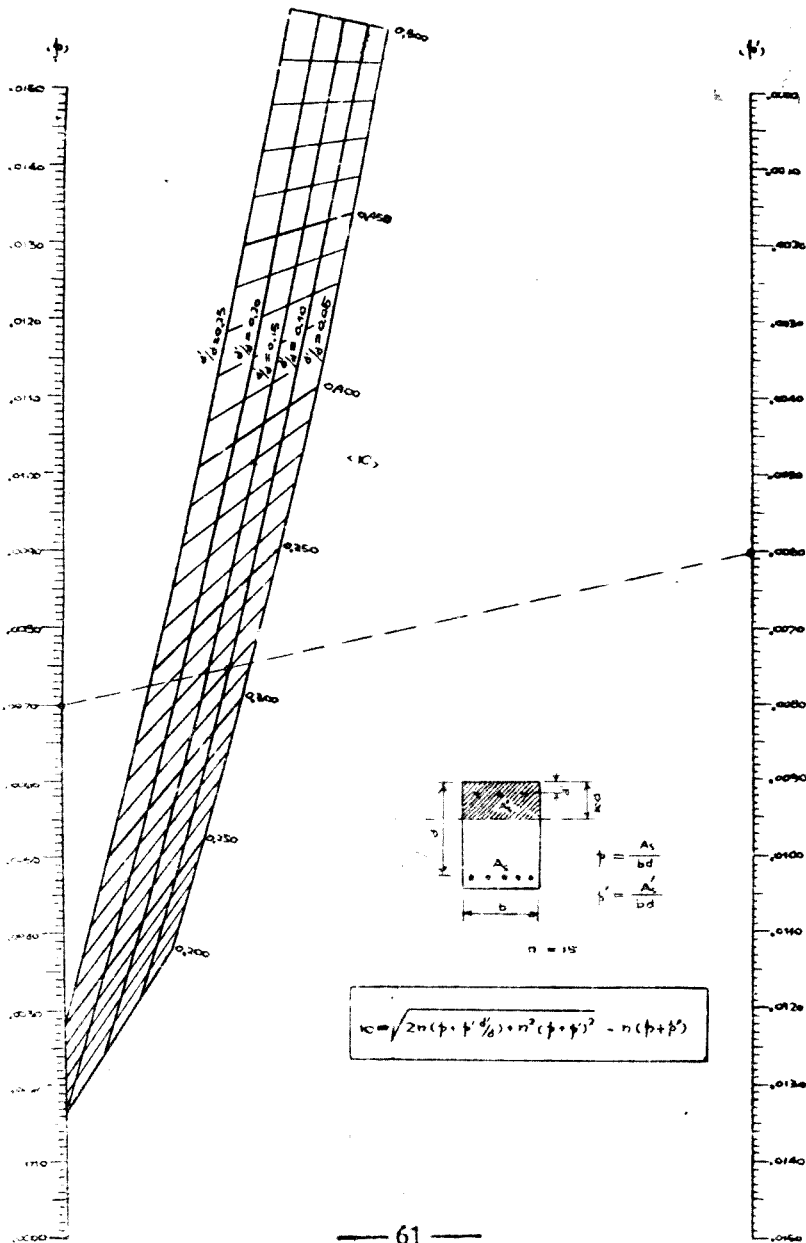
由上法求得  $k$  值後，再應用圖解 18 以求  $L_c$ 。其法：先於線網中求  $\frac{d'}{d}$  與  $k$  之交點，將此交點與左側之  $p'$ （注意，並非  $p$ ）相連結，則於右側可讀出  $L_c$  值。上例中  $L_c = 0.224$ ，於是  $f_c$  值為：

$$f_c = \frac{M}{L_c bd^2} = \frac{11.0}{0.224} = 49 \text{ kg/cm}^2.$$

$f_s$  值可由(17)式或圖解 6 求得，即由  $k = 0.390$  及  $f_c = 49$  直接求出  $f_s = 1150 \text{ kg/cm}^2$ 。

以上所述為求應力之一種方法，圖解 19 及圖解 20 將示其他方法。

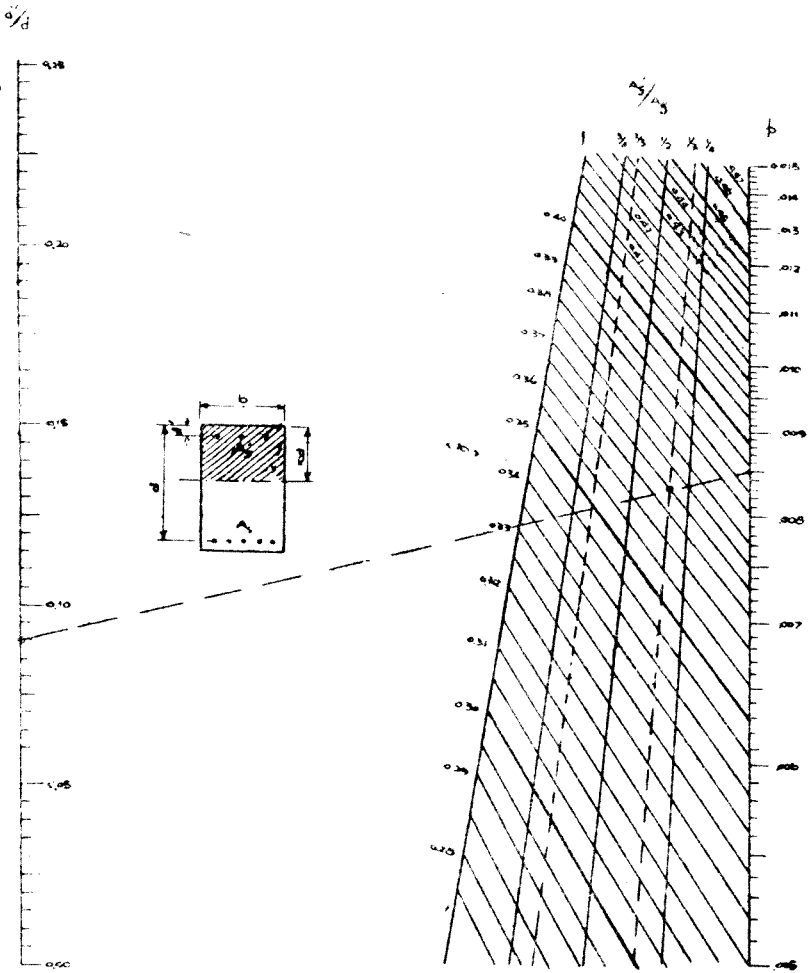
解 16





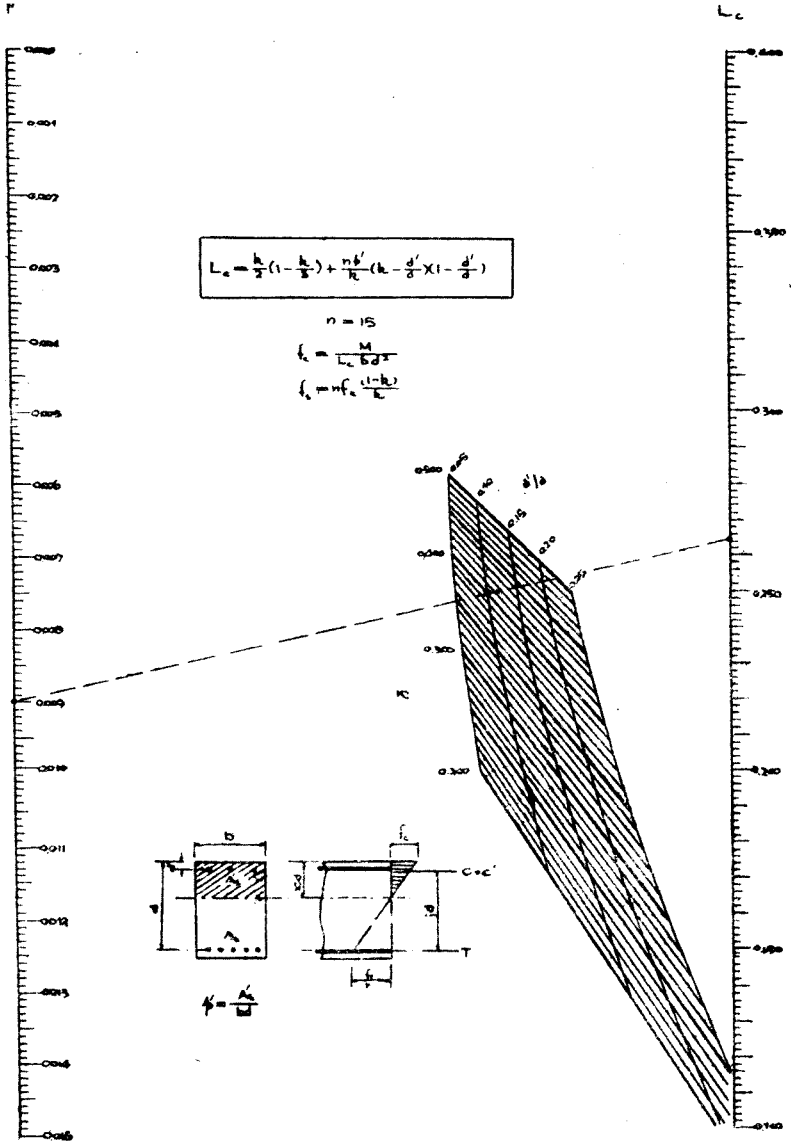


圖解 17





圖解 18



## 圖解 19

圖解 19, 20 均為求對側鋼筋之  $j$  用,  $j$  值在剪力計算上亦屬必要。本圖解係根據  $p$ ,  $k$  及  $\frac{d'}{d}$  之值以求  $j$ ; 圖解 20 則根據  $p$ ,  $p'$ ,  $k'$  (即  $\frac{d'}{d}$ ) 之值以求  $j$ 。

茲仍將圖解 16 內所示求應力之例題, 用本圖解以求  $j$ 。先於圖解之線網, 求  $p=0.0108$  與  $k=0.39$  之交點, 以此交點與左側之  $\frac{d'}{d}=0.10$  點相連, 此連線與右側  $j$  尺之交點可讀出  $j=0.877$ 。

次由(23)式求  $f_s$ , 則:

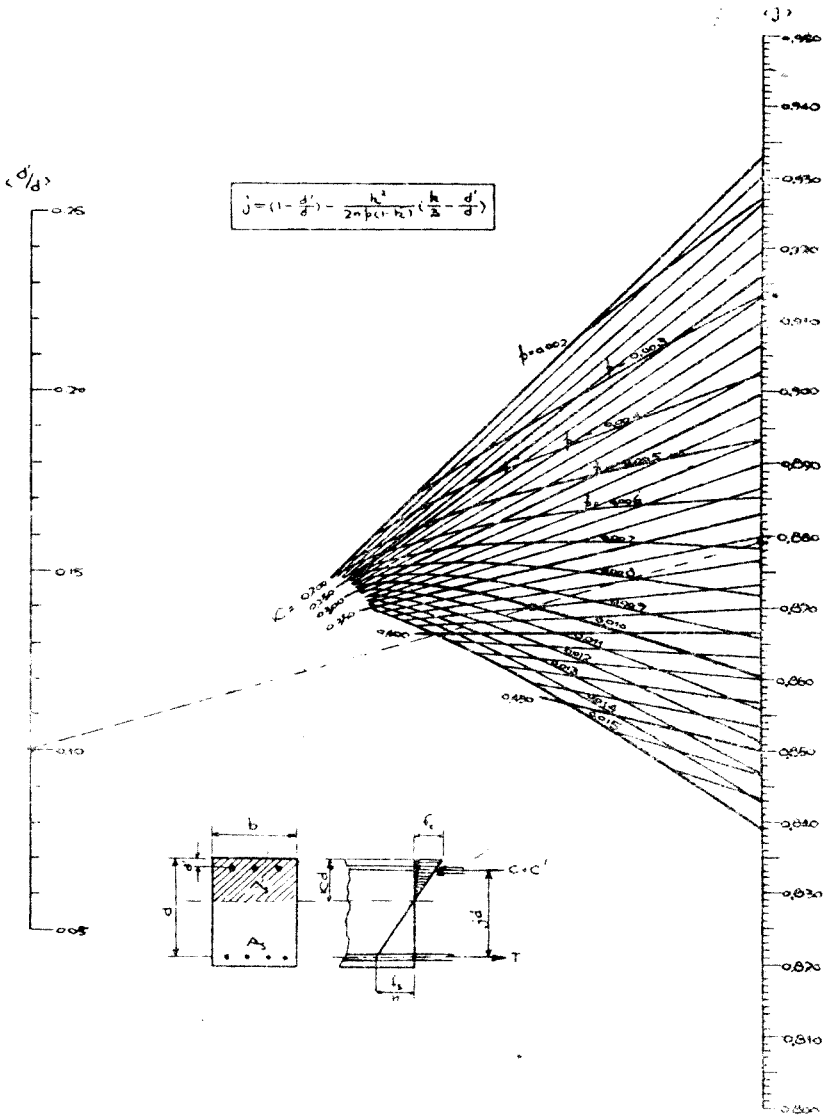
$$f_s = \frac{M}{A_s j d} = \frac{22,500 \times 100}{49 \times 0.877 \times 45.3} = 1,154 \text{ kg/cm}^2$$

此計算可用圖解 5 代替之。

其次: 計算  $f_c$  時, 則與前例相同, 利用圖解 6 求解, 因  $f_s=1,154$ , 及  $k=0.39$ , 可得  $f_c=49 \text{ kg/cm}^2$ 。

以上所述之兩法, 均為通常採用者。但當  $\frac{d'}{d}$  及  $\frac{A_s'}{A_s}$  為某特定數值時, 則另有簡單方法, 即 21~25 各圖解是也。

# 圖解 19

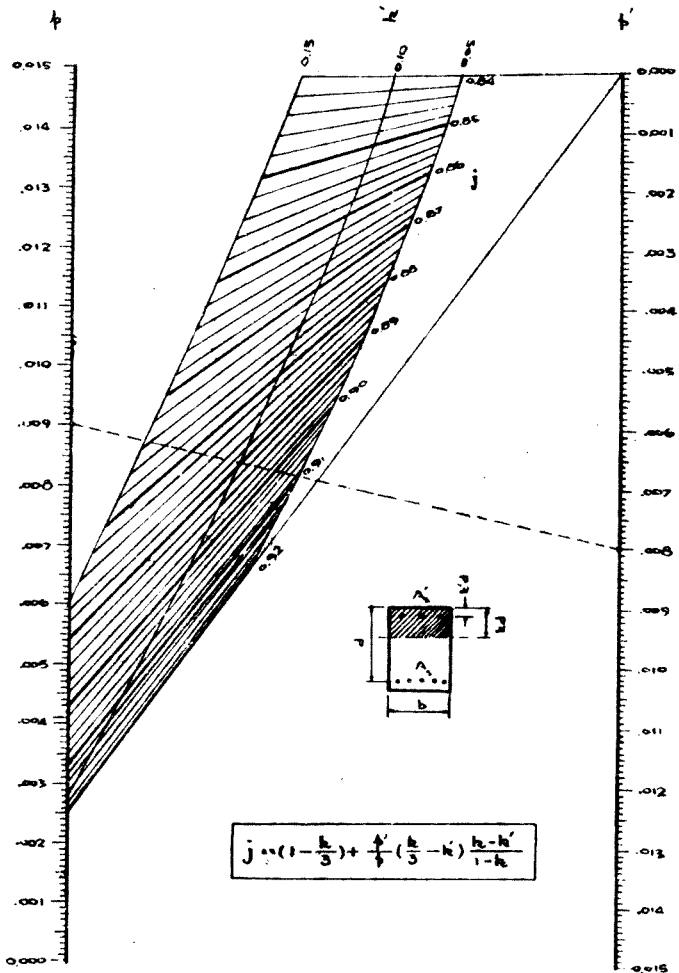


## 圖解 20

本圖解與圖解 19 同一性質，各有簡便之處。如上述之例，用本圖解求解，則將左側  $p=0.0108$  與右側  $p'=0.0054$  兩點之連結線，與中央線網之  $k'=0.10$  線相交，此交點在  $j$  之尺度上，即可讀出  $j=0.877$ 。

至於應用此求得之  $j$  以求  $f_s$  及  $f_c$ ，仍同上例。

圖解 20



## 圖解 21~25

圖解 21~25 均屬同一種類，僅  $\frac{d'}{d}$  及  $\frac{A_s'}{A_s}$  之值相異而已。茲將前例用此等

圖解解之如下：

前例已知條件為： $\frac{A_s'}{A_s} = \frac{1}{2}$ ， $p = 0.0108$ ， $\frac{d'}{d} = 0.10$ ， $\frac{M}{bd^2} = 11.0 \text{ kg/cm}^2$ 。

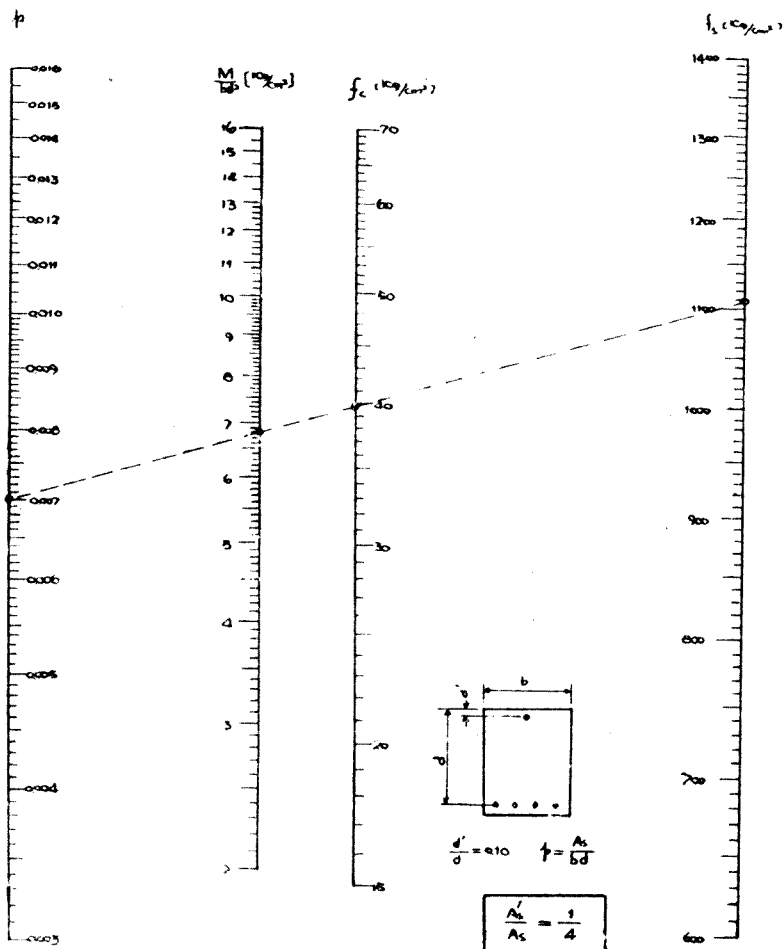
由  $\frac{A_s'}{A_s} = \frac{1}{2}$ ， $\frac{d'}{d} = 0.10$ ，應採用圖解 22，於左側取  $p = 0.0108$ ，於次柱取  $\frac{M}{bd^2} = 11.0$ ，使之相連；於此連線之右側，即可同時讀得  $f_c = 49 \text{ kg/cm}^2$ ，及  $f_s = 1,160 \text{ kg/cm}^2$ 。

此圖解與前述諸法相較，實甚簡便；惟須注意，此等圖解均係用近似公式製成者，與真值略有出入，但於實用上，尚無顯著影響。（此等近似公式，茲不備述。）

本類各圖解並可用以決定斷面之尺寸。

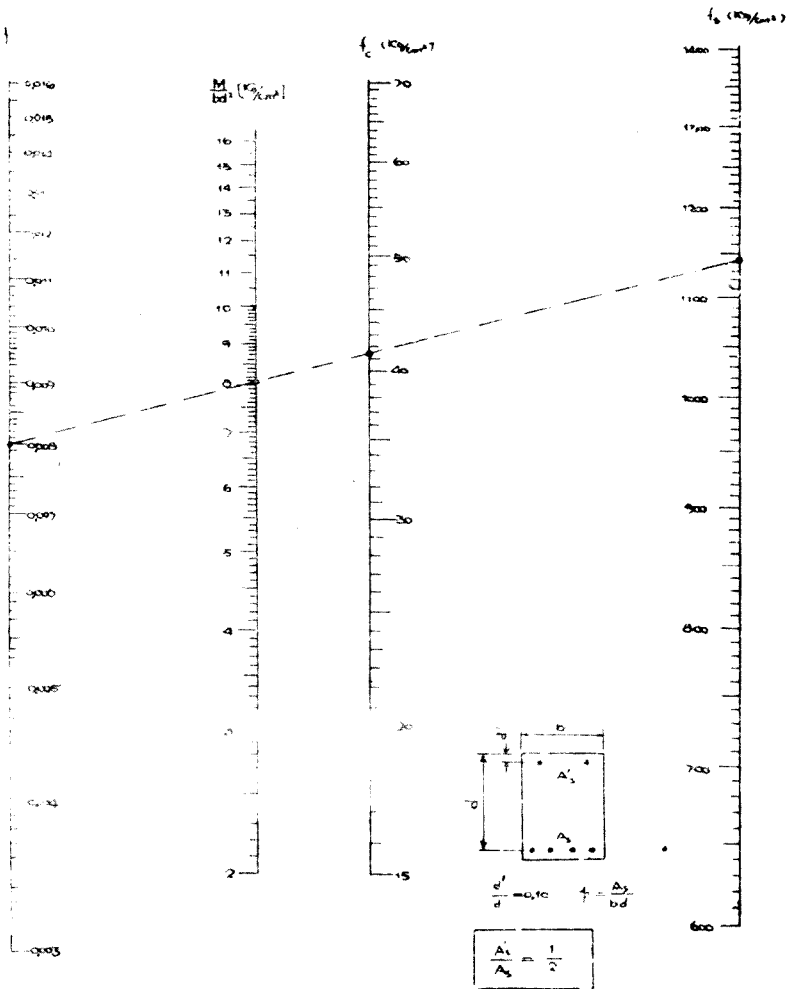


圖解 21



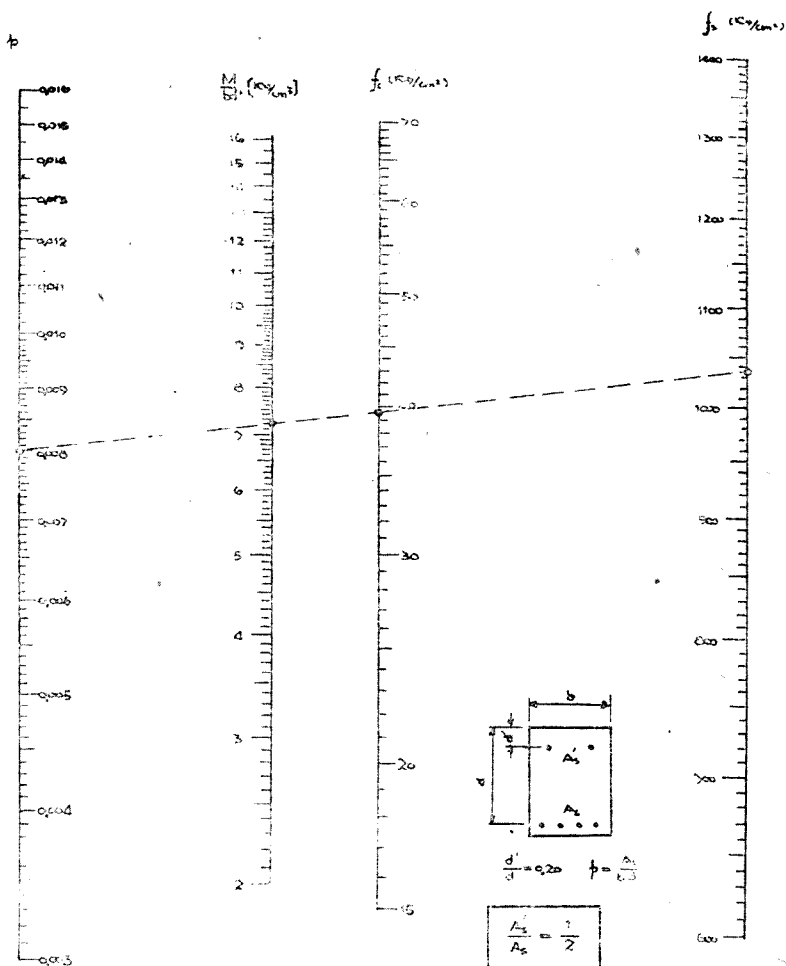


圖解 22



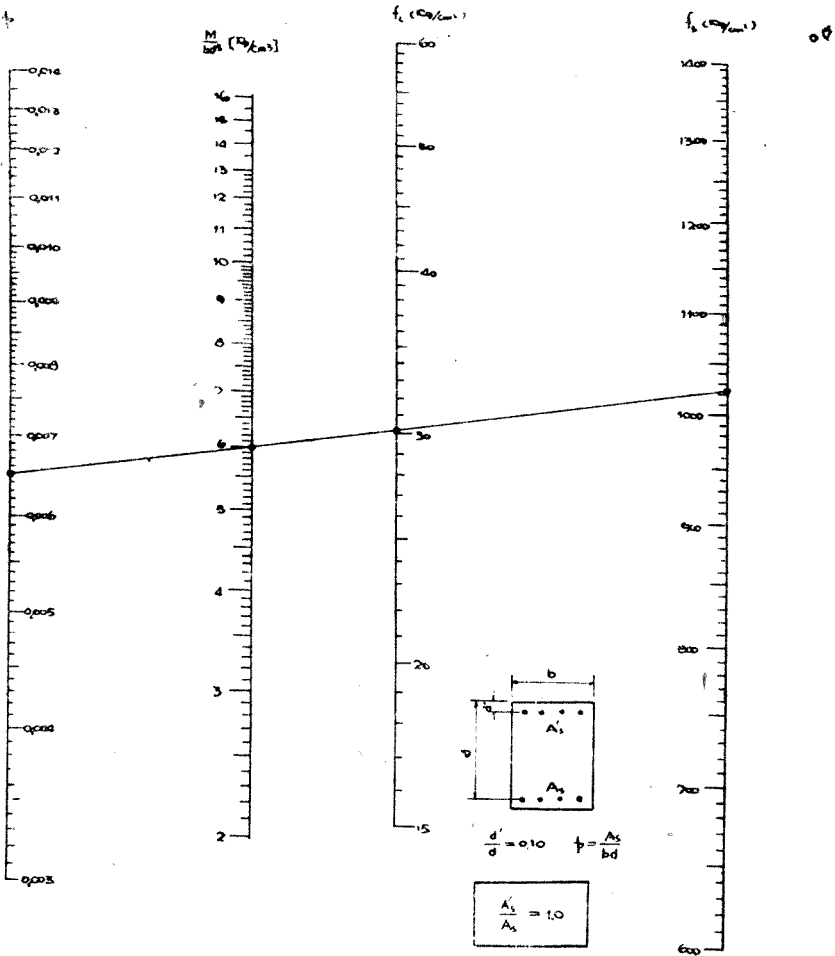


# 圖解 23





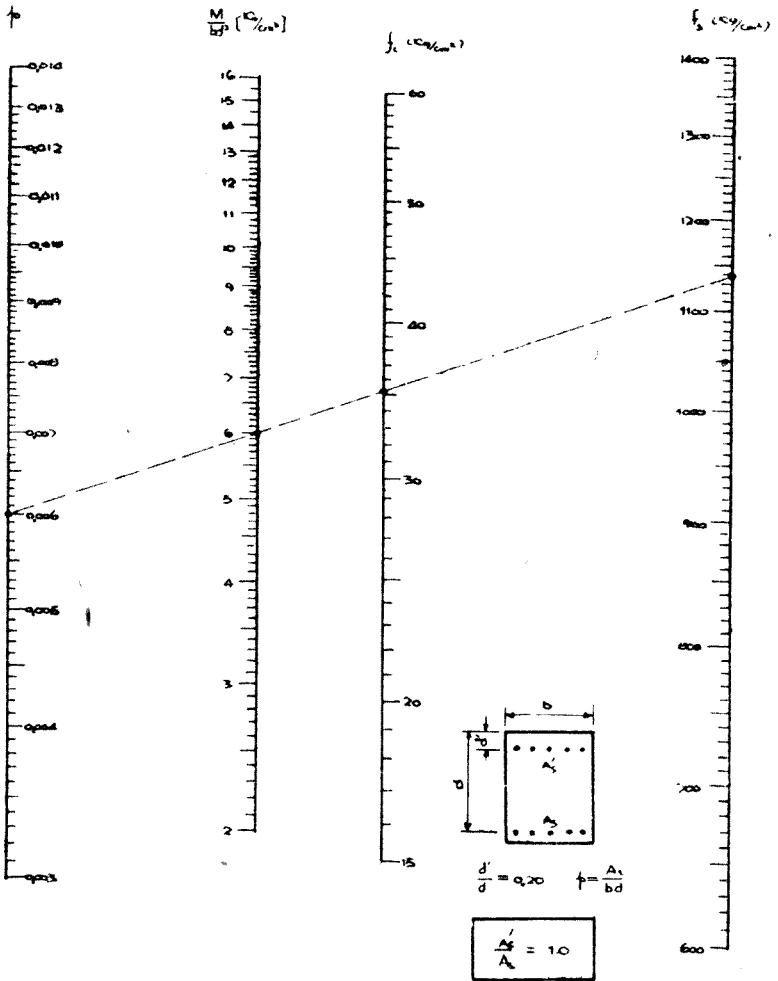
解 24







# 圖解 25



## 圖解 26~27

圖解 26 與(29)式相當,由已知之上下側鋼筋數量之比  $\frac{A_s'}{A_s}$  及  $f_c$  與  $\frac{d''}{d}$ , 以求  $d$  之係數  $C_3$ .

各圖解均假定  $f_s = 1,200 \text{ kg/cm}^2$ .

例:  $\frac{d''}{d} = 0.10$ ,  $f_c = 40 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\frac{A_s'}{A_s} = \frac{1}{2}$  時, 先於下方線網中求出  $\frac{d''}{d} = 0.10$  與  $f_c = 40$  之交點, 次於右方線網中求出  $f_c = 40$  與  $\frac{A_s'}{A_s} = \frac{1}{2}$  之交點, 將此二點相連結, 則於右側可得  $C_3 = 0.373$ . 如欲進而求  $d$ , 則可由  $d = C_3 \sqrt{\frac{M}{b}}$  式計算之, 此項手續, 另由圖解 27 代替之. 如本例中令  $\frac{M}{b} = 3,850 \text{ kg}$ , 則利用圖解 27, 即可得  $d = 20 \text{ cm}$ .

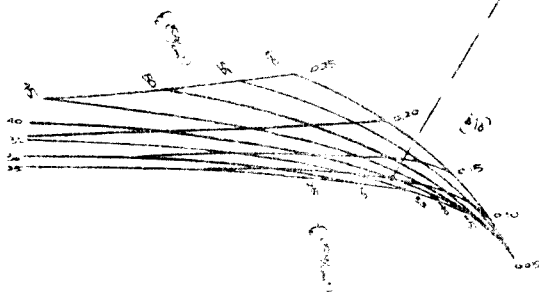
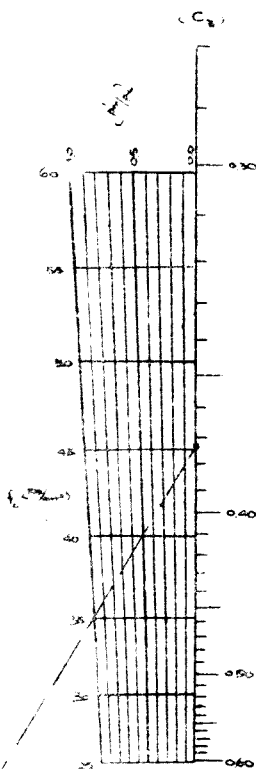
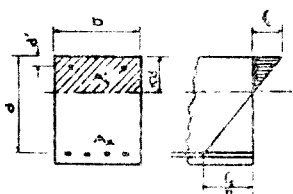
圖解 26

$$d = C_2 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$C_2 = \left\{ \left( \frac{k}{2} \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{k}} \right) + \frac{\frac{k}{2} \left( \frac{d'}{2} \times 1 - \frac{d'}{2} \right)}{(1-k) - \frac{d'}{2} (k-\frac{1}{2})} \right) \right\}^2$$

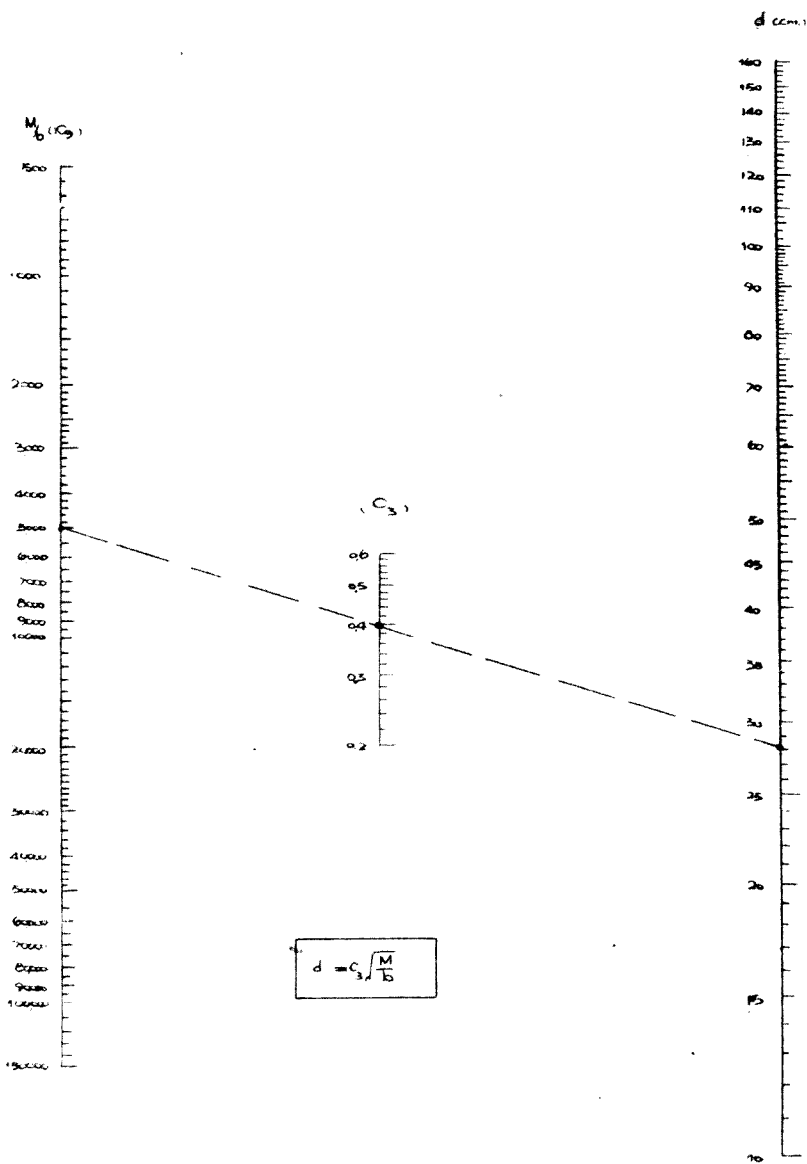
$$k = \frac{f_c}{f_c - f_s}$$

( = 200 kg/cm<sup>2</sup> )





圖解 27



## 圖解 28~30

在決定斷面及鋼筋量之近似方法中，以利用本類各圖解，最為簡便（近似算法之誤差，亦僅 1% 左右）。圖解 28~30 均屬同類，僅  $\frac{A_s'}{A_s}$  各異其值而已。各圖解之製成，均假定  $\frac{d'}{d} = 0.10$ ，此情形雖屬鮮艷，但在斷面之計算中，所求得之數值恆有零數，通常往往予以改正，而採用較佳之整數，故此等圖解恰可視為充分台用。茲舉例如下：

$$\text{已知：} \quad M = 22,500 \text{ m}\cdot\text{kg}, \quad b = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m},$$

$$f_c = 1,200 \text{ kg/cm}^2, \quad f_s = 50 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\frac{A_s'}{A_s} = \frac{1}{2},$$

試求  $d$ ,  $A_s$  及  $A_s'$ 。

於圖解 30 中，左側取  $\frac{M}{b} = \frac{22,500}{1} = 22,500 \text{ kg}$ ，次於中央取  $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$ ，連此兩點成一直線，則同時於左得  $\frac{A_s}{b} = 48.0 \text{ cm}^2/\text{m}$ ，於右得  $d = 46 \text{ cm}$ 。

由是斷面底側之鋼筋量為：

$$A_s = 48.0 \times 1 = 48 \text{ cm}^2 \quad (\because b = 1)$$

斷面頂側之鋼筋量為底側之  $\frac{1}{2}$ ，即

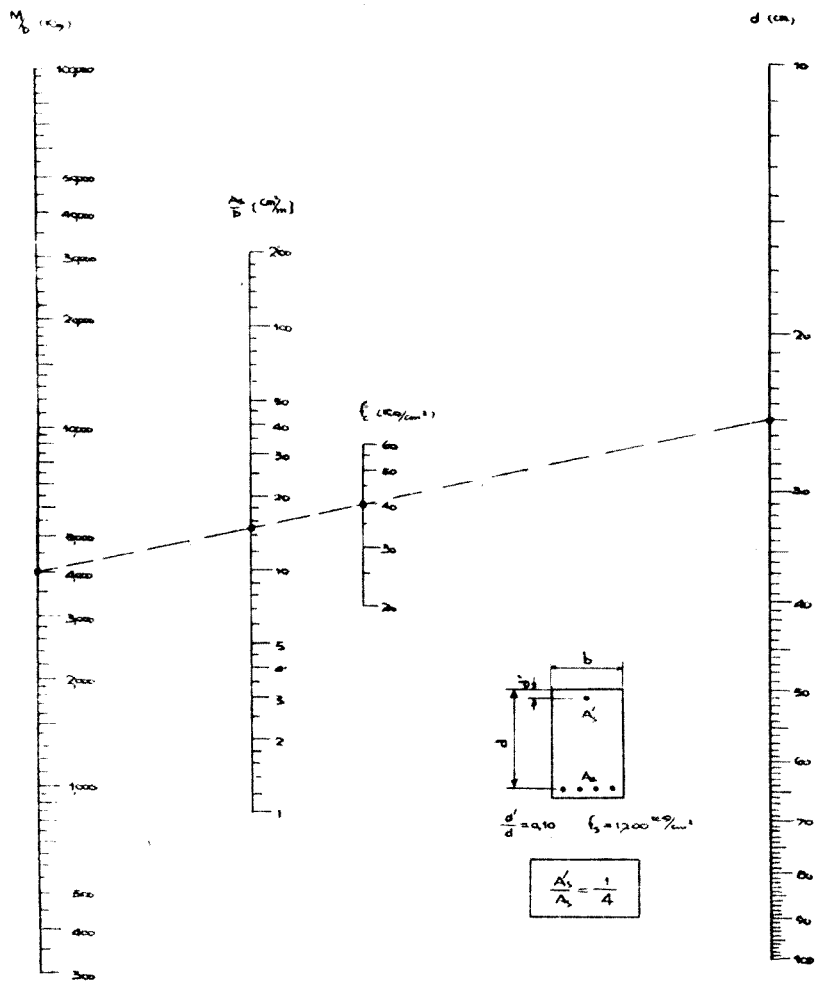
$$A_s' = 48 \times \frac{1}{2} = 24 \text{ cm}^2.$$

此等圖解因與單側鋼筋例內之圖解 10 同屬一類，故均可用以解答下述各題：

(a) 當  $M, b, f_c$  及  $d$  為已知時，求  $A_s$  及  $f_s$ ；

(b) 當  $M, b, f_c$  及  $A_s$  為已知時，求  $f_s$  及  $d$ 。

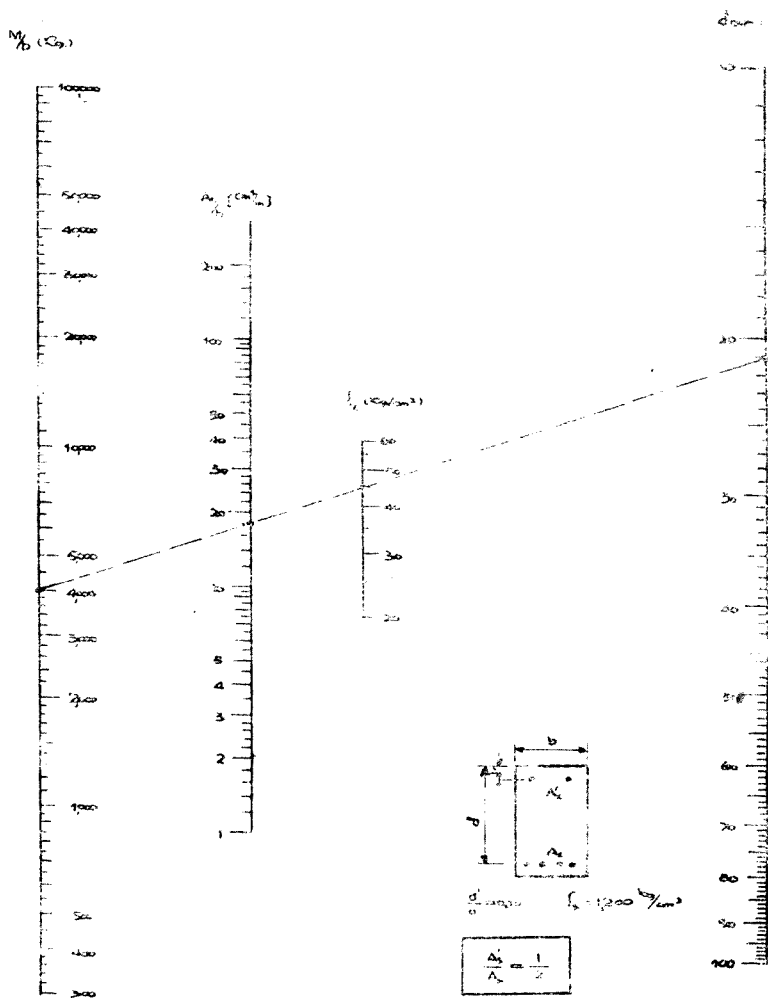
解 28







# 圖解 29



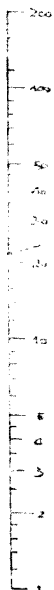


### 圖解 3.12

$M_0$  (kg)



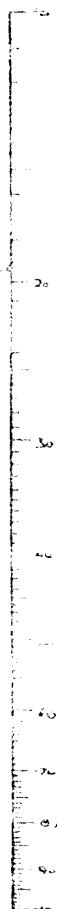
$\gamma_0$  (0%)



$K_{10}$  (cm<sup>2</sup>)



$d$  (cm)



$\frac{d}{b} = 0.10 \quad (b = 100 \text{ cm})$

$$\frac{A_1}{A_2} = 1$$

## 圖解 31~32

用此二圖解均可由已定之斷面而求其鋼筋量之數值。兩圖同一性質，僅其鋼筋之許用應力  $f_s$  為 1000 及 1200 kg/cm<sup>2</sup> 之異耳。因斷面已定，則  $\frac{M}{bd^2}$  為已知，於是當  $\frac{d'}{d}$  及  $f_c$  予以適當假定後，即可由此二圖解求出鋼筋比  $p$  及  $p'$ 。  $p$  及  $p'$  既定，則  $A_s$  及  $A_s'$  兩值自易求出。

$$\text{例： } f_s = 1200, \quad \frac{M}{bd^2} = 10 \text{ kg/cm}^2, \quad f_c = 40, \quad \frac{d'}{d} = 0.10,$$

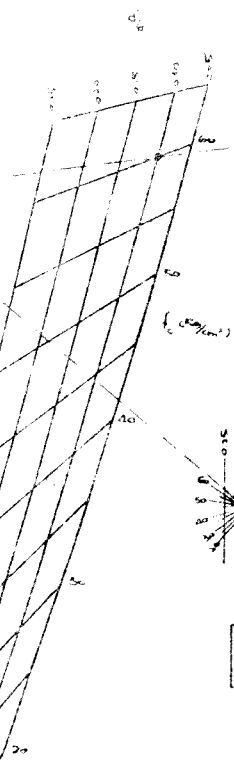
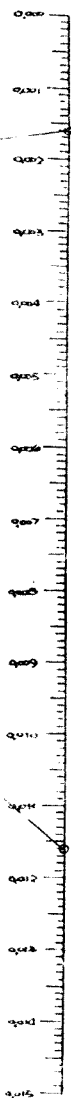
由第 31 陣圖：於左側取  $\frac{M}{bd^2} = 10$  點，次於大眼線網中取  $\frac{d'}{d} = 0.10$  與  $f_c = 40$  之交點，將此兩點連結後，於右側即得  $p' = 0.0110$ 。

其次，以前述之同樣手續，用小眼線網，則於右側得  $p' = 0.0094$ 。

圖解 31

$M_{k1}$  (kN/cm)

$\rho d f'$

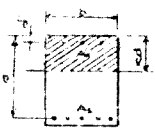


$$\rho' = \frac{M}{f_c b d^2} - \frac{f_c}{2} R \left(1 - \frac{R}{2}\right) \frac{1}{f_c \left(1 - \frac{R}{2}\right) \left(R - \frac{d'}{d}\right)}$$

$$f_c = 1200 \text{ kg/cm}^2$$



$$\rho = \frac{M}{f_c b d^2} + \frac{f_c}{2} R \left(\frac{R}{3} - \frac{d'}{d}\right) \frac{1}{f_c \left(1 - \frac{R}{3}\right)}$$

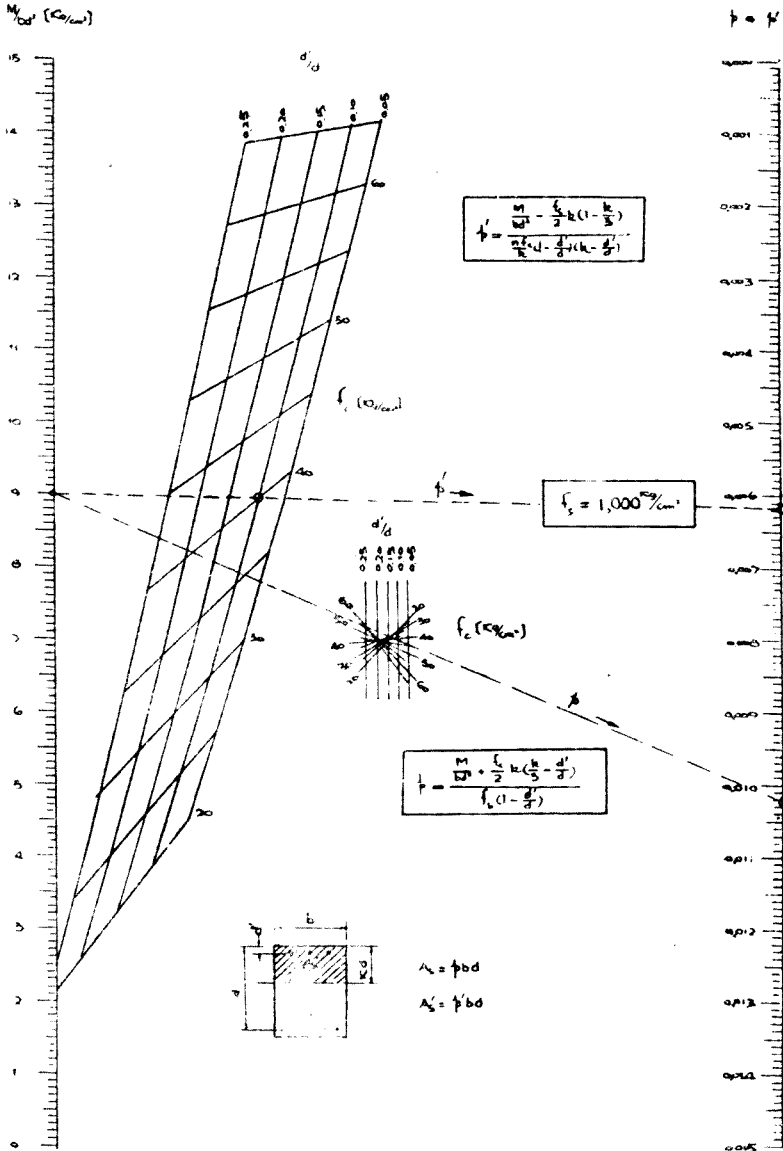


$$A_c = \rho b d$$

$$A_s = \rho' b d$$



圖解 32



## 圖解 33

此圖解表示  $p$ ,  $p'$ ,  $\frac{d'}{d}$  及  $\frac{f_s}{f_c}$  間之相互關係。在應力計算上或斷面計算上此等相互關係，雖無直接求出之必要，然此圖解能將其直接求出，亦屬便利。使用法觀圖自明，茲不贅述。





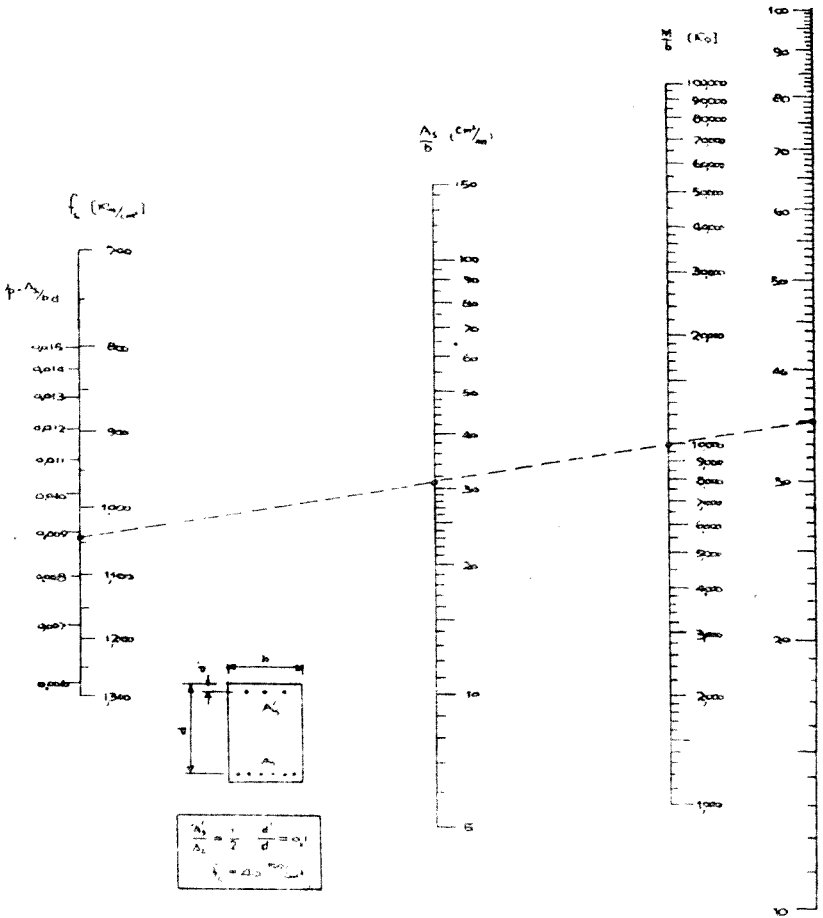
## 圖解 34

自圖解 4 至 33 之主要性質，均以插入少量鋼筋，而使其能儘量承受最大之應力為目的(第11,12兩圖解例外)；故恆令鋼筋之抗拉應力為 $1200 \text{ kg/cm}^2$ 。本圖解則於所用鋼筋量之是否經濟一點，在所不計，故在斷面之高度甚低時適用之。在此情形下，自非取決於 $f_c$ 不可，通常恆令 $f_c = 40 \text{ kg/cm}^2$ 。

已知斷面之尺寸及外力之力矩後，即可應用本圖解：連 $\frac{M}{b}$ 及 $d$ 以得鋼筋量 $A_s$ 及 $f_s$ ，兩鋼筋比 $p$ 亦可同時讀出。

由本圖解可知若斷面之高度 $d$ 稍有變化，則對於鋼筋之數量可生頗大之影響。

圖解 34



## 圖解 35, 36

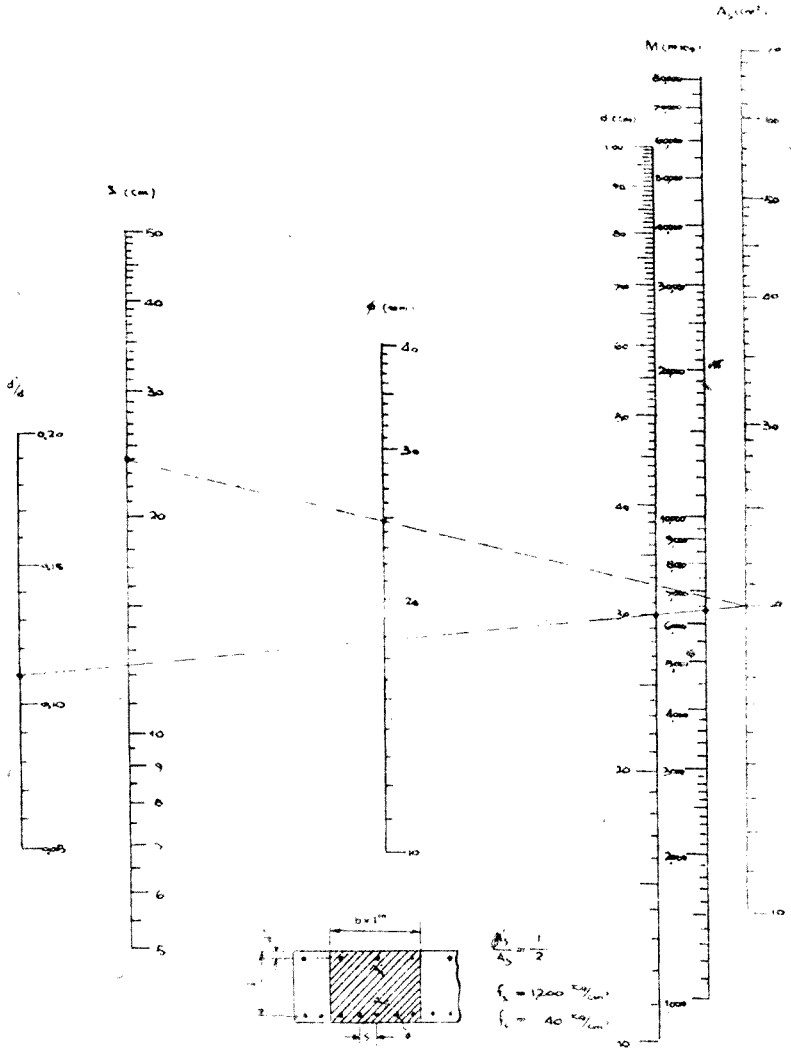
本圖解專供計算對側鋼筋平版梁之用，惟其使  $\frac{d'}{d}$  為變數之一點，則與以前各圖解為不同耳。蓋因平版梁之一般厚度均甚小，則對於  $\frac{d'}{d}$  之影響不無多少成份，此本圖解之所由作也。（實際問題是否無此需要，姑置不論。）

使用法：先於左側取  $\frac{d'}{d}$ ，以之與  $M$  相連結，則同時得出  $d(\text{cm})$  及  $A_s(\text{cm}^2)$  兩值。惟平版梁所需之鋼筋量，如另由鋼筋之直徑  $\phi$ ，及其間隔  $s(\text{cm})$  表示之，則尤為便利；故將此時所得之  $A_s$  與所定之  $\phi$  相連結，即於左側可得鋼筋之間隔  $s(\text{cm})$ 。

圖解中之點線表示上述之手續；但須注意此圖解係由  $f_s = 1,200 \text{ kg/cm}^2$  及  $f_c = 40 \text{ kg/cm}^2$  之條件下製成者。

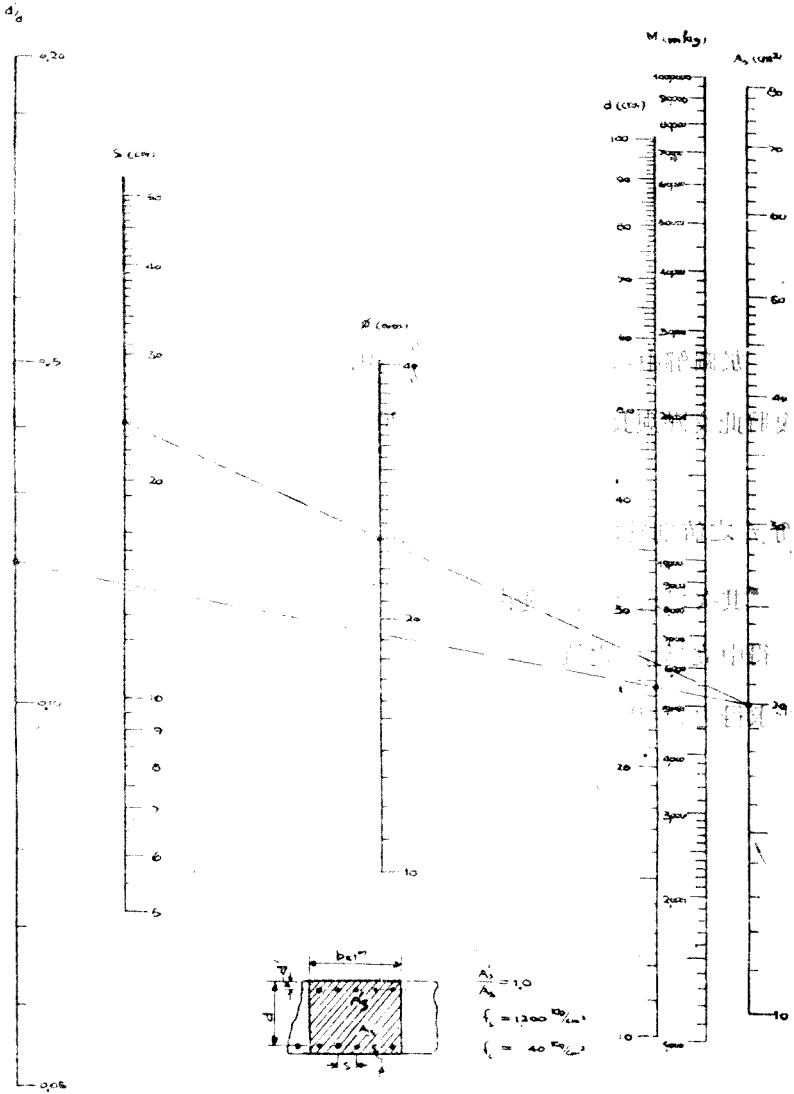
圖解 36 與圖解 35 同樣性質，惟  $\frac{A_s'}{A}$  之值各為 1.0 及  $\frac{1}{2}$  之別耳。

# 圖解 35





鋼筋  
圖號 36



## 圖解 37

如左圖之桁，當  $M = 5,500$  m-kg 時，試求  $f_c$  及  $f_s$ 。

已知：  $b = 30$  cm,  $h = 60$  cm,  $A_s = 36.2$  cm<sup>2</sup>,  
 $d' = 6$  cm.

則：

$$\frac{d'}{h} = \frac{6}{60} = 0.10, \quad p = \frac{A_s}{bh} = \frac{36.2}{30 \times 60} = 0.020,$$

$$\frac{b}{h} = \frac{30}{60} = 0.50,$$

$$\frac{M}{bh^2} = \frac{5,500}{0.3 \times 60 \times 60} = 5.09 \text{ kg/cm}^2.$$

於圖解中，取  $\frac{d'}{h} = 0.10$  及  $\frac{b}{h} = 0.50$  兩點相連，使與左側之參考線相交，復將此交點與長斜線中之  $p = 0.020$  相連，向右可得：

$$L_c = 0.146,$$

而  $f_c$  之值則為： $f_c = \frac{M}{L_c bh^2} = \frac{5.09}{0.146} = 35 \text{ kg/cm}^2.$

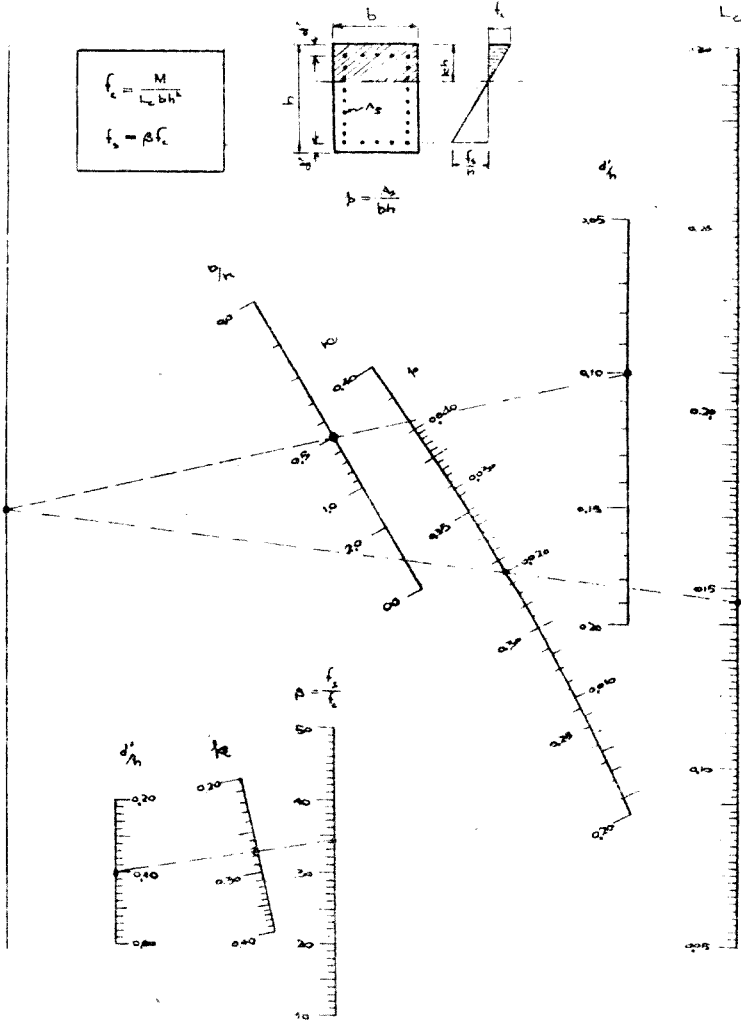
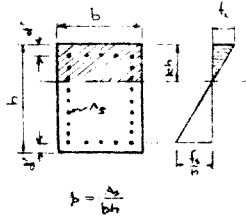
其次：求  $f_s$  時可先由圖解中之  $p$  與  $k$  雙用尺度內，於  $p = 0.020$  之對側讀得中立軸比  $k$  之值為 0.325；然後由左下角所附之小圖解內，使  $\frac{d'}{h} = 0.10$  與所求得之  $k = 0.325$  相連，向右讀出  $\beta$  值為： $\beta = 26.5$ 。於是  $f_s$  之值為：

$$f_s = \beta f_c = 26.5 \times 35 = 930 \text{ kg/cm}^2.$$



$$f_c = \frac{M}{L_c b h^2}$$

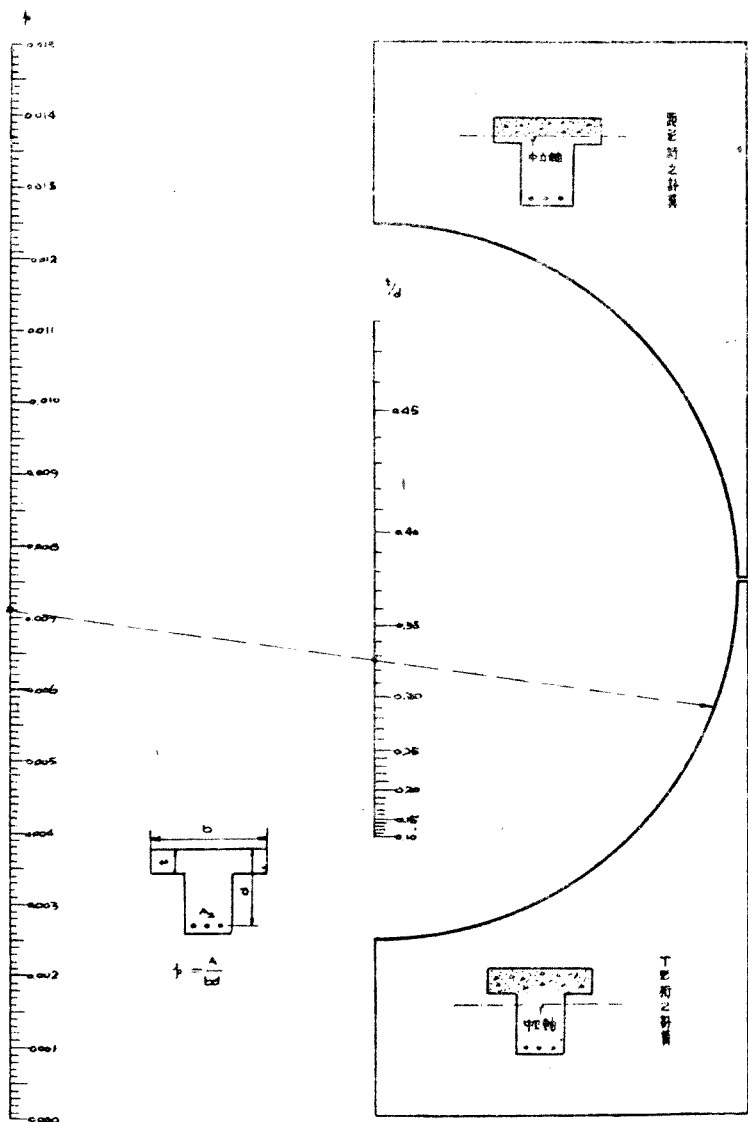
$$f_s = \beta f_c$$



## 圖解 38

本圖解係根據T形斷面中立軸之位置，指示吾人何時應照T形斷面計算，何時應照矩形斷面計算；其用法至為簡便，於左側取 $p$ ，於中央取 $\frac{t}{d}$ ，而使之相連，於右側即可得其解答矣。

# 圖解 38

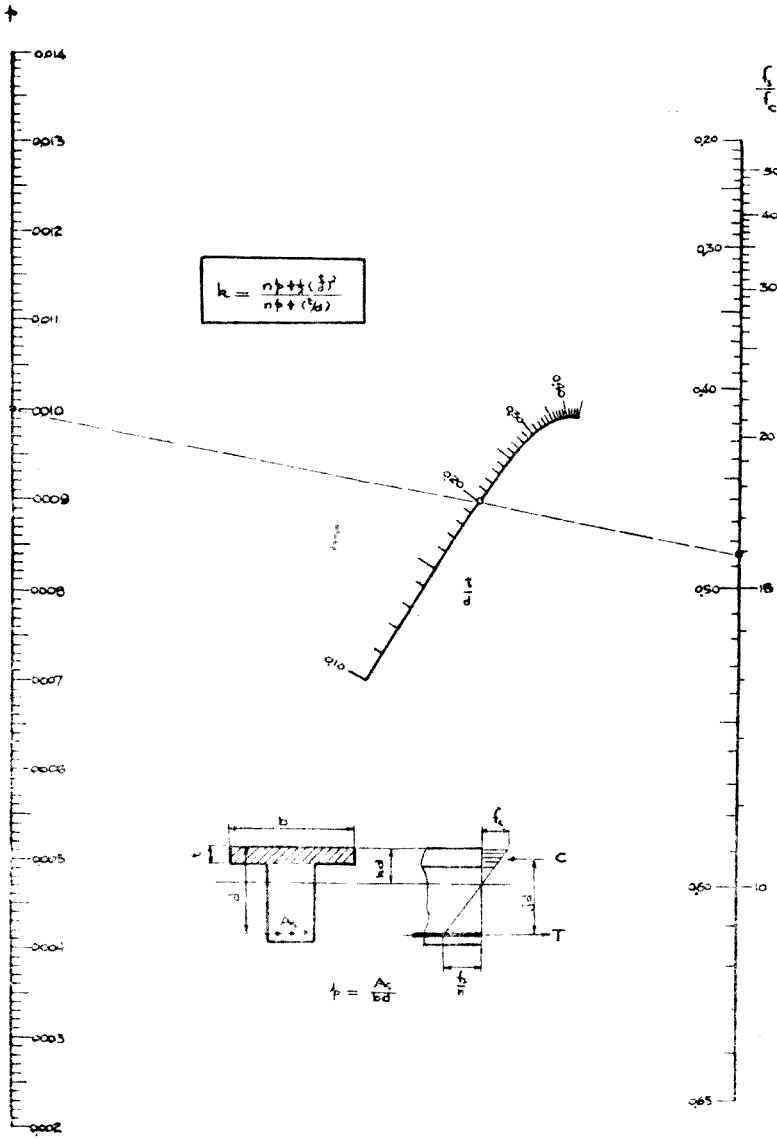


## 圖解 39

此係求 T 形斷面中  $k$  值(中立軸比)之圖解也。使用時,於左側取  $p$ , 中央取  $\frac{t}{d}$ , 而使之相連, 在此連線之右端即可讀出  $k$  值, 而同時亦可讀出  $\frac{f_s}{f_c}$  之值。

反之, 如  $\frac{f_s}{f_c}$  及  $\frac{t}{d}$  為已知時, 則用相反之手續, 即可求出  $p$ 。

圖解 37



$$k = \frac{n \cdot t \cdot (\frac{b}{a})^2}{n \cdot t \cdot (\frac{b}{a})}$$

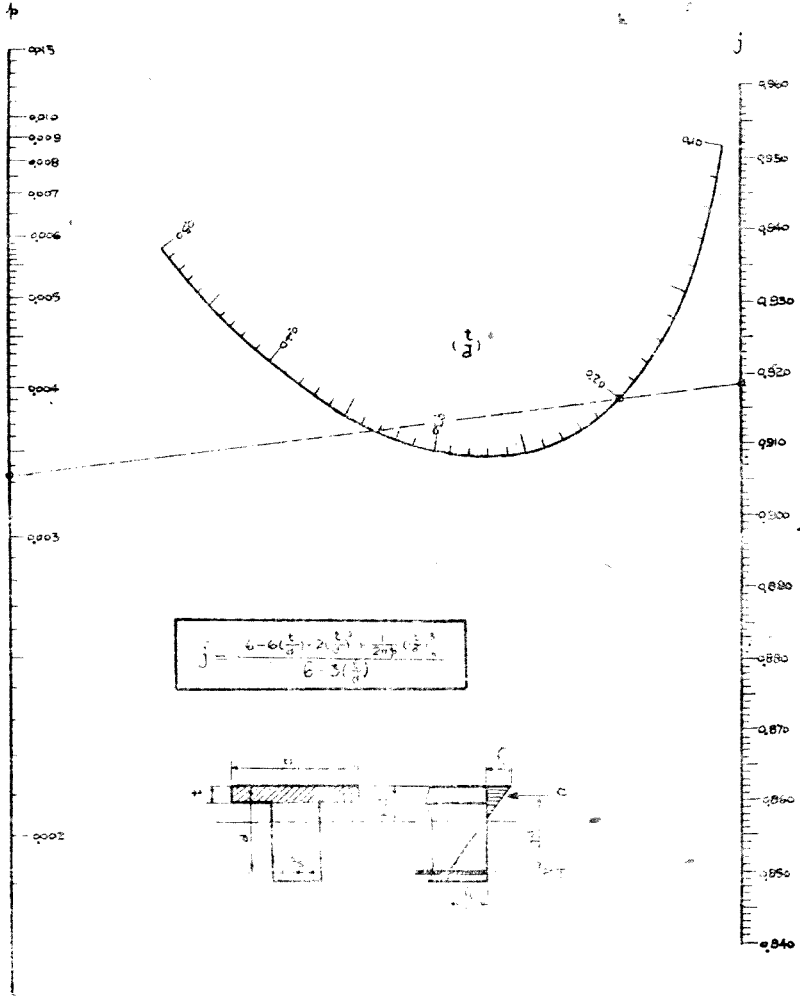
$$k = \frac{A_c}{b \cdot a}$$

## 圖解 40

此係求 T 形斷面中  $j$  值之圖解也。使用時於左側取  $p$ ，中央取  $\frac{t}{d}$ ，使之相連，則於右側即可讀出  $j$ 。

由圖解 39 求出  $k$ ，並由本圖解求出  $j$ ，然後即可應用下述之圖解 41 以求出應力  $f_c$  及  $f_s$ 。

圖解 40



## 圖解 41

此圖解與圖解 5 完全相同，僅其中  $d$  值之界限，因須適用於 T 形斷面而稍大耳。使用法亦全同。

茲舉例以示其應力之計算如下：

已知： $M = 80,000 \text{ m}\cdot\text{kg}$ ， $b = 80 \text{ cm}$ ， $d = 130 \text{ cm}$ ， $A_s = 56.2 \text{ cm}^2$ ，

$$t = 26 \text{ cm}, \quad \frac{t}{d} = 0.20,$$

試求  $f_s$  及  $f_c$ 。

$$p = \frac{56.2}{130 \times 80} = 0.0054 \text{ (或用圖解 1),}$$

利用圖解 39 及 40，由  $\frac{t}{d}$  及  $p$  以求  $k$  及  $j$  爲：

$$k = 0.360, \quad j = 0.913.$$

次用本圖解：由已知之  $M$ ， $j$ ， $A_s$  及  $d$  以求  $f_s$  得：

$$f_s = 1200 \text{ kg/cm}^2.$$

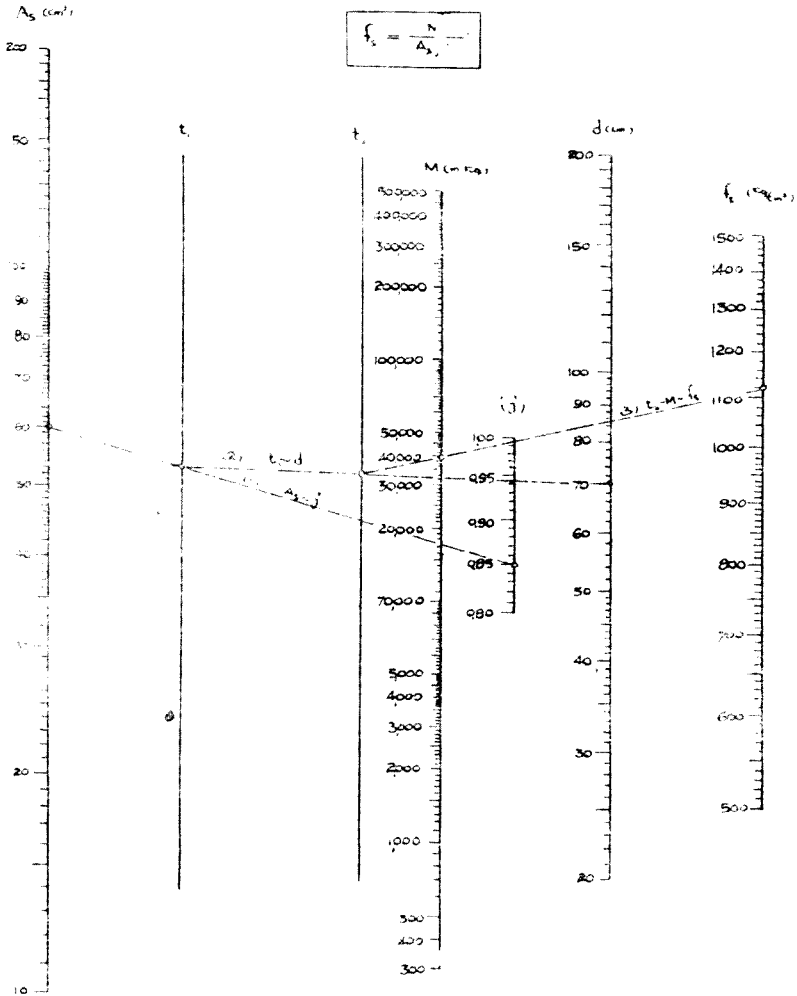
最後用圖解 6：由已知之  $f_s = 1200$  及  $k = 0.360$  可求得  $f_c = 45 \text{ kg/cm}^2$ 。如不利用圖解 6 以求  $f_c$ ，則於圖解 39 求  $k$  時，可同時讀出  $\frac{f_s}{f_c}$  之值以求  $f_c$ ，且較便利。

本例  $\frac{f_s}{f_c} = 26.7$  於是：

$$f_c = 1200 \div 26.7 = 45 \text{ kg/cm}^2,$$

以上所述，均係通常計算應力之一般方法，所謂正面解法是也。然有時爲求迅速起見，亦可利用下述圖解 42 或 43 以直接求出  $f_s$  及  $f_c$  之值。



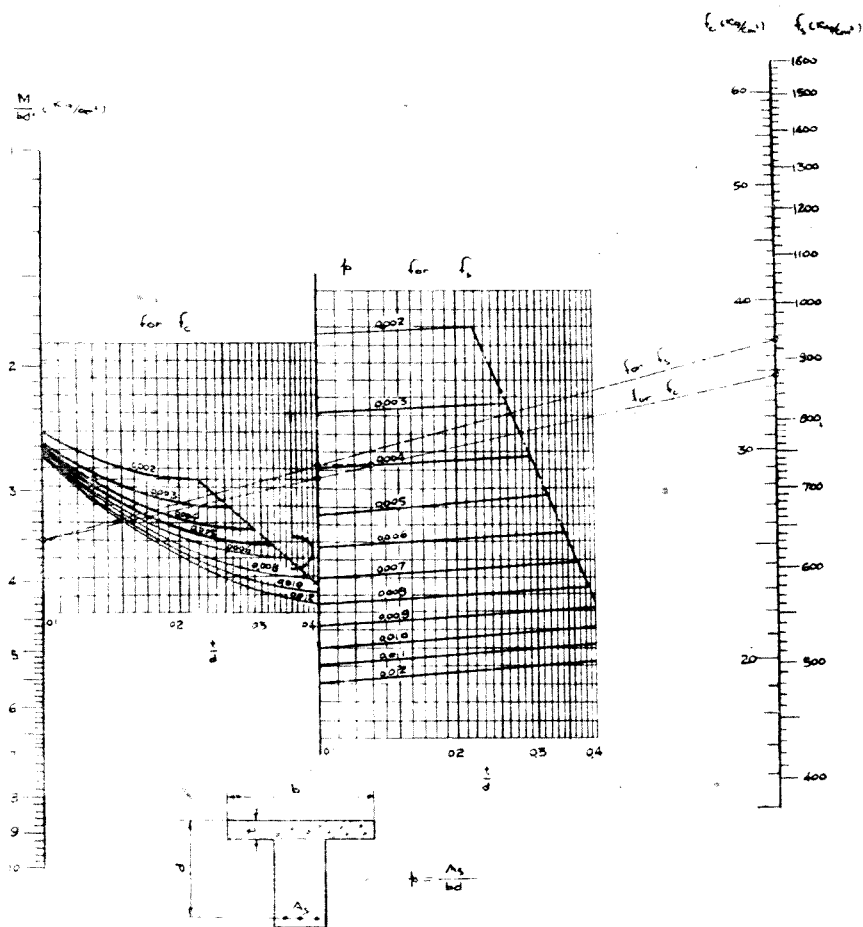


## 圖解 42

此亦計算應力之圖解也。茲以圖解 41 內之例題，用本圖解解之如下：  
 已知： $M = 80,000 \text{ m-kg}$ ， $\frac{M}{bd^2} = 5.92 \text{ kg/cm}^2$ ， $\frac{t}{d} = 0.20$ ， $p = 0.0054$ ；先用右側之“for  $f_s$ ”圖解，求  $p = 0.0054$  與  $\frac{t}{d} = 0.20$  之交點，自此點向左作水平線，使與中央之粗線相交，將此交點與左側之  $\frac{M}{bd^2} = 5.92$  相連，即可於右側  $f_s$  之衡度尺內，讀出  $f_s = 1200 \text{ kg/cm}^2$ 。次用圖解之“for  $f_c$ ”線網，以同樣手續，可於右側讀得  $f_c = 45 \text{ kg/cm}^2$ ，圖中所畫之點線示解答之經過情形。

如僅以算出應力為目的，則以應用本圖解為最便利。

圖解 4.2



## 圖解 43

當 T 形斷面桁之梁軀  $b_o$  內，仍有抗壓強度存在時，則應力之計算應利用本圖解以解之。

已知 T 形斷面之  $b_o$ ,  $b$ ,  $t$ ,  $d$  及  $p$  後，即可由本圖解求  $f_c$  及  $f_s$ 。其法於中央取  $\frac{b_o}{b}$  值，於左側取  $p$ ，使之相連。復使此所連之線與線網內之已知  $\frac{t}{d}$  相交，而讀出  $\beta$  值。次於右側線網內，用求出之  $\beta$  與已知之  $\frac{t}{d}$  作交點，將此交點與前述之  $\frac{b_o}{b}$  點相連，則於右側可得  $\frac{M}{f_c b d^2}$  值。由是  $f_c$  及  $f_s$  兩值，可由下列兩式求出：

$$f_c = \left( \frac{M}{b d^2} \right) \div \left( \frac{M}{f_c b d^2} \right)$$

$$f_s = \beta f_c.$$

本圖解之優點，在其既能適用於普通 T 形斷面之應力計算，復可同時適用於矩形斷面之應力計算。易言之：苟將梁軀內之壓應力不予計算時，令  $b_o = 0$  (即  $\frac{b_o}{b} = 0$ )，即為 T 形斷面；如令  $\frac{b_o}{b} = 1$  時，即為矩形斷面。

茲仍用圖解 41 之例題，由本圖解解之如下：

$$\text{已知 } p = 0.0054, \quad \frac{t}{d} = 0.2, \quad \frac{M}{b d^2} = 5.92,$$

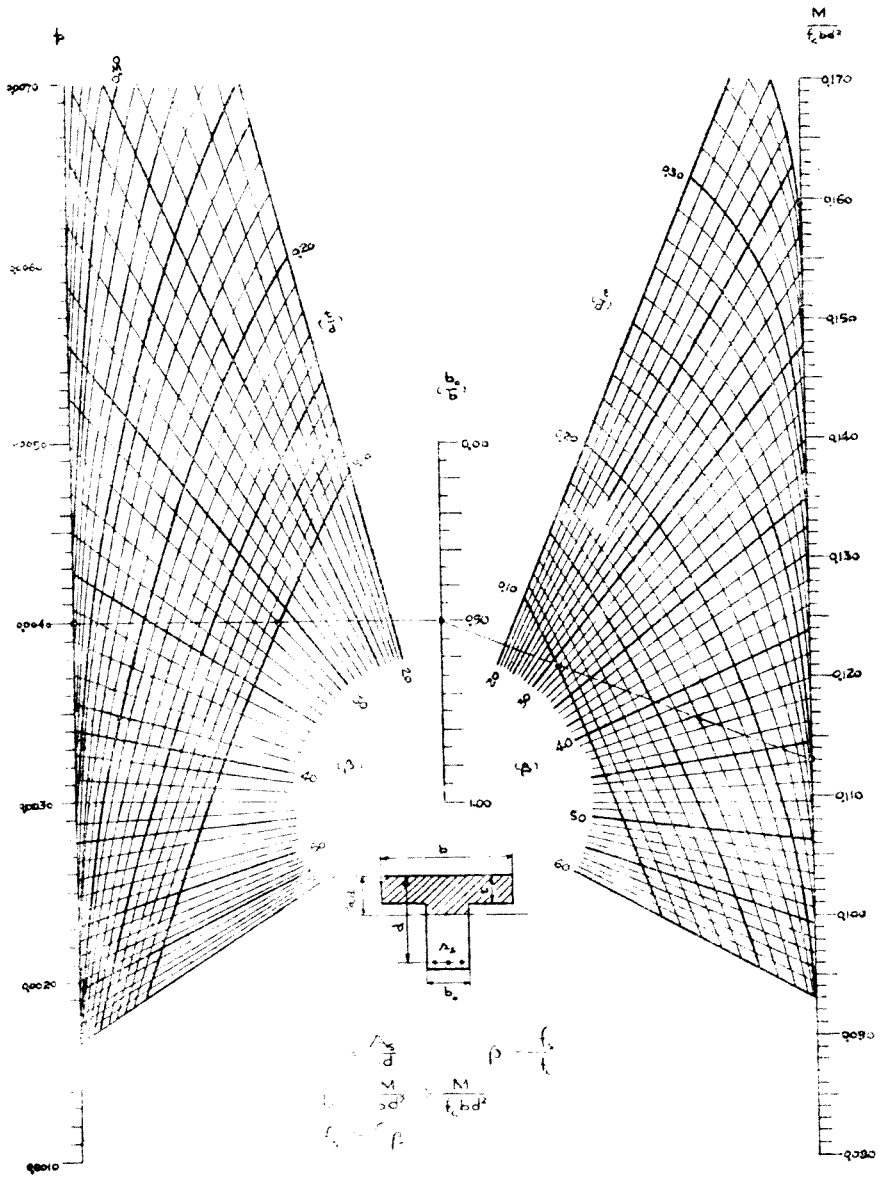
$$\text{用本圖解解之得： } \beta = 26.7, \quad \frac{M}{f_c b d^2} = 0.1317$$

$$\text{由是： } f_c = 5.92 \div 0.1317 = 45.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = 45 \times 26.7 = 1,200 \text{ kg/cm}^2$$

以上結果與用圖解 41 所求得者相同。

圖解 43



## 圖解 44, 45

決定 T 形斷面桁鋼筋量之圖解，雖有多種，但以本圖解最為便利。通常例題翼緣之寬度  $b$  及其厚度  $t$  均屬已定值，由是對已知之  $M$ ，可求  $d$  及  $A_s$ 。茲舉例如下：

設  $M = 80,000 \text{ m}\cdot\text{kg}$ ,  $b = 80 \text{ cm}$ ,  $f_s = 1200 \text{ kg/cm}^2$ ,

$t = 25 \text{ cm}$ ,  $f_c = 45 \text{ kg/cm}^2$ ,

試求  $d$ 。由已知之  $M$  及  $b$ ，得

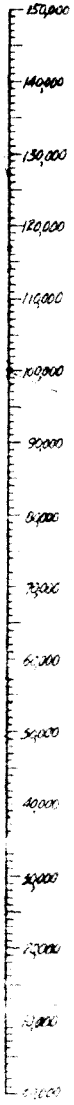
$$\frac{M}{b} = \frac{80,000}{0.8} = 100,000 \text{ kg}.$$

於圖解 44 之左側取  $\frac{M}{b}$ ，右側取  $f_c = 45$  使之相連。在此連線與  $t = 25 \text{ cm}$  線之相交點，可讀出  $d$  之值為： $d = 130 \text{ cm}$ 。

求  $A_s$  值則用下述 48 及 49 兩圖解。

圖解 44

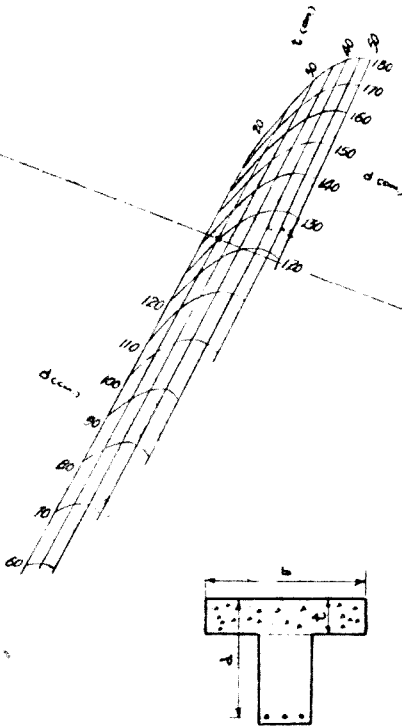
$\sigma_{12} (kg/cm^2)$



$$\frac{M}{b} = \xi \left( 2d - \xi^2 + \frac{\xi^3}{3d} \right) - \frac{\xi}{\eta} \left( \frac{\xi^2}{2} - \frac{\xi^3}{3d} \right)$$

$$f_s = 1,200 \text{ mm/cm}^2$$

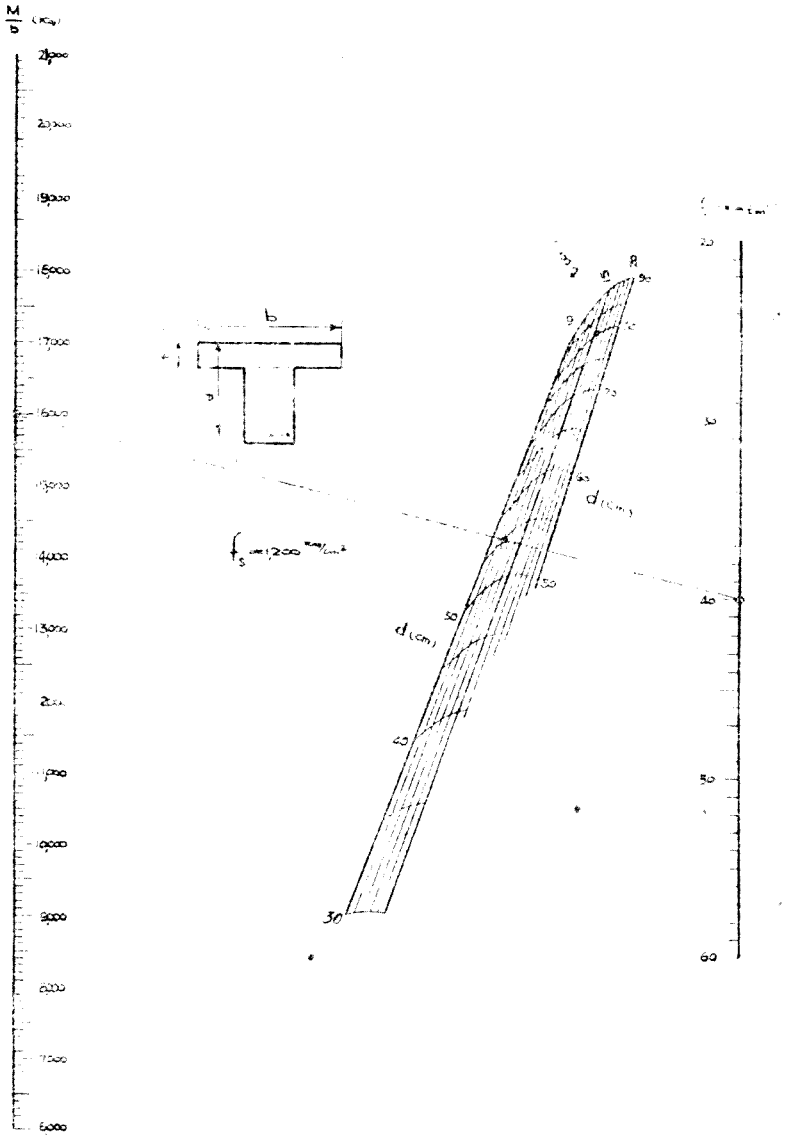
$\xi \text{ (cm)}$







# 圖解 45



## 圖解 46

此係在  $f_c = 1200 \text{ kg/cm}^2$  之特定情形下，由  $f_c \cdot \frac{t}{d}$  以求  $\frac{M}{bd^2}$  值之圖解也。

與(44)式相當。

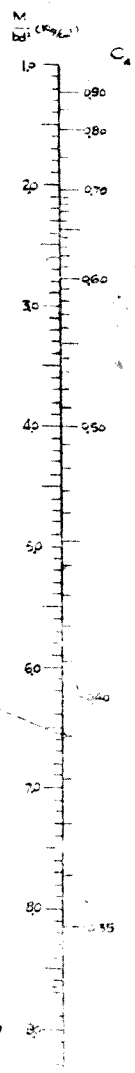
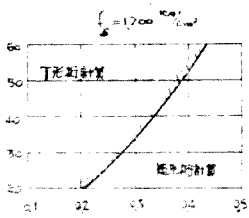
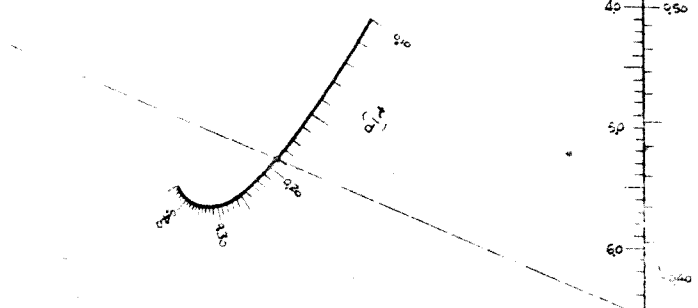
# 高解 40



$$\frac{M}{\omega^2} = \frac{1}{2} \left[ \left(1 + \frac{1}{\omega^2} + \frac{1}{3} \left(\frac{t}{a}\right)^2\right) - \frac{1}{2} \left(\frac{t}{a}\right) \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{3} \frac{t}{a}\right) \right]$$

$$d = C_4 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$f_s = 1200 \text{ km/cm}^2$$



## 圖解 47

亦係於 T 形斷面桁中，由已知之  $b$ ,  $t$ ,  $M$  而求  $d$  之圖解。試以圖解 44 之例題，改用本圖解解之於次：

$$\text{設：} \quad \frac{M}{b} = 100,000 \text{ kg}, \quad t = 25 \text{ cm},$$

$$\text{則，} \quad \frac{M}{bt^2} = \frac{100,000}{25^2} = 160 \text{ kg/cm}^2.$$

於圖解左側取此  $\frac{M}{bt^2}$  值，使與右側之  $f_c = 45$  相連結，則於中間之斜衡度尺上可得  $\varphi = 0.19$ ，於是：

$$d = \frac{t}{\varphi} = \frac{25}{0.19} = 132 \text{ cm}.$$

與前題(圖解 44)所求得之結果極為相近。

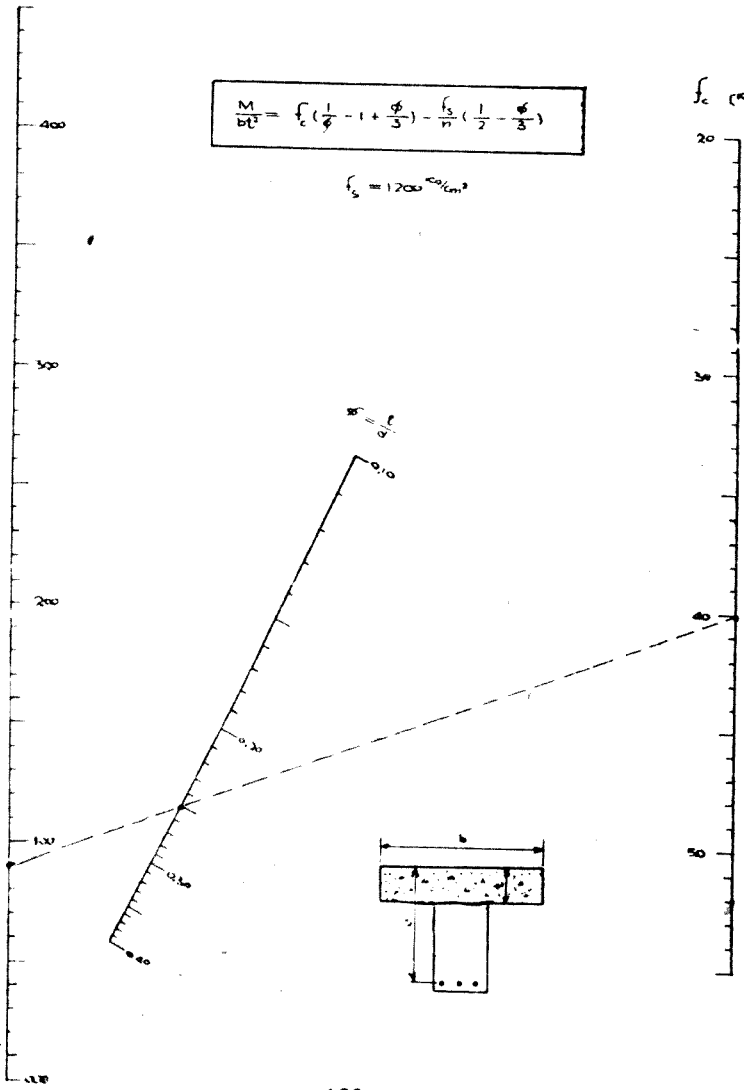
# 圖解47

$M_{kz}^2$  (Kg/cm)

$$\frac{M}{bt^3} = f_c \left( \frac{1}{3} - 1 + \frac{\phi}{3} \right) - \frac{f_s}{n} \left( \frac{1}{2} - \frac{\phi}{3} \right)$$

$f_s = 1200 \text{ kg/cm}^2$

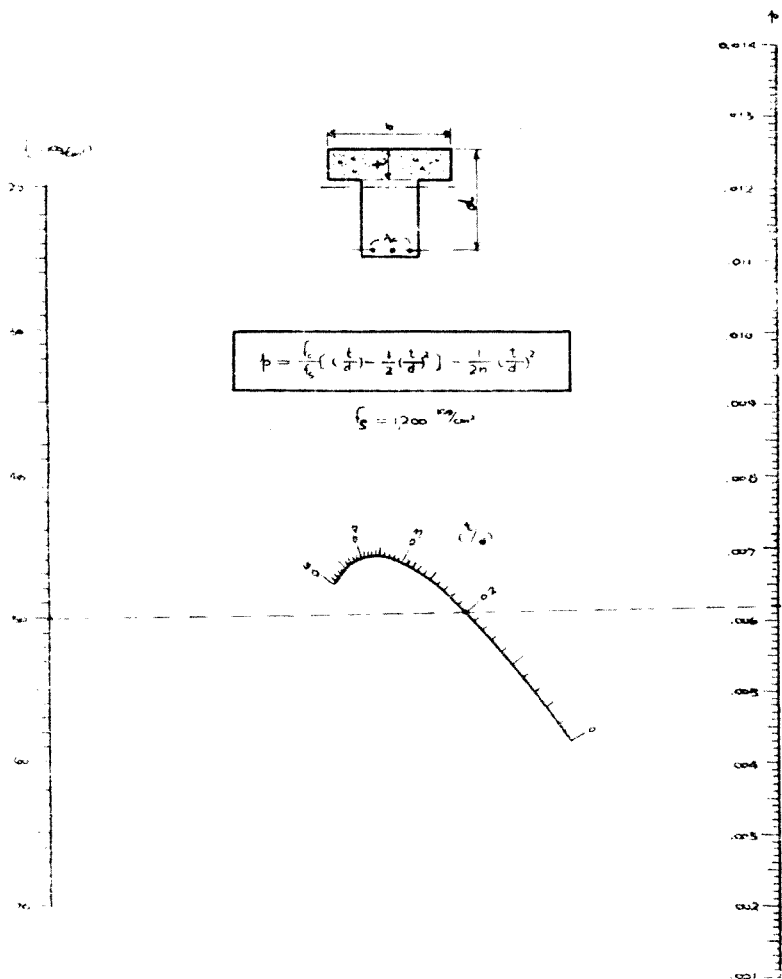
$f_c$  (Kg/cm<sup>2</sup>)



## 圖解 48

在 T 形斷面桁中，若此斷面係由已知  $f_c$  及  $f_s$  所決定者，則可利用本圖解以求其適當之鋼筋比  $p$ 。

圖解 48



## 圖解 49

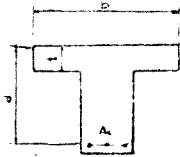
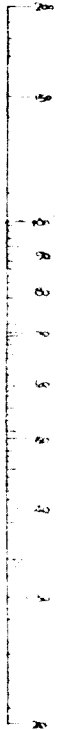
此係求 T 形斷面內所需鋼筋量  $A_s$  之近似方法也。

於左側取  $(d - \frac{t}{2})$  值 (或  $[d - \frac{t}{3}]$  值亦可, 因  $t$  值恆較  $d$  值為小, 吾人任取何值, 均無顯著變動, 惟普通公式恆採  $[d - \frac{t}{2}]$  值), 於中部取彎曲力矩  $M$  (惟須注意其單位為 m.-t.), 連此二點, 則於右側即可得鋼筋量  $A_s$ 。



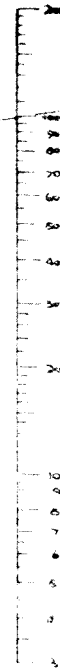
圖解 49

$d_1 = d_2 = d_3$  (cm)



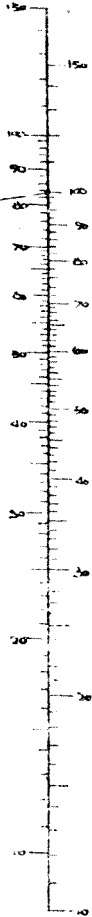
$$A_c = \frac{M}{\lambda \left( \frac{d}{3} \right)} + \frac{M}{\lambda \left( \frac{d}{3} \right)}$$

M (cm<sup>2</sup>)



$A_c$  (cm<sup>2</sup>)

$f_1 = 1200 \text{ cm}^2, f_2 = 1000 \text{ cm}^2$



## 圖解 50

此係求對側鋼筋 T 形斷面桁之中立軸比  $k$  之圖解也。以例示之：

已知：  $b = 120 \text{ cm}$ ,  $d = 115 \text{ cm}$ ,  $d' = 5 \text{ cm}$ ,  $t = 25 \text{ cm}$ ,

$A_s = 80 \text{ cm}^2$ ,  $A_s' = 90 \text{ cm}^2$ ,  $M = 100,000 \text{ m}\cdot\text{kg}$ ,

試求  $f_c$  及  $f_s$ 。

$$p = \frac{A_s}{bd} = 0.0058 \quad (\text{圖解 1}),$$

$$p' = \frac{A_s'}{bd} = 0.0044 \quad (\text{圖解 1}),$$

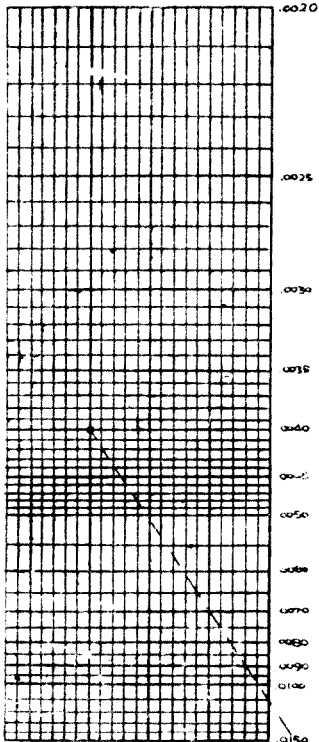
$$\frac{t}{d} = \frac{25}{115} = 0.218,$$

$$\frac{d'}{d} = \frac{5}{115} = 0.044,$$

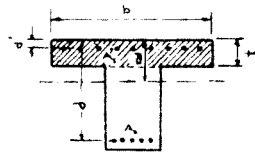
於左上線網中，求  $p' = 0.0044$  與  $\frac{d'}{d} = 0.044$  之交點；次於右下線網中，求  $p = 0.0058$  與  $\frac{t}{d} = 0.218$  之交點。將此兩交點相連結，使與水平尺  $k$  相交，則得  $k = 0.307$ 。

至於  $j$  值，則由次圖解求之。

圖解 50



$(\beta')$

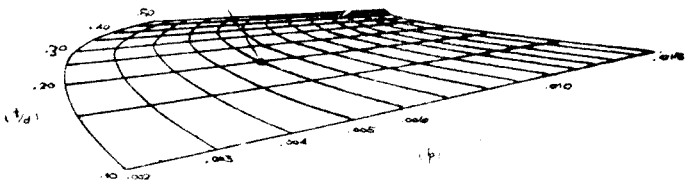
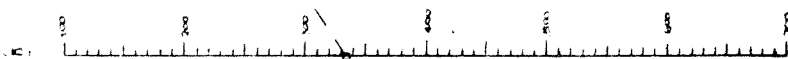


$$\beta' = \frac{A'}{bd}$$

$$\beta = \frac{A_s}{bd}$$

$$k_c = \frac{n\beta + \frac{1}{2}\left(\frac{\beta}{\beta'}\right)^2 + n\beta'\left(\frac{\beta'}{\beta}\right)}{n\beta + \left(\frac{\beta}{\beta'}\right) + n\beta'}$$

$n = 15$



## 圖解 51

本圖解係求對側鋼筋 T 形斷面中之  $j$  值者。茲仍用前圖解之例：

已知：  $M = 100,000 \text{ m-kg}$ ，  $p = 0.0058$ ，  $p' = 0.0044$ ，  $\frac{t}{d} = 0.218$ ，

$\frac{d'}{d} = 0.044$ ，  $A_s = 80 \text{ cm}^2$ ，  $k = 0.307$ ，  $d = 115 \text{ cm}$ ，

試用本圖解以求  $j$  值。

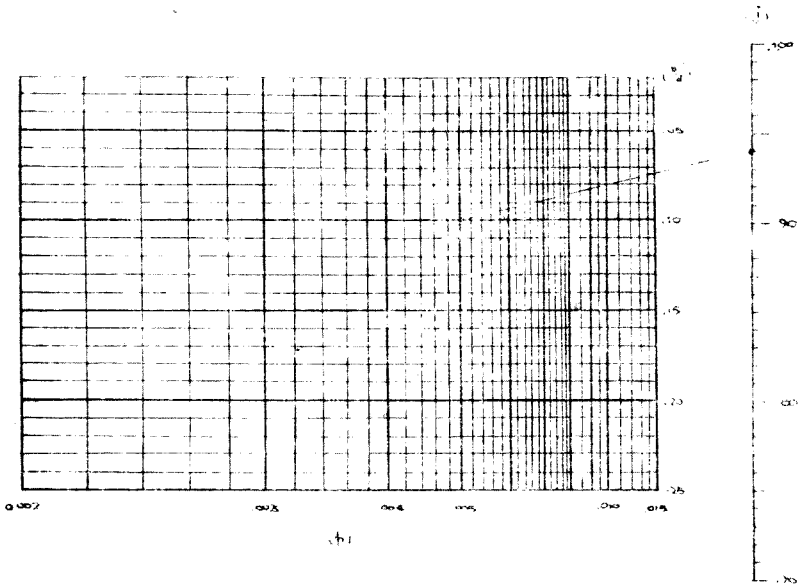
於左下線網中，求出  $k = 0.307$  與  $\frac{t}{d} = 0.218$  兩線之交點，將此交點與右側之  $\frac{d'}{d} = 0.044$  點，相連成線。次於上部線網中，自  $\frac{d'}{d} = 0.044$  與  $p = 0.0058$  之交點，作前連結線之平行線，此平行線與右側  $j$  尺之相交點，即得其讀數為  $j = 0.924$ 。

由是可算出  $f_s$  值為：

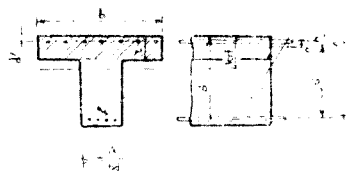
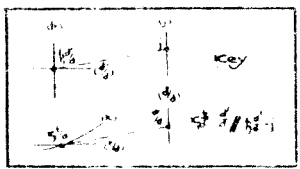
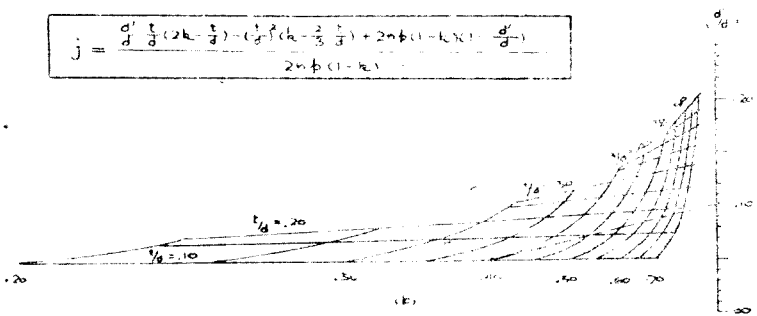
$$f_s = \frac{M}{A_s j d} = \frac{100,000 \times 100}{80 \times 0.924 \times 115} = 1,180 \text{ kg/cm}^2.$$

至於  $f_c$  值則可由圖解 6 求得為  $35 \text{ kg/cm}^2$ 。（已知條件為  $f_s = 1,180$  及  $k = 0.307$ ）。

圖解 51



$$j = \frac{d' \frac{1}{d} (2k - \frac{1}{3}) - (d')^2 (k - \frac{2}{3} \frac{1}{d}) + 2np(1 - k)(1 - \frac{d'}{d})}{2np(1 - k)}$$



## 圖解 52

僅受彎曲力矩之八角形斷面及圓形斷面之桁，其應力可用本圖解以求得之。

於圓形斷面之桁內，如  $M = 1,600 \text{ m} \cdot \text{kg}$ ， $r = 20 \text{ cm}$ ， $r' = 15 \text{ cm}$ ， $A_s = 12.56 \text{ cm}^2$ ，試求  $f_c$  及  $f_s$ ：

$$p = \frac{A_s}{\pi r^2} = \frac{12.56}{3.14 \times 20^2} = 0.010,$$

$$\frac{r'}{r} = \frac{15}{20} = 0.75,$$

$$\frac{M}{r^3} = \frac{1,600 \times 100}{20^3} = 20 \text{ kg/cm}^2.$$

先於左側取  $\frac{r'}{r} = 0.75$ ，次於中部斜曲線內於圓形斷面欄取  $p = 0.010$  而使之相連，遂於右側得  $C_1 = 0.465$ ，於是：

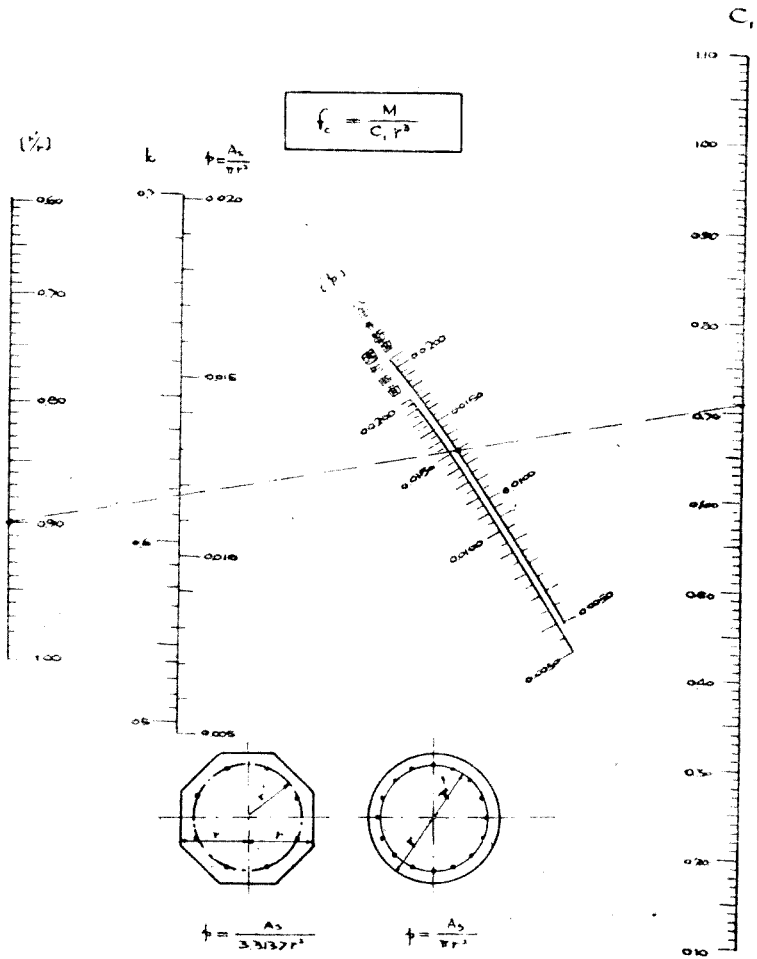
$$f_c = \frac{M}{C_1 r^3} = \frac{20}{0.465} = 43.0 \text{ kg/cm}^2.$$

最後，於中央同時表示  $k$  與  $p$  間關係之衡度尺內，在  $p = 0.010$  之左側讀得  $k = 0.594$ ，於是  $f_s$  之值即可用圖解 85 求得為：

$$f_s = 1260 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{已知條件爲 } \frac{r'}{r} = 0.75, k = 0.594, f_c = 43).$$

計算八角形斷面時，亦照上述之同樣手續進行。惟此圖解之  $k$  值係專供圓形斷面應用而作者，如欲用之於八角形斷面之桁，自屬近似之數值，但於實際應用，尚無顯著誤差。

圖解 52



## 圖解 53

本圖解係供計算中空圓筒斷面內應力之用。茲舉例示其用法如下：

設已知  $M = 12,800 \text{ m-kg}$ ,  $r_o = 40 \text{ cm}$ ,  $t = 10 \text{ cm}$ ,  $A_s = 42.7 \text{ cm}^2$ .

試求  $f_c$  及  $f_s$ .

$$p = \frac{A_s}{2\pi r_o t} = \frac{42.7}{2 \times 3.14 \times 40 \times 10} = 0.017,$$

$$\frac{M}{tr_o^2} = \frac{12,800 \times 100}{10 \times 40^2} = 80 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\frac{t}{r_o} = \frac{10}{40} = 0.25.$$

於圖解左側取  $\frac{t}{r_o}$ , 中部取  $p$ , 而使之相連, 則可同時求得:

$$C_s = 15.0, \quad C_c = 0.447.$$

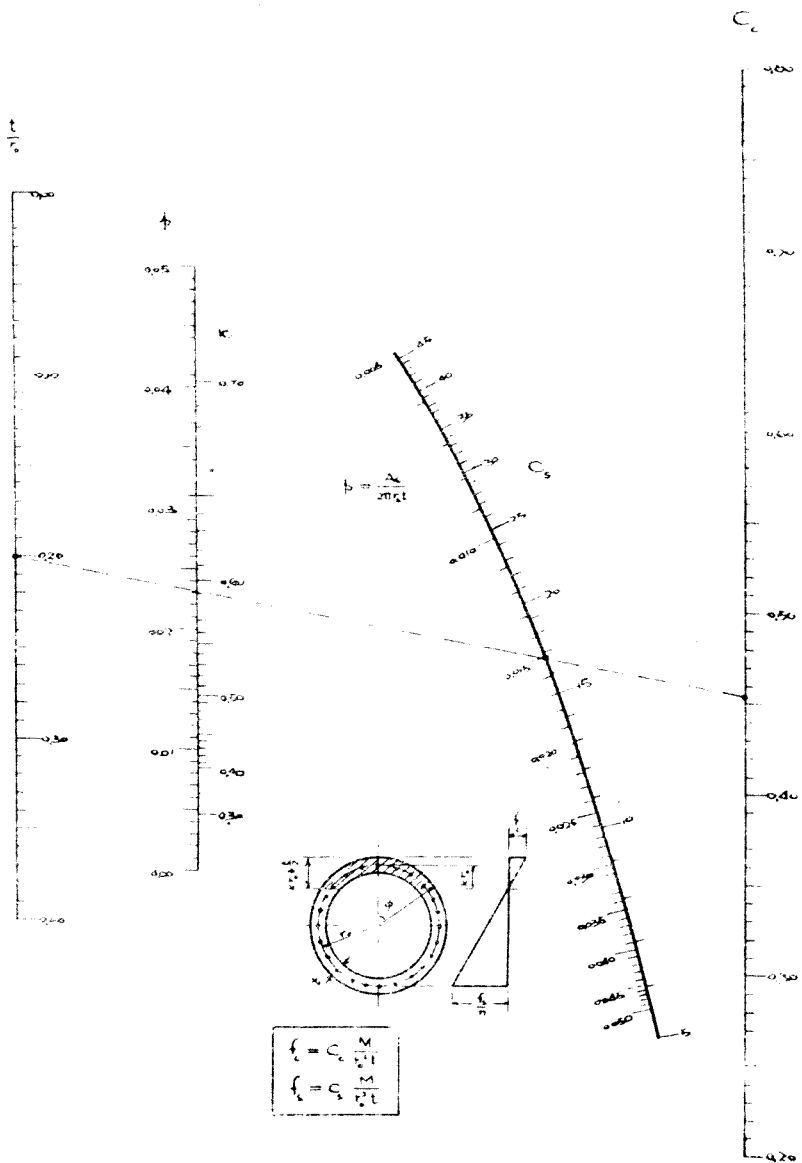
於是:  $f_c = C_c \left( \frac{M}{tr_o^2} \right) = 0.447 \times 80 = 35.8 \text{ kg/cm}^2,$

$$f_s = C_s \left( \frac{M}{tr_o^2} \right) = 15 \times 80 = 1200 \text{ kg/cm}^2.$$

又, 中立軸比  $k$  之值, 可由該尺左右之簡單關係求之, 本題由  $p = 0.017$  而得  $k = 0.530$ . 惟須注意, 此  $k$  值僅可限用於中空圓筒斷面之計算.



圖 53



## 圖解 54

此係計算脊梁斷面內之有效高  $d$  及鋼筋數量  $A_s$  之圖解也。  $\psi$  爲其頂角。本圖解係根據  $\psi = 90^\circ$  製成。

例：已知  $\psi = 90^\circ$ ，  $f_s = 1,200 \text{ kg/cm}^2$ ，  $f_c = 40 \text{ kg/cm}^2$ ，  $M = 200 \text{ m-kg}$ ，試求  $A_s$  及  $d$ 。

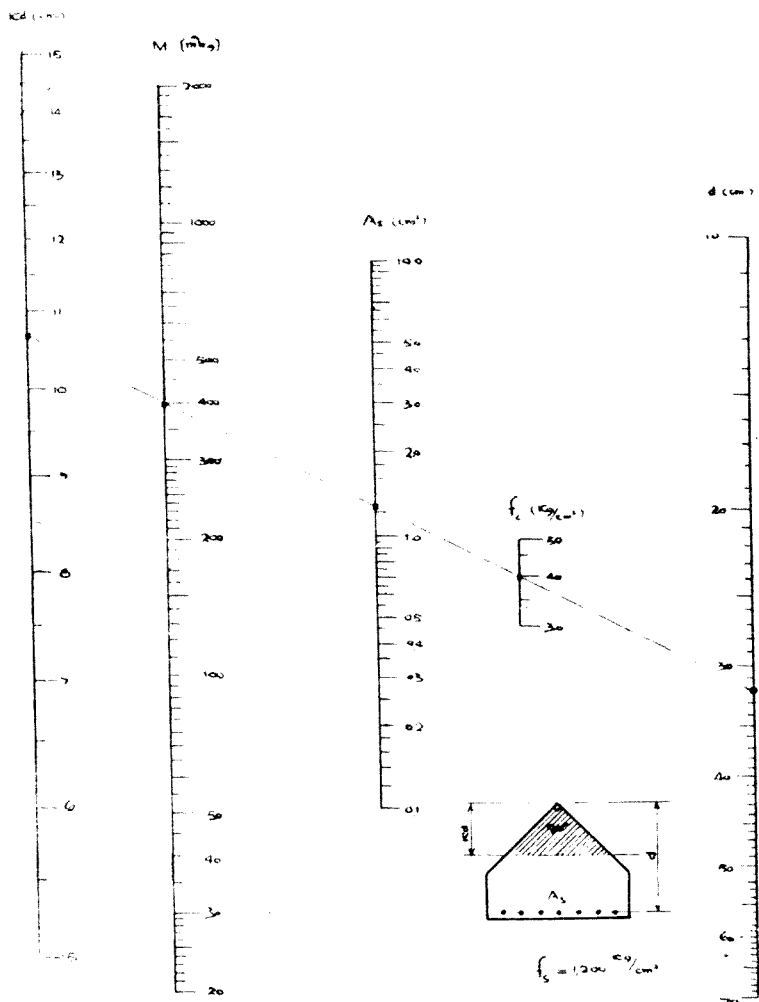
先於  $M$  尺上取  $M = 200$ ，以之與  $f_c = 40$  相連，則於同一直線上，同時讀得：

$$d = 25.4 \text{ cm}, \quad A_s = 0.80 \text{ cm}^2, \quad kd = 8.5 \text{ cm}.$$

惟有一點，必須注意者，即在決定斷面之尺寸時， $kd$  之值以不降至三角形斜邊之下，始可合用。

至於此種斷面內之應力，可由下述圖解 55 以求解答。

解 54



## 圖解 55

試反用前例以求應力如下：

已知：  $\psi = 90^\circ$ ，  $M = 200 \text{ m-kg}$ ，  $A_s = 0.80 \text{ cm}^2$ ，  $d = 25.4 \text{ cm}$ ，

試求  $f_c$  及  $f_s$ 。

先計算  $p$  值：  $p = \frac{A_s}{d^2} = \frac{0.8}{25.4^2} = 0.00123$ 。

因頂角為直角，故於中央  $\psi$  尺上取  $90^\circ$ ，以之與左側  $p$  相連，則同時可讀出：

$$k = 0.333, \quad \beta = 30.0$$

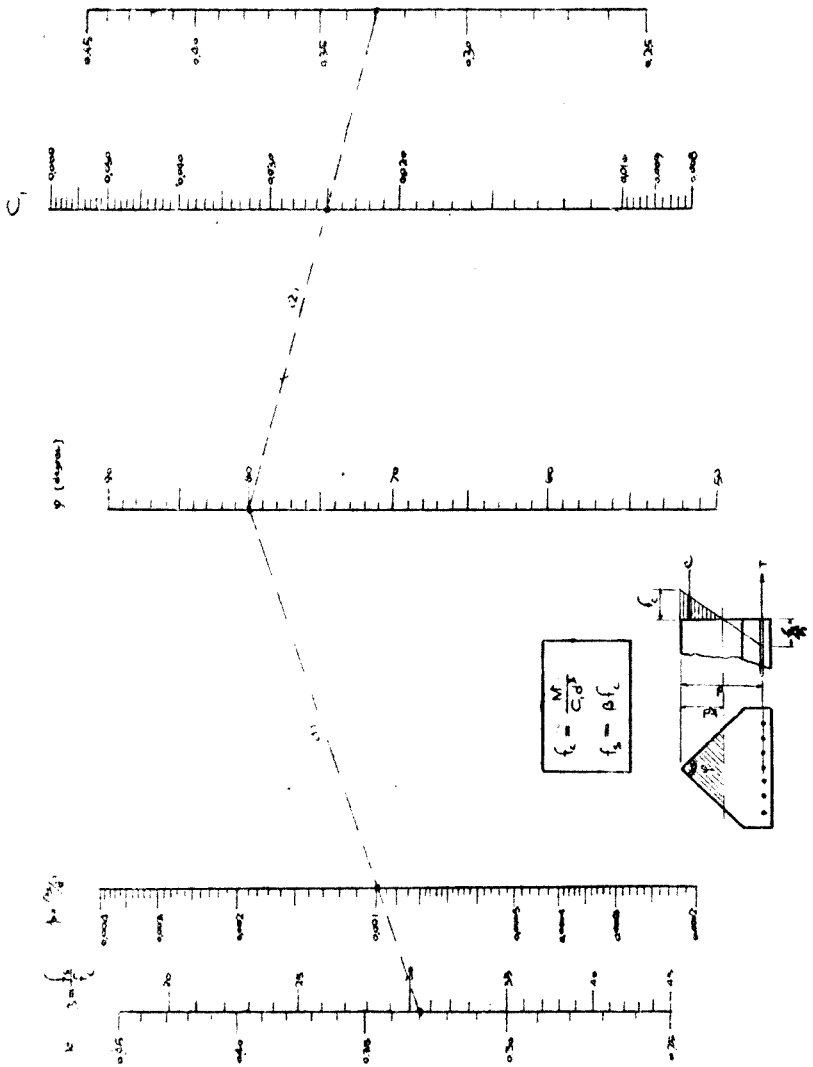
次以求得之  $k$  值，於右側之  $k$  尺上定出此點，再以之與  $\psi$  相連結，則於連線與  $C_1$  尺之交點，讀得：

$$C_1 = 0.0305.$$

於是：  $f_c = \frac{M}{C_1 d^3} = \frac{200 \times 100}{0.0305 \times 25.4^3} = 40 \text{ kg/cm}^2$ ，

$$f_s = \beta f_c = 30 \times 40 = 1,200 \text{ kg/cm}^2.$$

# 圖解 55



## 圖解 56

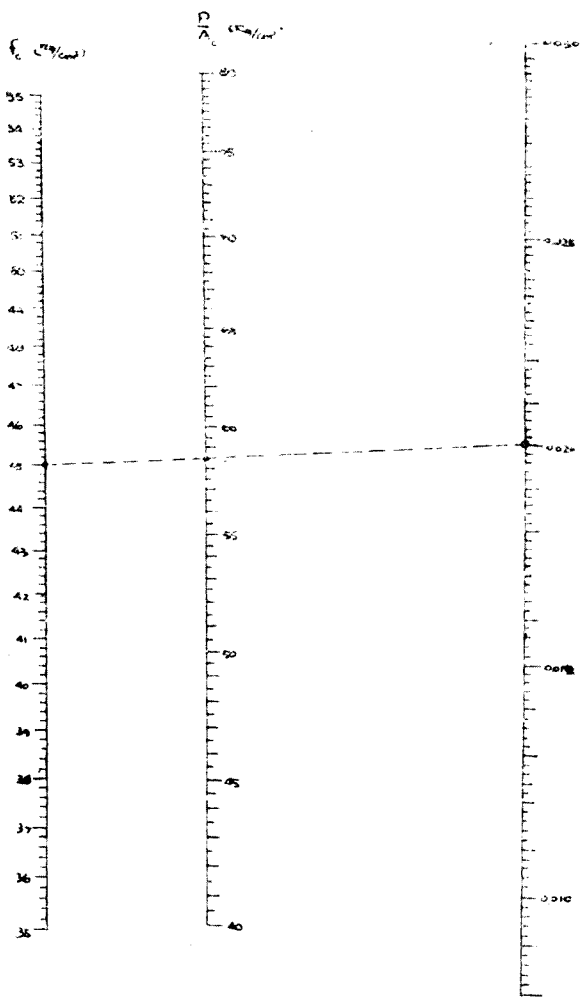
圖解 56~58 均係供單受軸壓力之斷面(柱)計算安全軸荷重  $P$  之用。

圖解 56 係計算橫插鋼筋柱之安全軸荷重者。

使用法：連結兩側柱尺上之已知  $p$  及  $f_c$  兩值，即可於中央柱尺上讀出  $\frac{P}{A_c}$  之值，因  $A_c$  亦為已知者，故  $P$  值即可以計算矣。

解 56

$$P = f_c (1 + \eta p) A_c$$



## 圖解 57

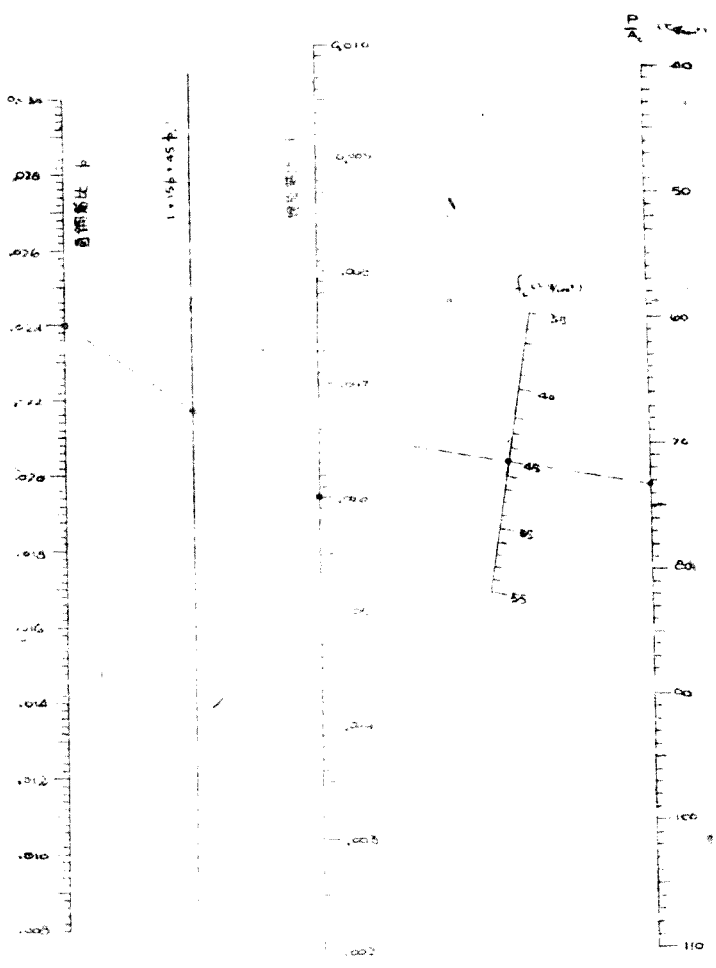
此為計算螺旋筋柱之安全軸荷重之圖解，係根據(4)式(德國規定之公式)而製成。

先連結左側之  $p$  與中央之  $p_1$ ，使與參考線相交，再以此交點與  $f_c$  柱尺上之已知值相連，則於右側即可得  $\frac{P}{A_c}$  之值。



# 圖解 57

F (11.07.30.9.3.A)



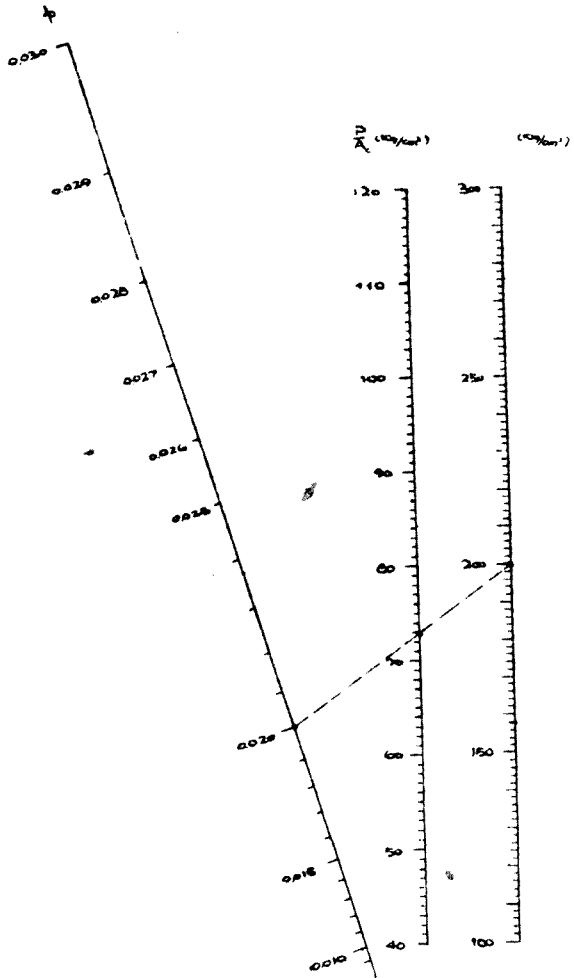
## 圖解 58

此亦為計算螺旋筋柱之安全軸荷重者，惟係根據(5)式(美國規定，化成公制)而製成。(式中  $f'_c$  為混凝土於製成 28 日後之最高抗壓強度。)

連結兩側之  $p$  及  $f'_c$ ，即可於中央柱尺上讀出  $\frac{P}{A_c}$  值。

# 圖解 58

$$P = (2i + (a_1 + 4p) \xi) (1 - p + mp) A_c$$

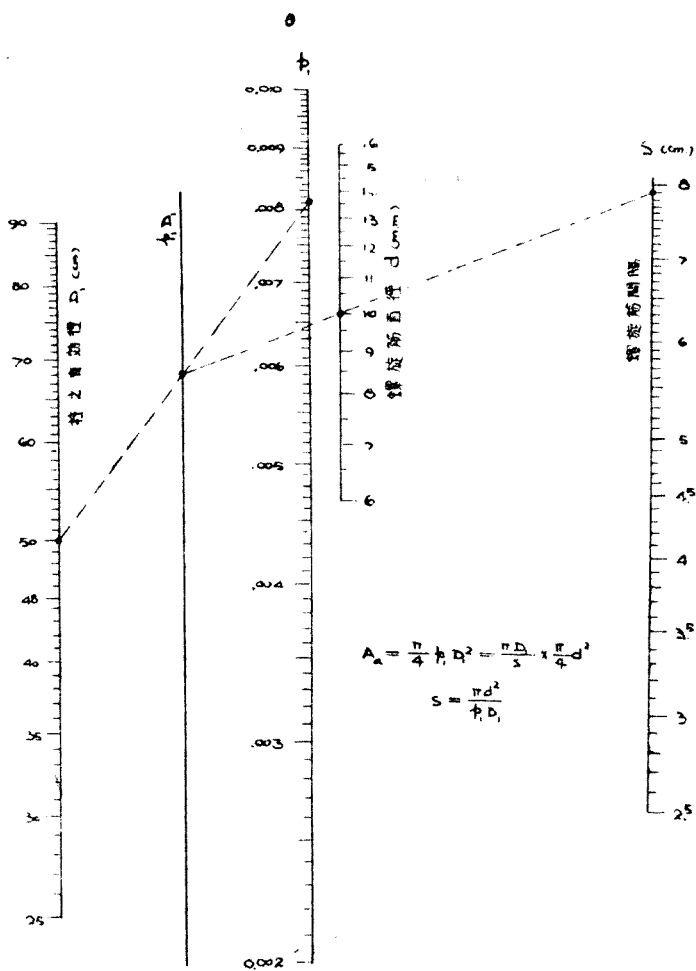


## 圖解 59

此為計算圓形螺旋鋼筋間隔  $s$  之圖解。

先連結  $D_1$  及  $p_1$ ，使與參考線相交，以此交點再與  $d$  相連，則於右側即可得  $s$  值。

# 圖解 59

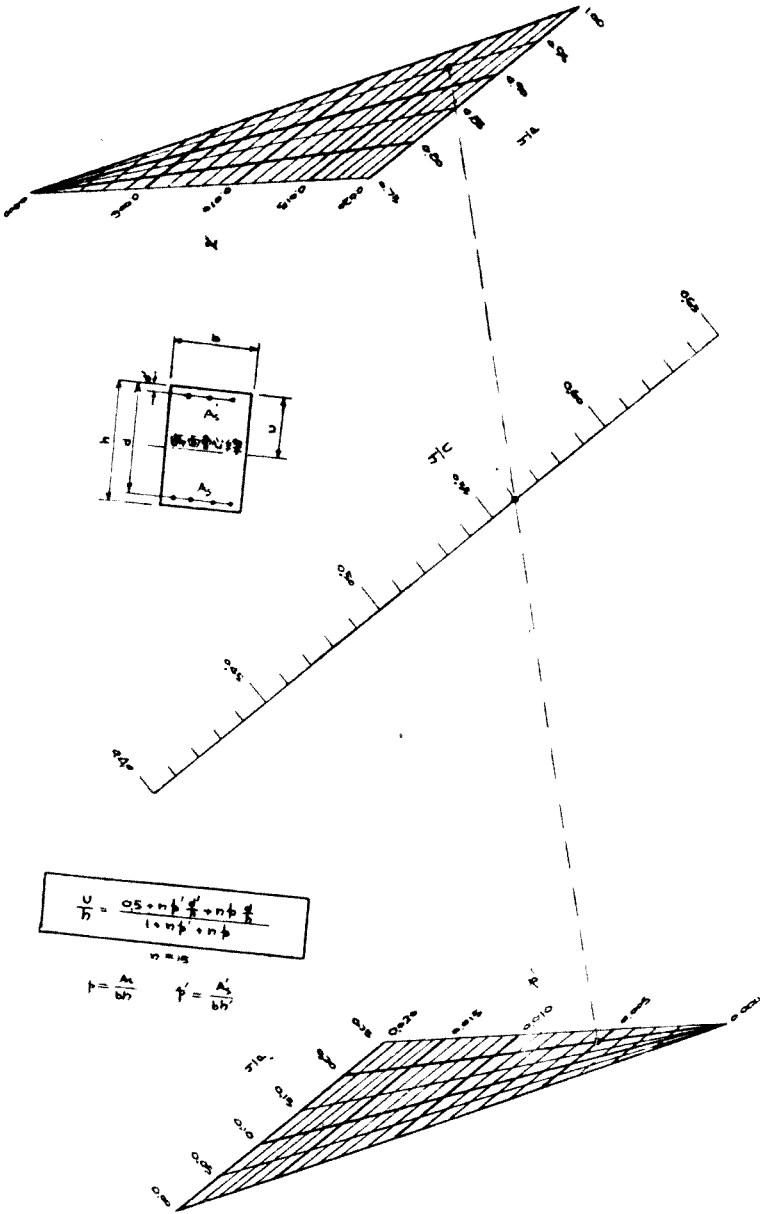


## 圖解 60

圖解 60 ~ 77 係供同時承受軸壓力及彎曲力矩之對側鋼筋矩形斷面柱計算之用。

圖解 60 供求斷面重心線之位置之用。先求  $\rho$  與  $\frac{d}{h}$  之交點，次定  $\rho'$  與  $\frac{d'}{h}$  之交點，將此兩點相連，則於其與中央斜尺之交點處，可直接讀出  $\frac{\mu}{h}$  值。

圖解 60



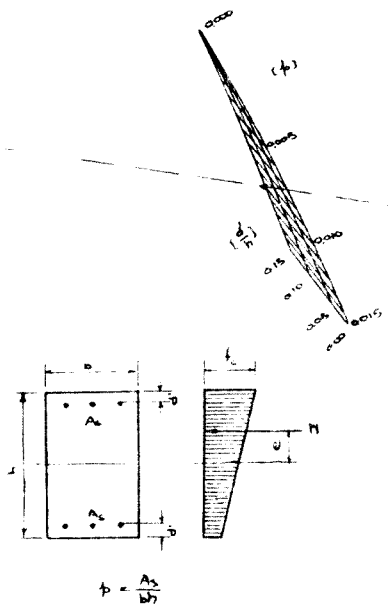
## 圖解 61

此係求  $f_c = \frac{N}{bh}$   $C$  式中  $C$  值之圖解也。如已知  $C$  值，亦可用以反求  $p$ 。





$$C = \frac{1}{(1 + 2np)} + \frac{e}{h} \frac{1}{\frac{1}{6} + 4np(\frac{1}{2} - \frac{d^2}{h^2})}$$



## 圖解 62~63

此兩圖解均用以求對稱鋼筋之中立軸者。以例示之：

已知： $N=15.5 \text{ t}$ ， $e=48.3 \text{ cm}$ ， $A_s=A_s'=20 \text{ cm}^2$ ，

$b=40 \text{ cm}$ ， $h=50 \text{ cm}$ ， $d'=5 \text{ cm}$ ，

試求  $f_c$ ， $f_s$ 。

欲求  $f_c$  及  $f_s$  之值，必先求出  $k$  值，故須先用圖解 62 或 63 以求  $k$ ；然後再用圖解 64 及 65 以求  $f_c$ ，圖解 66 以求  $f_s$ 。

$$\frac{d'}{h} = \frac{5}{50} = 0.10,$$

$$\frac{e}{h} = \frac{48.3}{50} = 0.966(70.5),$$

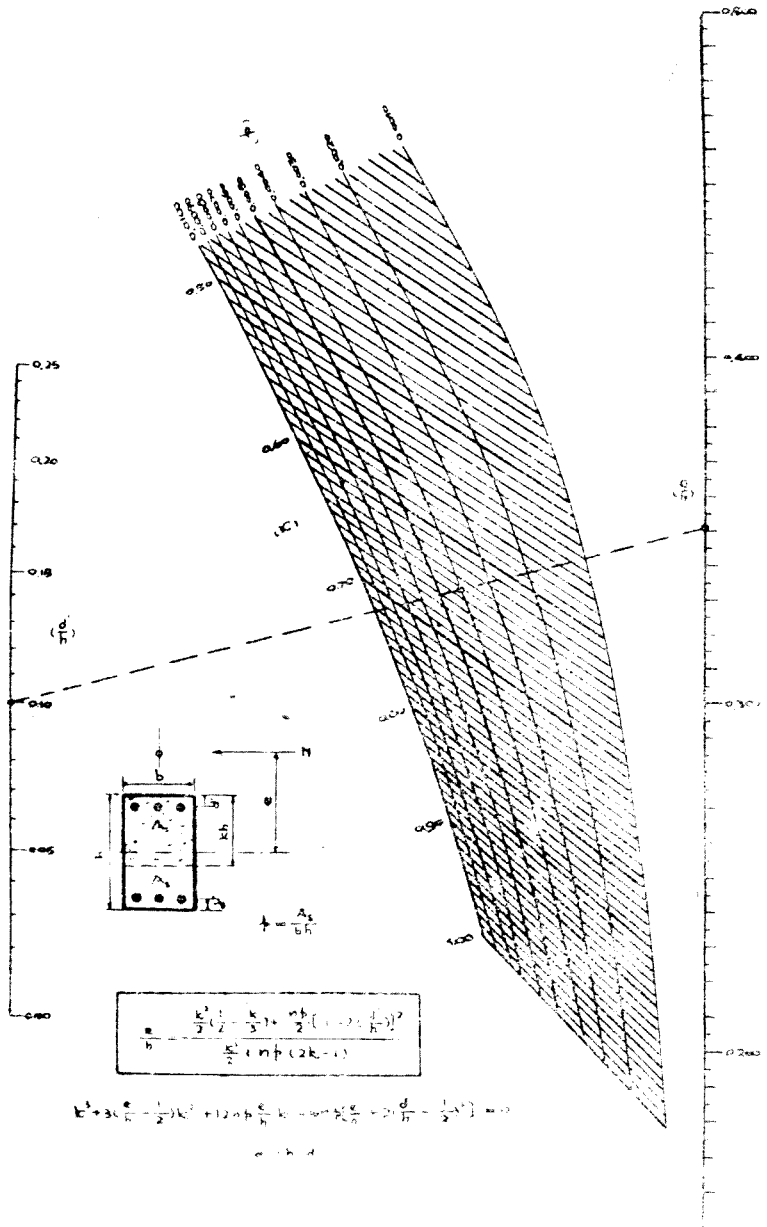
$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{20}{40 \times 50} = 0.010,$$

此題因  $\frac{e}{h}$  值大於 0.5，故須使用圖解 63 以求  $k$ ；若  $\frac{e}{h}$  值小於 0.5，則須使用圖解 62 以求  $k$ 。

本題於圖解 63 之垂直尺上取  $\frac{d'}{h} = 0.10$ ，復於水平尺內取  $\frac{e}{h} = 0.966$ ，使之相連；則其延長線與線網中  $p = 0.010$  線之交點，讀出  $k$  值為：

$$k = 0.450$$

圖解 62







## 圖解 64

將前例續解之如下：

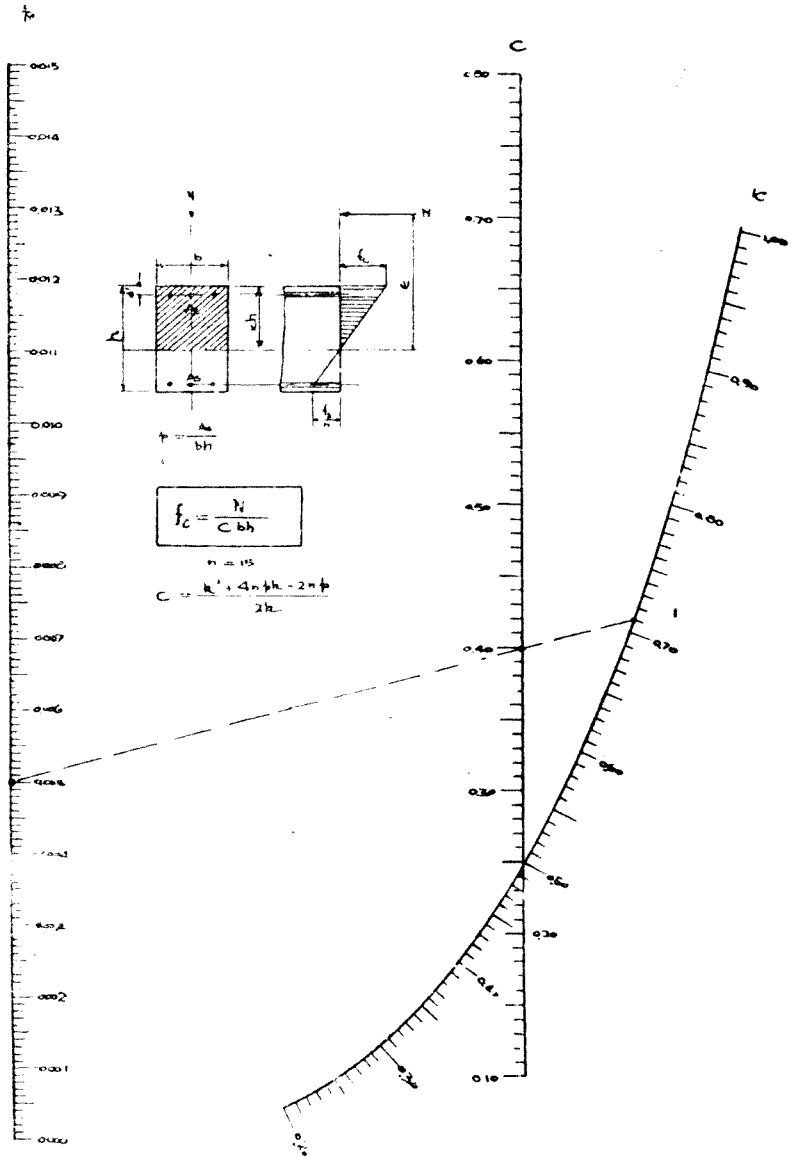
於圖解之曲線上取  $k=0.450$ ，復於左側取  $p=0.010$ ，使之相連，則可得：

$$C=0.192$$

由是，得：

$$f_c = \frac{N}{Cbh} = \frac{15,500}{0.192 \times 40 \times 50} = 40.4 \text{ kg/cm}^2.$$

圖解 64



## 圖解 65

由此圖解亦可求出  $f_c$  值。於線網中求  $k=0.45$  與  $\frac{d'}{h}=0.10$  之交點，使之與左側之  $p=0.010$  相連，則於右側可得： $L=0.1855$ 。

於是得：
$$f_c = \frac{N_c}{Lbh^2} = \frac{15,500 \times 48.3}{0.1855 \times 40 \times 50^2} = 40.4 \text{ kg/cm}^2$$

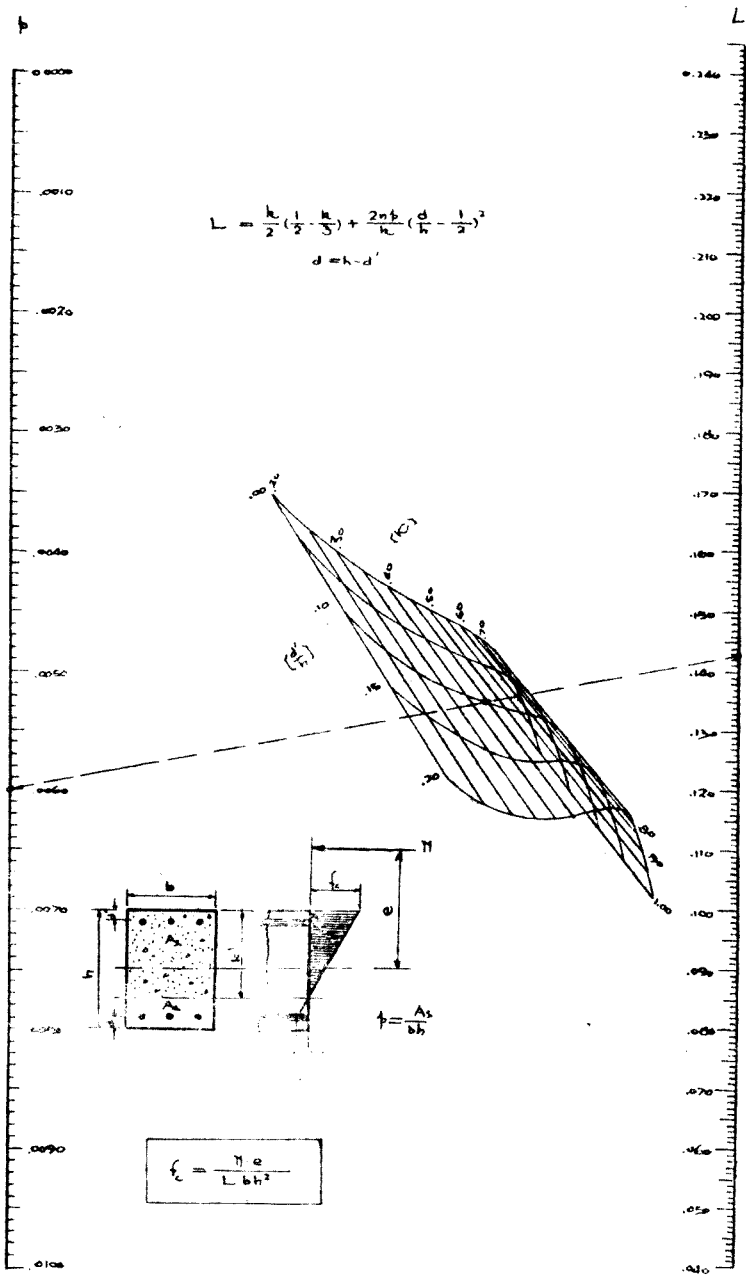
與圖解 64 所得之結果相同。

此例中，所以取  $f_c$  值之小數者，用以比較兩法之精密度而已；實際上小數點以下之小數，可用四捨五入法，取其整數值，已甚適用。

$f_c$  值可由下述之圖解 66 求之。



# 圖解 65



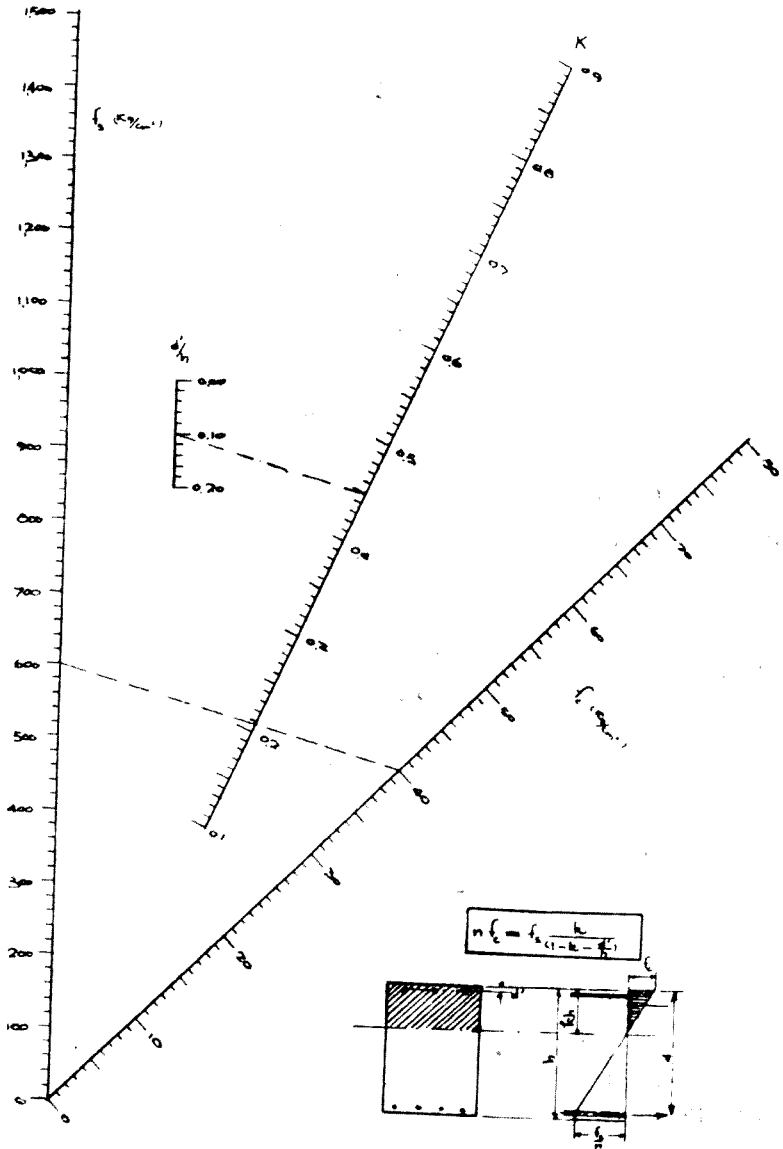
## 圖解 66

比係求  $f_s$  值之圖解。將上例續解如下：

將  $\frac{d'}{h} = 0.010$  與  $k = 0.45$  相連成線，自  $f_c' = 40.4$  引其平行線，而於右側得  $f_s' = 606 \text{ kg/cm}^2$ 。

以上所述諸圖解均係應力計算之常用方法，惟須將諸圖解連續使用，頗感麻繁；茲另用各種簡便方法，製成第 74 至第 77 諸圖解以代替之。

圖解 66



## 圖解 67

當上下兩側鋼筋量相異時，其應力之計算至為繁複；但吾人如採取圖解上之試解法，則幾不需若何勞力。本圖解即屬此種試解法之一類，其使用非常便利簡捷。

使用本圖解時，須預先計算  $e, e', p, p', \frac{e'}{e}$ ，及  $\frac{N_V}{bh^2}$  諸數值；然後於圖解之中部取  $p$  值，使之與  $\beta$  之任意值（以假定  $\beta = 20$  左右之值為宜）相連結，於左側  $\frac{N_V}{f_c bh^2}$  尺求交點，使此點與斜線上之  $\frac{e'}{e}$  值相連，再歸於  $p$  之柱尺，惟無須讀出其值，僅使此點與右側之  $p'$  相連，則於中部曲線上得  $\beta$  值。此所得之  $\beta$  值，如與當初所假定之  $\beta$  值相一致時，則為此問題之解答。如兩次之  $\beta$  值相差頗大時，則以所得之  $\beta$  值，再由圖解之左側  $\beta$  尺內取出，仍照前述步驟，重複進行一遍，直至前後之  $\beta$  值兩相一致時為止。此時之  $\frac{N_V}{f_c bh^2}$  值即可正確求得。而  $f_c$  及  $f_s$  即可由下列二式求出：

$$f_c = \frac{N_V}{bh^2} \div \frac{N_V}{f_c bh^2}$$

$$f_s = \beta f_c$$

茲採用圖解 68 之例題，應用本圖解之解法，反求其應力如下：

已知： $N = 15 \text{ t}$ ， $h = 60 \text{ cm}$ ， $b = 40 \text{ cm}$ ， $\frac{d'}{h} = 0.08$ ， $e = 115 \text{ cm}$ ，  
 $e' = 65 \text{ cm}$ ， $p = p' = 0.01$ ，

試求  $f_c$  及  $f_s$ 。

此例題係對稱鋼筋，固不宜用本圖解求解，但如用之，亦極簡便，故特採此示例：

$$\frac{e'}{e} = 0.565, \quad \frac{N_V}{bh^2} = 12.0 \text{ kg/cm}^2,$$

最初假定  $\beta = 40$ ，循上述手續，每次得值如下：

$$\beta = 40 \text{ (假定)}, \quad \frac{N_V}{f_c bh^2} = 0.190, \quad \beta = 15.0;$$

$$\beta = 15.0, \quad \text{''} = 0.280, \quad \beta = 20.0;$$

$$\beta = 20.0, \quad \text{''} = 0.255, \quad \beta = 18.8;$$

$$\beta = 18.8, \quad \text{''} = 0.260, \quad \beta = 18.8.$$

即：如先假設  $\beta$  值為 40，經過 4 次往返試算後，兩邊之  $\beta$  讀數，趨於一致；如起初係假設  $\beta = 10$ ，則至多亦經 4 次試算後，仍得此相同之結果。由是：

$$f_c = 12.0 \div 0.260 = 46.2 \text{ kg/cm}^2, \quad f_s = 18.8 \times 46.2 = 870 \text{ kg/cm}^2.$$

總之：上項文字之敘述，表面上雖甚複雜，但實際使用時之手續，確極簡單，故本圖解極有價值。



## 圖解 68

在外力及斷面尺寸均為已知數時，如使上下側鋼筋量成某特定比例值，則所生之  $\frac{f_s}{f_c}$  值，可由本圖解求得之，茲舉例示其用法於下：

$$\text{設已知： } h = 60 \text{ cm, } b = 40 \text{ cm, } e = 115 \text{ cm, } e' = 56 \text{ cm,} \\ d' = 5 \text{ cm, } N = 15 \text{ t, } f_c = 46.3 \text{ kg/cm}^2.$$

當  $A_s = A_s'$  時，試求  $f_s$  與  $f_c$  之比值。

$$\frac{d'}{h} = \frac{5}{60} = 0.08$$

$$\frac{Ne}{f_c b h^2} = \frac{15,000 \times 15}{46.3 \times 40 \times 60^2} = 0.259,$$

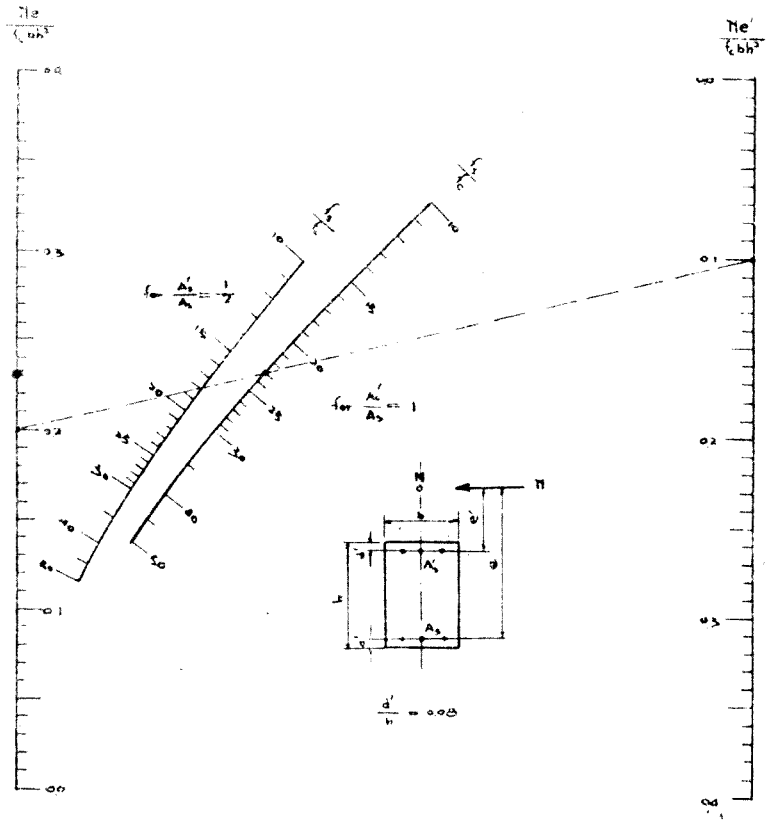
$$\frac{Ne'}{f_c b h^2} = 0.259 \times \frac{65}{115} = 0.146,$$

左側取 0.259，右側取 0.146，而使之相連，則於中部 “For  $\frac{A_s'}{A_s} = 1$ ” 之曲線上

得： $\frac{f_s}{f_c} = 18.8$ 。

最後，以所得之  $\frac{f_s}{f_c}$  值，由圖解 70 以求  $A_s = A_s'$  時之鋼筋量。

# 圖解 68



## 圖解 69

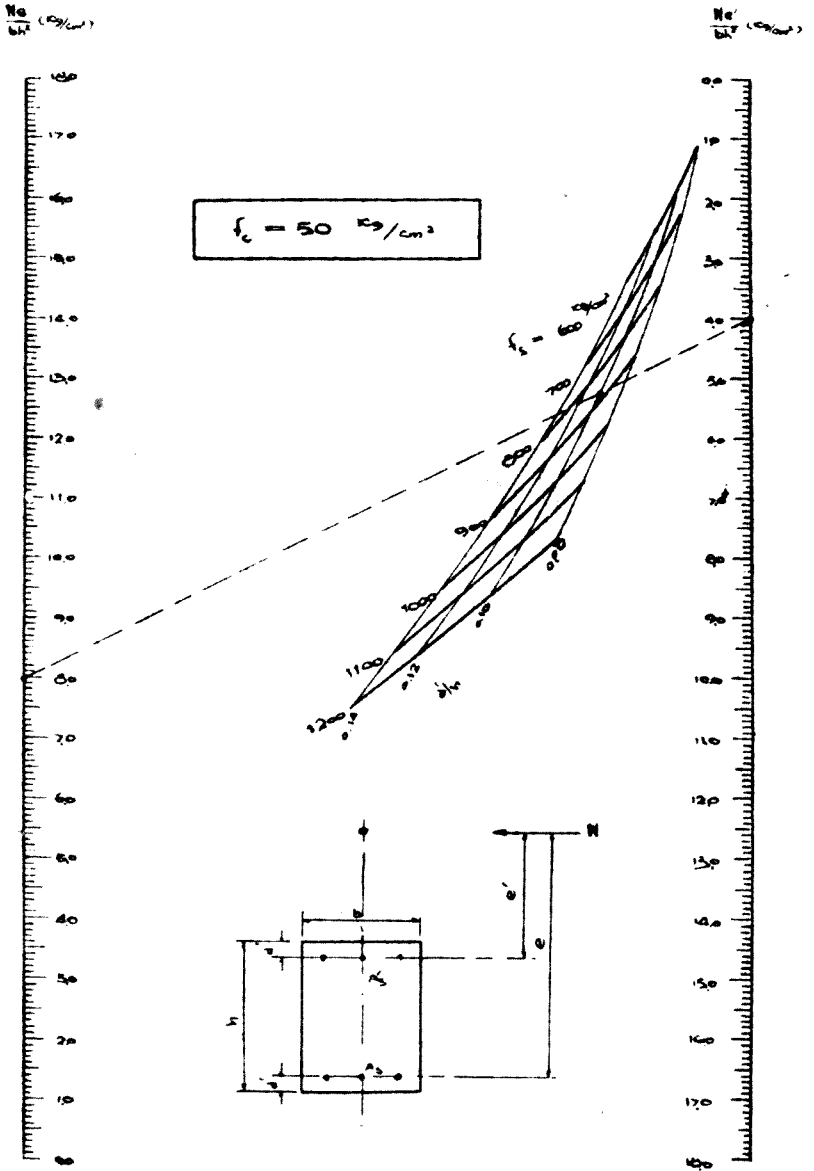
此係在  $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$  之情形下，供求最小鋼筋量時之  $f_s$  值之圖解也。  
如  $f_c$  為其他數值，亦可應用本圖解，惟比例換算稍有麻煩耳。

所謂最小鋼筋量者，不過理論而已，實際應用時恆採用  $\frac{A_s'}{A_s}$  為一簡單比例（ $1, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}$ ...等是），故所用鋼筋量恆較最小鋼筋量為大，因此本類圖解在理論上雖極端正確，而於實際應用上反不若圖解 68 及圖解 70 重要，故僅舉  $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$  之一種情形製成本圖解，當  $f_c$  為其他數值時之圖解，均予從略。

使用法係將左右兩側之柱尺上已知數值相連結，而於中部之線網中讀出  $f_s$  值。



解 69



## 圖解 70

茲將圖解 68 之例繼續解之如下：

自本圖解之左側取  $\frac{N}{f_c' b h^2} = 0.259$ ，復於左側線網中取  $\frac{f_c'}{f_y} = 18.8$  與  $\frac{d'}{d} = 0.08$  之交點，以此交點與前點相連，則於右側可得  $p' = 0.01$ 。

其次，於左側仍用同一柱尺取  $\frac{N}{f_c' b h^2} = 0.146$  點，並於細長線網中取  $\frac{f_c'}{f_y} = 18.8$  與  $\frac{d'}{d} = 0.08$  之交點，以此交點與前點相連，則於右側可得  $p = 0.01$ 。

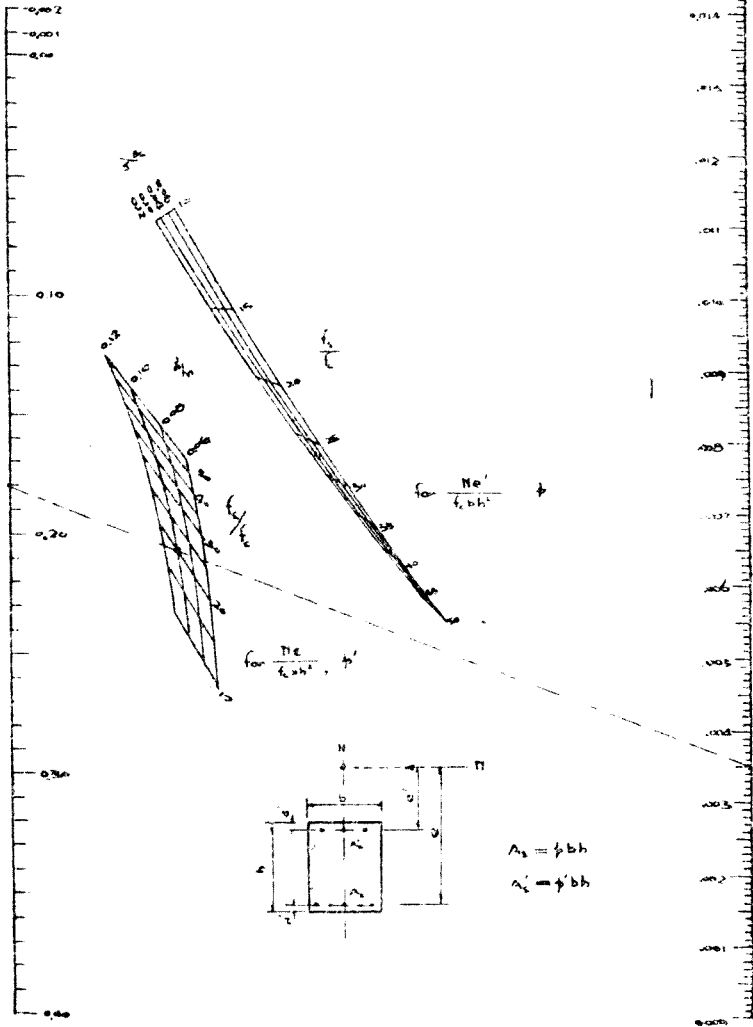
即： $p = p' = 0.01$  為計算所得之數值，而其鋼筋量則為：

$$A_s = A_s' = 0.01 \times 40 \times 60 = 24 \text{ cm}^2$$

此例題表示本圖解須與圖解 68 聯合使用始能求解；然亦未嘗不可單獨應用，僅其中  $A_s$  與  $A_s'$  間之關係不可予以規定耳。

圖解 70

$$\frac{N_e}{f_c b h^2} = \frac{N_e'}{f_c' b h^2}$$



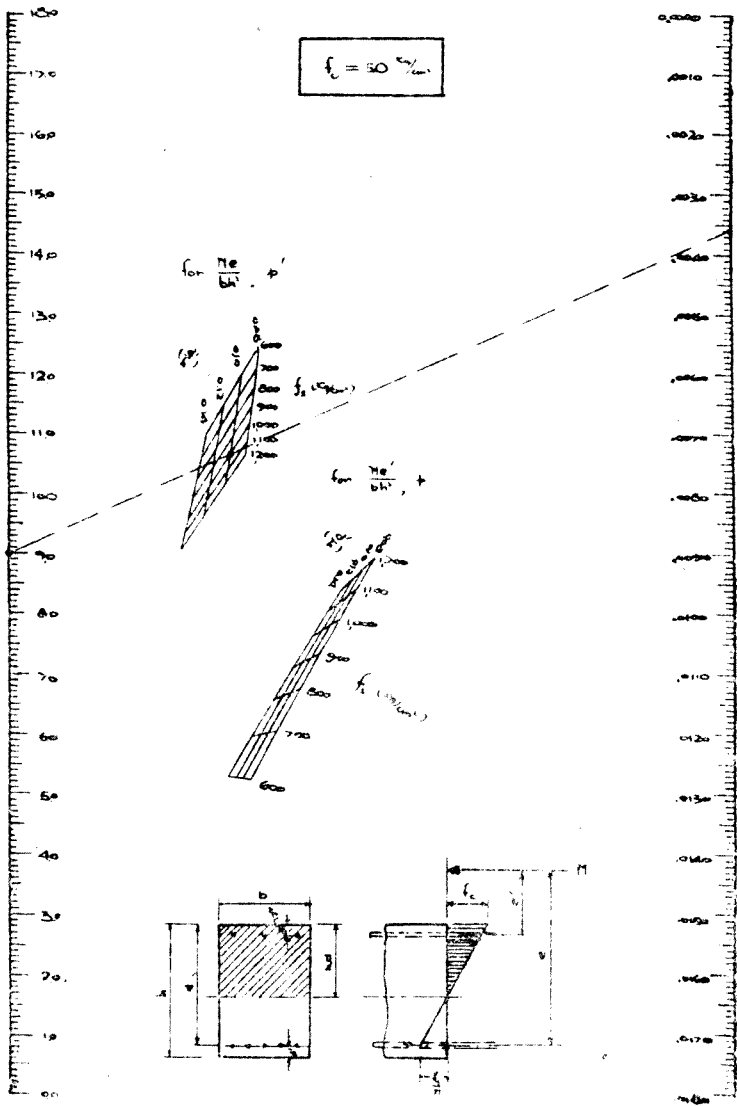
## 圖解 71

此為圖解 70 之特例，專適用於  $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$  之情形下求解。

解 71

$\frac{N_0}{bL} (2\omega)$ ,  $\frac{N_0}{bL} (\omega_{max})$

$\frac{N_0}{bL} (\omega_{max})$



## 圖解 72~73

在  $A_s = A_s'$  之條件下，當  $N, M, f_c, f_s, b$  為已知時，可利用本兩圖解以決定斷面。（圖解 72 令  $f_c = 40 \text{ kg/cm}^2$ ；圖解 73 令  $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$ ）。

例：已知  $M = 13.1 \text{ m.t.}$ ， $N = 16 \text{ t.}$ ， $e = 84 \text{ cm}$ ， $f_c = 40 \text{ kg/cm}^2$ ， $b = 100 \text{ cm}$ ，試求  $h$  及  $A_s$ 。

$$\frac{M}{b} = \frac{13,100 \times 100}{100} = 13,100 \text{ kg,}$$

$$\frac{N}{b} = \frac{16,000}{100} = 160 \text{ kg,}$$

將  $\frac{M}{b}$ ， $\frac{N}{b}$  兩點相連結，並臨時假定  $f_s = 1200 \text{ kg/cm}^2$ ，則於線網中得：

$$h = 50 \text{ cm.}$$

次用圖解 70 以求  $p$  及  $p'$ ，得： $p = 0.0041$ ， $p' = 0.0043$ 。

亦即： $p = p'$ ，由是：

$$A_s = 0.0041 \times 50 \times 100 = 20.5 \text{ cm}^2,$$

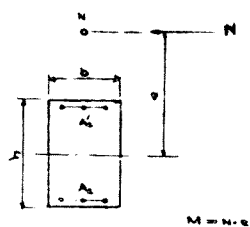
$$A_s' = 0.0043 \times 50 \times 100 = 21.5 \text{ cm}^2,$$

而  $A_s = A_s' = 21 \text{ cm}^2$ 。

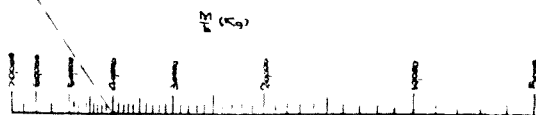
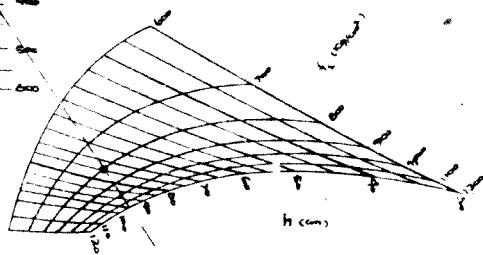
試將此方法與圖解 74 之方法相比較，則何適何從，自易明瞭。

# 圖解 72

$$\frac{N}{b} \text{ (Kg/cm)}$$



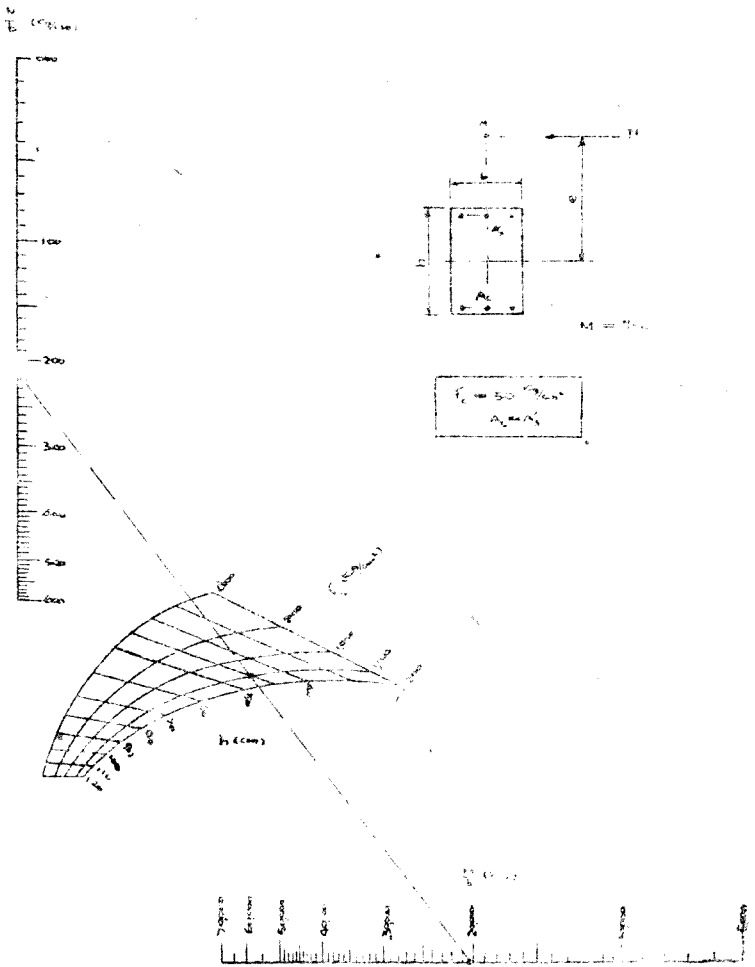
$$\begin{aligned} \epsilon_c &= 40 \times 10^{-6} \text{ cm} \\ \lambda &= A' \end{aligned}$$







# 圖解 73°



## 圖解 74~77

此等圖解既可用以決定斷面，復可用以計算應力，惟僅限於  $A_s = A_s'$  之特殊條件下，始可應用。茲將圖解 72 之例題，使用此等圖解解之如下：

$$\begin{aligned} \text{已知：} \quad M &= 13.1 \text{ m.t.}, & N &= 16.0 \text{ t.}, & f_c &= 40 \text{ kg/cm}^2, \\ & b &= 100 \text{ cm}, & p &= p' = 0.004, & \frac{d'}{h} &= 0.08, \end{aligned}$$

試求  $h$ ,  $A_s$  及  $f_s$ 。

$$e = \frac{13.1}{16.0} = 82 \text{ cm}$$

$$\frac{N}{f_c b} = \frac{16,000}{40 \times 100} = 4 \text{ cm.}$$

於圖解 74 中，使左側  $e$  與  $\frac{N}{f_c b} = 4$  點相連成線，則可於其他各尺上得：

$$h = 50 \text{ cm}, \quad \frac{A_s}{b} = 20 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ 及 } \beta = 30.$$

$$\begin{aligned} \text{由是得：} \quad A_s &= 20 \times 1 = 20 \text{ cm}^2, \\ f_s &= 40 \times 30 = 1200 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

本圖解之特點，在予  $p$  以某種假定值 ( $f_s$  之值則否) 後，即可直接解出其他各數，故甚便利。

本類各圖解 (圖解 74~77)  $p$  值之增加量為 0.002，雖變化範圍較狹，然一般斷面之尺寸，對於  $p$  值之變化並不敏銳，仍可應用；倘  $p$  值在前後兩圖解之中間時，則可由此相隣兩圖解用比例插入法求得之。

其次，試利用此圖解以作應力之計算如下：

$$\begin{aligned} \text{已知：} \quad h &= 50 \text{ cm}, & d' &= 5 \text{ cm}, & b &= 40 \text{ cm}, & A_s &= A_s' = 20 \text{ cm}^2, \\ N &= 15.5 \text{ t.}, & e &= 48.3 \text{ cm}, \end{aligned}$$

試求  $f_c$ ,  $f_s$ 。

$$p = \frac{20}{40 \times 50} = 0.010, \quad \frac{d'}{h} = \frac{5}{50} = 0.10, \quad \frac{N}{b} = \frac{15,500}{40} = 388 \text{ kg/cm.}$$

$\frac{d'}{h}$  值在本題為 0.10，但本類圖解均係按  $\frac{d'}{h} = 0.08$  製成，故僅可得其近似之結果。於圖解 77 中，左側取  $e$  值，右側取  $b$  值，使之相連，則於中部同時得：

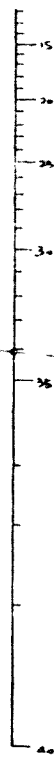
$$\beta = 15.0, \text{ 及 } \frac{N}{b f_s} = 9.8.$$

# 圖解 74

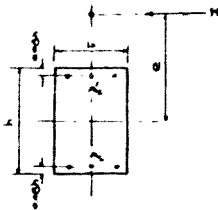
$e$  (cm)



$$\beta = \frac{b}{l}$$



$\frac{A_2}{A_1}$  (cm)  $h$  (cm)



$$A_2 = A_1$$

$$\beta = \frac{A_2}{A_1} = 0.004$$

於是：
$$f_c = \frac{N}{b} \div \frac{N}{bf_c} = 388 \div 9.8 = 39.6 \text{ kg/cm}^2,$$

$$f_s = \beta f_c = 15 \times 39.6 = 594 \text{ kg/cm}^2.$$

以此法與通常計算應力之方法相較，則覺前者簡單特甚；所惜者，此等圖解係由近似公式製成，故其精確稍差，但於實用上已無關係。

上例之正確答數為： $f_c = 40.4 \text{ kg/cm}^2$ ， $f_s = 606 \text{ kg/cm}^2$ （見圖解 63 之例）。

解 75

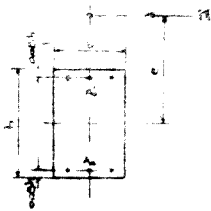
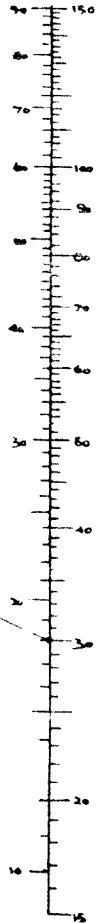
e (cm)



$$\beta = \frac{f}{c}$$



$\frac{A_2}{B}$  ( $\frac{cm^2}{m}$ )    h (cm)

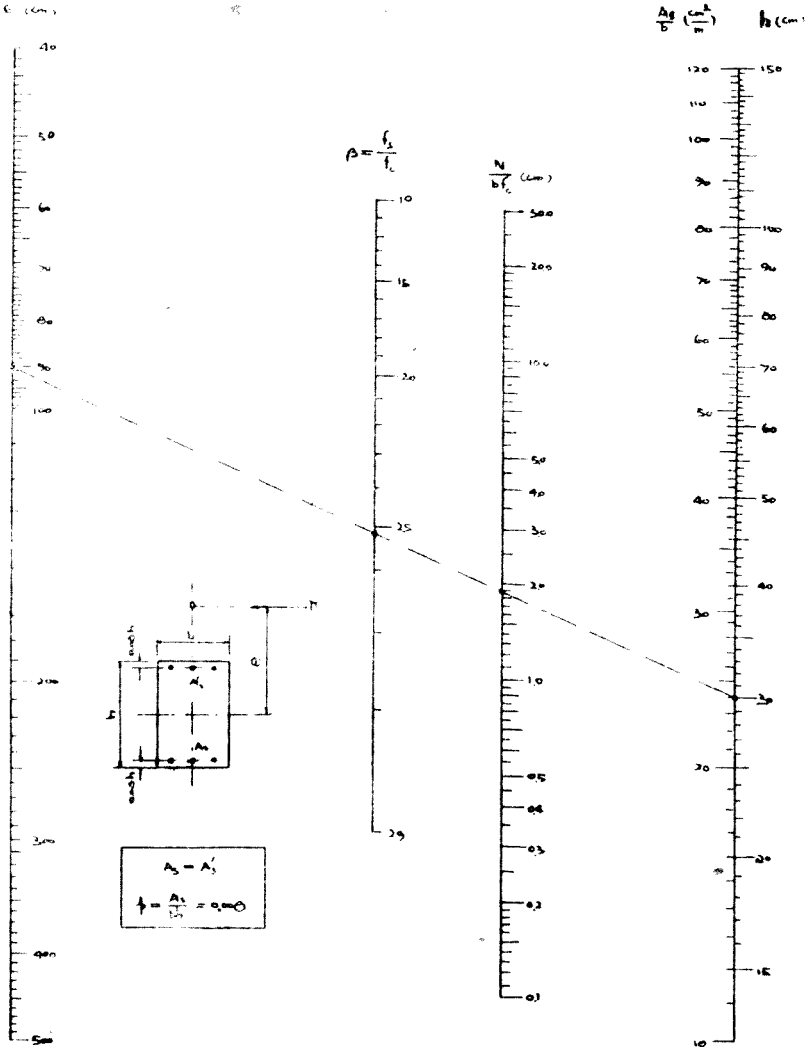


$$A_2 = A_1$$

$$\rho = \frac{A_1}{h} = \dots$$



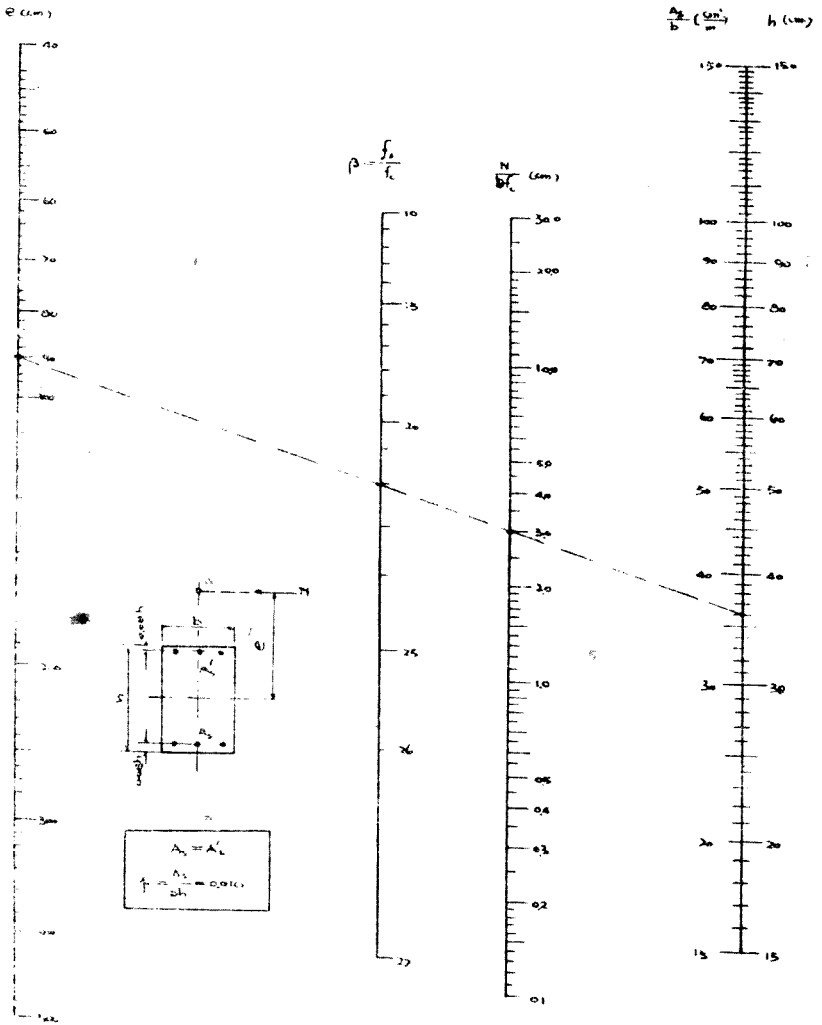
# 圖解 76







# 圖解 77



## 圖解 78

此係計算同時承受軸壓力及彎曲力矩之單側鋼筋矩形斷面柱內之應力之特別解法，茲舉例說明之：

$$\begin{aligned} \text{設已知： } N &= 24,000 \text{ kg, } b = 50 \text{ cm, } d = 60 \text{ cm, } A_s = 30 \text{ cm}^2, \\ e &= 72 \text{ cm,} \end{aligned}$$

試求  $f_c$  及  $f_s$ 。

此處之  $e$  係圖中抗拉鋼筋之中心與軸向壓力作用點間之距離，並非通常所謂之  $\frac{M}{N}$  值，此則須加注意。

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{30}{50 \times 60} = 0.010,$$

$$\frac{d}{e} = \frac{60}{72} = 0.833.$$

此處之  $p$  亦與第一篇所述僅受彎曲力矩之情形相同，即鋼筋斷面與矩形斷面之有效高度及其寬度之比例值，而非對矩形斷面之總高度作比，此則亦應注意。

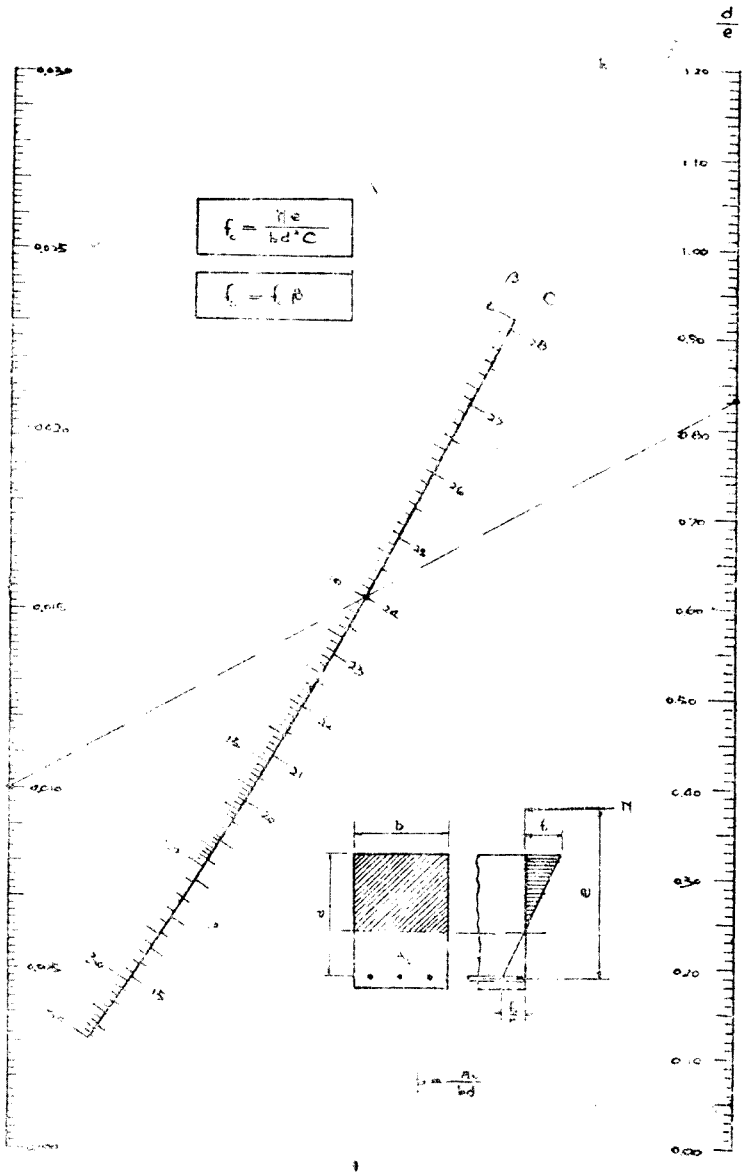
由圖解之左側取  $p$ ，右側取  $\frac{d}{e}$ ，使之相連，則得：

$$C = 0.24, \quad \beta = 10.$$

$$\text{由是： } f_c = \frac{Ne}{bd^2 C} = \frac{24,000 \times 72}{50 \times 60^2 \times 0.24} = 40.0 \text{ kg/cm}^2,$$

$$f_s = \beta f_c = 10 \times 40 = 400 \text{ kg/cm}^2.$$

圖解 78



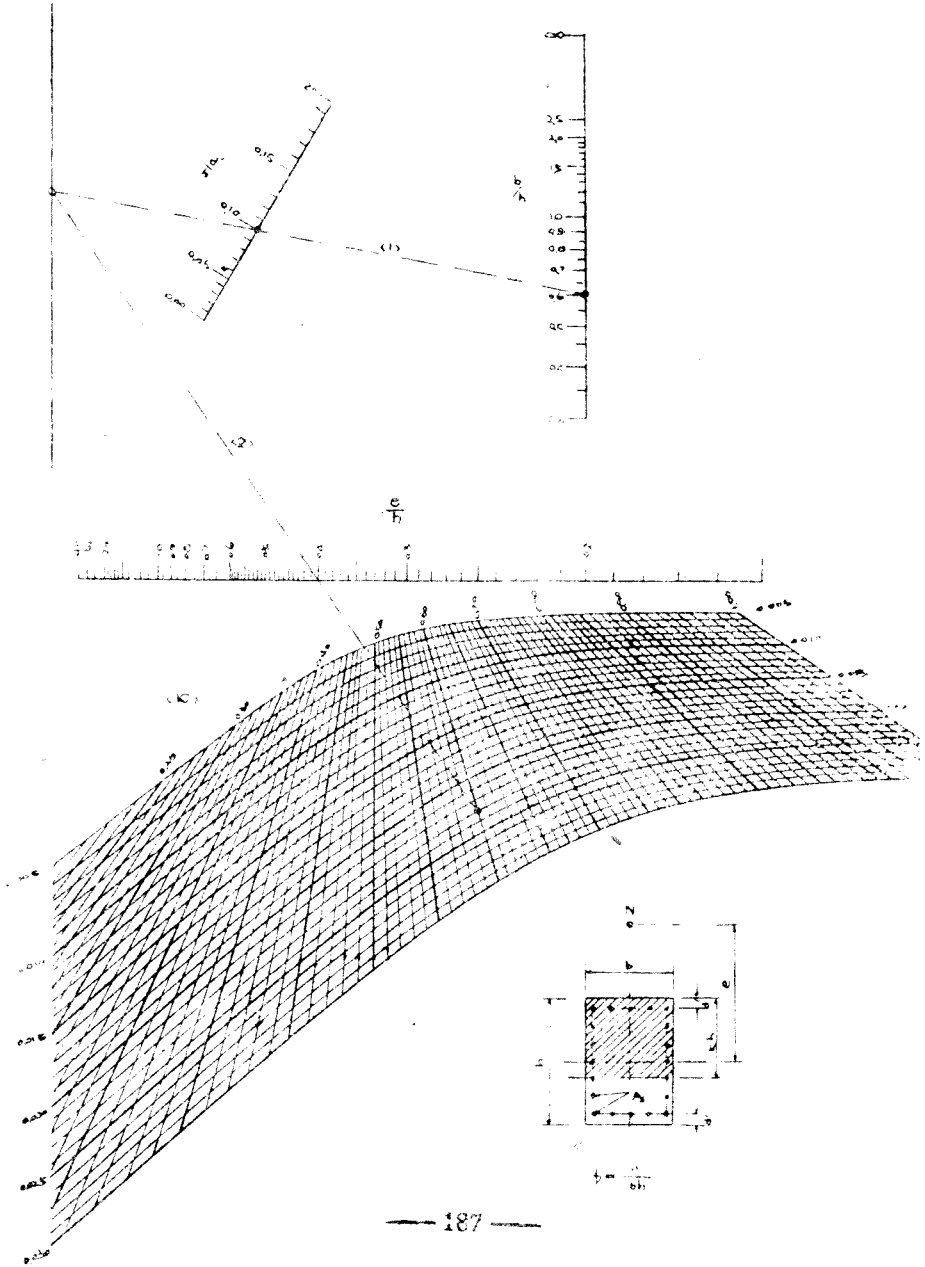
## 圖解 79

周圍有鋼筋之矩形斷面，同時承受軸壓力及彎曲力矩者，計算應力時所必需之中立軸比  $k$ ，可用本圖解求之。

使  $\frac{b}{h}$  與  $\frac{d'}{h}$  相連，而與左側之參考線相交，以此交點與水平向之  $\frac{e}{h}$  尺度相連，並向下方延長伸入線網內，在線網中於此延長線與已知之  $p$  線之相交點，即可讀出  $k$  之值。

$k$  值既得之後，如欲計算應力，則可用圖解 64 以求其解，惟應注意圖解 64 中之  $p$  值，僅為本法所用之  $p$  值之半數，故須先將本圖解所用之  $p$  二等分之，然後始可用圖解 64 以求  $C$  之值。次由  $f_c = \frac{N}{Cbh}$  式以計算  $f_c$ ，由圖解 66 以求  $f_s$ 。（此時所得之  $f_c$  及  $f_s$  兩值與對側鋼筋矩形斷面之情形相同。）

解 79

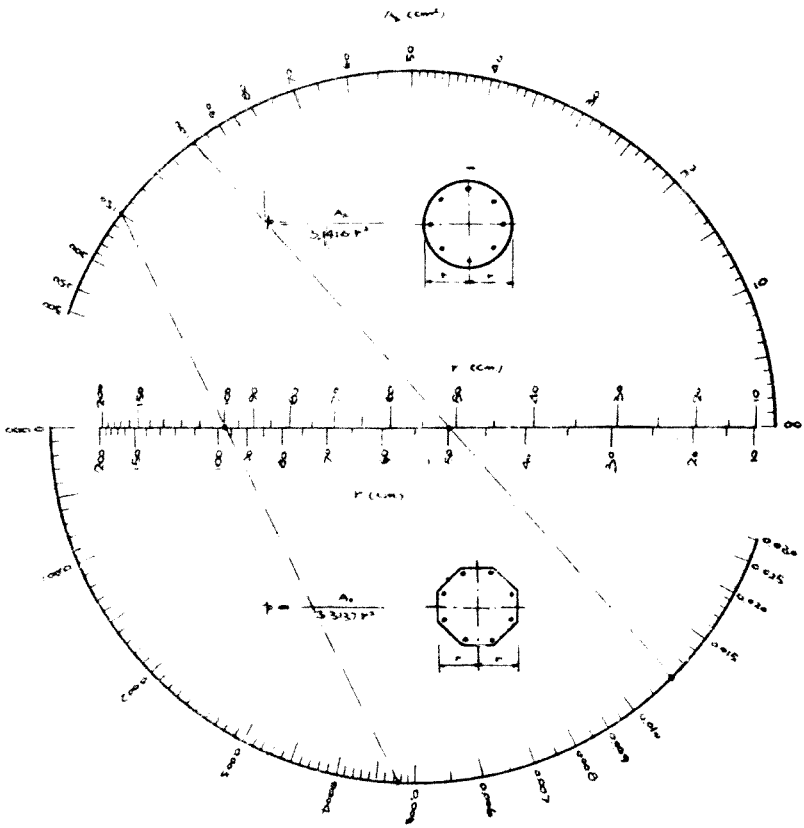


## 圖解 80~94

諸圖解均係圓形斷面或八角形斷面，在同時承受軸向壓力及彎曲力矩時，用以計算應力者。

各圖解之使用法與前述矩形斷面中各圖解幾全相同，茲不贅述。讀者可參閱前項圖解，即能明瞭。

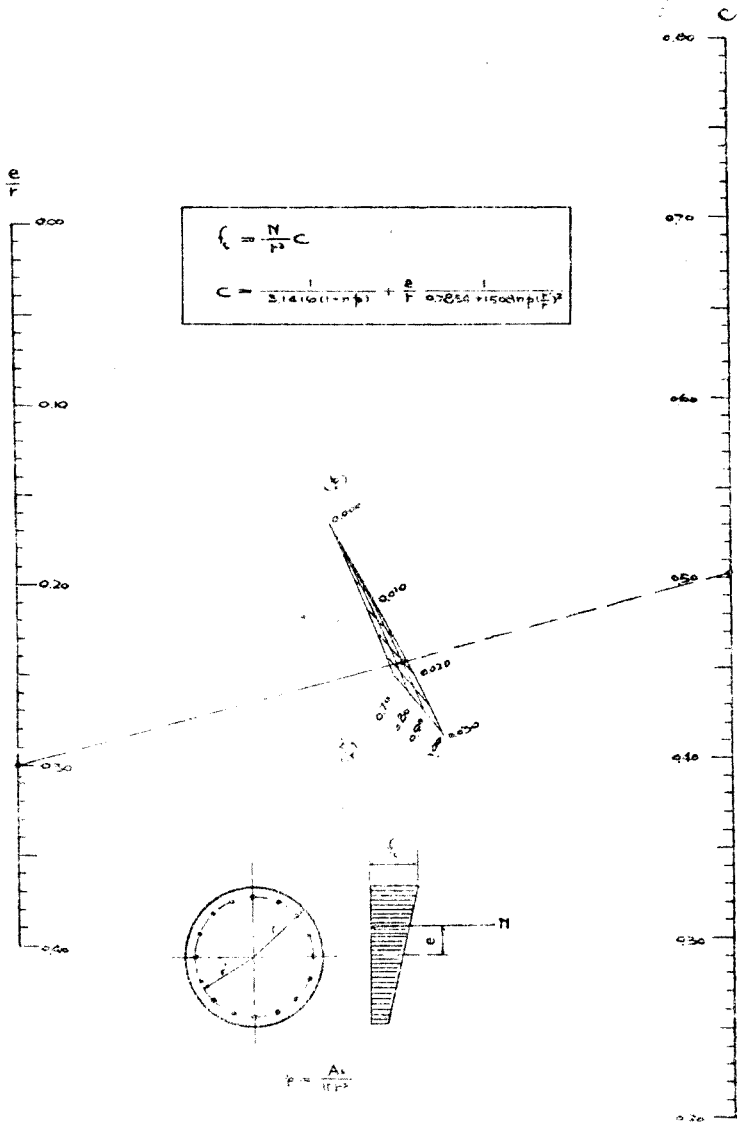
圖解 80







圖解 81



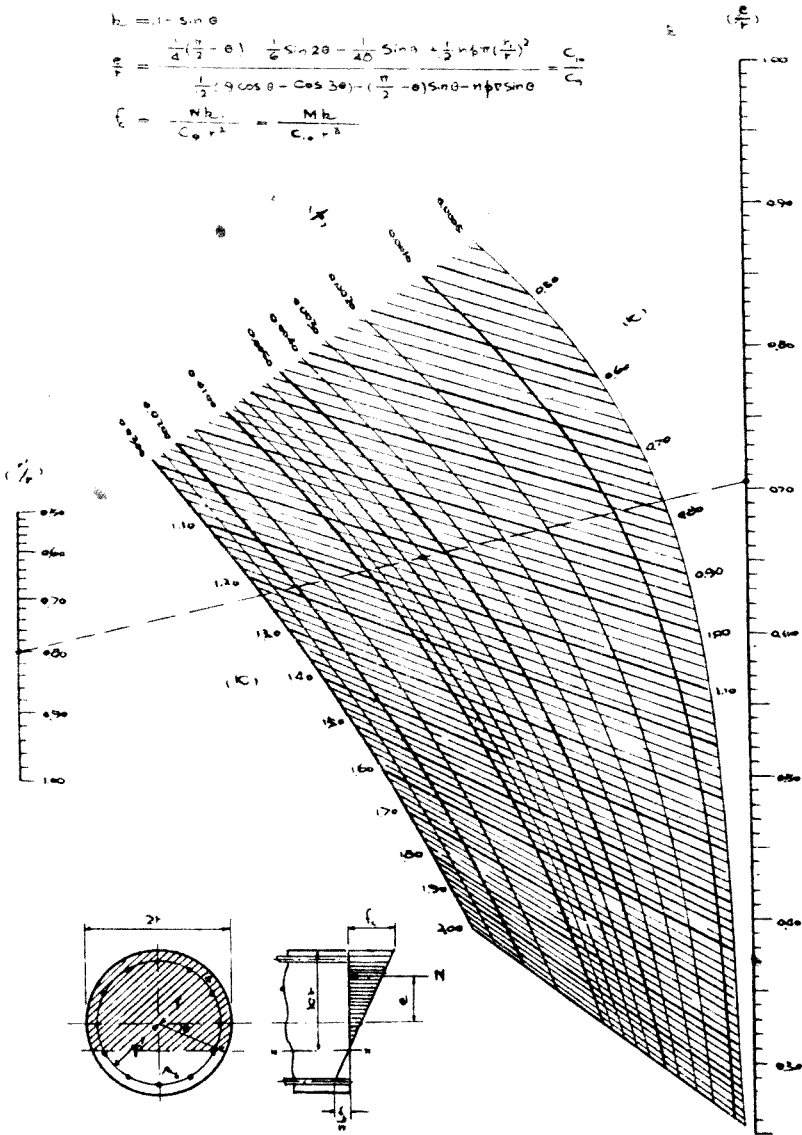


# 圖解 82

$$k = 1 - \sin \theta$$

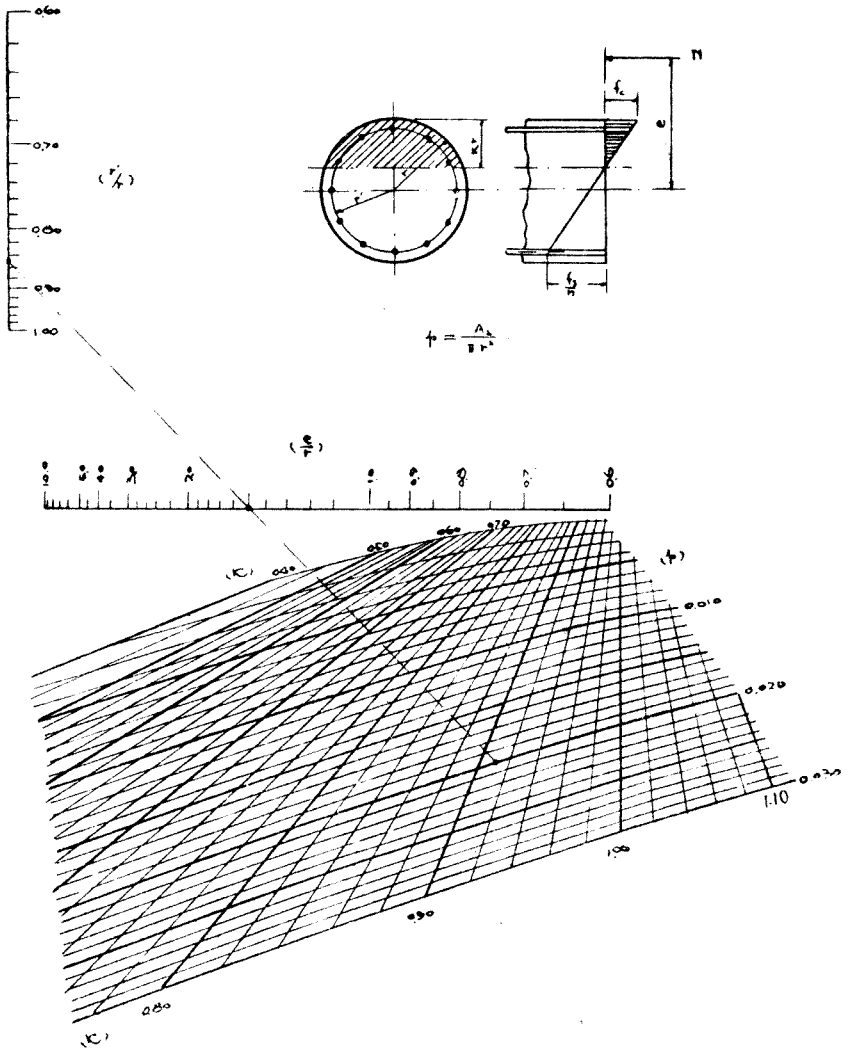
$$\frac{M}{C_0} = \frac{\frac{1}{2}(\frac{\pi}{2} - \theta) - \frac{1}{6} \sin 2\theta - \frac{1}{20} \sin^4 \theta + \frac{1}{2} n b \pi (\frac{r}{r_0})^2}{\frac{1}{2}(9 \cos \theta - \cos 3\theta) - (\frac{\pi}{2} - \theta) \sin \theta - n b \pi \sin \theta} = \frac{C_0}{C_1}$$

$$\epsilon = \frac{N h}{C_0 r^2} = \frac{M h}{C_0 r^2}$$



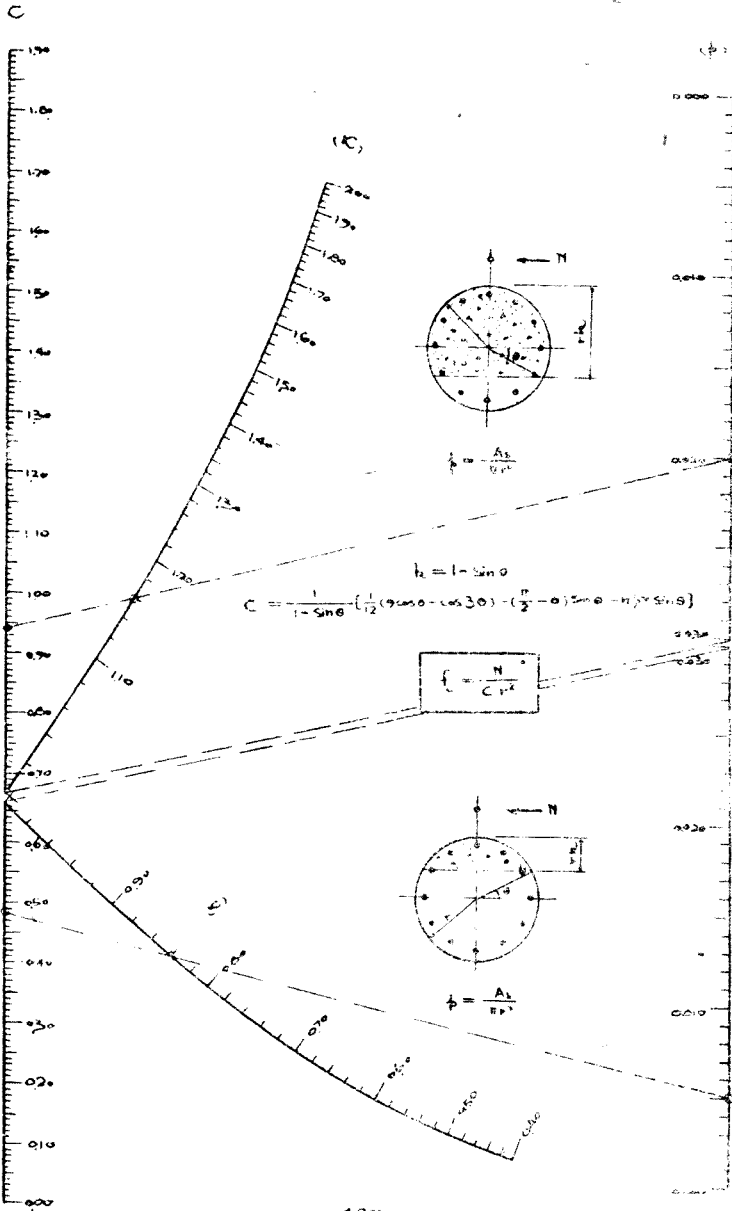


圖解 83





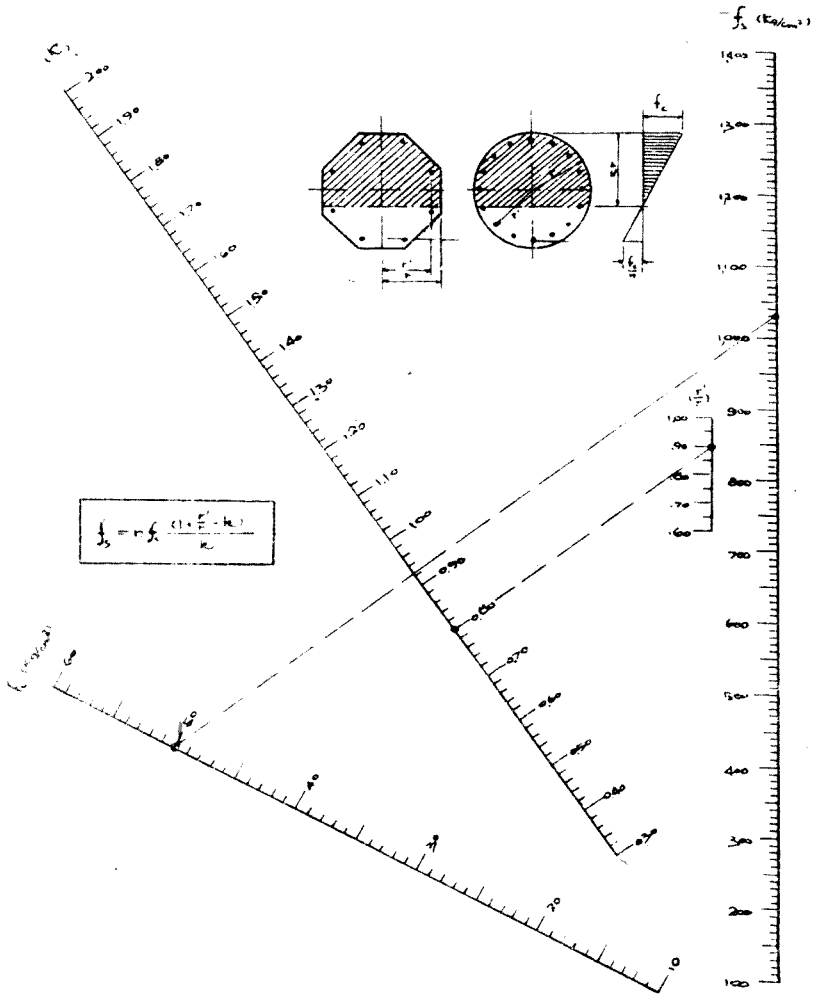
圖解 84







圖解 85

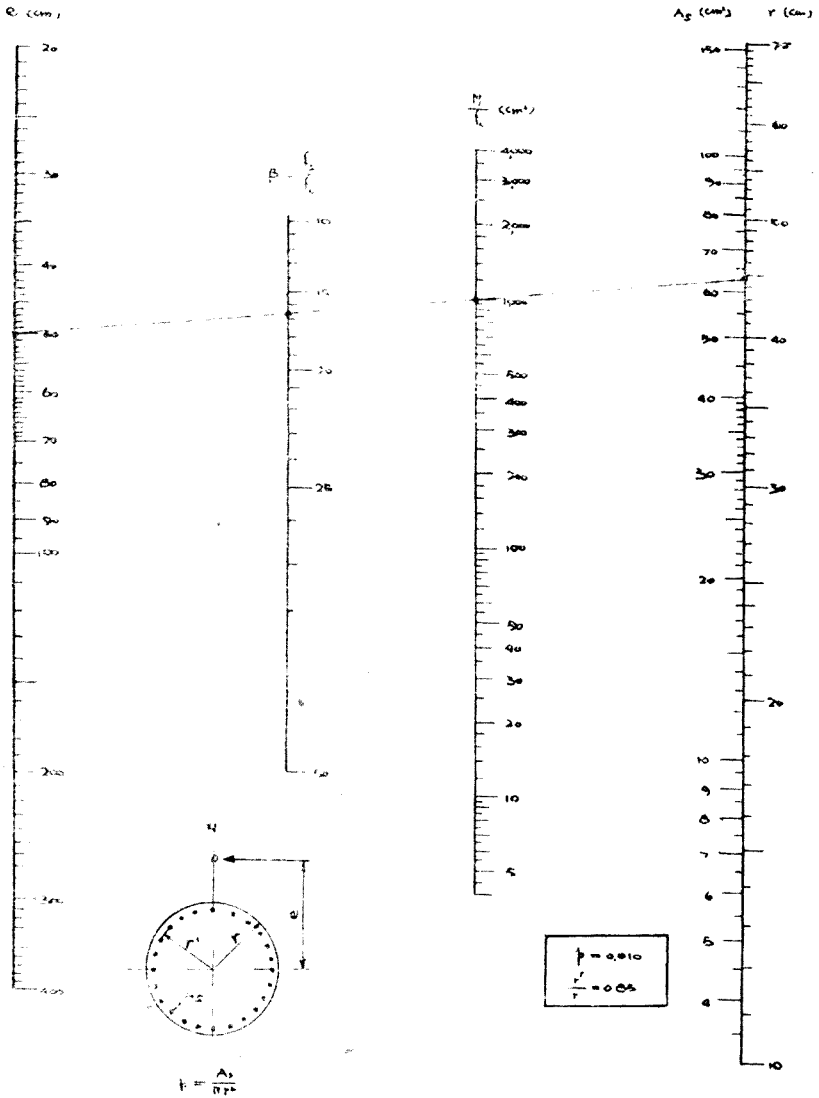


## 圖解 86~90

此等圖解與矩形斷面族之圖解 74 同屬一類，其使用法亦相同，故可用以作斷面之決定及應力之計算。

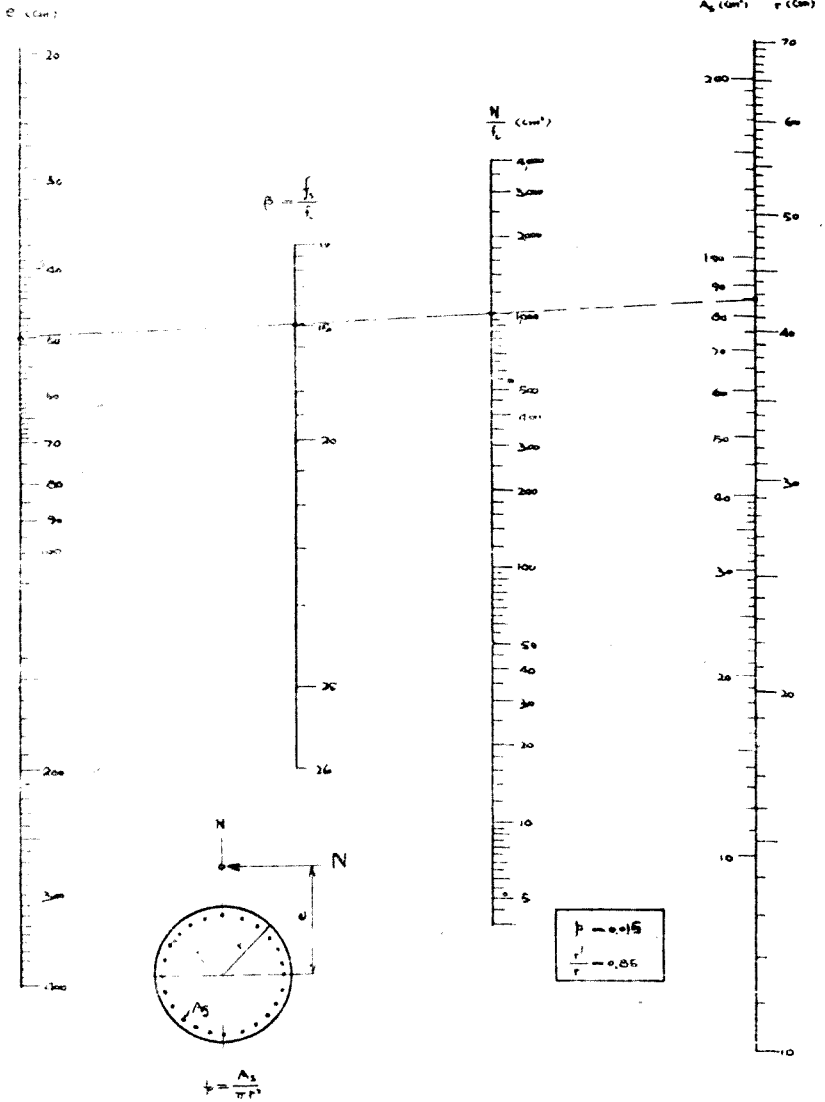
在  $\frac{r'}{r} = 0.85$  之條件下，按  $p$  之種類分為：0.010, 0.015, 0.020, 0.025, 0.030 五種，各自製成圖解，設  $p$  之值在此等數值之中間時，則用與此  $p$  值最接近之圖解，亦不致發生大錯，惟  $A_s$  值仍須由  $A_s = p\pi r^2$  式精確算出。讀者如嫌比例計算法於實用上或感不便，則可仍用前述之圖解 83 及圖解 84 解之。

圖解 X6



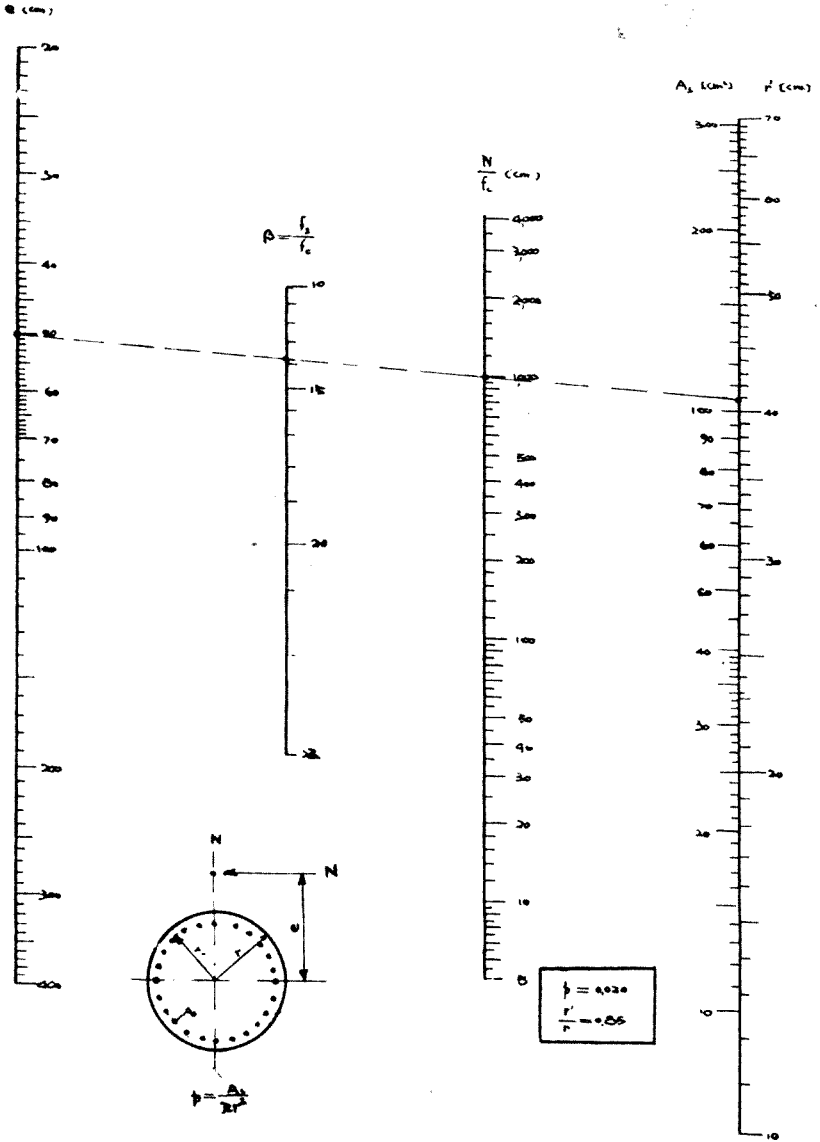


# 圖解 87





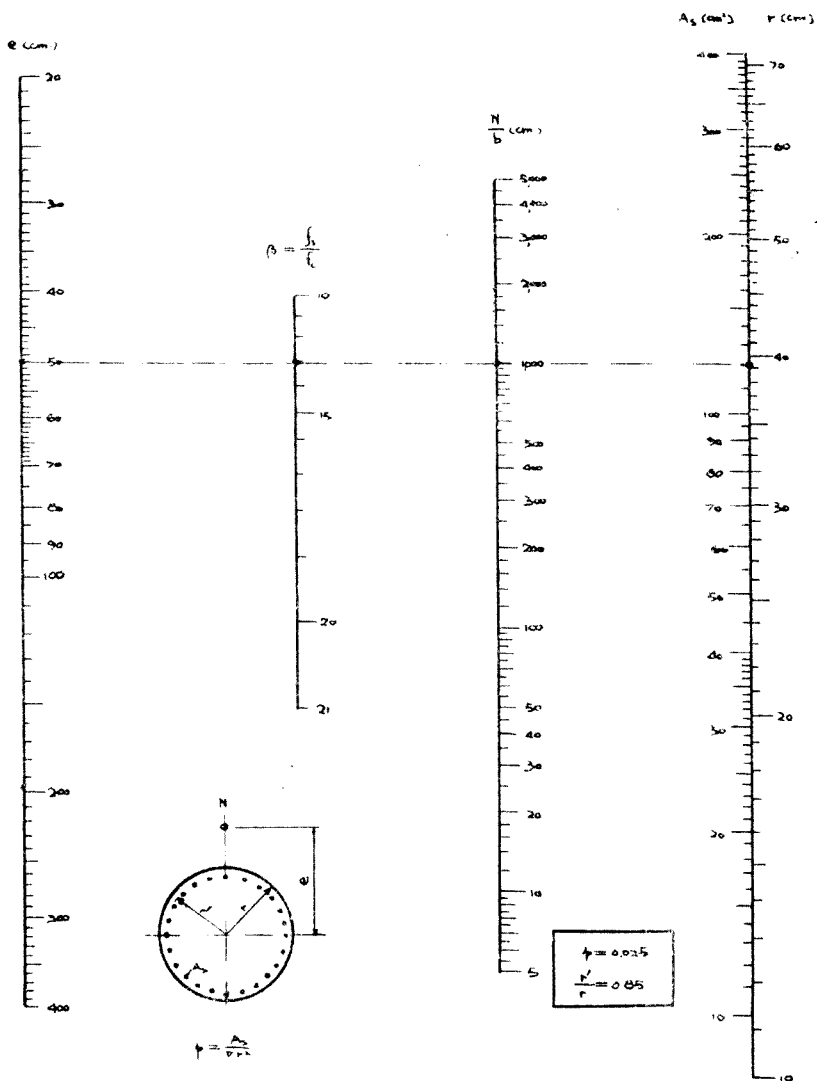
圖解 88





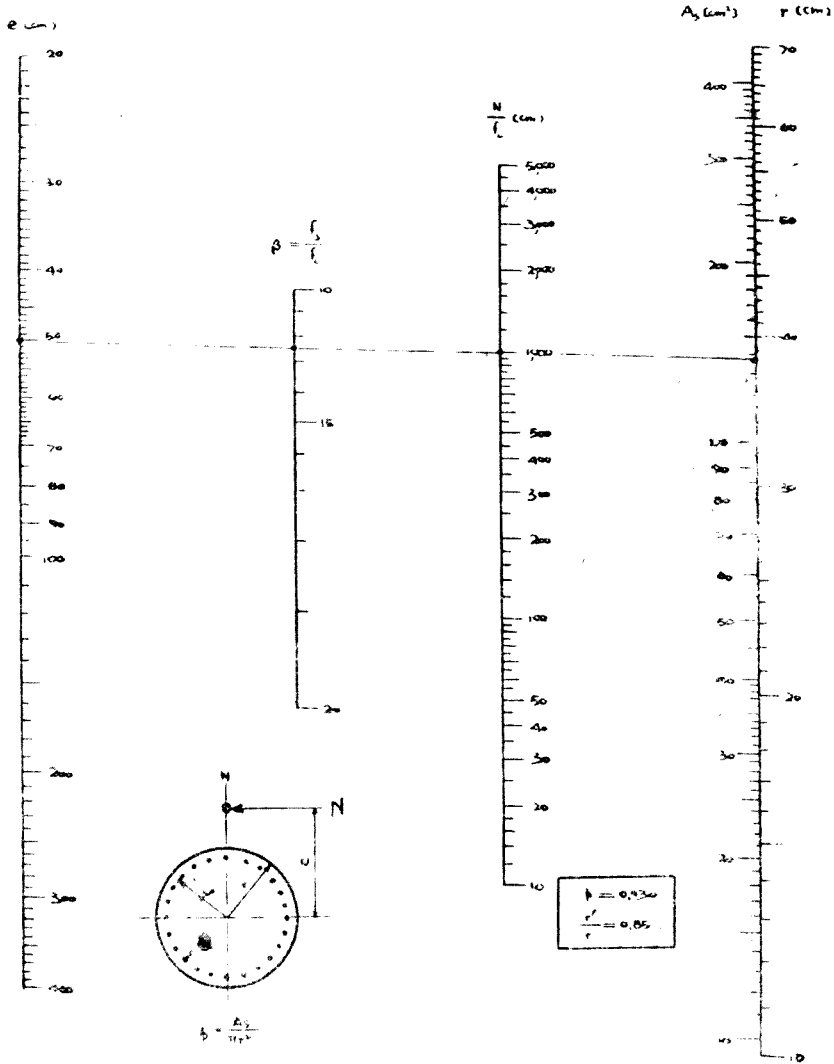


圖解 87



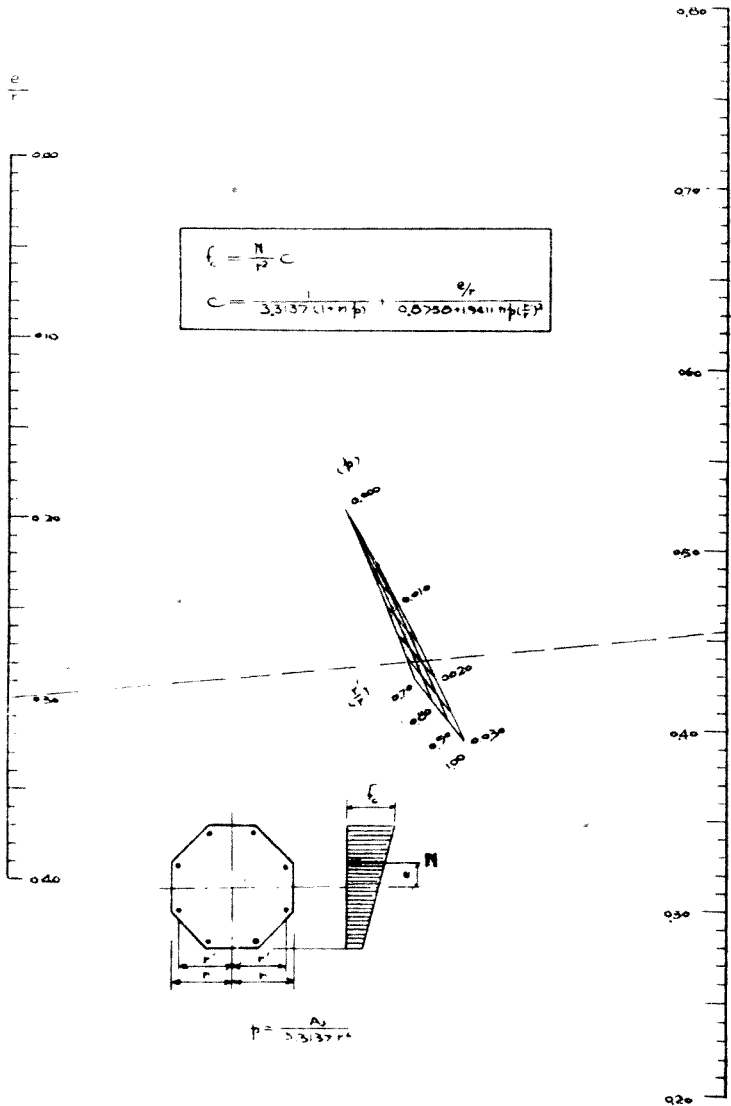


圖解 90



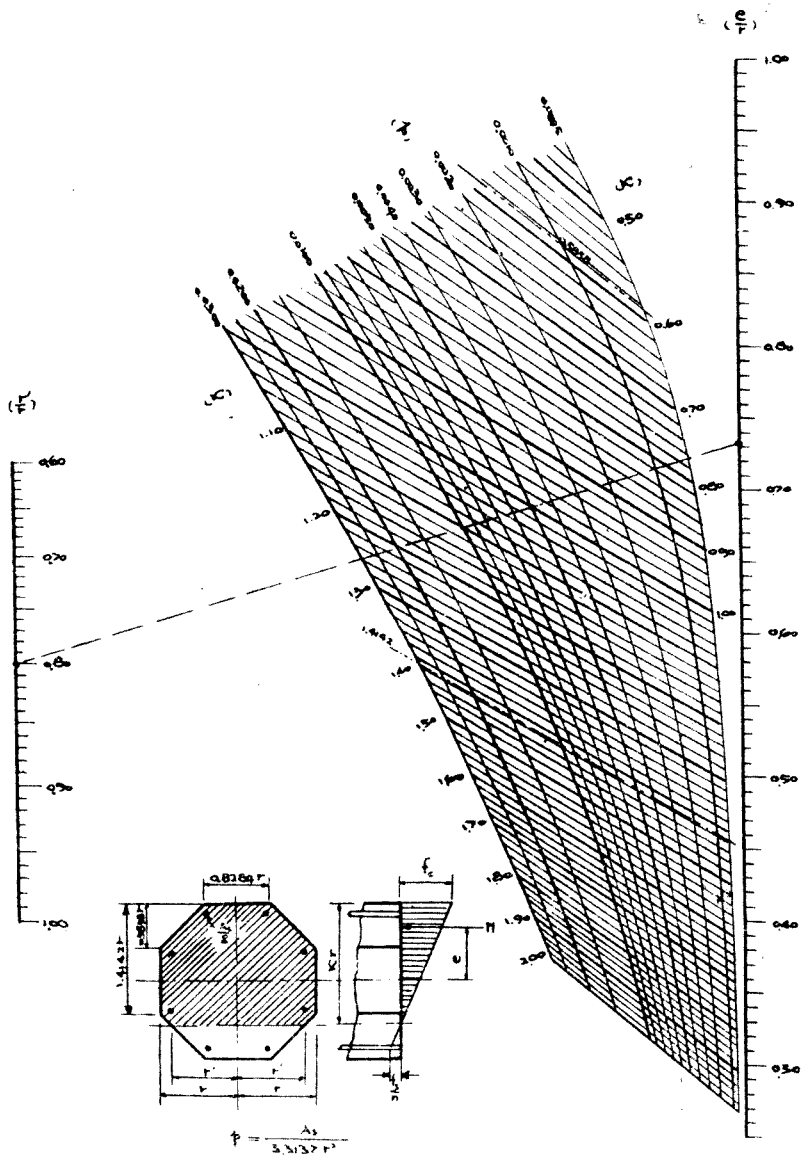


圖解 91





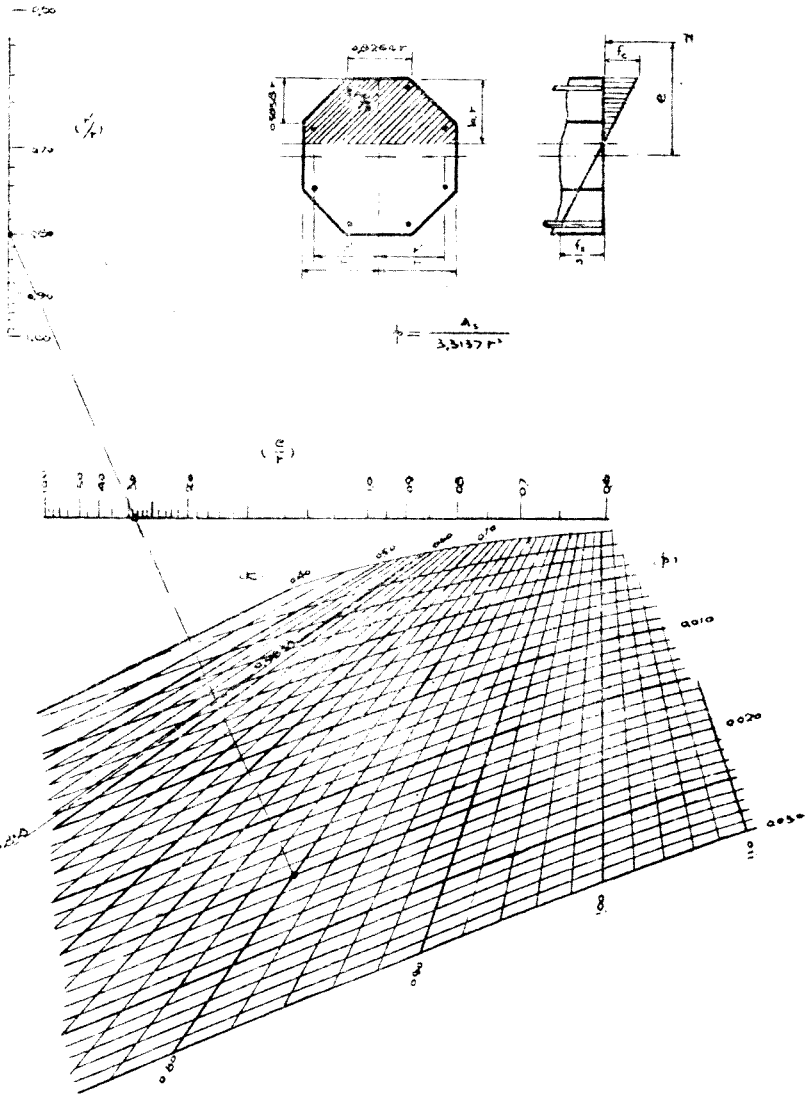
圖解 92





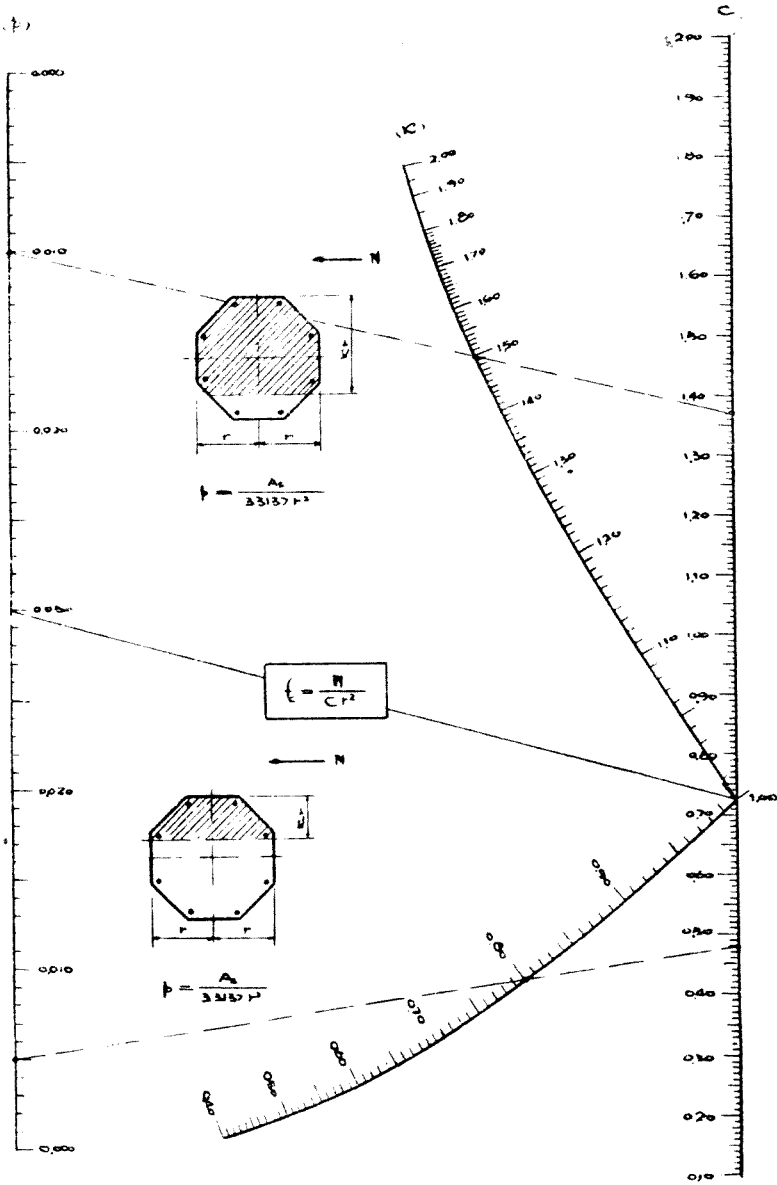


圖解 73





圖解 94



## 圖解 95

此係中空斷面內不起拉應力時求壓應力  $f_c$  及  $f_c'$  之圖解也。當  $f_c'$  值逐漸減小以迄於零為其極限時，固可利用本圖解求解，但若  $f_c'$  小於零而成為拉應力時，日本土木學會規定，在其絕對值並不超過  $\frac{f_{ca}}{5}$  時，仍可用此圖解求解。

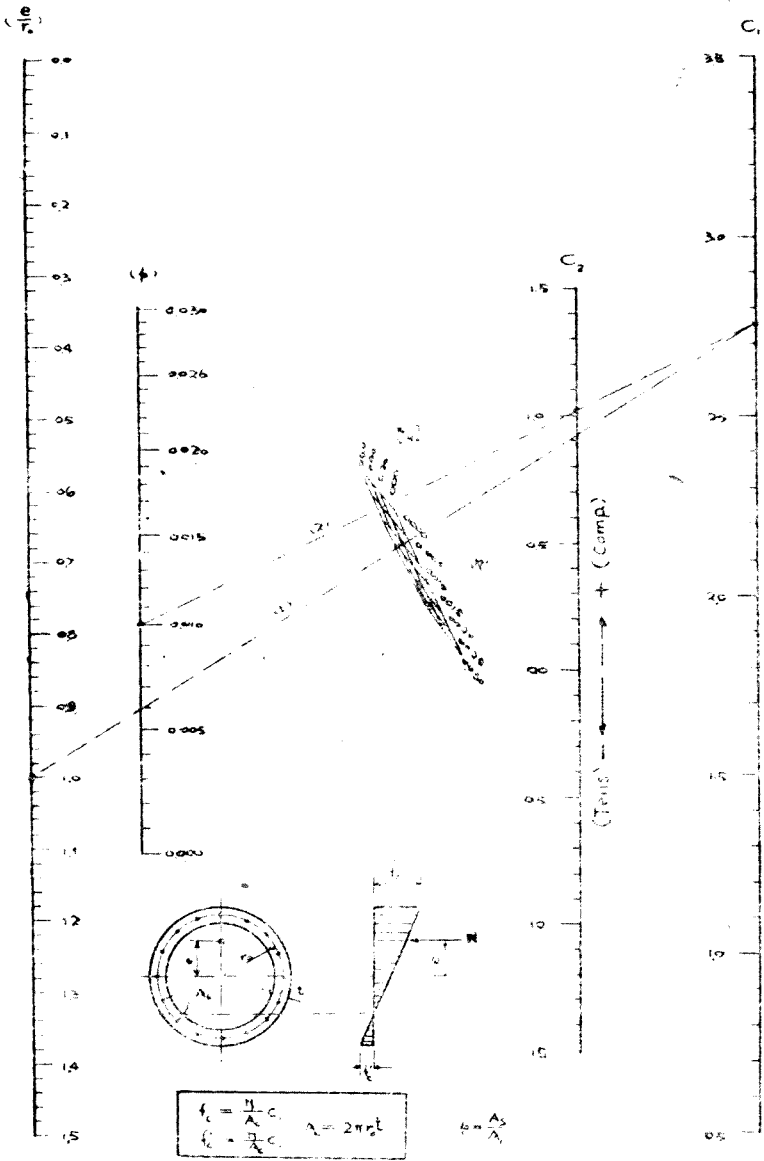
於圖解之左側取  $\frac{e}{r_o}$  點，復於中央線網內取  $\frac{t}{p_o}$  與  $p$  之交點，將此兩點相連，向右可得  $C_1$  值。其次，將此  $C_1$  與左側之  $p$  相連，則得  $C_2$  值。

$$\text{於是：} \quad f_c = \frac{N}{A_c} C_1, \quad f_c' = \frac{N}{A_c} C_2.$$

式中：  $A_c = 2\pi r_o t$ ，並有  $p = \frac{A_s}{A_c}$  之關係。

圖解中  $C_2$  之“+”表示壓應力，“-”則表示拉應力。

圖解 95



## 圖解 96

此圖解係為應力之計算而作，但有時亦可用之以求鋼筋量。茲舉例示之：

設已知： $r_o = 80 \text{ cm}$ ， $t = 20 \text{ cm}$ ， $N = 100 \text{ t}$ ， $M = 80 \text{ m. t}$ ，

$$A_s = 100 \text{ cm}^2,$$

試求  $f_c$  及  $f_s$ 。

$$A_c = 2\pi r_o t = 2 \times 3.1416 \times 80 \times 20 = 10,050 \text{ cm}^2,$$

$$p = \frac{A_s}{A_c} = \frac{100}{10,050} = 0.10,$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{80}{100} = 0.8 \text{ m} = 80 \text{ cm},$$

$$\frac{e}{r_o} = \frac{80}{80} = 1.0$$

左側取  $\frac{e}{r_o}$ ，中央取  $p$  而使之相連，則於右側同時得：

$$C = 3.07 \quad \text{及} \quad \beta = 14.3$$

$$\text{於是：} \quad f_m = C \frac{N}{A_c} = 3.07 \times \frac{100,000}{10,050} = 30.5 \text{ kg/cm}^2,$$

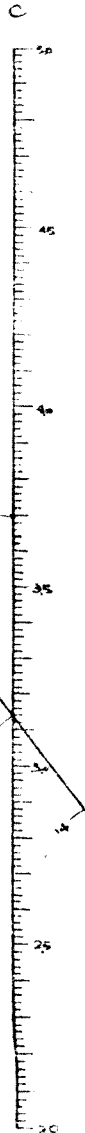
$$f_s = \beta f_m = 14.3 \times 30.5 = 440 \text{ kg/cm}^2,$$

至為簡便。

此圖解之缺點在乎  $\frac{e}{r_o}$  值小於 0.8 時已無尺度可供應用；且小於 0.8 時亦不易繪製精美如本圖解之式樣者。

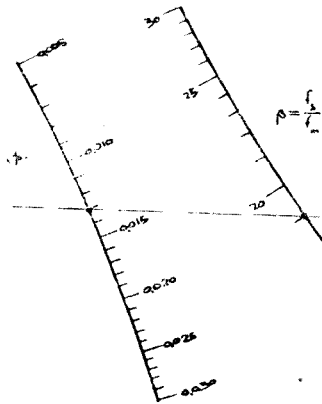
如將本例題求解之方法逆行之，即可求得鋼筋量。

解 96

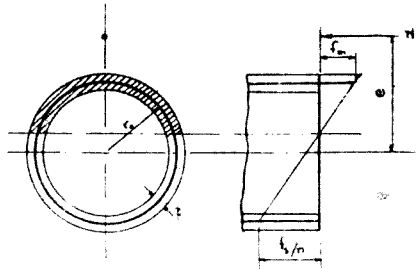


$$f_s = C \frac{H}{A_c}$$

$$f_s = \beta f_m$$



$$\beta = \frac{f_s}{f_m}$$



$$\beta = \frac{A_s}{A_c} = \frac{A_s}{2\pi r t}$$

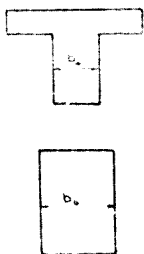
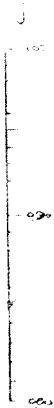
## 圖解 97

此係計算剪應力  $v$  之圖解也。此圖解中之  $b_0$  如應用於矩形斷面，則為普通寬度  $b$ ；如應用於 T 形斷面，則並非翼緣之寬度  $b$ ，而為梁軀之寬度  $b_0$ ，此則應加注意者。

左側取  $j$  而與  $d$  相連結，使之與參考線相交；次以此交點與  $\frac{V}{b_0}$  相連，則於右側可得  $v$  值。（ $b_0$  之單位為 cm，於平版梁則為 100 cm）。



$$v = \frac{V}{b_e d}$$



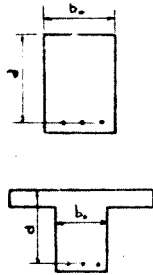
## 圖解 98

本圖解係將前圖解稍予簡化，而得近似值之結果，此則由於予  $j$  值以硬性之假定故也。在實用上，此圖解至為簡便，且其精確度除特例外並無顯著誤差。

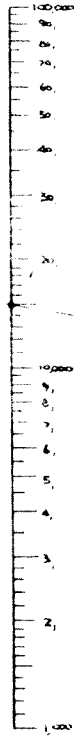
此圖解中  $b_0$  之單位為 m，其於平版梁則為 1 m，即中央直尺上係用每 1 公尺寬度之剪力值也。

# 圖解 98

$J$  (cm)



$\frac{V}{b_0}$  (kg/cm)



$v$  (kg/cm<sup>2</sup>)



$$v = \frac{V}{b_0 j d}$$

$$j = 0.88$$

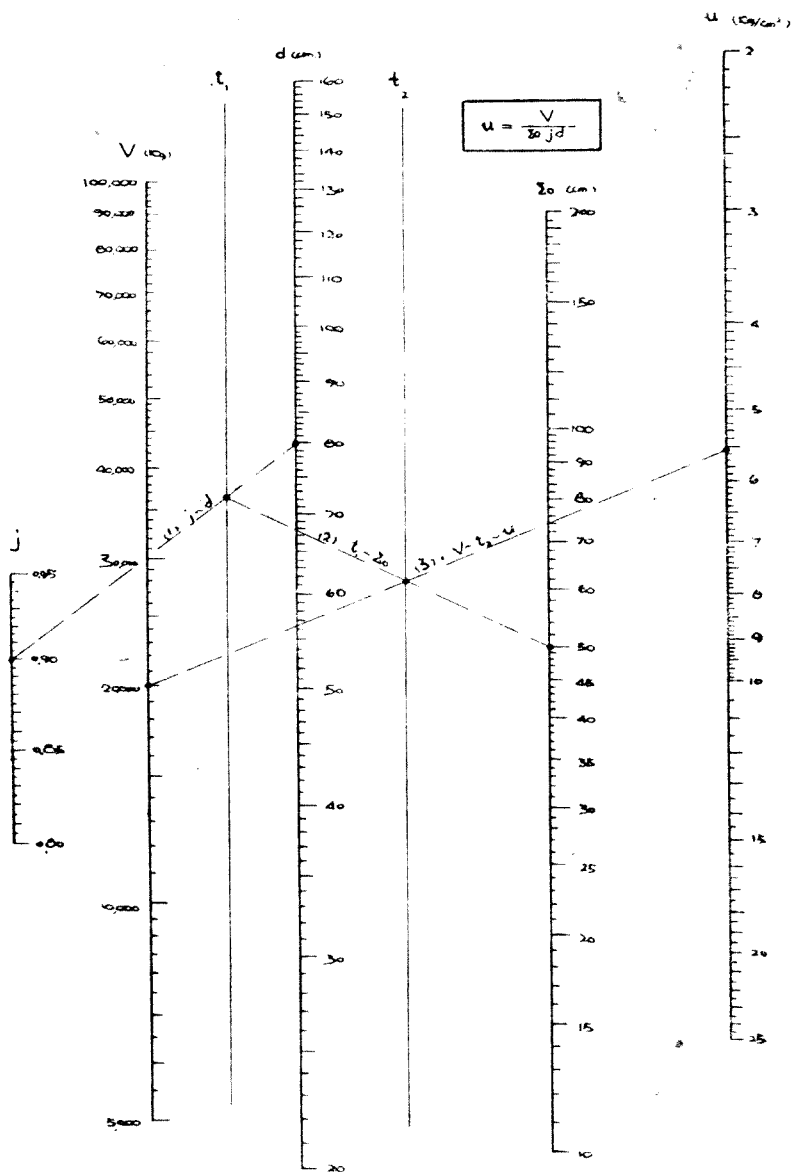
## 圖解 99

本圖解係求鋼筋之附着應力者。

由  $j$  及  $d$  以求  $t_1$ ，由  $t_1$  及鋼筋總周長  $\Sigma o$  以求  $t_2$ ，然後使此  $t_2$  與  $V$  相連結，即可讀得附着應力  $u$ 。

圖解中之點線表示圖解之步驟。

# 圖解 99



## 圖解 100

日本土木學會規定凡剪應力  $v$  在  $4.5 \text{ kg/cm}^2$  以下時，則關於剪應力之計算無考慮之必要。

設支端之剪應力為  $v_1$ ，跨徑中央者為  $v_2$ ，則自“ $v$  恰為  $4.5 \text{ kg/cm}^2$ ”之一點至桁端間之距離  $d$ ，可由本圖解求得之。

例：  $v_1 = 10 \text{ kg/cm}^2$ ，  $v_2 = 2 \text{ kg/cm}^2$ ， 跨徑  $l = 8 \text{ m}$ 。

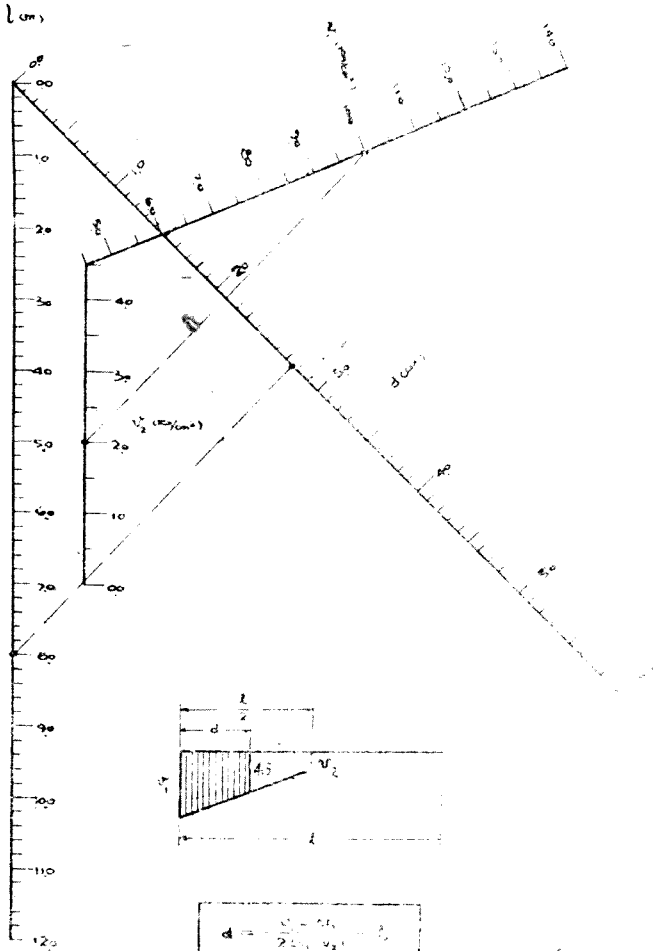
試求自桁端至  $v = 4.5 \text{ kg/cm}^2$  點之距離  $d$ 。

先連結  $v_1 = 10$  與  $v_2 = 2$  兩點；次自  $l = 8.0$  點，作前項連結線之平行線，使與  $d$  之斜尺相交，於其交點可讀出  $d$  之值為：

$$d = 2.75 \text{ m}.$$

此圖解中  $l$  為跨度之總長，並非  $v_1$  與  $v_2$  間之距離，此則須予注意者。

解 100

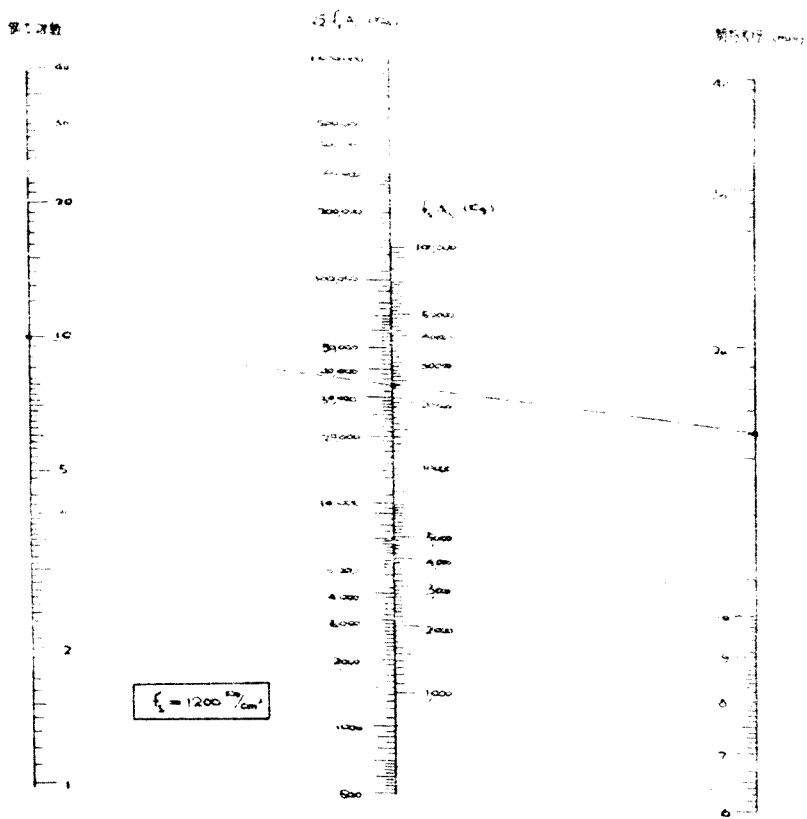


## 圖解 101

此圖解表示鋼筋根數，鋼筋直徑， $\sqrt{2}f_s A_s$  及  $f_s A_s$  間之相互關係。根據計算之數字利用本圖解以配置腹鋼筋之排列，至為簡便。



圖解 101



## 圖解 102

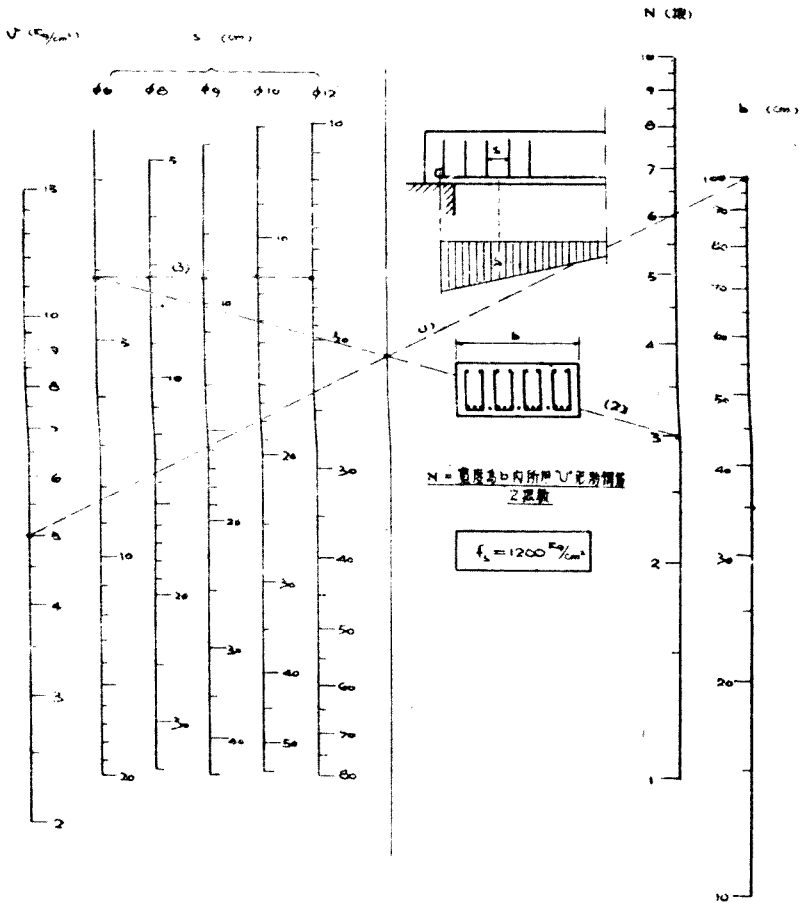
根據剪應力圖而求肋鋼筋間隔之方法，可以本圖解代替之。

先計算剪應力  $v$ ，而於左側柱尺上定出此點，以之與  $b$  值相連，使之與中央之參考線相交；以此交點與  $N$ （寬度為  $b$  內所用 U 形肋鋼筋之根數）相連，此連線與左側  $\phi 6$  線之交點，即可讀出用 6 mm 直徑之肋鋼筋所需之間隔，其單位為 cm。倘採用他種直徑之肋鋼筋，則可由  $\phi 6$  線上之交點向右作水平線，而行至所定  $\phi$  值之柱尺為止，並讀其  $s$  值。

圖解中之點線表示  $b=100$  cm 之內採用 U 形肋鋼筋 3 根以承受  $v=5$  kg/cm<sup>2</sup> 之時，如  $\phi=6$ ，則  $s=4$  cm；如  $\phi=9$ ，則  $s=10$  cm。

# 圖解 102

## 勁鋼筋之間隔



## 圖解 103

當彎起鋼筋與肋鋼筋同時應用時，其彼此間之關係由本圖解表示之。茲令  $\Delta M$  為兩點間彎曲力矩之差， $d$  為斷面之有效高，則一般之計算均按  $\frac{\Delta M}{f_s j d}$  成比例以插入腹鋼筋。此圖解係假定：

$$f_s = 1200 \text{ kg/cm}^2, \quad j = 0.88.$$

使用法如次：先於右側線網中求出彎起鋼筋之直徑與其根數之交點，自此點向右引水平線，使與  $A_c$  相交，此  $A_c$  之數值即表示彎起鋼筋之總斷面積。次將此  $A_c$  點與  $\frac{\Delta M}{d}$  相連結，則於左側得  $A_s$  值，此  $A_s$  即表示所需肋鋼筋之總斷面積。自此  $A_s$  點向右水平行至所定之  $\phi$  值柱尺，即可得直徑為  $\phi$  之 U 形肋鋼筋根數，此根數係指  $\Delta M$  所定之兩點間全寬度內所需肋鋼筋之總根數也。

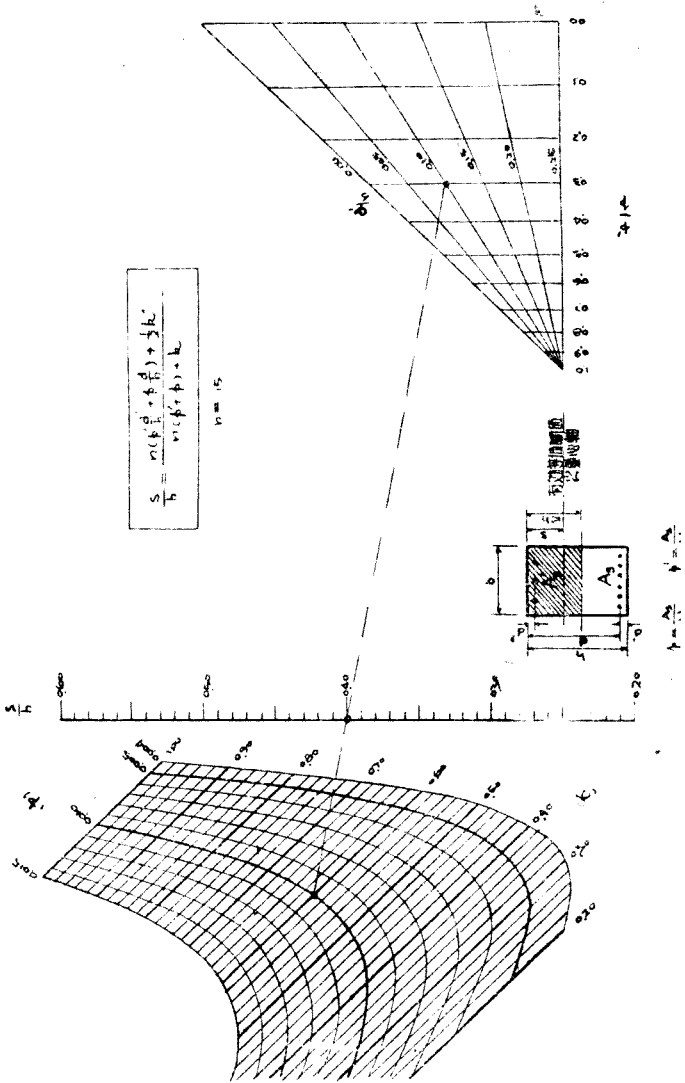
一般公式為：
$$\Delta M = (A_s + \sqrt{2} A_c) f_s j d.$$



## 圖解 104

當同時承受彎曲力矩及軸向壓力時，計算斷面之剪應力，頗為繁複。本圖解係求此種情形所需之“有效等值斷面”之重心軸位置者。

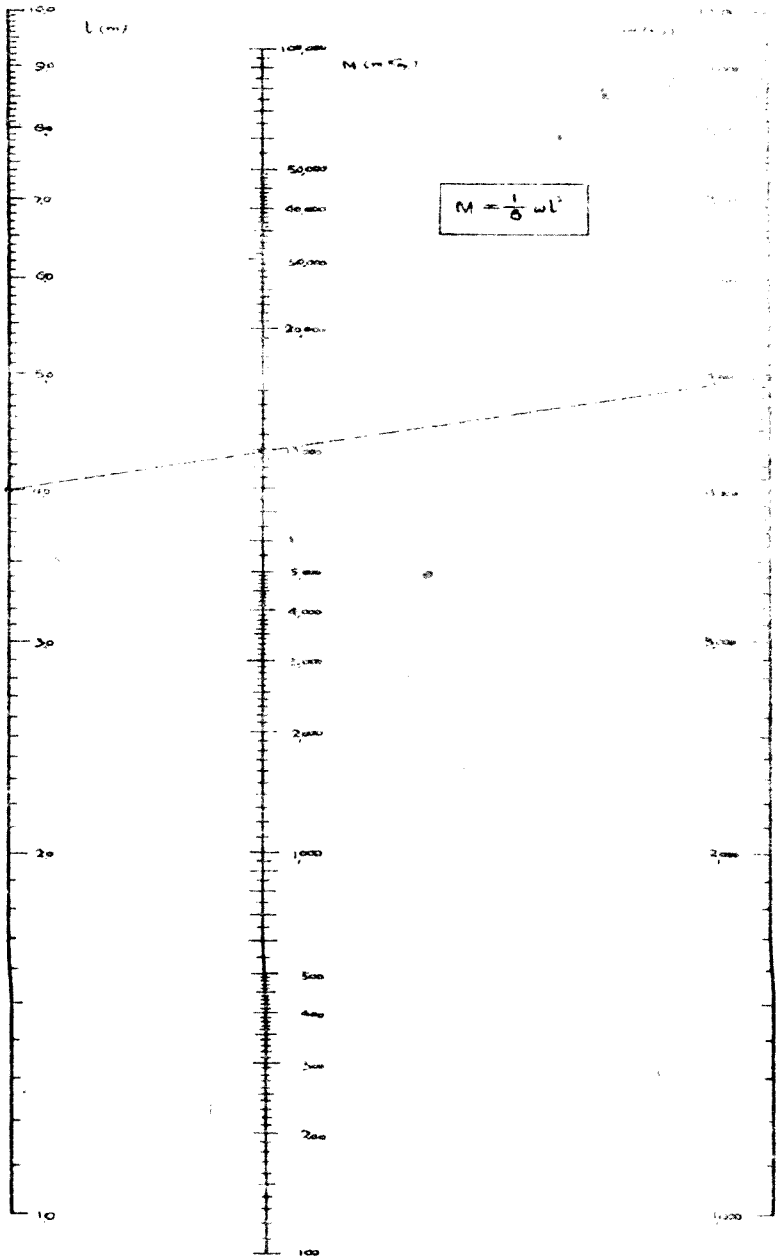
圖解內之點線表示使用之步驟。





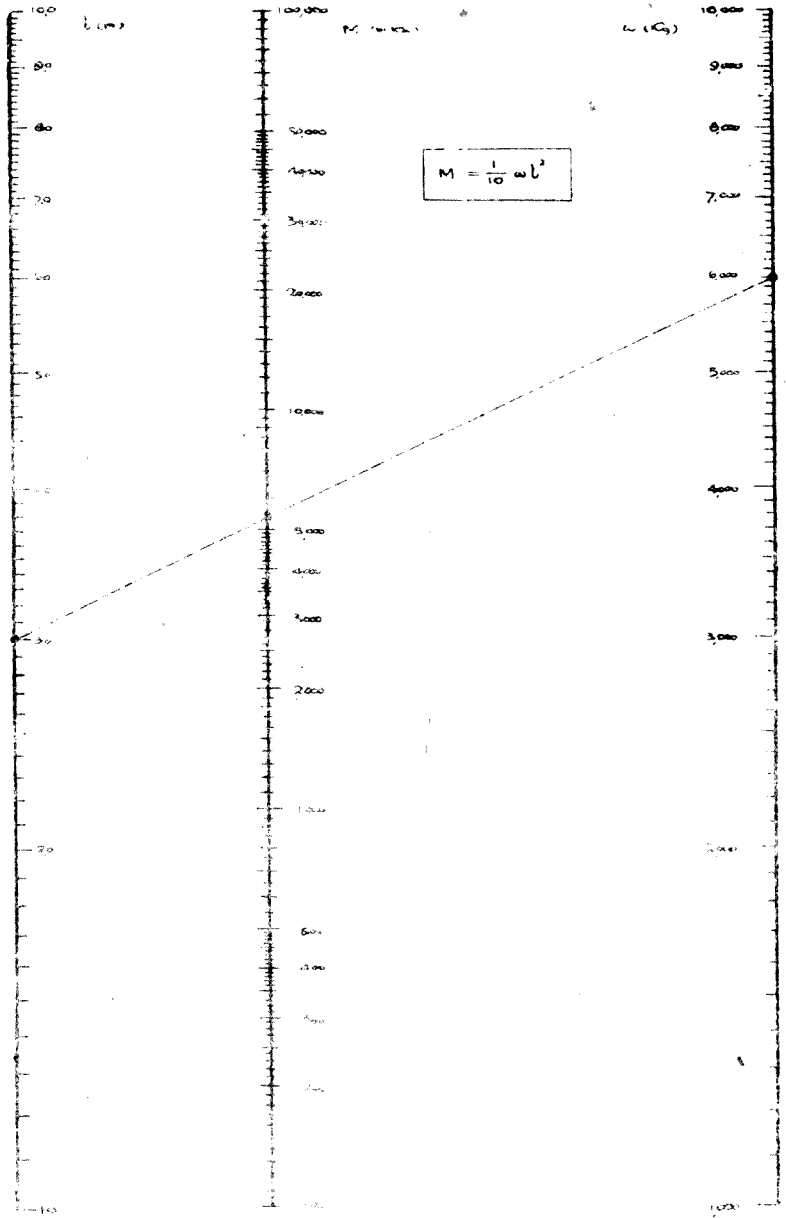


圖解 105



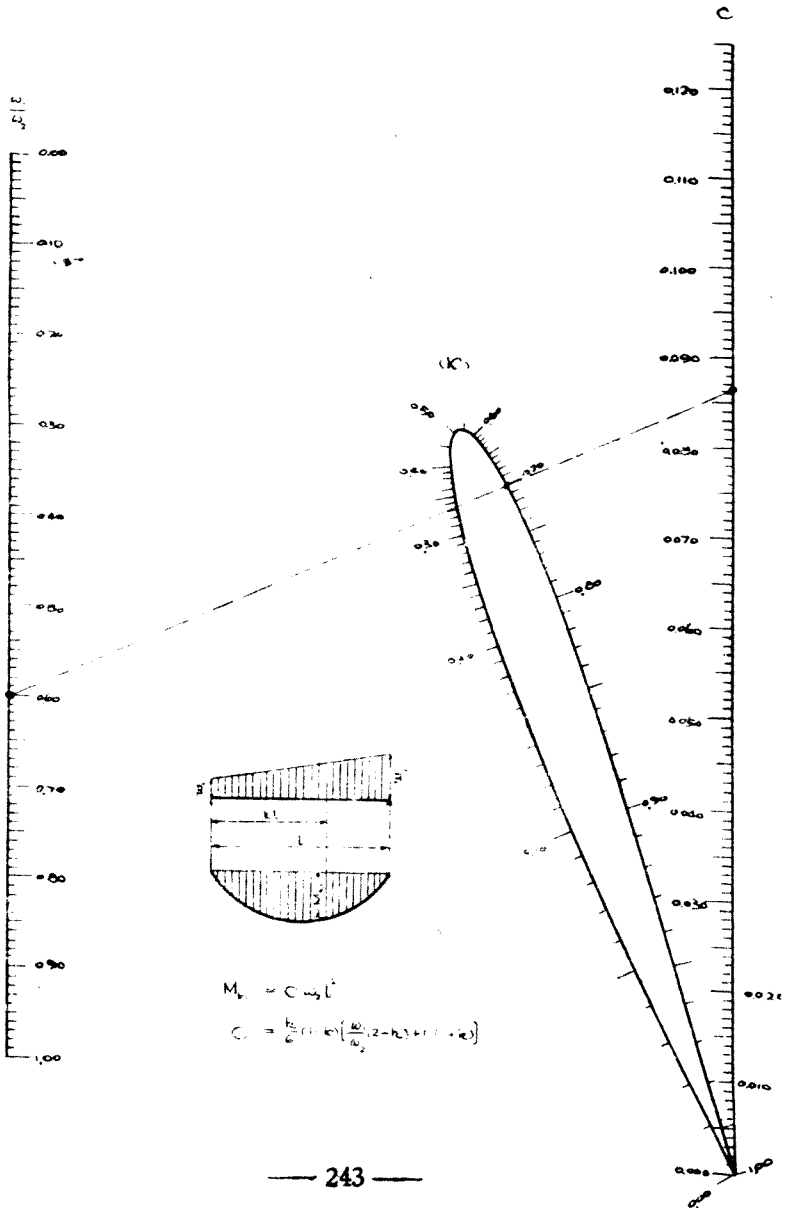


圖解 106





圖解 107





解 108

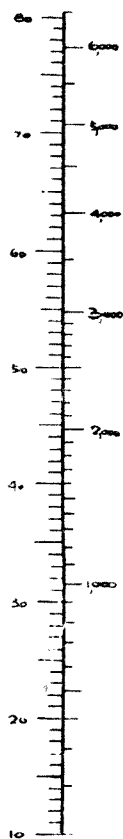
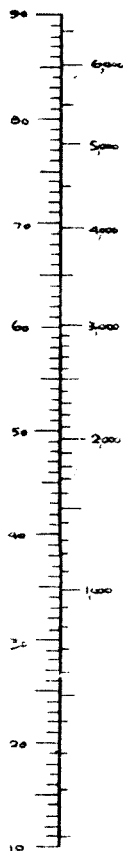
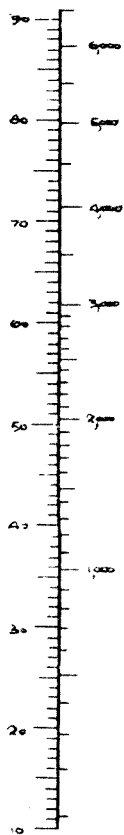


$h$  (m)

$d$  (cm)     $A$  (cm<sup>2</sup>)

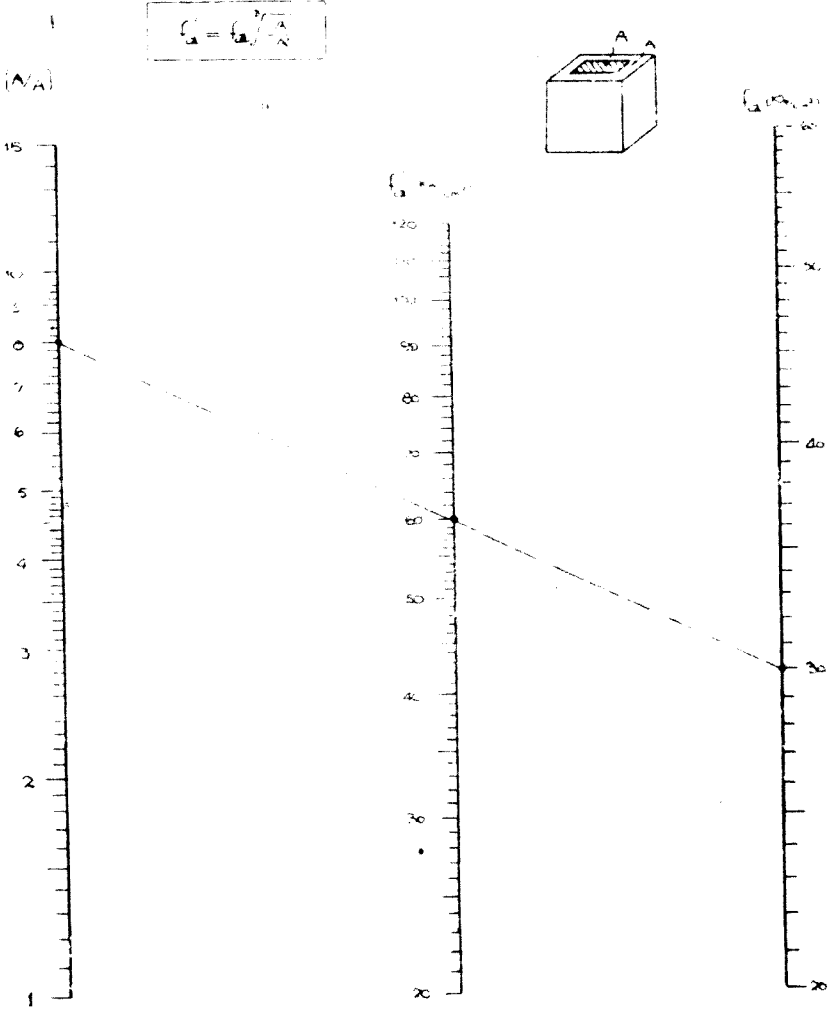
$d$  (cm)     $A$  (cm<sup>2</sup>)

$d$  (cm)     $A$  (cm<sup>2</sup>)











# 附 錄

## 鋼筋混凝土設計時應注意之要項 (美國規定)

1. 鋼筋與鋼筋間之最小間隔應有下列之限制。
  - a. 未加錨定之鋼筋——圓鋼筋不得小於其直徑之一倍半，方鋼筋不得小於其對角線之一倍半。
  - b. 特別錨定之鋼筋——圓鋼筋不得小於其直徑，方鋼筋不得小於其對角線。
2. 版梁主鋼筋之間隔不得超過版梁厚度之三倍。
3. 鋼筋以外混凝土保護層之厚度不得小於鋼筋之直徑，亦不得小於下列規定。
  - a. 防火建築——版梁或牆不得小於一吋，桁，梁及柱不得小於一吋半。
  - b. 普通建築——版梁或牆不得小於四分之三吋，桁，梁，及柱不得小於一吋。
4. 混凝土工程之建築於地面上者，其基於地面一面之保護層厚度至少應有三吋，其他各面之與泥土或空氣相接觸者，其保護層厚度至少應有二吋。
5. 鋼筋之接頭 (Splice)——鋼筋之接頭，必需兩根互相伸展搭疊 (Overlap)。下列各點並應注意：
  - a. 在承受最大應力處應避免有接頭。
  - b. 相隣鋼筋之接頭應參差互用，避免在同一位置。
  - c. 搭疊處鋼筋之間隔應有前述之規定。
  - d. 使搭疊處能充分傳遞應力 (鋼筋與鋼筋間之剪力及抗滑力)。普通規定搭疊之長度至少應為鋼筋直徑之四十倍。
6. 標準彎鈎 (Standard Hook) 之直徑至少應為鋼筋直徑 (方鋼筋之邊) 之五倍，普通用  $\frac{1}{4}$ " 至  $\frac{3}{8}$ " 之鋼筋，彎鈎直徑為鋼筋直徑之六倍；用 1" 至  $1\frac{1}{4}$ " 之鋼筋，彎鈎直徑為鋼筋直徑之八倍。彎鈎以後之延展部份 (Extention)，其長度至少應為鋼筋直徑之四倍。
7. 防止伸縮及因溫度變化而脫裂等情形之縱向鋼筋，約為主鋼筋數量之 0.2% 至 0.3%，但其間隔不得大於版梁厚度之五倍，亦不得大於十八吋。
8. 跨度之規定 (設計時計算之採用)。
  - a. 單桁——兩端支座中心至中心之距離，但不得大於淨跨度與桁厚之和。
  - b. 連續桁或限制桁——支座間之淨距。

## 第 1 附表

## 鋼筋混凝土之許用應力表

## (1) 美國規定

應 力	部 材 之 種 類	許 用 應 力
軸 壓 力	長 12 公尺以下之帶箍鋼筋柱	$0.20 f_c'$
	長 12 公尺以下之螺旋筋柱	$300 + (0.10 + 4 p) f_c'$
	長柱	—
	橋脚	$0.25 f_c'$
極邊纖維應力	彎曲材	$0.40 f_c'$
	連續桁之支點附近	$0.45 f_c'$
剪 力	錨定主鋼筋用於有腹鋼筋之桁	$0.12 f_c'$
	不錨定之鋼筋用於有腹鋼筋之桁	$0.06 f_c'$
	錨定主鋼筋用於無腹鋼筋之桁	$0.03 f_c'$
	不錨定之鋼筋用於無腹鋼筋之桁	$0.02 f_c'$
	平版	$0.03 f_c'$
	錨定主鋼筋用於基礎部份	$0.03 f_c'$
	不錨定主鋼筋用於基礎部份	$0.02 f_c'$
附 着 力	桁及版(光面鋼筋)	$0.04 f_c'$
	桁及版(變形鋼筋)	$0.05 f_c'$
	基礎(單方向光面鋼筋)	$0.04 f_c'$
	基礎(單方向變形鋼筋)	$0.05 f_c'$
	基礎(雙方向變形鋼筋)	前二項之 80%

$f_c'$  為所用混凝土經 28 日後之極限抗壓強度，視拌和時水量與膠灰之比率而定。(其常用數值為 1500, 2000, 2500 或 3000 lb/in<sup>2</sup> 等。)

## (2) 德國規定

應力	部材之種類	許用應力(kg/cm <sup>2</sup> )	
中心壓力	普通水泥	35	
	高級水泥	45	
	經 28 日之試驗	$\frac{h}{b} \leq 20$ $b \leq 40 \text{ cm}$	$\frac{f'}{4}$ $\leq 60$
		$b > 40 \text{ cm}$	$\leq 70$
彎曲及偏心壓力	普通水泥	40	
	高級水泥	50	
	經 28 日之試驗	$\frac{f'}{3}$ 但必 $\leq 65$	
剪力	有腹鋼筋之桁及版	14	
	無腹鋼筋之桁及版	6	
附着力		5	

## (3) 日本規定

應力	部材之種類	許用應力(kg/cm <sup>2</sup> )
軸壓力		$\frac{f'}{4} \leq 50$
彎曲壓力	含有偏心荷重之情形下	$\frac{f'}{3} \leq 65$
支壓力		$\frac{f'}{3.5} \leq 55$
剪力	有腹鋼筋	14
	無腹鋼筋	4.5
附着力		5.5

附註：鋼筋混凝土所用之鋼筋其許用應力如下：

建築鋼之容用張力不得超過 1200 kg/cm<sup>2</sup> (或 16,000 lb/in<sup>2</sup>)

舊鋼軌, 中級鋼, 及硬鋼可至 1250 kg/cm<sup>2</sup> (或 18,000 lb/in<sup>2</sup>)

第 2 附表

桁之係數表 ( $N=15$ )

$$k = \frac{nf_s}{f_s + nf_s} \quad j = 1 - \frac{k}{3}$$

$$C_1 = \frac{f_s}{2}kj \quad C_2 = f_s j \quad p = \frac{f_s k}{2f_s}$$

$f_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$k$	$j$	$C_1$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$C_2$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$p$ %
1,000	35	0.344	0.885	5.32	885	0.602
	40	375	875	6.56	875	750
	45	403	867	7.88	867	907
	50	429	857	9.19	857	1,073
1,050	35	0.333	0.889	5.18	933	0.556
	40	364	879	6.40	923	693
	45	391	870	7.65	914	838
	50	417	861	8.96	904	1,043
1,100	35	0.323	0.892	5.04	981	0.514
	40	353	882	6.24	970	642
	45	380	873	7.47	960	777
	50	405	865	8.76	952	1,013
1,150	35	0.313	0.896	4.90	1,030	0.476
	40	343	886	6.08	1,019	597
	45	370	877	7.29	1,009	724
	50	395	868	8.56	998	988
1,200	35	0.304	0.899	4.78	1,079	0.443
	40	333	889	5.92	1,067	556
	45	360	880	7.11	1,056	675
	50	385	872	8.39	1,046	963
1,250	35	0.296	0.901	4.66	1,126	0.414
	40	324	892	5.80	1,115	518
	45	351	883	6.98	1,104	632
	50	375	875	8.20	1,094	750

## 第3附表

單位寬度矩形桁之強度表 ( $b=100\text{ cm}$ )

$d(\text{cm})$	$f'_s = 1100, f'_c = 50, u = 4.0, n = 15$			$f'_s = 1,200, f'_c = 45, u = 4.5, n = 15$		
	$M(\text{cm}\cdot\text{kg})$	$V(\text{kg})$	$A_s(\text{cm}^2)$	$M(\text{cm}\cdot\text{kg})$	$V(\text{kg})$	$A_s(\text{cm}^2)$
5	15,600	1,769	3.2	17,780	1,980	3.4
10	62,400	3,530	6.4	71,100	3,960	6.8
15	140,400	5,290	9.6	159,980	5,940	10.1
20	249,600	7,060	12.8	284,400	7,920	13.5
25	390,000	8,820	16.1	444,340	9,900	16.9
30	561,600	10,580	19.3	639,900	11,880	20.3
35	764,400	12,350	22.5	870,980	13,860	23.6
40	998,400	14,110	25.7	1,137,600	15,840	27.0
45	1,263,600	15,880	28.9	1,439,780	17,820	30.4
50	1,560,000	17,640	32.1	1,777,500	19,800	33.8
55	1,887,600	19,400	35.3	2,150,780	21,780	37.1
60	2,246,400	21,170	38.5	2,559,600	23,760	40.5
65	2,636,400	22,930	41.7	3,003,980	25,740	43.9
70	3,057,600	24,700	44.9	3,483,900	27,720	47.3
75	3,510,000	26,460	48.2	3,999,380	29,700	50.6
80	3,992,600	28,220	51.4	4,550,400	31,680	54.0
85	4,508,400	29,990	54.6	5,136,980	33,660	57.4
90	5,054,400	31,750	57.8	5,659,100	35,640	60.8
95	5,531,600	33,520	61.0	6,416,780	37,620	64.1
100	6,240,000	35,280	64.2	7,110,000	39,600	67.5
105	6,879,600	37,040	67.4	7,838,780	41,580	70.9
110	7,550,400	38,810	70.6	8,603,100	43,560	74.3
115	8,252,400	40,570	73.8	9,402,980	45,540	77.6
120	8,985,600	42,340	77.0	10,238,400	47,520	81.0
125	9,750,000	44,100	80.3	11,109,380	49,500	84.4
130	10,545,600	45,860	83.5	12,015,900	51,480	87.8
135	11,372,400	47,630	86.7	12,957,980	53,460	91.1
140	12,230,400	49,390	89.9	13,935,000	55,440	94.5
145	13,119,600	51,160	93.1	14,945,780	57,420	97.9
150	14,040,000	52,870	96.3	15,997,500	59,400	101.3



第4附表

鋼筋斷面積,周長及重量表

	直徑或邊		圓 鋼 筋			方 鋼 筋		
	(mm)	(in)	斷面積 cm <sup>2</sup>	周長 cm	重量 kg/m	斷面積 cm <sup>2</sup>	周長 cm	重量 kg/m
直 徑 以 公 制 為 單 位	5	0.20	0.20	1.6	0.16	0.25	2.0	0.20
	6	0.24	0.28	1.9	0.22	0.36	2.4	0.28
	7	0.28	0.38	2.2	0.30	0.49	2.8	0.38
	8	0.32	0.50	2.5	0.39	0.64	3.2	0.50
	10	0.39	0.79	3.1	0.61	1.00	4.0	0.78
	12	0.47	1.13	3.8	0.88	1.44	4.8	1.13
	14	0.55	1.54	4.4	1.20	1.96	5.6	1.53
	16	0.63	2.01	5.0	1.57	2.56	6.4	2.00
	18	0.71	2.54	5.7	1.99	3.24	7.2	2.54
	20	0.79	3.14	6.3	2.46	4.00	8.0	3.14
	22	0.87	3.80	6.9	2.98	4.84	8.8	3.79
	26	1.02	5.31	8.2	4.16	6.76	10.4	5.30
	28	1.10	6.16	8.8	4.83	7.84	11.2	6.15
	32	1.26	8.04	10.1	6.31	10.24	12.8	8.03
	36	1.42	10.18	11.3	7.98	12.96	14.4	10.17
	38	1.50	11.34	11.9	8.90	14.44	15.2	11.33
	42	1.65	13.85	13.2	10.87	17.64	16.8	13.84
	44	1.73	15.21	13.8	11.93	19.36	17.6	15.20
48	1.89	18.10	15.1	14.20	23.04	19.2	18.09	
直 徑 以 英 制 為 單 位	6.35	$\frac{1}{4}$	0.32	2.0	0.25	0.40	2.5	0.32
	7.94	$\frac{5}{16}$	0.50	2.5	0.39	0.63	3.2	0.49
	9.53	$\frac{3}{8}$	0.71	3.0	0.56	0.91	3.8	0.71
	12.70	$\frac{1}{2}$	1.27	4.0	0.99	1.61	5.1	1.26
	15.88	$\frac{5}{8}$	1.98	5.0	1.55	2.52	6.4	1.98
	19.05	$\frac{3}{4}$	2.85	6.0	2.24	3.63	7.6	2.84
	22.23	$\frac{7}{8}$	3.88	7.0	3.04	4.94	8.9	3.87
	25.40	1	5.07	8.0	3.97	6.45	10.2	5.06
	28.58	1 $\frac{1}{8}$	6.41	9.0	5.02	8.17	11.4	6.40
	31.75	1 $\frac{1}{4}$	7.92	10.0	6.20	10.09	12.7	7.90
	34.93	1 $\frac{3}{8}$	9.58	11.0	7.50	12.20	14.0	9.56
	38.10	1 $\frac{1}{2}$	11.40	12.0	8.93	14.52	15.2	11.39

附註：變形鋼筋(Deformed Bar)之重量,較表上所列之重量增加1.5%

## 第5附表

## 圓鋼筋羣面積表

直 徑	斷 面 積 (cm <sup>2</sup> )								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	0.196	0.393	0.589	0.785	0.982	1.178	1.374	1.571	1.767
6	0.283	0.566	0.828	1.131	1.414	1.697	1.979	2.262	2.545
7	0.385	0.770	1.155	1.539	1.924	2.309	2.694	3.079	3.464
8	0.503	1.005	1.508	2.011	2.513	3.016	3.519	4.021	4.524
10	0.785	1.571	2.356	3.142	3.927	4.712	5.498	6.283	7.069
12	1.131	2.262	3.393	4.524	5.655	6.786	7.917	9.048	10.179
14	1.539	3.079	4.618	6.158	7.697	9.236	10.776	12.315	13.854
16	2.011	4.021	6.032	8.043	10.053	12.064	14.074	16.085	18.096
18	2.545	5.089	7.634	10.179	12.724	15.268	17.813	20.358	22.902
20	3.142	6.283	9.425	12.566	15.708	18.850	21.991	25.133	28.274
22	3.801	7.603	11.404	15.205	19.007	22.808	26.609	30.411	34.212
25	4.909	9.818	14.726	19.635	24.544	29.452	34.361	39.270	44.179
28	6.158	12.315	18.473	24.639	30.788	36.945	43.103	49.260	55.418
32	8.043	16.085	24.128	32.170	40.213	48.255	56.298	64.340	72.383
36	10.179	20.358	30.536	40.715	50.894	61.073	71.252	81.430	91.609
$\frac{1}{4}$ "	0.317	0.633	0.950	1.267	1.584	1.900	2.217	2.534	2.850
$\frac{5}{16}$	0.495	0.990	1.485	1.979	2.474	2.969	3.464	3.959	4.454
$\frac{3}{8}$	0.713	1.425	2.138	2.850	3.563	4.275	4.988	5.701	6.413
$\frac{1}{2}$	1.267	2.534	3.800	5.067	6.334	7.601	8.867	10.134	11.401
$\frac{5}{8}$	1.979	3.959	5.938	7.917	9.897	11.876	13.855	15.835	17.814
$\frac{3}{4}$	2.850	5.701	8.551	11.401	14.251	17.101	19.952	22.802	25.652
$\frac{7}{8}$	3.880	7.759	11.638	15.518	19.397	23.277	27.156	31.036	34.915
1	5.067	10.134	15.201	20.268	25.335	30.402	35.470	40.537	45.604
$1\frac{1}{8}$	6.413	12.826	19.238	25.651	32.064	38.477	44.890	51.303	57.715
$1\frac{1}{4}$	7.917	15.835	23.752	31.669	39.587	47.504	55.421	63.338	71.256
$1\frac{3}{8}$	9.580	19.160	28.740	38.320	47.900	57.480	67.060	76.640	86.220
$1\frac{1}{2}$	11.401	22.802	34.203	45.604	57.005	68.405	79.806	91.207	102.608

第6附表

方鋼筋羣面積表

直 徑	斷 面 積 (cm <sup>2</sup> )								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25
6	0.36	0.72	1.08	1.44	1.80	2.16	2.52	2.88	3.24
7	0.49	0.98	1.47	1.96	2.45	2.94	3.43	3.92	4.41
8	0.64	1.28	1.92	2.56	3.20	3.84	4.48	5.12	5.76
10	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00
12	1.44	2.88	4.32	5.76	7.20	8.64	10.08	11.52	12.96
14	1.96	3.92	5.88	7.84	9.80	11.76	13.72	15.68	17.64
16	2.56	5.12	7.68	10.24	12.80	15.36	17.92	20.48	23.04
18	3.24	6.48	9.72	12.96	16.20	19.44	22.68	25.92	29.16
20	4.00	8.00	12.00	16.00	20.00	24.00	28.00	32.00	36.00
22	4.84	9.68	14.52	19.36	24.20	29.04	33.88	38.72	43.56
25	6.25	12.50	18.75	25.00	31.25	37.50	43.75	50.00	56.25
28	7.84	15.68	23.52	31.36	39.20	47.04	54.88	62.72	70.56
32	10.24	20.48	30.72	40.96	51.20	61.44	71.68	81.92	92.16
36	12.96	25.92	38.88	51.84	64.80	77.76	90.72	103.68	116.64
1 1/4"	0.403	0.806	1.210	1.613	2.016	2.419	2.823	3.226	3.629
1 1/6"	0.630	1.261	1.891	2.522	3.152	3.783	4.413	5.044	5.674
1 3/8"	0.908	1.816	2.725	3.633	4.541	5.449	6.357	7.266	8.174
1 1/2"	1.610	3.221	4.831	6.441	8.052	9.662	11.273	12.883	14.483
5/8"	2.522	5.043	7.565	10.087	12.609	15.130	17.652	20.174	32.696
3/4"	3.629	7.258	10.887	14.516	18.145	21.774	25.403	29.032	32.661
7/8"	4.942	9.883	14.825	19.767	24.709	29.650	34.592	39.534	44.476
1"	6.452	12.903	19.355	25.806	32.258	38.710	45.161	51.613	58.064
1 1/8"	8.168	16.336	24.504	32.673	40.841	49.009	57.177	65.345	73.513
1 1/4"	10.081	20.161	30.242	40.323	50.403	60.484	70.564	80.645	90.726
1 3/8"	12.201	24.402	36.603	48.804	61.005	73.206	85.407	97.608	109.809
1 1/2"	14.516	29.032	43.548	58.064	72.581	87.097	101.613	116.129	130.645

第7附表

## 混凝土每一立方公尺所需材料表

配 合	粗骨材空隙 45%			粗骨材空隙 40%		
	水泥 (kg)	砂 (m <sup>3</sup> )	碎石 (m <sup>3</sup> )	水泥 (kg)	砂 (m <sup>3</sup> )	碎石 (m <sup>3</sup> )
1:1:2	585.0	0.39	0.78	562.5	0.37	0.75
1:1½:3	425.0	0.42	0.85	401.0	0.41	0.81
1:2:3	385.0	0.52	0.77	370.0	0.50	0.74
1:2:4	333.8	0.45	0.89	318.8	0.43	0.85
1:2:5	294.0	0.39	0.98	279.0	0.37	0.93
1:2½:5	276.0	0.46	0.92	261.0	0.44	0.87
1:3:6	235.0	0.47	0.94	225.0	0.45	0.90
1:4:8	180.0	0.48	0.96	170.6	0.46	0.91

附註

(1) 一桶水泥 = 172 公斤 = 0.10754 立方公尺 = 3.8 立方英尺 = 375 磅

(2) 混凝土需用材料數量通常均用 Wm. F. Fuller 之公式計算:

$$\text{洋灰} = \frac{14.40}{c+s+g} \text{ (桶)} \quad \text{或} = \frac{1.55}{c+s+g} \text{ 立方公尺}$$

$$\text{黃砂} = \frac{1.55s}{c+s+g} \text{ 立方公尺}$$

$$\text{碎石} = \frac{1.55g}{c+s+g} \text{ 立方公尺}$$

(3) 砂石之重量如下表:

類別	鬆		緊	
	kg/m <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>
黃砂	1500	94	1760	110
碎石	1310~2000	82~125	1440~2320	90~145

(4) 水泥之重量如下

$$\text{鬆水泥} = 1440 \text{ kg/m}^3 = 90 \text{ lb/in}^3$$

$$\text{已凝固之水泥} = 2700 \sim 3200 \text{ kg/m}^3 = 183 \text{ lb/in}^3$$

(5) 混凝土之重量 = 2200~2400 kg/m<sup>3</sup> = 144 lb/in<sup>3</sup>

第 8 附表

## 公制英制單位換算表

長 度			面 積			
m.	in.	ft.	m. <sup>2</sup>	in. <sup>2</sup>	ft. <sup>2</sup>	
1	39.37	3.2808	1	1550.00	10.76390	
0.0254	1	0.0833	0. <sub>0</sub> <sup>3</sup> 645	1	0.00694	
0.3048	12	1	0.0929	144	1	
體 積			重 量			
dm. <sup>3</sup>	in. <sup>3</sup>	ft. <sup>3</sup>	kg.	lb.	Long ton (2240 lbs)	m. ton (1000 kg)
1	61.0234	0.03531	1	2.2046	0. <sub>0</sub> <sup>3</sup> 9842	0.001
0.01639	1	0. <sub>0</sub> <sup>3</sup> 5787	0.45359	1	0. <sub>0</sub> <sup>3</sup> 4464	0. <sub>0</sub> <sup>3</sup> 4536
28.3170	1728	1	1016.05	2240	1	1.01605
			1000	2204.62	0.98421	1
單位長度之重量			應 力			
kg/m	lb/in	lb./ft.	kg/cm <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	lb/ft <sup>2</sup>	
1	0.0560	0.67197	1	14,2234	2048.17	
17.8579	1	12	0.07031	1	144	
1.4882	0.0833	1	0. <sub>0</sub> <sup>3</sup> 4882	0. <sub>0</sub> <sup>2</sup> 6944	1	
密 度			力 矩			
kg/m <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	kg-m	ft-lb		
1	0. <sub>0</sub> <sup>4</sup> 3613	0.06243	1	7.23300		
27679.7	1	1728	0.13826	1		
16.0184	0. <sub>0</sub> <sup>4</sup> 5787	1				

0.<sub>0</sub><sup>3</sup>, 0.<sub>0</sub><sup>2</sup> 等表示小數點以下之“0”之個數, 如 0.<sub>0</sub><sup>3</sup>645 即 0.000645, 0.<sub>0</sub><sup>2</sup>6944 即 0.006944 是也。

## 第9附表

## 中英文譯名對照表

## 二 畫

力矩 Moment  
八角形斷面 Octagon Section

## 四 畫

支點 Support  
比例插入法 Interpolation  
中立軸比 Ratio of Depth of Neutral  
Axis to Depth  $d$   
中立軸線 Neutral Axis  
中空圓筒斷面 Hollow Circular Section  
勻佈荷重 Uniform Load  
水泥 Cement

## 五 畫

石灰 Lime  
平版梁 Flat Slab  
外力 External Force  
正鋼筋 Positive Steel  
加強鋼筋 Reinforcing Steel  
四側鋼筋 Four-way Reinforcement  
平衡鋼筋比 Steel Percentage for Balanc-  
ed Design  
正面解法 Direct Solution

## 六 畫

有效高度 Effective Depth  
曲線圖 Diagram  
死荷重 Dead Load  
收縮 Shrinking  
光面鋼筋 Plain Bar  
吋 Inch  
合力 Resultant  
安全荷重 Safe Load

## 七 畫

抗剪應力 Shearing Stress  
抗拉應力 Tensile Stress  
抗拉強度 Tensile Strength  
抗壓應力 Compressive Stress  
抗壓強度 Compressive Strength  
呎 Foot  
梁 Girder

## 八 畫

抵抗力矩 Resisting Moment  
周界, 周長 Perimeter  
附着應力 Bond Stress  
直尺 Celluloid Scale  
例題 Example  
近似值 Approximate Value

## 九 畫

柱 Column  
版梁 Slab  
砂 Sand  
限制梁 Restrained Beam  
活荷重 Live Load  
計算應力 Calculated Stress  
重心 Centroid  
施力點 Point of Application

## 十 畫

桁 Beam  
矩形斷面 Rectangular Section  
脊梁斷面 Ridge Section  
骨材 Aggregate  
真值 True Value  
樑間 Panel

## 十一畫

許用單位應力 Allowable Unit Stress  
 規範書 Specification  
 荷重 Load  
 間隔 Spacing  
 混凝土 Concrete  
 剪力 Shear

## 十二畫

極限強度 Ultimate Strength  
 極邊纖維應力 Extreme Fiber Stress  
 集中荷重 Concentrated Load  
 單側鋼筋 Simple Reinforcement  
 軸向壓力 Axial Load

## 十三畫

跨徑 Span  
 實用應力 Working Stress  
 圓形斷面 Circular Section  
 圓環 Circular Ring  
 腹鋼筋 Web Reinforcement

## 十四畫

誤差 Error  
 圖解 Nomograph  
 對側鋼筋 Double Reinforcement  
 精確度 Degree of Accuracy  
 試算法 Cut and Try Method

## 十五畫

彈性限度 Elastic Limit  
 彈性係數 Modulus of Elasticity  
 環動半徑 Radius of Gyration

## 十六畫

錨定 Anchorage  
 鋼肋 Stirrup  
 鋼箍 Loop  
 鋼筋混凝土 Reinforced Concrete

## 十七畫

壓縮 Compression  
 螺旋鋼筋 Spiral Reinforcement  
 應力 Stress  
 應變 Strain  
 翼緣 Flange

## 十八畫

轉動慣量 Moment of Inertia

## 十九畫

軀 Stem

## 二十二畫

彎鉤 Hook  
 彎曲力矩 Bending Moment  
 變形鋼筋 Deformed Bar  
 變數 Variable

## 二十三畫

體積 Volume  
 纖維 Fiber

## 外來字

T形斷面 T-section

