

钢筋混凝土设计手册

工作应力法

71-62

一九九〇年

符 號

- a = 用於 $A_s = \frac{M}{ad}$ 與 $A_s = \frac{NE}{adi}$ 之係數。
 a_f = 同 a , 但僅用於 T 形斷面之翼緣。
 a_w = 同 a , 但僅用於 T 形斷面之梁腹。
 A = 方形柱脚之寬度。
 A_g = 混凝土斷面之總面積。
 A_s = 梁或柱之受拉鋼筋之面積。
 A_{s1} = 柱之豎鋼筋之總面積。
 A_s' = 受撓構材之受壓鋼筋之斷面積, 或四面鋼筋柱之鋼筋當量面積。
 A_s'' = 四面鋼筋柱之鋼筋修正面積。
 A_{sf} = 平衡 T 形梁翼緣受壓部份之受拉鋼筋面積。
 A_{sw} = 平衡 T 形梁腹受壓部份之受拉鋼筋面積。
 A_v = 腹筋之面積。
 A_{v1} = 端面鋼筋面積, 即平行於柱之受壓面與受拉面之豎鋼筋面積。
 A_{v2} = 側面鋼筋面積, 即柱側面之豎鋼筋面積。
 b = 矩形梁寬; T 形梁翼寬; 柱之邊寬。
 b' = 用於受撓計算之 T 形梁腹寬。
 B = $\sin \alpha + \cos \alpha$, 與腹筋計算有關之係數, 或與撓度計算有關之係數。
 c = 用於 $A_s' = \frac{M - KF}{cd}$ 與 $A_s' = \frac{NE - KF}{cd}$ 之係數。
 C = 受撓計算中之壓應力之合力。
 $= \frac{F_c}{F_b}$, 用於第二類柱 (壓力控制 $c_a < c < c_b$) 之設計係數。
 C' = $\frac{100}{0.17 mg f_c'}$, 用於橫維矩形第三類柱 (拉力控制 $c > c_b$) 之設計係數 (f_c' , t/cm²)。
 $= \frac{100}{0.102 mg f_c'}$, 用於螺旋箍矩形或圓形第三類柱之設計係數 (f_c' , t/cm²)。
 C_1 = 用於計算無裂 T 形斷面慣性矩之係數。
 C_2 = $\frac{R_r}{R_s}$, 用於計算有裂 T 形斷面撓度之係數。
 d = 受撓構材之有效深度。
 d' = 最外壓縮纖維至受壓鋼筋重心之距離。
 d'' = 混凝土斷面中心線至受拉鋼筋重心之距離。
 D = $\frac{bt^2}{s}$, 用於第二類柱之設計係數。
 $=$ 鋼筋之直徑。

符 號

$D' = \frac{M_b' - M_o'}{P_b'}$ ，用於第三類柱之設計係數。

D_s = 通過螺旋箍柱豎鋼筋中心之圓之直徑。

D_1, D_2 = 同束兩種鋼筋之直徑。

e = 量自受拉鋼筋重心之偏心距 (cm)。

e_a = P_a 之最大容許偏心距。

e_b = P_b 之最大容許偏心距。

E = 量自受拉鋼筋重心之偏心距 (m)。

E_c = 混凝土之彈性模數。

E_s = 鋼之彈性模數。

f_a = 軸向載重除以柱之 A_g 。

f_c = 混凝土之最外纖維壓應力。

f_c' = 混凝土設計強度。

f_t = 受拉鋼筋或柱鋼筋之應力。

f_t' = 受撓構材內受壓鋼筋之應力。

f_v = 腹筋之應力。

f_y = 鋼筋之降服強度。

$F = \frac{bd^2}{100,000}$ ，用於計算混凝土斷面抵抗彎矩。

$F_a = 0.34 (1 + p_g m) f_c'$ ，用於柱之設計。

$F_b = 0.45 f_c'$ ，容許撓曲應力。

$F_f = F$ ，但僅用於 T 形斷面之翼緣。

$F_w = F$ ，但僅用於 T 形斷面之梁腹。

g = 通過鋼筋中心之圓之直徑 (gt) 或柱兩對面鋼筋間之距離 (gt) 與柱直徑或全深 (t) 之比值。

$G = \frac{P_{ag}}{F_a bt}$ ，用於第二類柱之設計係數。

h = 柱之實際無支長度。

h' = 柱之有效長度。

$i = \frac{l}{1 - \frac{jd}{e}}$ ，用於受彎矩與軸力之斷面。

$i_f = i$ ，但僅用於 T 形斷面之翼緣。

$i_w = i$ ，但僅用於 T 形斷面之梁腹。

I = 慣性矩。

j = 壓力重心至拉力重心間距離 (jd) 與有效深度 (d) 之比。

k = 最外纖維至中性軸間之距離 (kd 或 kt) 與有效深度或全深之比。

$K = \frac{1}{2} f_c k j$ ，用於撓曲之計算。

$= \frac{A_{s2}}{A_{s1}}$ ，用於四面鋼筋柱之設計。

= 勁度因數，構材慣性矩與其長度之比，用於計算 r' 。

K_f = K ，但僅用於 T 形斷面之翼緣。

K_w = K ，但僅用於 T 形斷面之梁腹。

L = 跨度；搭接長度；埋藏長度。

m = $np + (2n-1)p'$ ，用於計算 k 值。

$= \frac{f_y}{0.85 f_c'}$ ，用於柱之設計。

M = 作用彎矩。

M_r = 混凝土應力所生之抵抗彎矩。

M_s = 柱設計中由 P_s 所生之相當彎矩。

M_o = 柱受純彎時之容許彎矩。

M_{oe} = 用於第三類柱設計之當量純彎矩。

M_s = $F_s S$ ，用於柱之設計。

$M' = \frac{M}{f_c' t A_g}$ ，柱 $P'-M'$ 圖之橫座標。

$n = \frac{E_s}{E_c}$ 。

N = 外力或載重 (t)。

= 肋筋之根數。

$N' = \frac{N}{f_c' A_g}$ 。

NA = 中性軸。

p = 梁或柱受拉鋼筋面積與混凝土有效面積之比。

p' = 梁受壓鋼筋面積與混凝土有效面積之比。

$p_g = \frac{A_{s1}}{A_g}$ 。

$p_1 = \frac{A_{s1}}{A_g}$ 。

$p_2 = \frac{A_{s2}}{A_g}$ 。

$p_v' = \frac{A_s'}{A_g}$ 。

$p_s'' = \frac{A_s''}{A_g}$ 。

p_s = 柱螺旋箍筋體積與柱心體積之比。

P = 容許軸向載重 (t)。

- $P' = \frac{P}{f_c' A_g}$ ，柱 $P'-M'$ 圖之縱座標。
 $P_a = 0.85 A_g (0.25 + 0.34 p_g m) f_c'$ ，用於計算橫箍柱。
 $= A_g (0.25 + 0.34 p_g m) f_c'$ ，用於計算螺旋箍柱。
 P_{ae} = 用於第二類柱設計之當量軸向載重。
 P_b = P 值，小於此值容許偏心距由拉力控制，大於此值容許偏心距由壓力控制。
 $q = np + (2n-1)p' \frac{d'}{d}$ ，用於計算 k 值。
 r = 柱總混凝土斷面積之迴轉半徑。
 r' = 在同一立面內，柱端處柱之 ΣK 與梁版之 ΣK 之比。
 R = 迴轉半徑。
 $=$ 撓度之設計係數。
 s = 肋筋之間距 (cm)。
 S = 剪力圖之底邊長度 (m)。
 $=$ 無裂柱斷面混凝土與鋼筋之總斷面模數。
 $S' = \frac{S}{bt^3}$ ，用於設計橫箍或螺旋箍矩形柱。
 $= \frac{S}{A_g}$ ，用於設計螺旋箍圓形柱。
 t = 柱之全深；翼緣厚度；受撓構材之總深。
 T = 拉應力之合力。
 u = 黏聚應力。
 v = 剪應力。
 v' = 由腹筋承受之剪應力。
 v_c = 混凝土容許剪應力。
 V = 剪力。
 w = 均佈載重。
 W = 受撓構材之集中載重。
 y = 最外纖維至翼緣應力合力間之距離 (y_t) 與翼緣厚度之比。
 z = 最外纖維至壓應力合力間之距離 (zkd) 與 kd 之比。
 z' = 最外纖維至壓應力合力 (包括 T 形斷面梁腹之應力) 間之距離 ($z'kd$) 與 kd 之比。
 α = 受拉鋼筋與腹筋之交角。
 δ = 最外纖維之伸長量。
 Δ = 梁之撓度。
 ρ = 梁軸撓曲之曲率半徑。
 Σo = 鋼筋之周長和。

長度及重量單位符號： mm = 公厘。 cm = 公分。 m = 公尺。
 kg = 公斤。 t = 公噸。

目 次

前 言	.....	一
目 次	.....	三
符 號	.....	六
第一章 受撓構材之設計	.....	1
1.1 應用公式	.....	7
1.2 說明	.....	7
1.3 例題	.....	7
第二章 受撓構材之驗算	.....	16
2.1 應用公式	.....	16
2.2 說明	.....	19
2.3 例題	.....	20
第三章 肋 筋	.....	30
3.1 應用公式	.....	30
3.2 說明	.....	31
3.3 例題	.....	31
第四章 梁之撓度	.....	35
4.1 應用公式	.....	35
4.2 說明	.....	38
4.3 例題	.....	39
第五章 柱之設計	.....	49
5.1 概說	.....	49
5.2 應用公式	.....	49
5.3 說明	.....	63
5.4 例題	.....	66
第六章 基脚之設計	.....	89
6.1 說明	.....	89
6.2 例題	.....	89
圖 表		
1 矩形斷面之係數 (K, k, j, p)	.....	91
2 1 m 寬矩形斷面 (版) 之抵抗彎矩	.....	92
3a 1 m 寬矩形斷面 (版) 內鋼筋之斷面積及周長	.....	95
3b 鋼筋之性質	.....	95

鋼筋混凝土設計手冊

4	矩形及 T 形斷面之抵抗彎矩係數 (F).....	96
5a	多種鋼筋組合之斷面積及周長.....	97
5b	成束鋼筋之性質.....	98
5c	多種鋼筋組合之 $\frac{\sum o}{D}$ 值.....	99
5d	成束鋼筋之 $\frac{\sum o}{D}$ 值.....	100
6a	多種鋼筋組合所需最小梁腹寬.....	101
6b	多種成束鋼筋組合所需最小梁腹寬.....	102
7	矩形與 T 形斷面之受壓鋼筋係數 (c).....	103
8	T 形斷面之係數 (K 及 a).....	105
9	T 形斷面之係數 (j 及 y).....	107
10a	受撓構材承受複合彎矩之係數 (i).....	108
10b	不對稱柱承受複合彎矩之係數 (D').....	109
10c	不對稱柱承受複合彎矩之係數 ($P_b/f_c'A_g$).....	110
11	矩形斷面之係數 (K) — 有或無受壓鋼筋 (驗算用).....	111
12	矩形斷面壓應力合力位置之係數 (z).....	112
13	矩形斷面之係數 (j) — 有或無受壓鋼筋 (驗算用).....	112
14a	受拉鋼筋之容許黏裹應力.....	113
14b	受壓鋼筋之容許黏裹應力.....	113
14c	鋼筋搭接及埋藏長度.....	114
15	垂直彎鉤肋筋埋藏所需之最小有效梁深.....	115
16	斜向腹筋設計係數.....	115
17	肋筋之間距.....	116
18	混凝土之彈性模數.....	117
19	矩形斷面之係數 (R_R).....	118
20	T 形斷面慣性矩之係數 (C_1).....	118
21	T 形斷面撓度之係數 (C_2).....	119
22a	撓度圖解.....	120
22b	撓度圖解.....	120
22c	撓度圖解.....	121
23	橫箍柱：設計係數 (G).....	122
24	橫箍柱：鋼筋承受載重.....	123
25	橫箍矩形柱：總斷面承受載重.....	124
26	橫箍矩形柱：設計係數 (c_a/t , $P_b/f_c'A_g$, CD, D').....	125
27	螺旋箍柱：設計係數 (G).....	132
28	螺旋箍柱：鋼筋承受載重.....	133

目 錄

29	螺旋箍柱：總斷面承受載重.....	134
30	螺旋箍圓形柱：設計係數 (e_a/t , $P_b/f_c'A_g$, CD , D')	135
31	螺旋箍矩形柱：設計係數 (e_a/t , $P_b/f_c'A_g$, CD , D')	143
32	橫箍矩形柱係數 (S')	150
33	受壓構材之強度減弱.....	151
34	橫箍矩形柱，四面鋼筋，係數 (D')	152
35a	橫箍矩形柱相關圖 $f_c'=210$	155
35b	橫箍矩形柱相關圖 $f_c'=280$	165
35c	橫箍矩形柱相關圖 $f_c'=350$	175
36a	螺旋箍方形柱相關圖 $f_c'=210$	183
36b	螺旋箍方形柱相關圖 $f_c'=280$	193
36c	螺旋箍方形柱相關圖 $f_c'=350$	203
37a	螺旋箍圓形柱相關圖 $f_c'=210$	211
37b	螺旋箍圓形柱相關圖 $f_c'=280$	221
37c	螺旋箍圓形柱相關圖 $f_c'=350$	231
38	螺旋箍柱最多鋼筋數量.....	239
39	柱螺旋箍筋之百分率與重量.....	240
40a	螺旋箍圓形柱：螺箍之尺寸與間距.....	241
40b	螺旋箍方形柱：螺箍之尺寸與間距.....	243
41	方形展式基腳.....	245
42	橋基腳.....	247

第一章 受撓構材之設計

1.1 應用公式

(1) 受撓構材—矩形斷面之設計

甲、斷面係數

$$\begin{aligned}
 \text{(公式 1)} \quad K &= f_c p j \\
 &= \frac{1}{2} f_c k j \\
 &= \frac{M_r}{bd^2} \quad (\text{見表 1})
 \end{aligned}$$

式中 M_r 為混凝土之抵抗彎矩。

$$\begin{aligned}
 \text{(公式 2)} \quad k &= \sqrt{2np + (np)^2} - np \\
 &= \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} \quad (\text{見表 1})
 \end{aligned}$$

$$\text{(公式 3)} \quad j = 1 - \frac{k}{3} \quad (\text{見表 1})$$

乙、受拉鋼筋

(子) 承受簡單彎矩

$$\text{(公式 4)} \quad A_s = \frac{M(\text{cm kg})}{f_s j d} = \frac{M(\text{mt})}{\frac{f_s j d}{100,000}} = \frac{M(\text{mt})}{a d}$$

$$\text{式中} \quad a = \frac{f_s j}{100,000} \quad (a, \text{見表 1 及表 3})$$

(丑) 承受複合彎矩*

$$\text{(公式 5)} \quad A_s = \frac{NE}{adi} \quad (i, \text{見表 10a})$$

M : 彎矩 (mt)

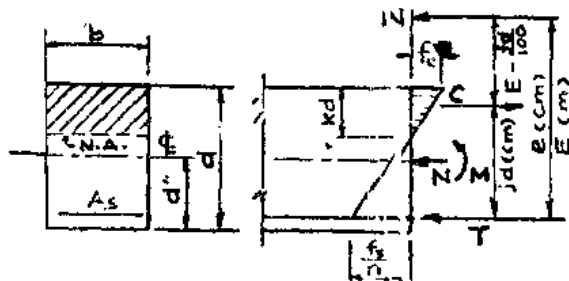
N : 軸力 (t), 或作用於距 T 之距離為 E (m) 處之等值偏心力**

C : 壓應力之合力

T : 拉應力之合力 $= A_s f_s$

[引證] 彎矩 M 與軸力 N 對 T

之彎矩為: $M + N \frac{d''}{100}$



* 複合彎矩為彎矩 M 與軸力 N 聯合作用所形成之總彎矩。

** 等值偏心力 N 為代替彎矩 M 與軸力 N 聯合作用之偏心力, 兩者對斷面所產生之應力相等。

鋼筋混凝土設計手冊

等值偏心力對 T 之彎矩為：NE

$$\text{因 } NE = M + N \frac{d''}{100},$$

$$\text{則 } E = \frac{M}{N} + \frac{d''}{100} \text{ 或 } e = \frac{100M}{N} + d''$$

$$\text{對 C 之彎矩為：} -N \left(E - \frac{jd}{100} \right) + \frac{A_s f_s jd}{100,000} = 0$$

$$\text{故 } A_s = \frac{100,000 NE}{f_s jd} \left(1 - \frac{jd}{100E} \right)$$

$$\text{以 } e = 100 E, a = \frac{f_s j}{100,000} \text{ 及 } i = \frac{1}{1 - \frac{jd}{e}} \text{ 代入，則得公式 5。}$$

若承受簡單彎矩時， $E = \infty$ ， $NE = M$ 及 $i = 1$ 。因此公式 5 亦可應用於承受簡單彎矩。

因 A_s 與 i 必須為正值，所以公式 5 僅可應用於當 e 大於 jd 之情形。至於 $\frac{e}{d}$ 之值較小時，可參考偏心受載柱之設計方法。

丙、平衡鋼筋比

(子) 承受簡單彎矩

$$\begin{aligned} \text{(公式 6)} \quad p &= \frac{A_s}{bd} \\ &= \frac{1}{\frac{2f_s}{f_c} \left(1 + \frac{f_s'}{nf_c} \right)} \\ &= \frac{f_s k}{2f_s} \end{aligned}$$

(見表 1)

(丑) 承受複合彎矩

$$\text{(公式 7)} \quad p = \frac{f_s k}{2f_s i}$$

(見表 10a)

[引證] 在公式 $p = \frac{A_s}{bd}$ 中， A_s 代以 $\frac{NE}{adi} = \frac{100,000 NE}{jf_s di}$ ，

$$\text{則 } p = \frac{100,000 NE}{jf_s bd^2 i}$$

因 p 為平衡鋼筋比， $100,000 NE = M_r = Kbd^2$ ；故

$$p = \frac{Kbd^2}{jf_s bd^2 i} = \frac{K}{jf_s i}$$

再以 $\frac{1}{2} f_s k i$ 代替 K ，則得公式 7。

丁、混凝土之抵抗彎矩

$$\begin{aligned} \text{(公式 8)} \quad M_r &= Kbd^2 (\text{cm kg}) \\ &= KF (\text{mt}) \end{aligned}$$

式中 $K = \frac{1}{2} f_c k j$ (見表 1)

$F = \frac{bd^3}{100,000}$ (見表 4)

戊、雙面鋼筋斷面之受壓鋼筋

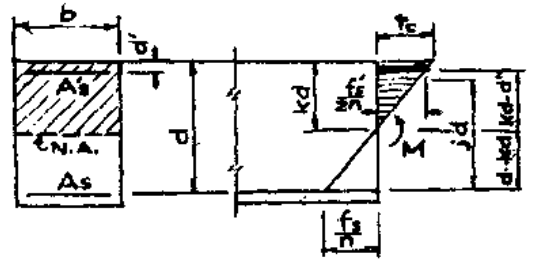
若作用彎矩大於混凝土之抵抗彎矩，即 $M > KF$ 或 $NE > KF$ 時，須設置受壓鋼筋。

(子) 承受簡單彎矩

(公式 9) $A_s' = \frac{M - KF}{cd}$

(丑) 承受複合彎矩

(公式 10) $A_s' = \frac{NE - KF}{cd}$



上二式中，當 $k \leq \frac{1}{3} + \frac{2}{3} \times \frac{d'}{d}$ 時

$c = \frac{f_s}{100,000} \times \frac{2n-1}{n} \times \frac{\left(1 - \frac{d'}{d}\right) \left(k - \frac{d'}{d}\right)}{1-k}$ (見表 7)

當 $k > \frac{1}{3} + \frac{2}{3} \times \frac{d'}{d}$ 時

$c = \frac{f_s}{100,000} \left[1 - \frac{f_s}{f_c} \left(\frac{kd - d'}{kd} \right) \right] \left(1 - \frac{d'}{d} \right)$ (見表 7)

上二式中之 c 值，前者係根據本學會規範（土木 401-59）第 1.4 節 (4) 之規定，即受壓鋼筋之應力為應力與應變成直線關係所得值之二倍計算；後者則根據受壓鋼筋之應力不得大於鋼筋容許拉應力之限制，即 $f_s' = f_s$ 。

[引證] 當 $k \leq \frac{1}{3} + \frac{2}{3} \times \frac{d'}{d}$ 時，對受拉鋼筋之彎矩為：

$M(\text{cm kg}) = \frac{1}{2} f_s b k d j d + \frac{2n-1}{2n} A_s' f_s (d - d')$

$= K b d^3 + \frac{2n-1}{2n} A_s' f_s' (d - d')$

$M(\text{mt}) = \frac{K b d^3}{100,000} + \frac{A_s' f_s'}{100,000} \times \frac{2n-1}{2n} \left(1 - \frac{d'}{d} \right) d$

式中以 F 代替 $\frac{bd^3}{100,000}$ ，並利用相似三角形之關係，得

$\frac{\frac{f_s'}{2n}}{\frac{f_s}{n}} = \frac{kd - d'}{d - kd}$ 即 $f_s' = \frac{2 f_s \left(k - \frac{d'}{d} \right)}{1 - k}$

故 $M(\text{mt}) = KF + \frac{2 A_s' f_s}{100,000} \times \frac{k - \frac{d'}{d}}{1 - k} \times \frac{2n-1}{2n} \left(1 - \frac{d'}{d} \right) d$

設 $c = \frac{f_s}{100,000} \times \frac{2n-1}{n} \times \frac{\left(1 - \frac{d'}{d}\right)\left(k - \frac{d'}{d}\right)}{1-k}$ ，代入上式得公式 9。

當 $k > \frac{1}{3} + \frac{2}{3} \times \frac{d'}{d}$ 時，並假定 $f_s' = f_s$ ，對受拉鋼筋之彎矩為：

$$M(\text{cm kg}) = \frac{1}{2} f_s b k d j d + A_s' d f_s \left[1 - \frac{f_c}{f_s} \left(\frac{k d - d'}{k d} \right) \right] \left(1 - \frac{d'}{d} \right)$$

$$M(\text{mt}) = K F + A_s' d \times \frac{f_s}{100,000} \left[1 - \frac{f_c}{f_s} \left(\frac{k d - d'}{k d} \right) \right] \left(1 - \frac{d'}{d} \right)$$

設 $c = \frac{f_s}{100,000} \left[1 - \frac{f_c}{f_s} \left(\frac{k d - d'}{k d} \right) \right] \left(1 - \frac{d'}{d} \right)$ ，代入上式得公式 9。

若承受複合彎矩時，對受拉鋼筋之作用彎矩為：

$$M + N \frac{d''}{100} = N \left(\frac{M}{N} + \frac{d''}{100} \right) = N E \quad (\text{見公式 5 之引證})$$

在此情形下，壓應力對受拉鋼筋彎矩之代數示式與承受簡單彎矩者相同，故可用 NE 代 M ，得公式 10。表 7 中之 c 值可用於簡單彎矩與複合彎矩。

已、雙面鋼筋斷面之受拉鋼筋

通常以公式 4 求簡單彎矩之鋼筋數量及以公式 5 求複合彎矩之鋼筋數量。但若 d 與 p' 兩數較大而欲得更精確之數值，則可用下列公式。

(子) 簡單彎矩

$$(公式 11) \quad A_s = p b d + \frac{100,000(M - KF)}{f_s(d - d')}$$

(丑) 複合彎矩

$$(公式 12) \quad A_s = \frac{p b d}{i} + \frac{100,000(NE - KF)}{f_s(d - d')i}$$

式中之 p 值由表 1 查得。

上二式中之第一項係指平衡混凝土壓應力所需之受拉鋼筋面積，其彎矩為 KF ；第二項係指彎矩差 $M - KF$ 或 $NE - KF$ 所需之受拉鋼筋面積。

(2) 受撓構材—T 形斷面之設計，不計梁腹應力

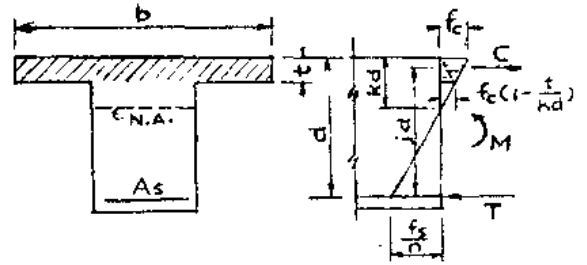
甲、混凝土之抵抗彎矩

$$M_r = K \frac{b d^2}{100,000} = K F(\text{mt}), K \text{ 之值如下式:}$$

$$(公式 13) \quad K = \frac{f_c}{2} \times \frac{t}{d} \left(2 - \frac{t}{d} - \frac{t}{k d} + \frac{2t^2}{3k d^2} \right) \quad (\text{見表 8})$$

第一章 受撓構材之設計

〔引證〕 混凝土壓應力為梯形分佈如圖示。將此梯形分成兩個三角形，則對受拉鋼筋之彎矩為：



$$M_r = -\frac{1}{2}f_c bt \left(d - \frac{t}{3} \right) + \frac{1}{2}f_c \left(1 - \frac{t}{kd} \right) bt \left(d - \frac{2t}{3} \right)$$

$$= -\frac{1}{2}f_c bt \left(2d - t - \frac{t}{k} + \frac{2t^2}{3kd} \right)$$

上式分別以 bd^2 除之，並令 $\frac{M_r}{bd^2} = K$ ，則得公式 13。

乙、

(子) 翼緣壓應力重心至受拉鋼筋間距離 (jd) 與有效深度 (d) 之比

(公式 14)
$$j = 1 - \frac{yt}{d} = 1 - \frac{k - \frac{2t}{3d}}{2k - \frac{t}{d}} \times \frac{t}{d}$$
 (見表 1)

(丑) 翼緣壓應力重心至最外壓縮纖維間距離 (yt) 與翼緣厚度 (t) 之比

(公式 15)
$$y = \frac{1 - \frac{2t}{3kd}}{2 - \frac{t}{kd}}$$

〔引證〕 由斷面抵抗合力 C 與 T 間之距離 jd 與抵抗彎矩 M_r 之關係，得 $j = \frac{M_r}{Cd}$

，式中 M_r 見公式 13 之引證， C 為翼緣壓應力之合力：

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

故
$$j = \frac{\frac{1}{2}f_c bt \left(2d - t - \frac{t}{k} + \frac{2t^2}{3kd} \right)}{\frac{1}{2}f_c bt \left(2 - \frac{t}{kd} \right) d} = \frac{2 - \frac{t}{kd} - \frac{t}{d} + \frac{2t^2}{3kd^2}}{2 - \frac{t}{kd}}$$

$$= 1 - \frac{1 - \frac{2t}{3kd}}{2 - \frac{t}{kd}} \times \frac{t}{d}$$

上式中分母與分子分別乘以 k ，得公式 14。

若 $j = 1 - \frac{yt}{d}$ ，則得公式 15。

丙、鋼筋之面積

(子) 受拉鋼筋

由公式 4 與公式 5 得 A_s , a 值由表 8 查得, c 值由表 7 查得, i 值由表 10a 查得。

(丑) 受壓鋼筋

由公式 9 與公式 10 得 A_s' , a 值由表 8 查得, c 值由表 7 查得, i 值由表 10a 查得。

(3) 黏裹應力

(公式 16)
$$\Sigma o = \frac{8,000 V}{7du}$$

甲、鋼筋周長 Σo 之計算：

(子) 一種直徑之鋼筋： Σo = 鋼筋之周長和 (見表 5a)

(丑) 二種直徑之鋼筋： $\Sigma o = \frac{4A_s}{D}$ (見表 5a)

式中 A_s 為所有鋼筋斷面積之和

D 為最大鋼筋之直徑

(寅) 成束鋼筋： Σo = 成束鋼筋之外露周長和 (見表 5b)

乙、鋼筋周長和與直徑之比 $\frac{\Sigma o}{D}$

(子) 一種直徑之鋼筋： Σo = 鋼筋之周長和 (見表 5c)
 D = 鋼筋之直徑

(丑) 二種直徑之鋼筋： $\Sigma o = \frac{4A_s}{D}$ (見表 5c)

D = 最大鋼筋之直徑

(寅) 一種直徑之成束鋼筋： Σo = 鋼筋之外露周長和 (見表 5d)
 D = 鋼筋之直徑

(卯) 二種直徑之成束鋼筋： Σo = 鋼筋之外露周長和 (見表 5d)
 D = 最大鋼筋之直徑

[引證] 黏裹應力 $u = \frac{V(kg)}{\Sigma o j d} = \frac{1,000 V(t)}{\Sigma o j d}$

設 $j = \frac{7}{8}$, 得

$$u = \frac{8,000 V(t)}{7 \Sigma o d} \text{ 或 } \Sigma o = \frac{8,000 V}{7 du}$$

1.2 說明

(1) 版及矩形斷面，承受簡單彎矩——平衡鋼筋設計之版，其所需之厚度可查表 2 決定之。若容許應力及 n 值為已知，可由此表求得版之有效厚度。矩形斷面之尺寸可由表 1 及表 4 求得，即由表 1 得 K 值後計算 F 值，然後由表 4 選用 b 及 d 。例 1-1 說明如何決定版及梁之尺寸，至於鋼筋之面積及周長和則在例 1-2 中說明之。

(2) 雙面鋼筋矩形斷面，承受簡單彎矩——受拉鋼筋及受壓鋼筋之決定，可由 $A_s = \frac{M}{ad}$ 及 $A_s' = \frac{M - KF}{cd}$ 計算而得（見例 1-2）， KF 為混凝土斷面容許承受之彎矩，彎矩 M 大於此值時，其超過部份 $M - KF$ 由受壓鋼筋 A_s' 承受， c 值由表 7 查得。矩形斷面之 a 值由表 1 查得，表中之 a 值係按 j 之平均值而定。計算單面或雙面鋼筋斷面之 A_s ，採用此 a 值常較採用 $j = \frac{7}{8}$ 為準確。如欲求更正確之 A_s 值，可參閱例 1-2 之附註。

(3) T 形斷面，承受簡單彎矩——若不計梁腹應力時，其設計除 K 及 a 值由表 8 查得外，餘與矩形斷面相同（見例 1-3）。

若考慮梁腹應力時，不論受壓鋼筋需要與否，梁腹與翼緣部份可分別計算，其設計步驟與矩形斷面相似（見例 1-4）。梁腹部份之計算， K 、 a 及 F 值由表 1 及表 4 查得，翼緣部份之計算， K 與 a 值由表 8 查得。

(4) 矩形斷面及 T 形斷面，承受複合彎矩——如斷面上相當部份受拉（亦即偏心距較大）者，可按承受簡單彎矩設計（見例 1-5 至 1-8），所用於簡單彎矩計算公式中之彎矩 M 可用 NE 代替，其中 N 為作用在斷面上之軸力， E 為由拉應力重心至等值偏心力 N 之距離，此偏心力可以代替 M 及 N 。在此情形下公式 $A_s = \frac{M}{ad}$ 可用 $A_s = \frac{NE}{adi}$ 代替，式中

$i = \frac{1}{1 - \frac{jd}{c}}$ 。如此則用於承受簡單彎矩之其他公式，均可應用於承受複合彎矩構材之設計。

。矩形斷面構材 a 值可由表 1 查得，T 形斷面構材 a 值可由表 8 查得， i 值可由表 10a 查得。

如斷面上相當部份受壓者，而偏心距較小時，則須按偏心受載柱設計之（見例 5-1 至 5-12）；偏心距較大之不對稱柱，其設計步驟可參閱例 5-13。

1.3 例題

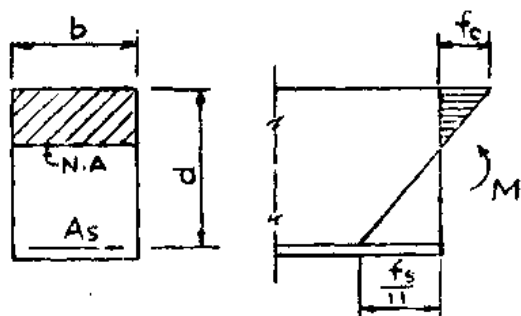
例 1-1. 矩形斷面，簡單彎矩——無受壓鋼筋

已知： $f_y = 4220 \text{ kg/cm}^2$

$f_c' = 280 \text{ kg/cm}^2$

$n = 8$

$f_t = 1690 \text{ kg/cm}^2$



$$f_c = 126 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = 5.0 \text{ mt}$$

求：(1)版、(2)梁之最小混凝土斷面尺寸。

解：

(1)版：每公尺寬之作用彎矩 $M = 5.0 \text{ mt}$ 。

由表 2 查 1690/8/126 及 $d = 15.5 \text{ cm}$ ，得抵抗彎矩為 4.95 mt，略小於作用彎矩。故 d 可用 15.5 cm。

(2)梁：由表 1 查 1690/8/126，得 $K = 20.62$ ，故

$$\frac{M}{K} = \frac{5.0}{20.62} = 0.243 = F$$

由表 4，選 $b \times d = 20 \times 35 \text{ cm}$ ，得 $F = 0.245 > 0.243$

例 1-2. 矩形斷面，簡單彎矩——有受壓鋼筋

已知： $f_y = 4220 \text{ kg/cm}^2$

$$f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 9$$

$$f_s = 1690 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 94.5 \text{ kg/cm}^2$$

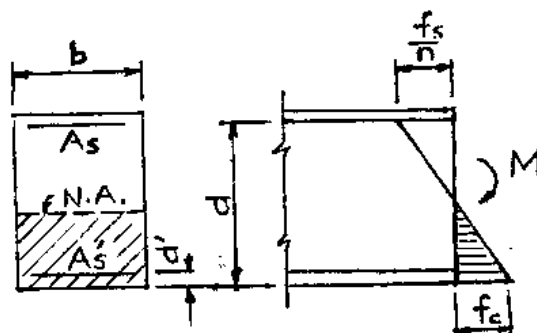
$$b = 35 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$d' = 5 \text{ cm}$$

$$M = 29 \text{ mt,}$$

$$V = 19.5 \text{ t}$$



求：(1)無受壓鋼筋混凝土斷面是否敷用。

(2)需受壓鋼筋時之 A_s' 。

(3)受拉鋼筋 A_s 。

(4)核算黏裹應力。

解：

(1)由表 1 查 1690/9/94.5，得 $K = 14.06$ 。

由表 4 查 $b \times d = 35 \times 70$ ，得 $F = 1.715$ 。

$$\text{則 } M = 29.0$$

$$KF = 14.06 \times 1.715 = 24.1$$

$$M - KF = 29.0 - 24.1 = 4.9 > 0$$

$M - KF$ 之值為正號時，表示混凝土之抵抗彎矩小於作用彎矩，故須用受壓鋼筋。

(2)按本學會規範（土木 401-59）第 1.4 節(4)之規定，由表 7 查 1690/9/94.5

及 $\frac{d'}{d} = 0.0715$ ，得 $c = 0.0118$ ；故

第一章 受撓構材之設計

$$A_s' = \frac{M - KF}{cd} = \frac{4.9}{0.0118 \times 70} = 5.93 \text{ cm}^2$$

(3)由表 1 查 $f_s=1690$ ，得 $a=0.0149$ ；故

$$A_s = \frac{M}{ad} = \frac{29}{0.0149 \times 70} = 27.82 \text{ cm}^2 *$$

(4)黏裹應力之核算

甲法：

$$\Sigma o \cdot u = \frac{8,000 V}{7d} = \frac{8,000 \times 19.5}{7 \times 70} = 318$$

由表 5a 選 4-32 ϕ 鋼筋，得 $A_s=32.68 \text{ cm}^2 > 27.82$ ， $\Sigma o=40.6 \text{ cm}$ 。
黏裹應力為：

$$u = \frac{8,000 V}{\Sigma o \cdot 7d} = \frac{318}{40.6} = 7.8 \text{ kg/cm}^2$$

按本學會規範(土木 401-59)第 5.2 節(3)甲之規定，由表 14a 查得頂層鋼筋容許黏裹應力 $u=10.3 \text{ kg/cm}^2 > 7.8$ 。故用 4-32 ϕ 鋼筋。

乙法：

按本學會規範(土木 401-59)第 5.2 節(3)甲之規定， $u = \frac{2.29 \sqrt{f_c'}}{D}$ ，

代入公式 16，計算

$$\frac{\Sigma o}{D} = \frac{8,000 V}{7d(2.29 \sqrt{f_c'})} = \frac{8,000 \times 19.5}{7 \times 70 \times 2.29 \sqrt{210}} = 9.6$$

由表 5a 選 4-32 ϕ 鋼筋，得 $A_s=32.68 \text{ cm}^2 > 27.82$ ，由表 5c 得
 $\frac{\Sigma o}{D} = 12.57 > 9.6$ 。故用 4-32 ϕ 鋼筋。

丙法：

若使用成束鋼筋，由表 5a 選用 3-25 ϕ 鋼筋二束，得 $A_s=2 \times 15.21 = 30.42 \text{ cm}^2$ ；由表 5b 得 $\Sigma = 2 \times 19.9 = 39.8 \text{ cm}$ 。黏裹應力為：

$$u = \frac{8,000 V}{\Sigma o \cdot 7d} = \frac{318}{39.8} = 8.0 \text{ kg/cm}^2$$

由表 14a 查得頂層容許黏裹應力 $u=13.1 \text{ kg/cm}^2 > 8.0$ 。故用 3-25 ϕ 鋼筋二束。

* 公式 4 為無受壓鋼筋矩形斷面之受拉鋼筋量，用於本例所得之值，已够正確。

梁深較大且有大量受壓鋼筋時，欲得更精確值，則可用公式 11 計算之。

由表 1 查 $1690/9/94.5$ ，得 $p=0.0094$ ，

平衡混凝土之受拉鋼筋為

$$pbd = 0.0094 \times 35 \times 70 = 23.03 \text{ cm}^2$$

平衡受壓鋼筋之受拉鋼筋為

$$\frac{100,000(M - KF)}{f_s(d - d')} = \frac{100,000 \times 4.9}{1690(70 - 5)} = 4.46 \text{ cm}^2$$

總受拉鋼筋

$$A_s = 23.03 + 4.46 = 27.49 \text{ cm}^2$$