

参 考 篇

鉄筋コンクリートの断面設計及応力計算

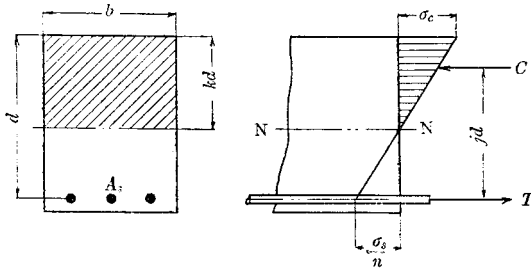
凡 例

C—C: 断面の中心を通る線, G—G: 断面の重心を通る線,

N—N: 断面の中立軸

[A] 曲げモーメントのみを受くる場合

[A]-1) 單鉄筋矩形断面



(1a) 断面及鉄筋量

σ_c 及 σ_s を假定したる場合

$$d = C_1 \sqrt{\frac{M}{b}} \dots\dots\dots (1)$$

$$C_1 = \frac{\sigma_s + n\sigma_c}{n\sigma_c} \sqrt{\frac{6n}{3\sigma_s + 2n\sigma_c}} \dots\dots\dots (2)$$

$$A_s = C_2 \sqrt{Mb} \dots\dots\dots (3)$$

$$C_2 = \frac{\sigma_c}{2\sigma_s} \sqrt{\frac{6n}{3\sigma_s + 2n\sigma_c}} \dots\dots\dots (4)$$

M は幅 b に対する曲げモーメント

(1b) 応 力

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots (5)$$

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np \dots\dots\dots (6)$$

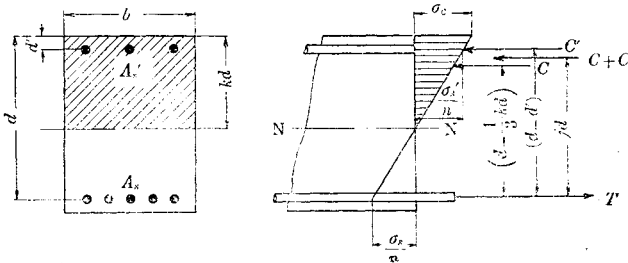
$$j = 1 - \frac{k}{3} \dots\dots\dots (7)$$

$$\sigma_c = \frac{2M}{kjb d^2} \dots\dots\dots(8)$$

$$\sigma_s = \frac{n\sigma_c(1-k)}{k} \dots\dots\dots(9)$$

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s j d} \left(= \frac{M}{p j b d^2} \right) \dots\dots\dots(10)$$

[A]-2) 複鉄筋矩形断面



(2a) 断面及鉄筋量

σ_c, σ_s 及 $\frac{A_s'}{A_s}$ を假定したる場合

$$d = C_3 \sqrt{\frac{M}{b}} \dots\dots\dots(11)$$

$$C_3 = \sqrt{\frac{1}{\frac{\sigma_c k}{2} \left[\left(1 - \frac{k}{3}\right) + \frac{A_s'}{A_s} \left(k - \frac{d'}{d}\right) \left(1 - \frac{d'}{d}\right) \right]}} \dots\dots\dots(12)$$

$$k = \frac{n\sigma_c}{n\sigma_c + \sigma_s} \dots\dots\dots(13)$$

σ_c, σ_s, b 及 d を假定したる場合

$$p = \frac{\frac{M}{bd^2} + \frac{\sigma_c k}{2} \left(\frac{k}{3} - \frac{d'}{d}\right)}{\sigma_s \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \dots\dots\dots(14)$$

$$p' = \frac{\frac{M}{bd^2} - \frac{\sigma_c k}{2} \left(1 - \frac{k}{3}\right)}{\frac{n\sigma_c}{k} \left(1 - \frac{d'}{d}\right) \left(k - \frac{d'}{d}\right)} \dots\dots\dots(15)$$

(2b) 応力

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots(16)$$

$$p' = \frac{A_s'}{bd} \dots\dots\dots(17)$$

$$k = \sqrt{2n(p+p'\frac{d'}{d}) + n^2(p+p')^2 - n(p+p')} \dots\dots\dots(18)$$

$$j = \frac{k^2(1-\frac{k}{3}) + 2np'(k-\frac{d'}{d})(1-\frac{d'}{d})}{k^2 + 2np'(k-\frac{d'}{d})} \left[= 1 - \frac{d'}{d} + \frac{k^2}{2np(1-k)} \left(\frac{d'}{d} - \frac{k}{3} \right) \right] \dots\dots\dots(19)$$

$$\sigma_c = \frac{M}{bd^2L_c} \dots\dots\dots(20)$$

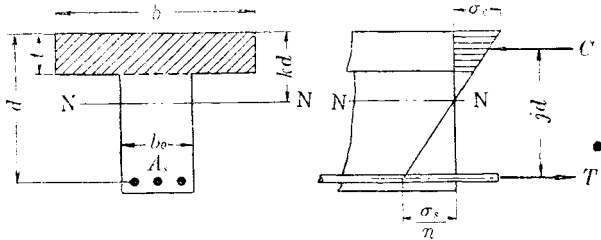
$$L_c = \frac{k}{2} \left(1 - \frac{k}{3} \right) + \frac{np'(k-\frac{d'}{d})(k-\frac{d'}{d})}{k} \dots\dots\dots(21)$$

$$\sigma_s = \frac{n\sigma_c(1-k)}{k} \dots\dots\dots(22)$$

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s j d} \left(= \frac{M}{p j b d^2} \right) \dots\dots\dots(23)$$

[A]-3 単鉄筋丁形断面

I. 腹部の圧縮応力を省略した場合



(3a₁) 断面及鉄筋量

σ_c, σ_s 及 $\frac{t}{d}$ を假定したる場合

$$d = C_4 \sqrt{\frac{M}{b}} \dots\dots\dots(24)$$

$$C_4 = \sqrt{\frac{1}{\sigma_c \left(\frac{t}{d} \right) \left[1 - \left(\frac{t}{d} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{t}{d} \right)^2 \right] - \frac{\sigma_s}{n} \left(\frac{t}{d} \right)^2 \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \left(\frac{t}{d} \right) \right]}} \dots\dots\dots(25)$$

$$p = \frac{\sigma_c}{\sigma_s} \left[\left(\frac{t}{d} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{t}{d} \right)^2 \right] - \frac{1}{2n} \left(\frac{t}{d} \right)^2 \dots\dots\dots(26)$$

(3b₁) 応力

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots(27)$$

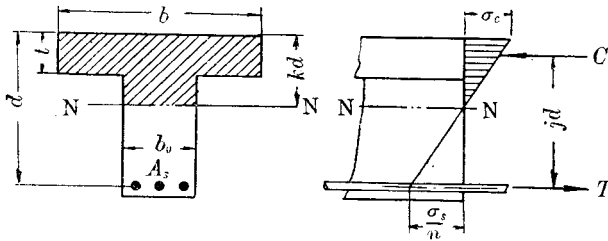
$$k = \frac{np + \frac{1}{2} \left(\frac{t}{d}\right)^2}{np + \left(\frac{t}{d}\right)} \dots\dots\dots(28)$$

$$j = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{t}{d}\right) \left[\frac{3k - 2\left(\frac{t}{d}\right)}{2k - \left(\frac{t}{d}\right)} \right] \dots\dots\dots(29)$$

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s j d} \left(= \frac{M}{p j b d^2} \right) \dots\dots\dots(30)$$

$$\sigma_c = \frac{k}{n(1-k)} \sigma_s \dots\dots\dots(31)$$

II. 腹部の圧縮応力を考慮した場合



(3a) 断面及鉄筋量

$\sigma_c, \sigma_s, \frac{t}{d}$ 及 $\frac{b_0}{b}$ を假定したる場合

$$d = C_4 \sqrt{\frac{M}{b}} \dots\dots\dots(24')$$

$$C_4 = \frac{1}{\sqrt{\sigma_c \left[\frac{t}{d} \left\{ 1 - \frac{1+k}{2k} \frac{t}{d} + \frac{1}{3k} \left(\frac{t}{d}\right)^2 \right\} + \frac{b_0}{b} \frac{(k-t/d)^2}{6k} \left(3 - k - 2\frac{t}{d} \right) \right]}} \dots\dots(25')$$

$$k = \frac{n\sigma_c}{n\sigma_c + \sigma_s} \dots\dots\dots(31')$$

$$p = \frac{\sigma_c}{2k\sigma_s} \left[\left(2k - \frac{t}{d} \right) \frac{t}{d} + \frac{b_0}{b} \left(k - \frac{t}{d} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(26')$$

(3b_n) 応力

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots(27')$$

$$k = \sqrt{\frac{2npb + \left(\frac{t}{d}\right)^2 (b - b_0)}{b_0} + \left[\frac{npb + (b - b_0) \frac{t}{d}}{b_0} \right]^2} - \frac{npb + (b - b_0) \frac{t}{d}}{b_0} \dots\dots(28')$$

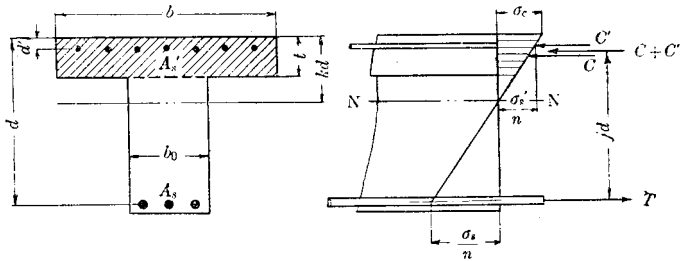
$$j = 1 - \frac{b \left(\frac{t}{d}\right)^2 \left(k - \frac{2t}{3d}\right) + \frac{b_0}{3} \left(k - \frac{t}{d}\right)^2 \left(k + 2\frac{t}{d}\right)}{2npb(1-k)} \dots\dots\dots(29')$$

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s j d} \left(= \frac{M}{p j b d^2} \right) \dots\dots\dots(30')$$

$$\sigma_c = \frac{k}{n(1-k)} \sigma_s \dots\dots\dots(31')$$

【A】(4) 複鉄筋丁形断面

I. 腹部の圧縮応力を省略した場合



(4b) 応 力

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots(32)$$

$$p' = \frac{A_s'}{bd} \dots\dots\dots(33)$$

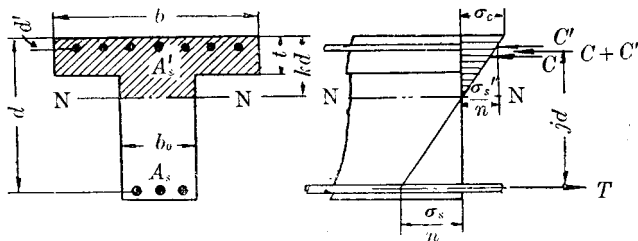
$$k = \frac{np + \frac{1}{2} \left(\frac{t}{d}\right)^2 + np' \left(\frac{d'}{d}\right)}{np + \left(\frac{t}{d}\right) + np'} \dots\dots\dots(34)$$

$$j = \frac{\frac{d'}{d} \left(\frac{t}{d}\right) \left(2k - \frac{t}{d}\right) - \left(\frac{t}{d}\right)^2 \left(k - \frac{2}{3} \frac{t}{d}\right) + 2np(1-k) \left(1 - \frac{d'}{d}\right)}{2np(1-k)} \dots\dots\dots(35)$$

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s j d} \left(= \frac{M}{p j b d^2} \right) \dots\dots\dots(36)$$

$$\sigma_c = \frac{k}{n(1-k)} \sigma_s \dots\dots\dots(37)$$

II. 腹部の圧縮応力を考慮した場合



(4b_{II}) 応 力

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots(32')$$

$$p' = \frac{A_s'}{bd} \dots\dots\dots(33')$$

$$k = \sqrt{\frac{2nbp + \left(\frac{t}{d}\right)^2(b-b_0) + 2nbp'\frac{d'}{d}}{b_0} + \left[\frac{nbp + \frac{t}{d}(b-b_0) + nbp'}{b_0}\right]^2} - \frac{nbp + \frac{t}{d}(b-b_0) + nbp'}{b_0} \dots\dots\dots(34')$$

$$j = 1 - \frac{b\left(\frac{t}{d}\right)^2\left(k - \frac{2t}{3d}\right) + b_0\left(k - \frac{t}{d}\right)^2\left(k + 2\frac{t}{d}\right) + 2nbp'\frac{d'}{d}\left(k - \frac{d'}{d}\right)}{2nbp(1-k)} \dots\dots\dots(35')$$

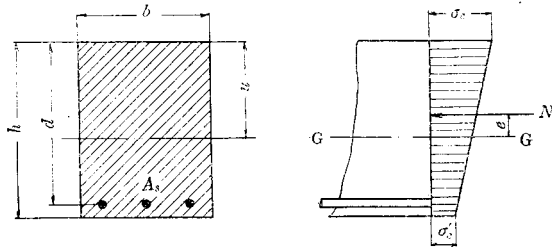
$$\sigma_s = \frac{M}{A_s j d} \left(= \frac{M}{p j b d^2} \right) \dots\dots\dots(36')$$

$$\sigma_c = \frac{k}{n(1-k)} \sigma_s \dots\dots\dots(37')$$

[B] 曲げモーメント及軸方向力又は偏心軸方向力を受くる場合

[B]-1) 単鉄筋矩形断面

(1b₁) 偏心距離小にして σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合



$$u = \frac{\frac{bh^2}{2} + nA_s d}{bh + nA_s} \dots\dots\dots(38)$$

$$A_t = bh + nA_s \dots\dots\dots(39)$$

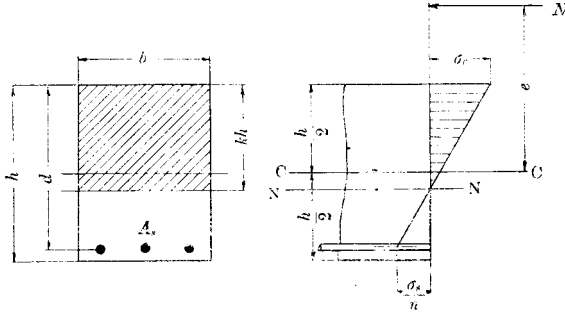
$$I_t = \frac{b}{3} [u^3 + (h-u)^3] + nA_s (d-u)^2 \dots\dots\dots(40)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_t} + \frac{Ne}{I_t} u \dots\dots\dots(41)$$

$$\sigma_c' = \frac{N}{A_t} - \frac{Ne}{I_t} (h-u) \dots\dots\dots(42)$$

但し σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合に限り上式を使用し得るものとす。

(1b₂) 偏心距離大にして σ_c' (引張応力の場合) $> \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合



$$p = \frac{A_s}{bh} \dots \dots \dots (43)$$

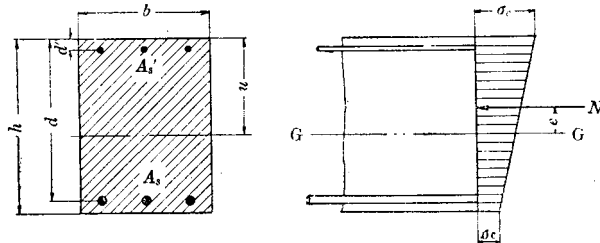
$$k^3 + 3\left(\frac{e}{h} - \frac{1}{2}\right)k^2 + 6np\left(\frac{e}{h} + \frac{d}{h} - \frac{1}{2}\right)k - 6np\frac{d}{h}\left(\frac{e}{h} + \frac{d}{h} - \frac{1}{2}\right) = 0 \dots \dots (44)$$

$$\sigma_c = \frac{Ne}{bh^2} \frac{1}{\frac{k}{2}\left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3}\right) + \frac{np}{k}\left(\frac{d}{h} - k\right)\left(\frac{d}{h} - \frac{1}{2}\right)} \dots \dots \dots (45)$$

$$\sigma_s = \frac{n\sigma_c\left(\frac{d}{h} - k\right)}{k} \dots \dots \dots (46)$$

[B]-2) 複鉄筋矩形断面

(2b₁) 偏心距離小にして σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合



$$u = \frac{\frac{bh^2}{2} + nA_s d + nA_s' d'}{bh = n(A_s + A_s')} \dots \dots \dots (47)$$

$$A_t = bh + n(A_s + A_s') \dots \dots \dots (48)$$

$$I_i = \frac{b}{3}[u^3 + (h-u)^3] + nA_s(d-u)^2 + nA_s'(u-d')^2 \dots\dots\dots(49)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_i} + \frac{Ne}{I_i}u \dots\dots\dots(50)$$

$$\sigma_c' = \frac{N}{A_i} - \frac{Ne}{I_i}(h-u) \dots\dots\dots(51)$$

但し σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5}\sigma_{ca}$ の場合に限り上式を使用し得るものとす。

対称鉄筋の場合

$$u = \frac{h}{2} \dots\dots\dots(52)$$

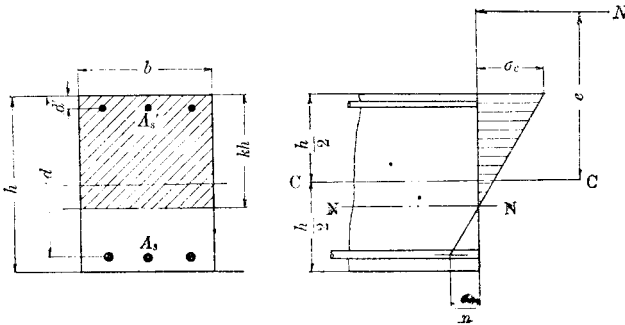
$$A_i = bh + 2nA_s \dots\dots\dots(53)$$

$$I_i = \frac{bh^3}{12} + 2nA_s\left(\frac{h}{2} - d'\right)^2 \dots\dots\dots(54)$$

$$\left. \begin{matrix} \sigma_c \\ \sigma_c' \end{matrix} \right\} = \frac{N}{A_i} \pm \frac{Ne}{I_i} \cdot \frac{h}{2} \dots\dots\dots(55)$$

但し σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5}\sigma_{ca}$ の場合に限り上式を使用し得るものとす。

(2b₂) 偏心距離大にして σ_c' (引張応力の場合) $> \frac{1}{5}\sigma_{ca}$ の場合



$$p = \frac{A_s}{b/h} \dots\dots\dots(56)$$

$$p' = \frac{A_s'}{b/h} \dots\dots\dots(57)$$

$$k^3 + 3\left(\frac{e}{h} - \frac{1}{2}\right)k^2 + 6n\left[p\left(\frac{e}{h} + \frac{d}{h} - \frac{1}{2}\right) + p'\left(\frac{e}{h} + \frac{d'}{h} - \frac{1}{2}\right)\right]k - 6n\left[p\left(\frac{e}{h} + \frac{d}{h} - \frac{1}{2}\right)\frac{d}{h} + p'\left(\frac{e}{h} + \frac{d'}{h} - \frac{1}{2}\right)\frac{d'}{h}\right] = 0 \dots\dots\dots(58)$$

$$\sigma_c = \frac{Ne}{bh^2} \cdot \frac{1}{\frac{k}{2} \left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + \frac{np'}{k} \left(k - \frac{d'}{h} \right) \left(\frac{1}{2} - \frac{d'}{h} \right) + \frac{np}{k} \left(\frac{d}{h} - k \right) \left(\frac{d}{h} - \frac{1}{2} \right)} \quad \dots \dots \dots (59)$$

$$\sigma_s = \frac{n\sigma_c}{k} \left(\frac{d}{h} - k \right) \quad \dots \dots \dots (60)$$

対称鉄筋の場合

$$p = \frac{A_s}{bh} \quad \dots \dots \dots (61)$$

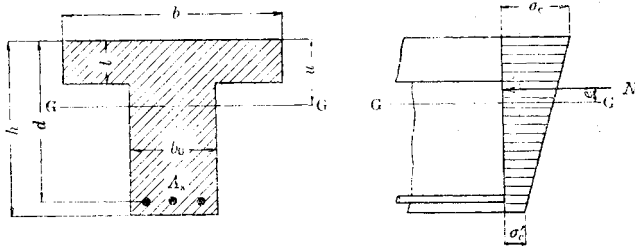
$$k^3 + 3 \left(\frac{e}{h} - \frac{1}{2} \right) k^2 + 12np \frac{e}{h} k - 6np \left[\frac{e}{h} + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2d'}{h} \right)^2 \right] = 0 \quad \dots \dots \dots (62)$$

$$\sigma_c = \frac{Ne}{bh^2} \cdot \frac{1}{\frac{k}{2} \left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + \frac{2np}{k} \left(\frac{1}{2} - \frac{d'}{h} \right)^2} \quad \dots \dots \dots (63)$$

$$\sigma_s = \frac{n\sigma_c}{k} \left(\frac{d}{h} - k \right) \quad \dots \dots \dots (64)$$

[B]-(3) 単鉄筋丁形断面

(3b) 偏心距離小にして σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合



$$u = \frac{\frac{bt^2}{2} + \frac{b_0}{2}(h-t)(h+t) + nA_s d}{bt + b_0(h-t) + nA_s} \quad \dots \dots \dots (65)$$

$$A_i = bt + b_0(h-t) + nA_s \quad \dots \dots \dots (66)$$

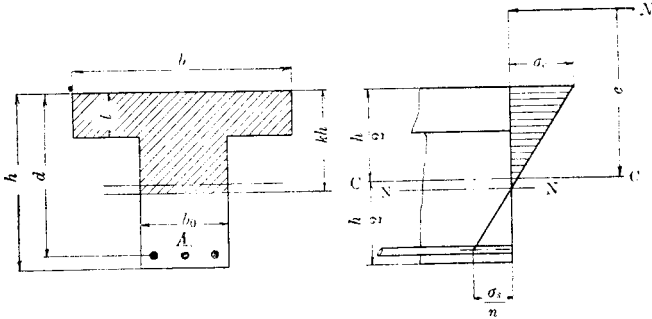
$$I_i = \frac{b_0}{3} [u^3 + (h-u)^3] + t(b-b_0) \left[\left(u - \frac{t}{2} \right)^2 + \frac{t^2}{12} \right] + nA_s(d-u)^2 \quad \dots \dots \dots (67)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_i} + \frac{Ne}{I_i} u \quad \dots \dots \dots (68)$$

$$\sigma_c' = \frac{N}{A_i} - \frac{Ne}{I_i} (h-u) \quad \dots \dots \dots (69)$$

但し、 σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合に限り上式を使用し得るものとす。

(3b₂) 偏心距離大にして σ'_c (引張応力の場合) $> \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合



$$p = \frac{A_s}{bh} \dots \dots \dots (70)$$

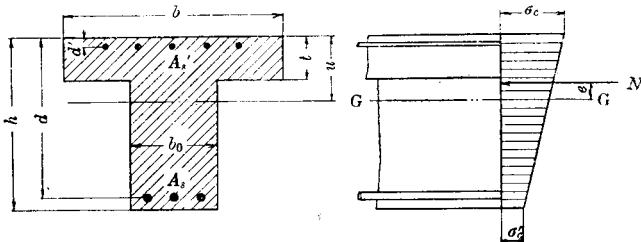
$$\frac{e}{h} = \frac{\left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3}\right)k^2 - \left(1 - \frac{b_0}{b}\right)\left(k - \frac{t}{h}\right)^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3} - \frac{2}{3} \frac{t}{h}\right) + 2np\left(\frac{d}{h} - k\right)\left(\frac{d}{h} - \frac{1}{2}\right)}{k^2 - \left(1 - \frac{b_0}{b}\right)\left(k - \frac{t}{h}\right)^2 - 2np\left(\frac{d}{h} - k\right)} \dots \dots \dots (71)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{bh} \frac{2k}{k^2 - \left(1 - \frac{b_0}{b}\right)\left(k - \frac{t}{h}\right)^2 - 2np\left(\frac{d}{h} - k\right)} \dots \dots \dots (72)$$

$$\sigma_s = n\sigma_c \frac{\frac{d}{h} - k}{k} \dots \dots \dots (73)$$

[B]-4) 複鉄筋丁形断面

(4b₁) 偏心距離小にして σ'_c (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合



$$u = \frac{\frac{bt^2}{2} + \frac{b_0}{2}(h-t)(h+t) + n(A_s d + A_s' d')}{bt + b_0(h-t) + n(A_s + A_s')} \dots \dots \dots (74)$$

$$A_i = bt + b_0(h-t) + n(A_s + A_s') \dots \dots \dots (75)$$

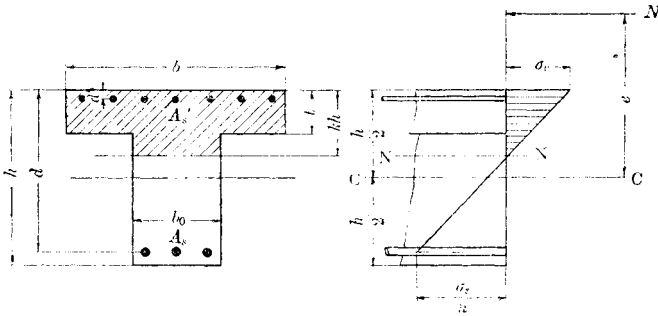
$$I_i = \frac{b_0}{3} [u^2 + (h-u)^2] + t(b-b_0) \left[\left(u - \frac{t}{2}\right)^2 + \frac{t^2}{12} \right] + nA_s(d-u)^2 + nA_s'(u-d')^2 \dots (76)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_i} + \frac{Ne}{I_i} u \dots (77)$$

$$\sigma_c' = \frac{N}{A_i} - \frac{Ne}{I_i} (h-u) \dots (78)$$

但し σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合に限り上式を使用し得るものとす。

(4b₂) 偏心距離大にして σ_c' (引張応力の場合) $> \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合



$$p = \frac{A_s}{bh} \dots (79)$$

$$p' = \frac{A_s'}{bh} \dots (80)$$

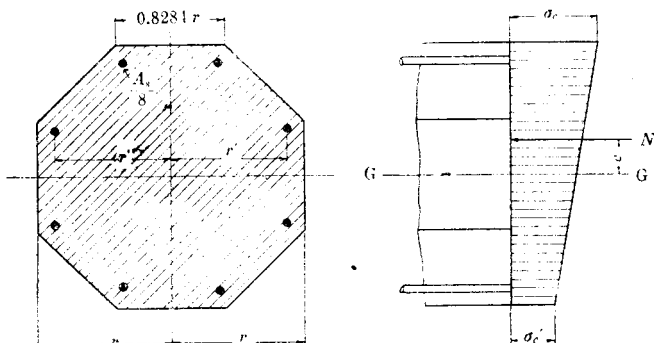
$$\frac{e}{h} = \frac{\left[\left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3}\right) k^2 - \left(1 - \frac{b_0}{b}\right) \left(k - \frac{t}{h}\right)^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3} - \frac{2}{3} \frac{t}{h}\right) \right] + 2np' \left(k - \frac{d'}{h}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{d'}{h}\right) + 2np \left(\frac{d}{h} - k\right) \left(\frac{d}{h} - \frac{1}{2}\right)}{k^2 - \left(1 - \frac{b_0}{b}\right) \left(k - \frac{t}{h}\right)^2 + 2np' \left(k - \frac{d'}{h}\right) - 2np \left(\frac{d}{h} - k\right)} \dots (81)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{bh} \cdot \frac{2k}{k^2 - \left(1 - \frac{b_0}{b}\right) \left(k - \frac{t}{h}\right)^2 + 2np' \left(k - \frac{d'}{h}\right) - 2np \left(\frac{d}{h} - k\right)} \dots (82)$$

$$\sigma_s = n\sigma_c \frac{\frac{d}{h} - k}{k} \dots (83)$$

[B]-5) 八角形断面

(5b₁) 偏心距離小にして σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合

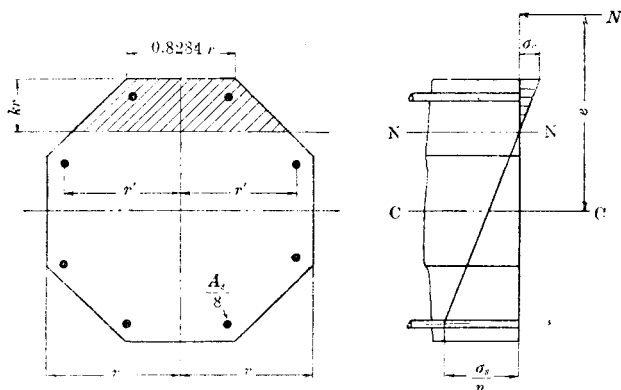


$$p = \frac{A_s}{3.3137 r^2} \dots \dots \dots (84)$$

$$\left. \begin{matrix} \sigma_c \\ \sigma_c' \end{matrix} \right\} = \frac{N}{r^2} \left[\frac{1}{3.3137(1+np)} \pm \frac{\frac{e}{r}}{0.8758+1.9411np \left(\frac{r'}{r}\right)^2} \right] \dots \dots \dots (85)$$

但し σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合に限り上式を使用し得るものとす。

(5b₂) 偏心距離大にして σ_c' (引張応力の場合) $> \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合



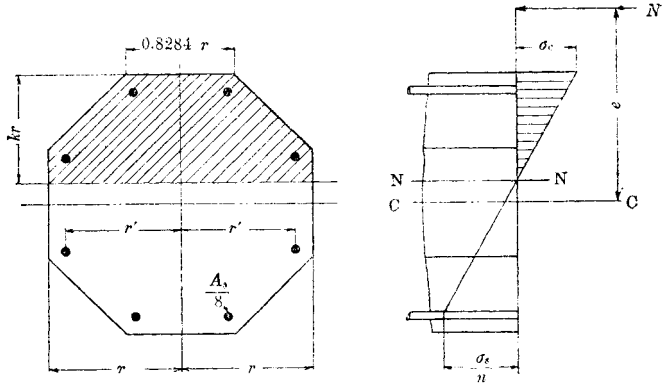
$$p = \frac{A_s}{3.3137 r^2} \dots \dots \dots (86)$$

$$\frac{e}{r} = \frac{k^2(k+1.2426) - k^3\left(\frac{k}{2} + 0.4142\right) + 5.8234np\left(\frac{r'}{r}\right)^2}{k^2(k+1.2426) - 9.9411np(1-k)} \dots \dots \dots (87)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{r^2} \frac{k}{k^2\left(\frac{k}{3} + 0.4142\right) - 3.3137np(1-k)} \dots \dots \dots (88)$$

$$\sigma_s = n\sigma_c \frac{1-k + \frac{r'}{r}}{k} \dots\dots\dots(89)$$

[2]



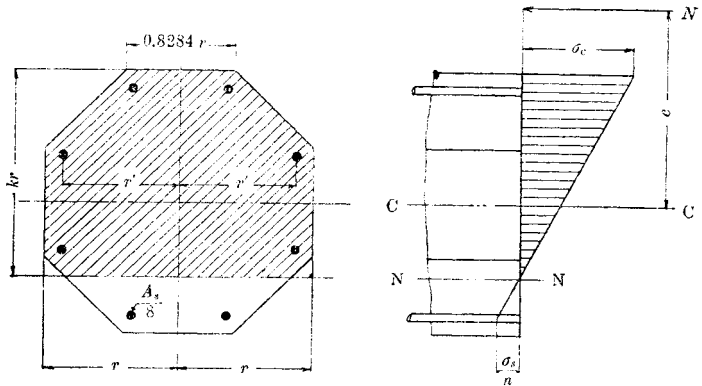
$$p = \frac{A_s}{3.3137 r^2} \dots\dots\dots(90)$$

$$\frac{e}{r} = \frac{k^2 - 0.3333 k^2 - 0.0066 - 0.2761(k - 0.1953) + 1.9411np \left(\frac{r'}{r}\right)^2}{k^2 - 0.3431(k - 0.1953) - 3.3137np(1-k)} \dots\dots\dots(91)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{r^2 k^2 - 0.3431(k - 0.1953) - 3.3137np(1-k)} k \dots\dots\dots(92)$$

$$\sigma_s = n\sigma_c \frac{1-k + \frac{r'}{r}}{k} \dots\dots\dots(93)$$

[3]



$$p = \frac{A_s}{3.3137 r^2} \dots\dots\dots(94)$$

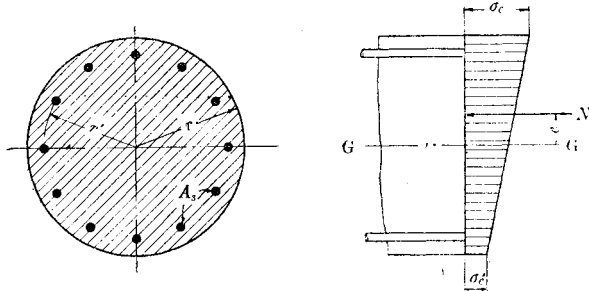
$$\frac{e}{r} = \frac{k^2 - \frac{1}{3}k^3 - 0.0066 - 0.2761(k - 0.1953) - \frac{1}{6}(k - 1.4142)^3(0.5858 - k) + 1.9411np\left(\frac{r'}{r}\right)^2}{k^2 - 0.3431(k - 0.1953) - \frac{1}{3}(k - 1.4142)^3 - 3.3137np(1 - k)} \dots\dots\dots(95)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{r^2} \frac{k}{k^2 - 0.3431(k - 0.1953) - 0.3333(k - 1.4142)^3 - 3.3137np(1 - k)} \dots\dots\dots(96)$$

$$\sigma_s = n\sigma_c \frac{1 - k + \frac{r'}{r}}{k} \dots\dots\dots(97)$$

[B]-6) 円形断面

(6b₁) 偏心距離小にして σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合



$$p = \frac{A_s}{\pi r^2} \dots\dots\dots(98)$$

$$\left. \begin{matrix} \sigma_c \\ \sigma_c' \end{matrix} \right\} = \frac{N}{\pi r^2} \left[\frac{1}{(1 + np)} \pm \frac{4}{1 + 2np\left(\frac{r'}{r}\right)^2} \cdot \frac{e}{r} \right] \dots\dots\dots(99)$$

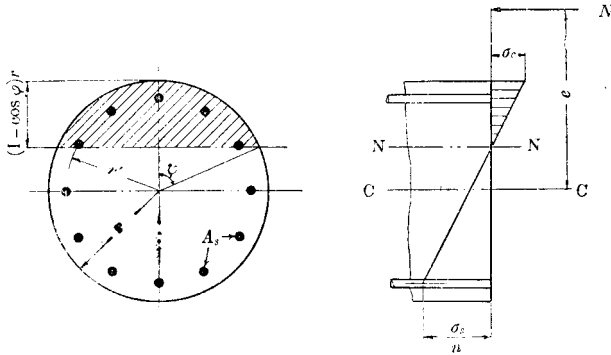
但し σ_c' (引張応力の場合) $< \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合に限り上式を使用し得るものとす。

(6b₂) 偏心距離大にして σ_c' (引張応力の場合) $> \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合

$$p = \frac{A_s}{\pi r^2} \dots\dots\dots(100)$$

$$\frac{e}{r} = \frac{\frac{\varphi}{4} - \sin\varphi \cos\varphi \left(\frac{5}{12} - \frac{1}{6} \cos^2\varphi \right) + \frac{1}{2} np \left(\frac{r'}{r} \right)^2}{\frac{\sin\varphi}{3} (2 + \cos^2\varphi) - \varphi \cos\varphi - np \cos\varphi} \dots\dots\dots(101)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{r^2} \frac{1 - \cos\varphi}{\frac{\sin\varphi}{3} (2 + \cos^2\varphi) - \varphi \cos\varphi - np \cos\varphi} \dots\dots\dots(102)$$



$$\sigma_s = n\sigma_c \frac{\frac{r'}{r} + c) s \varphi}{1 - \cos \varphi} \dots\dots\dots (103)$$

解 説

[A] 曲げモーメントのみを受くる場合

之は普通の梁の断面の計算に使用せらるゝ式である。

[A]-1 単鉄筋矩形断面

『註』 下記の計算は一々断つてはないが總て左右對稱なる断面に就ての計算式である。

先づ応力を求める算式(1b)から出して見る(圖-1 参照)。鉄筋比は

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots (5)$$

(6) 式は中立軸の位置を與ふるものであるが、之は圖-1 の応力図より(示方書第 70 條応力の計算参照)

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_s} = \frac{kd}{d(1-k)} \dots\dots (1)$$

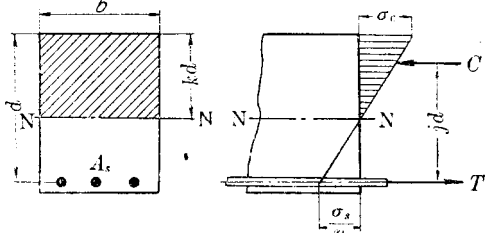


圖-1.

の關係を得、且つ断面の全圧縮応力と全引張応力は相等しかるべき條件より

$$C = \frac{1}{2} kdb\sigma_c = T = \sigma_s A_s = pbd\sigma_s$$

の關係を得、之より $k^2 - 2n(1-k)p = 0$ なる k に関する二次方程式を得る。之を解けば

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np \dots\dots\dots (6)$$

を得るのである。

次に圧縮応力の合力 C の作用點は上端より $\frac{kd}{3}$ の位置にあるから、 C と T の距離は $jd =$

表-1.

ρ	k	j	ρ	k	j	ρ	k	j	ρ	k	j
0.0010	0.159	0.947	0.0060	0.344	0.885	0.0110	0.433	0.856	0.0160	0.493	0.836
0.0011	0.166	0.945	0.0061	0.346	0.885	0.0111	0.434	0.855	0.0161	0.494	0.835
0.0012	0.173	0.943	0.0062	0.348	0.884	0.0112	0.436	0.855	0.0162	0.495	0.835
0.0013	0.179	0.940	0.0063	0.350	0.883	0.0113	0.437	0.854	0.0163	0.496	0.835
0.0014	0.185	0.938	0.0064	0.353	0.883	0.0114	0.438	0.854	0.0164	0.497	0.834
0.0015	0.191	0.936	0.0065	0.355	0.882	0.0115	0.440	0.853	0.0165	0.498	0.834
0.0016	0.196	0.935	0.0066	0.357	0.881	0.0116	0.441	0.853	0.0166	0.499	0.834
0.0017	0.202	0.933	0.0067	0.359	0.880	0.0117	0.442	0.852	0.0167	0.500	0.833
0.0018	0.207	0.931	0.0068	0.361	0.879	0.0118	0.444	0.852	0.0168	0.501	0.833
0.0019	0.212	0.929	0.0069	0.363	0.879	0.0119	0.445	0.852	0.0169	0.502	0.833
0.0020	0.217	0.928	0.0070	0.365	0.878	0.0120	0.446	0.851	0.0170	0.503	0.832
0.0021	0.222	0.926	0.0071	0.367	0.878	0.0121	0.447	0.851	0.0171	0.504	0.832
0.0022	0.226	0.925	0.0072	0.369	0.877	0.0122	0.449	0.850	0.0172	0.505	0.832
0.0023	0.230	0.923	0.0073	0.371	0.876	0.0123	0.450	0.850	0.0173	0.506	0.831
0.0024	0.235	0.922	0.0074	0.373	0.876	0.0124	0.452	0.849	0.0174	0.507	0.831
0.0025	0.239	0.920	0.0075	0.375	0.875	0.0125	0.453	0.849	0.0175	0.508	0.831
0.0026	0.243	0.919	0.0076	0.377	0.874	0.0126	0.454	0.849	0.0176	0.509	0.830
0.0027	0.247	0.918	0.0077	0.379	0.874	0.0127	0.455	0.848	0.0177	0.510	0.830
0.0028	0.251	0.916	0.0078	0.381	0.873	0.0128	0.457	0.848	0.0178	0.511	0.830
0.0029	0.255	0.915	0.0079	0.383	0.873	0.0129	0.458	0.847	0.0179	0.512	0.829
0.0030	0.259	0.914	0.0080	0.384	0.872	0.0130	0.459	0.847	0.0180	0.513	0.829
0.0031	0.262	0.913	0.0081	0.386	0.871	0.0131	0.461	0.847	0.0181	0.514	0.829
0.0032	0.266	0.912	0.0082	0.388	0.871	0.0132	0.462	0.846	0.0182	0.515	0.828
0.0033	0.269	0.910	0.0083	0.390	0.870	0.0133	0.463	0.846	0.0183	0.516	0.828
0.0034	0.272	0.909	0.0084	0.392	0.870	0.0134	0.464	0.845	0.0184	0.517	0.828
0.0035	0.276	0.908	0.0085	0.393	0.869	0.0135	0.465	0.845	0.0185	0.518	0.828
0.0036	0.279	0.907	0.0086	0.395	0.868	0.0136	0.467	0.845	0.0186	0.518	0.827
0.0037	0.282	0.906	0.0087	0.397	0.868	0.0137	0.468	0.844	0.0187	0.519	0.827
0.0038	0.285	0.905	0.0088	0.399	0.867	0.0138	0.469	0.844	0.0188	0.520	0.827
0.0039	0.289	0.904	0.0089	0.400	0.867	0.0139	0.470	0.843	0.0189	0.521	0.826
0.0040	0.292	0.903	0.0090	0.402	0.866	0.0140	0.471	0.843	0.0190	0.522	0.826
0.0041	0.295	0.902	0.0091	0.404	0.866	0.0141	0.472	0.843	0.0191	0.523	0.826
0.0042	0.298	0.901	0.0092	0.405	0.865	0.0142	0.474	0.842	0.0192	0.524	0.825
0.0043	0.300	0.900	0.0093	0.407	0.864	0.0143	0.475	0.842	0.0193	0.525	0.825
0.0044	0.303	0.899	0.0094	0.408	0.864	0.0144	0.476	0.841	0.0194	0.526	0.825
0.0045	0.306	0.898	0.0095	0.410	0.863	0.0145	0.477	0.841	0.0195	0.526	0.825
0.0046	0.309	0.897	0.0096	0.412	0.863	0.0146	0.478	0.841	0.0196	0.527	0.824
0.0047	0.312	0.896	0.0097	0.413	0.862	0.0147	0.479	0.840	0.0197	0.528	0.824
0.0048	0.314	0.895	0.0098	0.415	0.862	0.0148	0.480	0.840	0.0198	0.529	0.824
0.0049	0.317	0.894	0.0099	0.416	0.861	0.0149	0.481	0.840	0.0199	0.530	0.823
0.0050	0.320	0.894	0.0100	0.418	0.861	0.0150	0.483	0.839	0.0200	0.531	0.823
0.0051	0.322	0.893	0.0101	0.419	0.860	0.0151	0.484	0.839	0.0201	0.532	0.823
0.0052	0.325	0.892	0.0102	0.421	0.860	0.0152	0.485	0.838	0.0202	0.532	0.823
0.0053	0.327	0.891	0.0103	0.423	0.859	0.0153	0.486	0.838	0.0203	0.533	0.822
0.0054	0.330	0.890	0.0104	0.424	0.859	0.0154	0.487	0.838	0.0204	0.534	0.822
0.0055	0.332	0.889	0.0105	0.425	0.858	0.0155	0.488	0.837	0.0205	0.535	0.822
0.0056	0.334	0.889	0.0106	0.427	0.858	0.0156	0.489	0.837	0.0206	0.536	0.821
0.0057	0.337	0.888	0.0107	0.428	0.857	0.0157	0.490	0.837	0.0207	0.537	0.821
0.0058	0.339	0.887	0.0108	0.430	0.857	0.0158	0.491	0.836	0.0208	0.537	0.821
0.0059	0.341	0.886	0.0109	0.431	0.856	0.0159	0.492	0.836	0.0209	0.538	0.821

表-2.

σ_c (kg/cm^2)	$\sigma_s = 1000 \text{ kg/cm}^2$		$\sigma_s = 1050 \text{ kg/cm}^2$		$\sigma_s = 1100 \text{ kg/cm}^2$		$\sigma_s = 1150 \text{ kg/cm}^2$		$\sigma_s = 1200 \text{ kg/cm}^2$	
	C_1	C_2	C_1	C_2	C_1	C_2	C_1	C_2	C_1	C_2
20	0.686	0.00158	0.697	0.00148	0.709	0.00138	0.720	0.00130	0.732	0.00122
21	0.687	0.00165	0.669	0.00154	0.680	0.00144	0.691	0.00136	0.702	0.00128
22	0.682	0.00173	0.643	0.00161	0.653	0.00151	0.664	0.00142	0.674	0.00133
23	0.679	0.00182	0.619	0.00168	0.629	0.00157	0.639	0.00148	0.649	0.00139
24	0.588	0.00187	0.597	0.00174	0.607	0.00163	0.616	0.00153	0.625	0.00144
25	0.528	0.00194	0.577	0.00181	0.586	0.00169	0.595	0.00159	0.604	0.00152
26	0.530	0.00201	0.559	0.00187	0.567	0.00176	0.576	0.00165	0.584	0.00155
27	0.533	0.00209	0.542	0.00194	0.550	0.00182	0.558	0.00171	0.566	0.00161
28	0.518	0.00214	0.526	0.00200	0.533	0.00188	0.541	0.00176	0.549	0.00166
29	0.503	0.00221	0.511	0.00207	0.518	0.00194	0.526	0.00182	0.533	0.00171
30	0.489	0.00228	0.497	0.00213	0.504	0.00200	0.511	0.00188	0.519	0.00177
31	0.477	0.00235	0.484	0.00219	0.491	0.00206	0.498	0.00193	0.505	0.00182
32	0.465	0.00241	0.472	0.00226	0.479	0.00212	0.485	0.00199	0.492	0.00187
33	0.454	0.00248	0.457	0.00232	0.464	0.00217	0.470	0.00206	0.477	0.00195
34	0.443	0.00254	0.449	0.00238	0.456	0.00223	0.462	0.00210	0.468	0.00199
35	0.433	0.00261	0.439	0.00244	0.445	0.00229	0.451	0.00215	0.457	0.00203
36	0.424	0.00267	0.430	0.00250	0.435	0.00235	0.441	0.00221	0.447	0.00208
37	0.415	0.00274	0.421	0.00256	0.426	0.00240	0.432	0.00226	0.437	0.00213
38	0.406	0.00280	0.412	0.00262	0.417	0.00246	0.423	0.00232	0.429	0.00218
39	0.398	0.00287	0.403	0.00268	0.408	0.00252	0.414	0.00237	0.419	0.00223
40	0.390	0.00293	0.396	0.00274	0.401	0.00257	0.406	0.00242	0.411	0.00228
41	0.383	0.00299	0.388	0.00280	0.393	0.00263	0.398	0.00247	0.403	0.00233
42	0.376	0.00305	0.381	0.00286	0.386	0.00268	0.390	0.00252	0.395	0.00238
43	0.369	0.00311	0.374	0.00292	0.378	0.00274	0.384	0.00257	0.389	0.00243
44	0.363	0.00318	0.368	0.00297	0.371	0.00279	0.375	0.00263	0.380	0.00248
45	0.357	0.00324	0.361	0.00303	0.364	0.00285	0.370	0.00268	0.374	0.00253
46	0.351	0.00330	0.355	0.00309	0.360	0.00290	0.364	0.00273	0.368	0.00258
47	0.345	0.00336	0.350	0.00315	0.354	0.00295	0.358	0.00278	0.362	0.00262
48	0.340	0.00342	0.344	0.00320	0.348	0.00301	0.352	0.00283	0.356	0.00267
49	0.335	0.00348	0.339	0.00326	0.343	0.00306	0.347	0.00288	0.351	0.00272
50	0.330	0.00354	0.334	0.00331	0.338	0.00311	0.341	0.00293	0.345	0.00277
51	0.325	0.00359	0.329	0.00337	0.333	0.00316	0.337	0.00298	0.340	0.00281
52	0.321	0.00365	0.324	0.00342	0.328	0.00322	0.332	0.00303	0.335	0.00285
53	0.317	0.00371	0.320	0.00348	0.324	0.00327	0.328	0.00308	0.332	0.00289
54	0.312	0.00377	0.316	0.00353	0.319	0.00332	0.322	0.00313	0.326	0.00294
55	0.308	0.00383	0.311	0.00359	0.315	0.00337	0.317	0.00318	0.321	0.00298
56	0.304	0.00388	0.307	0.00364	0.311	0.00342	0.314	0.00322	0.317	0.00302
57	0.300	0.00394	0.303	0.00369	0.307	0.00347	0.310	0.00327	0.313	0.00307
58	0.296	0.00400	0.300	0.00375	0.303	0.00352	0.306	0.00332	0.309	0.00312
59	0.293	0.00405	0.296	0.00380	0.299	0.00357	0.302	0.00337	0.305	0.00317
60	0.289	0.00411	0.282	0.00385	0.295	0.00362	0.298	0.00342	0.301	0.00323
61	0.286	0.00417	0.288	0.00391	0.292	0.00367	0.295	0.00346	0.298	0.00327
62	0.282	0.00422	0.285	0.00396	0.288	0.00372	0.291	0.00351	0.294	0.00332
63	0.279	0.00428	0.282	0.00401	0.285	0.00377	0.288	0.00356	0.291	0.00336
64	0.274	0.00433	0.279	0.00406	0.282	0.00382	0.285	0.00361	0.287	0.00341
65	0.275	0.00439	0.276	0.00411	0.279	0.00387	0.281	0.00366	0.284	0.00345

$d - \frac{kd}{3}$, 従つて (7) 式を得る (表-1 参照)。

斯くて k 及 j を知ると次に外力による曲げモーメントと, 断面の応力による抵抗モーメントとを相等しと置いて

$$M = Cjd = \frac{1}{2} kdb\sigma_c j d \dots\dots\dots (ロ)$$

従つて (8) 式を得る。

$$M = Tjd = A_s\sigma_s j d \dots\dots\dots (ハ)$$

従つて (10) 式を得る。

(9) 式は σ_c と σ_s の關係を示すもので (イ) 式より求むる事が出来る。

扱つて断面及鉄筋量を設計する場合に使用する算式 (1a) は許容応力を先づ假定する (第 17 章参照)。さすれば中立軸の位置 k 及之に相應する j は (イ) 式より

$$k = \frac{n\sigma_c}{n\sigma_c + \sigma_s} \dots\dots\dots (=)$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = \frac{2n\sigma_c + 3\sigma_s}{3(n\sigma_c + \sigma_s)} \dots\dots\dots (=')$$

の關係で決定せられる。

然るに (ロ) 及 (ハ) 式を等しと置いて

$$\sigma_c k = 2\sigma_s p$$

の關係を得るから, 假定した応力を丁度その断面に生ぜしむべき鉄筋量 p は上式に (=) 式を代入し

$$p = \frac{\sigma_c}{2\sigma_s} \cdot \frac{n\sigma_c}{n\sigma_c + \sigma_s} \dots\dots\dots (※)$$

で得られるし, 斯かる鉄筋量 (鈎合鉄筋量とも云ふ) を有する場合の断面の寸法 b 及 d は, (8) 式に (=) 及 (=') 式を挿入して

$$\sigma_c = \frac{n\sigma_c}{n\sigma_c + \sigma_s} \cdot \frac{2M}{3(n\sigma_c + \sigma_s)} \cdot \frac{bd^2}{bd^2}$$

$$d = \frac{n\sigma_c + \sigma_s}{n\sigma_c} \sqrt{\frac{6M}{(2n\sigma_c + 3\sigma_s)}} \cdot \frac{M}{b} \dots\dots\dots (1) \text{ 及 } (2)$$

を得る。これは即ち (1) 及 (2) 式であつて, 許容応力 σ_c kg/cm², σ_s kg/cm² を假定し且つ $n=15$ と置き, 幅 b 當りの曲げモーメント M を知れば (b が m 單位の時は M も kg m 單位, b が cm の時は M も kg cm 單位で置く) 梁又は版の所要有效高さ d を直ちに cm 單位にて求める事が出来るのである (表-2 参照)。

次に鉄筋量 A_s は (5) 式の p 及 d に (※), (1) 及 (2) 式の關係を入れ

$$A_s = \frac{\sigma_c}{2\sigma_s} \sqrt{\frac{6n}{(2n\sigma_c + 3\sigma_s)}} \sqrt{Mb} \dots \dots \dots (3) \text{ 及 } (4)$$

にて求められる。茲に M は幅 b 當りの曲げモーメントで、單位は M は kg cm 、 b は cm 、 σ_c 及 σ_s は kg/cm^2 にすれば直ちに所要鉄筋量 A_s を cm^2 の單位にて得る事が出来る (表-2 参照)。

〔A1-2〕 複鉄筋矩形断面

〔A1-1〕 と同様に応力を求める算式 (2b) から出す。

鉄筋比は引張 (16) 式、圧縮 (17) 式

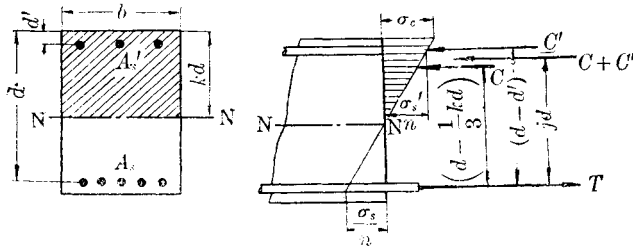


図-2.

次に応力図より

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_s} = \frac{kd}{d - kd} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_s'} = \frac{kd}{kd - d'} \dots \dots \dots (\sim)$$

(1) 式より (13) 式及 (22) 式を得る。(～) 式より σ_s' の値を得られるが、之は許容応力を決して超過する事がないから計算するに及ばない。

次に〔A1-1〕と同様に

$$T = C + C'$$

即ち

$$\sigma_s A_s = \frac{1}{2} k b d \sigma_c + \sigma_s' A_s'$$

上式と (1) 及 (～) 兩式を組合せ $\sigma_c, \sigma_s, \sigma_s'$ を消去すれば

$$k^2 + 2n(p + p')k - 2n\left(p + p' \frac{d'}{d}\right) = 0 \dots \dots \dots (18)$$

之を解いて (18) 式の中立軸の位置を得る。

$$k = \sqrt{2n\left(p + p' \frac{d'}{d}\right) + n^2(p + p')^2} - n(p + p') \dots \dots \dots (18)$$

(18) 式の計算は面倒の様であるが、之はノモグラムに依ると、 $p, p', \frac{d'}{d}$ の任意の比に對して直ちに k を求める事が出来る (図表-1 参照)。

次に j は、引張鉄筋の中心に關して断面応力の抵抗モーメント M_R を次の如く二通りに考へ

$$M_R = C \left(d - \frac{1}{3} kd \right) + C' (d - d') = \frac{1}{2} \sigma_c kdb \left(d - \frac{kd}{2} \right) + \sigma_s' A_s' (d - d') \dots \dots (チ)$$

$$M_R = (C + C') jd = \left(\frac{1}{2} \sigma_c kdb + \sigma_s' A_s' \right) jd \dots \dots \dots (チ')$$

の關係を得、この兩式の M_R を等しとおき且つ (へ) 式の σ_s' を代入せば

$$j = \frac{\frac{1}{2} \sigma_c kdb \left(1 - \frac{k}{3} \right) + n \sigma_c \frac{k - \frac{d'}{d}}{k} p' bd \left(1 - \frac{d'}{d} \right)}{\frac{1}{2} \sigma_c kbd + n \sigma_c \frac{k - \frac{d'}{d}}{k} p' bd}$$

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

尙ほ之に (ト) 式の p' を代入せば

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

を得る。上記 (19) 及 (19') 式は非常に面倒であるが、之は曲げ応力を求むる場合には必要でない [(20) 及 (22) 式を用ふればよい]。然し剪断応力を求むる場合には必要なのであるが、此の場合にも $j = 1 - \frac{k}{3}$ と置いて簡単に且つ安全側に j を出してもよいのである。

次に (20) 及 (21) 式による σ_c は (チ) 式を変化し M_R を外力による曲げモーメント M に等しと置けば直ちに求められる。即ち (チ) 式に (へ) 式及 (17) 式を代入せば

$$M = \frac{1}{2} \sigma_c kbd \left(d - \frac{kd}{3} \right) + n \sigma_c \frac{k - \frac{d'}{d}}{k} p' bd (d - d')$$

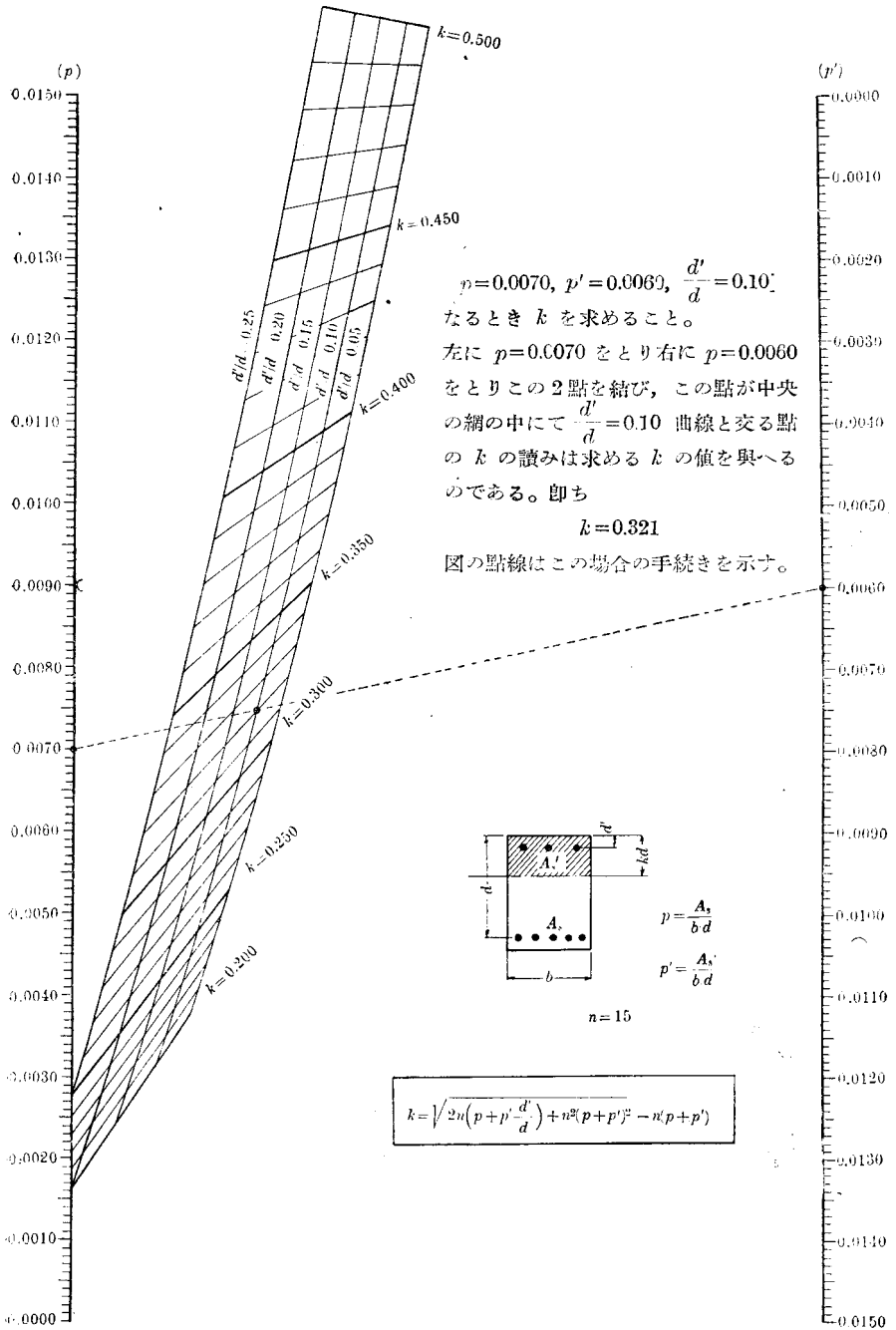
$$\sigma_c = \frac{M}{bd^2} \frac{1}{\frac{k}{2} \left(1 - \frac{k}{3} \right) + \frac{np' \left(k - \frac{d'}{d} \right) \left(1 - \frac{d'}{d} \right)}{k}} \dots \dots \dots (20) \text{ 及 } (21)$$

(21) 式もノモグラムで計算すると簡単である (図表-2 参照)。

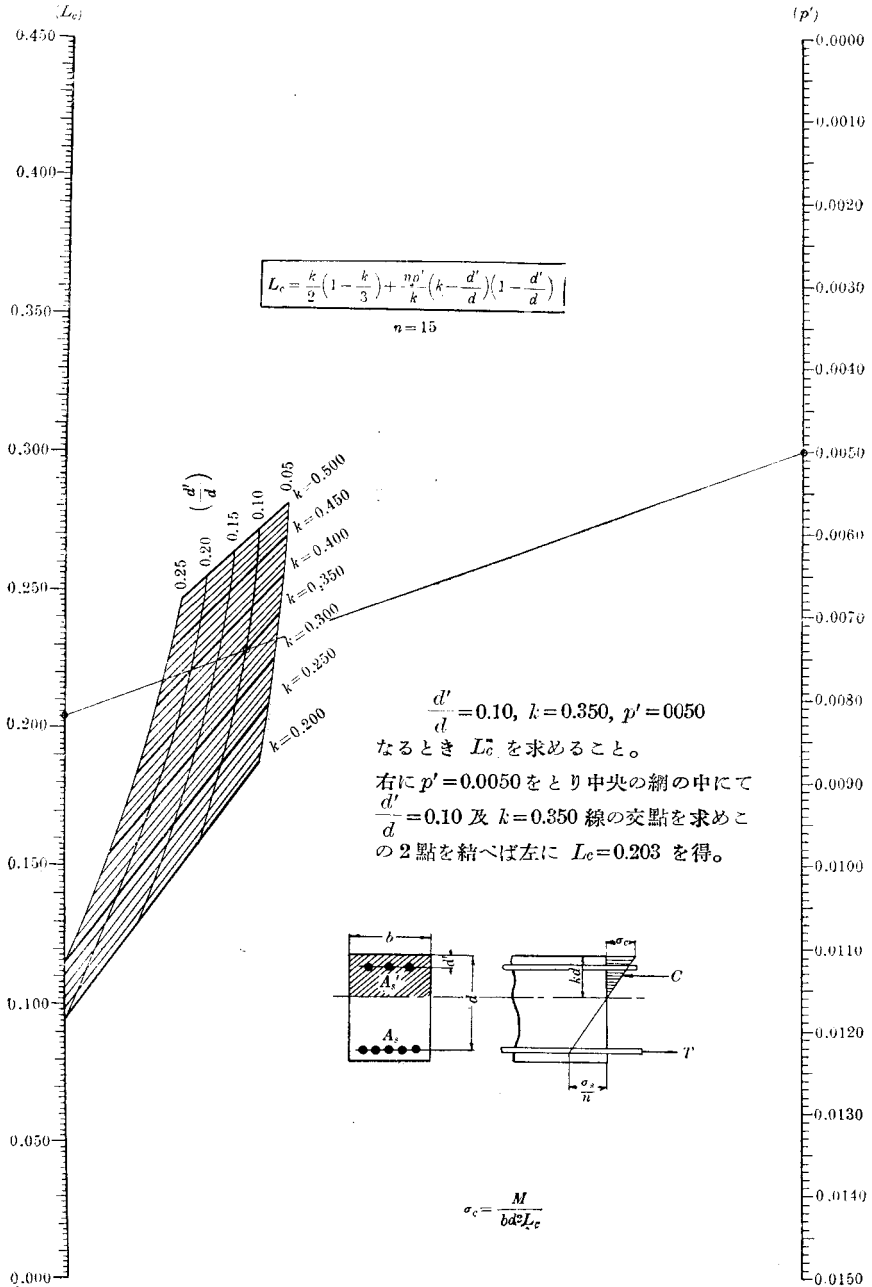
引張鉄筋の応力 σ_s は前述の (22) 式で求むればよい。

扱て断面及鉄筋量を設計する場合に使用する算式 (2a) であるが、先づ (20) 及 (21) 式より p を求めると

図表-1.



図表-2.



$$p' = \frac{\frac{M}{bd^2} - \frac{1}{2}k\sigma_c \left(1 - \frac{k}{3}\right)}{\frac{n\sigma_c}{k} \left(k - \frac{d'}{d}\right) \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \dots\dots\dots (15)$$

次に(ト)式の p' を(15)式に代入すると

$$p = \frac{\frac{M}{bd^2} - \frac{\sigma_c}{2}k \left(\frac{d'}{d} - \frac{k}{3}\right)}{\frac{n\sigma_c}{k} (1-k) \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \dots\dots\dots (17)$$

を得る。之に(イ)式より求められる次の(13)式

$$k = \frac{n\sigma_c}{n\sigma_c + \sigma_s} \dots\dots\dots (13)$$

の關係を入れると

$$p = \frac{\frac{M}{bd^2} + \frac{\sigma_c}{2}k \left(\frac{k}{3} - \frac{d'}{d}\right)}{\sigma_s \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \dots\dots\dots (14)$$

を得る。

上記の p, p' は σ_c, σ_s, b 及 d が與へられて居る場合、之等の断面形に於て σ_c, σ_s の丁度與へられた応力を出すに必要な引張、圧縮の鉄筋比である。

次に p 及 p' が與へられて居つて b 及 d が未知の場合、 σ_c 及 σ_s が與へられて居れば断面形 b と d の間に一の關係を導く事が出来る。之が(11)式及(12)式である。即ち(15)式及(17)式より

$$\frac{p'}{p} = \frac{A_s'}{A_s} = \frac{\frac{M}{bd^2} - \frac{\sigma_c}{2}k \left(1 - \frac{k}{3}\right) (1-k)}{\frac{M}{bd^2} - \frac{\sigma_c}{2}k \left(\frac{d'}{d} - \frac{k}{3}\right) \left(k - \frac{d'}{d}\right)}$$

を得、之を変化して

$$d = \sqrt{\frac{\sigma_c k}{2} \left[\left(1 - \frac{k}{3}\right) + \frac{A_s'}{A_s} \frac{\left(k - \frac{d'}{d}\right) \left(1 - \frac{d'}{d}\right)}{(1-k) - \frac{A_s'}{A_s} \left(k - \frac{d'}{d}\right)} \right]} \sqrt{\frac{M}{b}} \dots\dots\dots (11) \text{ 及 } (12)$$

を求むる事が出来る。此の計算もノモグラムに依れば簡単に結果が求められる。 M, b, d, σ_c 等の単位については(1)及(2)式の場合と同様の注意が必要である。

[A]-3) 單鉄筋丁形断面

I. 腹部の圧縮応力を省略した場合

先づ応力を求むる算式(3b)から出す。

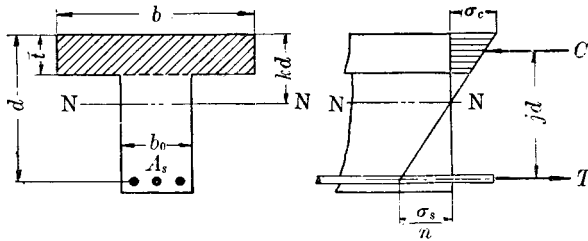


図-3.

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots (27)$$

茲に b は丁形断面の計算に假定する圧縮突縁幅である。図-3 の応力図より

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_s} = \frac{kd}{d - kd} \dots\dots\dots (イ)$$

故に

$$\sigma_c = \frac{k}{n(1-k)} \sigma_s \dots\dots\dots (31)$$

次に図-3 に示す如くコンクリートの圧縮応力の合力 C を考ふるに、腹部に於ける僅少のコンクリートの圧縮応力を無視すれば

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

全引張応力 T は

$$T = A_s \sigma_s = pbd \frac{(1-k)}{k} n \sigma_c \quad \cdot$$

従つて $C=T$ と置けば、中立軸の位置 k を得る。

$$k = \frac{np + \frac{1}{2} \left(\frac{t}{d} \right)^2}{np + \left(\frac{t}{d} \right)} \dots\dots\dots (28)$$

但し上式による kd が t よりも小なる場合には、計算は丁形断面としてでなく、矩形断面として行はねばならぬ。従つて [A]-1) に戻るべきである事を忘れてはならぬ。(28) 式もノモグラムに依ると簡単に求め得る (図表-3 参照)。

次に C の作用點は応力梯形の重心であるから、断面上端より

$$\frac{t}{3} \frac{\sigma_c + 2\sigma_c \frac{kd-t}{kd}}{\sigma_c + \sigma_c \frac{kd-t}{kd}}$$

の位置にある。従つて

$$jd = d - \frac{t}{3} \frac{\sigma_c \left[1 + \frac{2(kd-t)}{kd} \right]}{\sigma_c \left[1 + \frac{kd-t}{kd} \right]} = d - \frac{t}{3} \frac{3kd-2t}{2kd-t}$$

即ち

$$j = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{t}{d} \right) \frac{3k-2 \left(\frac{t}{d} \right)}{2k - \left(\frac{t}{d} \right)} \dots \dots \dots (29)$$

上式に (28) の k を代入して

$$j = \frac{6 - 6 \left(\frac{t}{d} \right) + 2 \left(\frac{t}{d} \right)^2 + \frac{1}{2np} \left(\frac{t}{d} \right)^3}{6 - 3 \left(\frac{t}{d} \right)}$$

をすれば (図表-4 参照) σ_s は直ちに次式にて求め得る。

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s j d} \left(= \frac{M}{p j b d^2} \right) \dots \dots \dots (30)$$

σ_c は前述の (31) 式により求むる事が出来る。

扱て断面及鉄筋量を設計する場合に使用する算式 (3a) を求めて見よう。

先づ (31) 式より與へられた σ_c, σ_s に応ずる中立軸の位置

$$k = \frac{n \sigma_c}{n \sigma_c + \sigma_s}$$

を出し、之と (28) 式により所要鉄筋量

$$p = \frac{\sigma_c}{\sigma_s} \left(\frac{t}{d} \right) \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{t}{d} \right) \right] - \frac{1}{2n} \left(\frac{t}{d} \right)^2 \dots \dots \dots (26)$$

を得る。

次に (29) 式に (31) 式の k を代入し

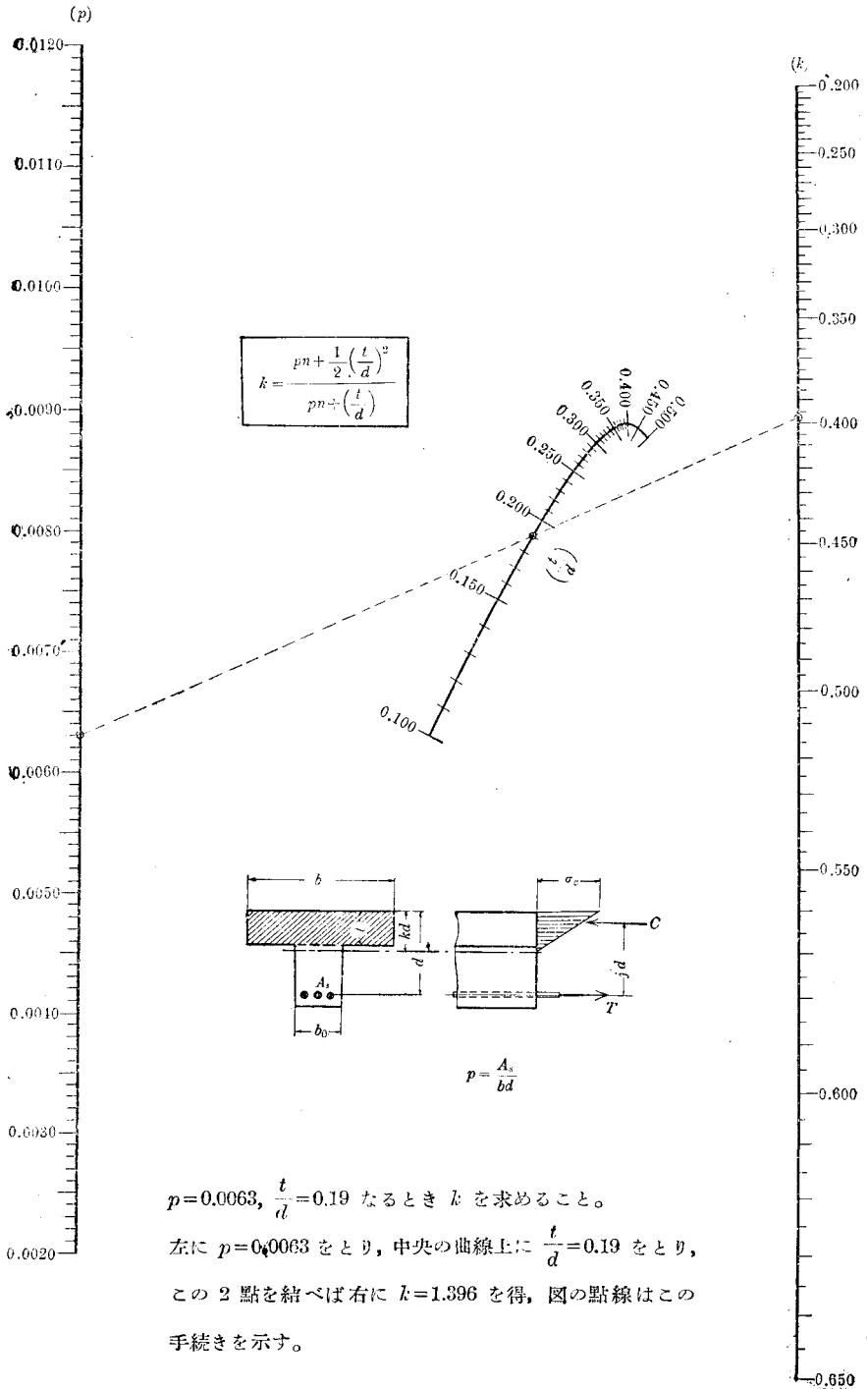
$$j = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{t}{d} \right) \frac{\frac{3n \sigma_c}{n \sigma_c + \sigma_s} - 2 \left(\frac{t}{d} \right)}{\frac{2n \sigma_c}{n \sigma_c + \sigma_s} - \left(\frac{t}{d} \right)} \dots \dots \dots (*)$$

を得、之を (30) 式に代入し且つ σ_c, σ_s の関係を満足せしむる (26) 式の p を用ひて (30) 式を書き換ふれば

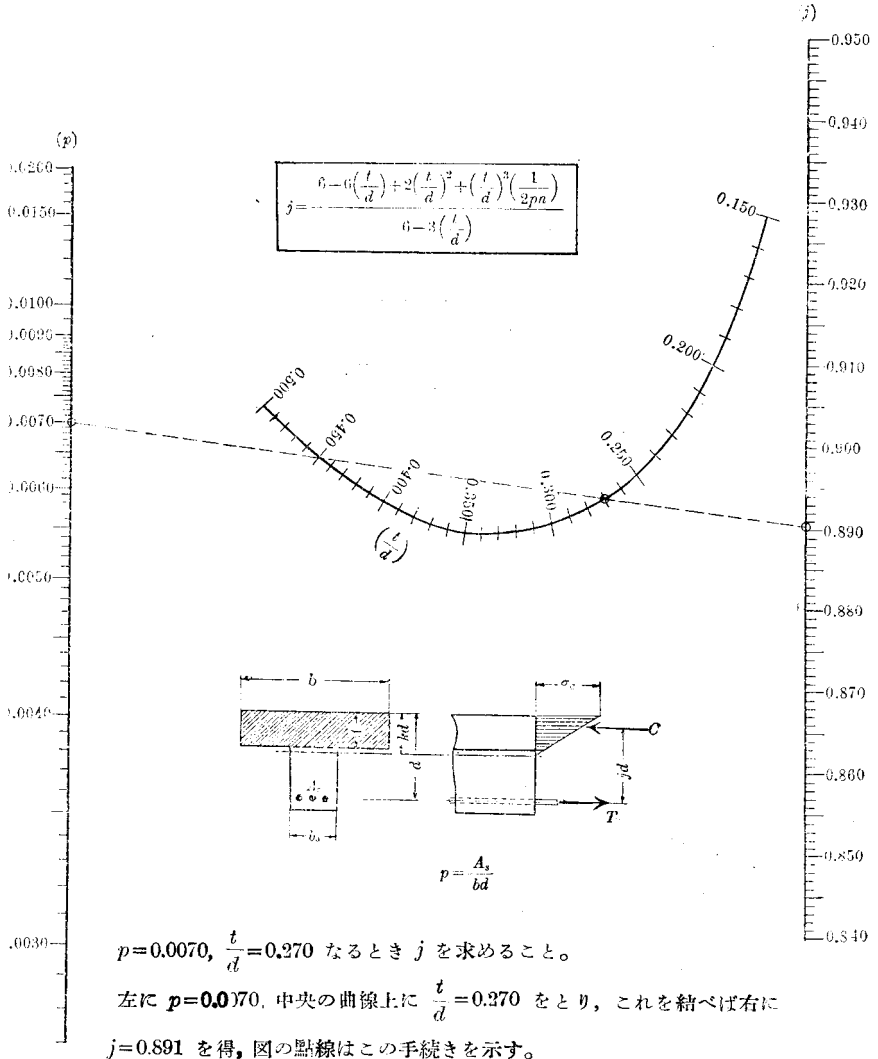
$$\frac{M}{b d^2} = \sigma_s j p = \sigma_s \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{t}{d} \right) \frac{\frac{3n \sigma_c}{n \sigma_c + \sigma_s} - 2 \frac{t}{d}}{\frac{2n \sigma_c}{n \sigma_c + \sigma_s} - \frac{t}{d}} \right] \left[\frac{\sigma_c}{\sigma_s} \left(\frac{t}{d} \right) \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{t}{d} \right) \right] - \frac{1}{2n} \left(\frac{t}{d} \right)^2 \right]$$

之を整理して

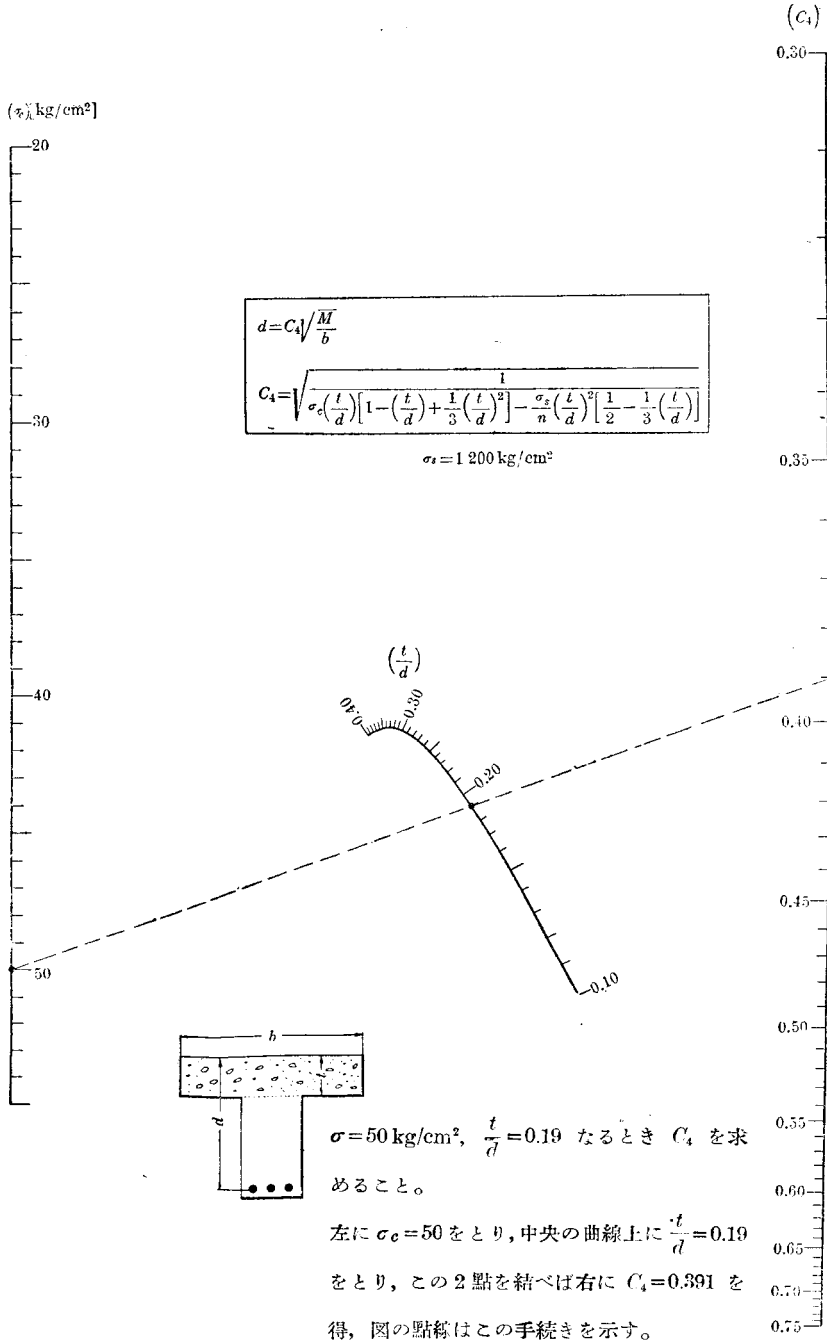
図 差-3.



図表-4.



図表-5.



$$d = \sqrt{\frac{1}{\sigma_c \left(\frac{t}{d}\right) \left[1 - \left(\frac{t}{d}\right) + \frac{1}{3} \left(\frac{t}{d}\right)^2\right] - \frac{\sigma_s}{n} \left(\frac{t}{d}\right)^2 \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \left(\frac{t}{d}\right)\right]} \sqrt{\frac{M}{b}} \dots\dots\dots (24) \text{ 及 } (25)$$

M, b, σ_c, σ_s 及 d 等の単位は (1) 及 (2) 式の場合と同様である。この関係をノモグラムにすれば図表-5 の如くである。

II. 腹部の圧縮応力を考慮した場合

先づ応力を求むる算式 (3b) を誘導する

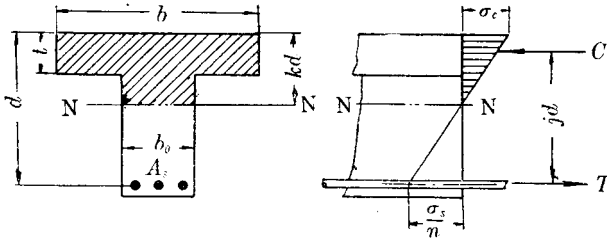


図-3.

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots (27')$$

茲に b は丁形断面の計算に假定する圧縮突縁の幅である。図-3' の応力図より

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_s} = \frac{kd}{d - kd} \dots\dots\dots (1')$$

故に

$$\sigma_c = \frac{k}{n(1-k)} \sigma_s$$

突縁部及腹部に於ける圧縮応力を C_1, C_2 とすれば

$$C = C_1 + C_2 = \frac{\sigma_c}{2kd} (2kd - t)bt + \frac{\sigma_c}{2kd} (kd - t)^2 b_0 \dots\dots\dots (+)$$

引張応力は

$$T = A_s \sigma_s = pbd \frac{(1-k)}{k} n \sigma_c$$

従つて平衡の條件 $C = T$ に上式を代入し

$$2n(1-k)A_s = \left(2k - \frac{t}{d}\right)bt + \left(k - \frac{t}{d}\right)^2 b_0 d$$

之を解いて中立軸の位置 k を得る。

$$k = \sqrt{\frac{2npb + (b - b_0) \left(\frac{t}{d}\right)^2}{b_0} + \left[\frac{npb + (b - b_0) \frac{t}{d}}{b_0}\right]^2} - \frac{npb + (b - b_0) \frac{t}{d}}{b_0} \dots\dots (28')$$

次に j は、引張鉄筋の中心に關して断面応力の抵抗モーメントを次の如く二通りとして

$$M_R = \frac{\sigma_c}{2kd} [(2kd-t)bt + (kd-t)^2 b_0] jd$$

$$M_R = \frac{\sigma_s}{2kd} (kd-t)^2 b_0 \left(d - t - \frac{kd-t}{3} \right) + \frac{\sigma_c}{2kd} (2kd-t)bt \left[d - \frac{t(3kd-t)}{3(2kd-t)} \right]$$

を得、此の兩式を等しいとおいて j を得る。

$$j = 1 - \frac{b \left(k - \frac{2t}{3d} \right) \left(\frac{t}{d} \right)^2 + \frac{b_0}{3} \left(k - \frac{t}{d} \right)^2 \left(k + 2 \frac{t}{d} \right)}{b \left(2k - \frac{t}{d} \right) \frac{t}{d} + b_0 \left(k - \frac{t}{d} \right)^2} \dots\dots\dots (29')$$

尚中立軸に關する断面応力のモーメントを 0 とおいて

$$\frac{b(kd)^2}{2} - (b-b_0) \frac{(kd-t)^2}{2} - nA_s(d-kd) = 0$$

此の式の A_s に (27') 式の値を代入して整理すれば

$$b \left(2k - \frac{t}{d} \right) \frac{t}{d} + b_0 \left(k - \frac{t}{d} \right)^2 = 2npb(1-k)$$

此の値を (29') 式の分母に代入して

$$j = 1 - \frac{b \left(\frac{t}{d} \right)^2 \left(k - \frac{2t}{3d} \right) + \frac{b_0}{3} \left(k - \frac{t}{d} \right)^2 \left(k + 2 \frac{t}{d} \right)}{2npb(1-k)} \dots\dots\dots (29'')$$

を得る。之を知れば σ_s は直ちに次式より求まる。

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s j d} \left(= \frac{M}{p j b d^2} \right) \dots\dots\dots (30')$$

σ_c は前記の (31') 式により求めることが出来る。

次に断面鉄筋量を設計する場合に使用する算式 (3a) を求める。

先づ (31) 式より與へられた σ_c, σ_s に對する中立軸の位置

$$k = \frac{n\sigma_c}{n\sigma_c + \sigma_s} \dots\dots\dots (31')$$

を出す。之と (28') 式の誘導に用ひた $C = T$ の關係式

$$\frac{\sigma_c}{2kd} [(2kd-t)bt + (kd-t)^2 b_0] = \sigma_s p b d$$

を整理して得られる

$$p = \frac{\sigma_c}{2k\sigma_s} \left[\left(2k - \frac{t}{d} \right) \frac{t}{d} + \frac{b_0}{b} \left(k - \frac{t}{d} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (26')$$

より所要鉄筋量を求むることを得。

次に外力による曲げモーメントと断面応力による抵抗モーメントの平衡より

$$M = C j d$$

此の式の C 及 j に前記の (ナ) 及 (29'') 式の値を代入して整理すれば

$$\begin{aligned}
 M &= Cjd \\
 &= \frac{\sigma_c}{d} \left[\left(d^2 + \frac{t^2}{3k} - \frac{1+k}{2k} dt \right) bt + \frac{(kd-t)^2}{6k} \{ (3-k)d - 2t \} l_s \right] \\
 &= \frac{1}{C_4^2} bd^2
 \end{aligned}$$

之を書換へて次式を得る。

$$d = C_4 \sqrt{\frac{M}{b}} \dots\dots\dots (24')$$

茲に

$$C_4 = \frac{1}{\sqrt{\sigma_c \left[\frac{t}{d} \left\{ 1 - \frac{1+k}{2k} \frac{t}{d} + \frac{1}{3k} \left(\frac{t}{d} \right)^2 \right\} + \frac{b_0}{b} \frac{(k-t/d)^2}{6k} \left(3-k-2\frac{t}{d} \right) \right]}} \dots\dots (25')$$

[A]-4) 複鉄筋丁形断面

I. 腹部の圧縮応力を省略した場合

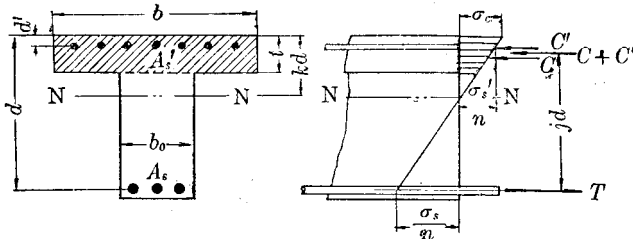


図-4.

之は餘り複雑であつて断面の設計を色々の條件に合ふ様に簡單に行ふわけには行かない。故に断面は既に定まつたものとして応力の計算式 (4b) のみを求めて見る。

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots\dots (32)$$

$$p' = \frac{A_s'}{bd} \dots\dots\dots (33)$$

応力図より

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_s} = \frac{kd}{d-kd} \dots\dots\dots (1)$$

故に

$$\sigma_s = \frac{1-k}{k} n \sigma_c$$

$$\sigma_c = \frac{k}{\gamma(1-k)} \sigma_s \dots\dots\dots (37)$$

又図-4 の応力図より

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_s} = \frac{k d}{k d - d'} \dots\dots\dots (\ast)$$

故に

$$\sigma_s' = \frac{k - \frac{d'}{d}}{k} \sigma_c$$

前述の如く

$$T = C + C'$$

茲に T, C, C' は (イ), (エ) 式等を用ひ

$$T = A_s \sigma_s = p b d \frac{(1-k)}{k} n \sigma_c$$

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

$$C' = A_s' \sigma_s' = p' b d \frac{k - \frac{d'}{d}}{k} n \sigma_c$$

故に前式に之等を代入し整理すれば

$$k \left[n p + n p' + \left(\frac{t}{d}\right) \right] = n p + \frac{1}{2} \left(\frac{t}{d}\right)^2 + n p' \left(\frac{d'}{d}\right)$$

即ち中立軸の位置 k は

$$k = \frac{n p + \frac{1}{2} \left(\frac{t}{d}\right) + n p' \left(\frac{d'}{d}\right)}{n p + \left(\frac{t}{d}\right) + n p'} \dots\dots\dots (34)$$

更に jd は前述 [A]-② の (チ) 及 (チ') 式を用ひて行ふ方法と同様にして

$$jd = \frac{C \left[d - \frac{t}{3} \frac{3kd - 2t}{2kd - t} \right] + C'(d - d')}{C + C'}$$

之に前の C 及 C' を代入し整理すれば

$$j = \frac{\left(\frac{t}{d}\right) \left[2k - \left(\frac{t}{d}\right) - \left(\frac{t}{d}\right) k + \frac{2}{3} \left(\frac{t}{d}\right)^2 \right] + 2n p' \left(k - \frac{d'}{d}\right) \left(1 - \frac{d'}{d}\right)}{\left(\frac{t}{d}\right) \left[2k - \left(\frac{t}{d}\right) \right] + 2n p' \left(k - \frac{d'}{d}\right)}$$

更に (34) 式の p' を代入せば

$$j = \frac{\frac{d'}{d} \left(\frac{t}{d} \right) \left(2k - \frac{t}{d} \right) - \left(\frac{t}{d} \right)^2 \left(k - \frac{2}{3} \frac{t}{d} \right) + 2np(1-k) \left(1 - \frac{d'}{d} \right)}{2np(1-k)} \dots\dots(35)$$

従つて応力は

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s j d} \left(= \frac{M}{p j b d^2} \right) \dots\dots(36)$$

σ_c は前述の (37) 式にて求むる事が出来る。(34) 及 (35) 式は甚だ複雑であるが、ノモグラムに依れば簡単に之を求むる事が出来る。

II. 腹部の圧縮応力を考慮した場合

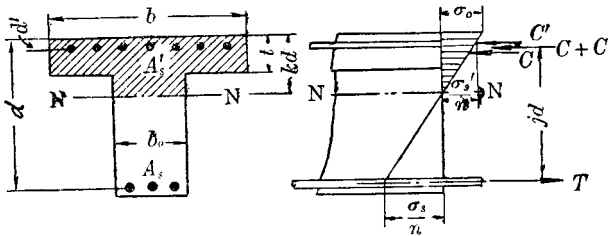


図-4.

此の場合は複雑であつて断面の設計を色々の条件に合ふ様に簡単に行ふわけには行かない。故に断面は既に定まつたものとして応力の計算式 (4bii) のみを求めて見る。

$$p = \frac{A_s}{bd} \dots\dots(32')$$

$$p' = \frac{A_s'}{bd} \dots\dots(33')$$

応力図より

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_s} = \frac{kd}{d - kd} \dots\dots(1')$$

故に

$$\sigma_s = \frac{1-k}{k} n \sigma_c$$

$$\sigma_c = \frac{k}{n(1-k)} \sigma_s \dots\dots(37')$$

又応力図より

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_s'} = \frac{kd}{kd - d'} \dots\dots(2')$$

故に

$$\sigma_s' = \frac{k - \frac{d'}{d}}{k} n \sigma_c$$

突縁部及腹部に於けるコンクリートの圧縮応力を C_1, C_2 とすれば

$$\begin{aligned}
 C &= C_1 + C_2 \\
 &= \frac{\sigma_c}{2kd}(2kd-t)bt + \frac{\sigma_c}{2kd}(kd-t)^2b_0 \\
 C' &= A_s'\sigma_s' = p'bd \frac{k - \frac{d'}{d}}{k} n\sigma_c \\
 T &= A_s\sigma_s = pbd \frac{1-k}{k} n\sigma_c
 \end{aligned}$$

平衡の條件

$$T = C + C'$$

に上の値を代入して整理すれば

$$2n(1-k)A_s = \left(2k - \frac{t}{d}\right)bt + \left(k - \frac{t}{d}\right)^2 b_0 d + 2n\left(k - \frac{d'}{d}\right)A_s'$$

即ち中立軸の位置 k は

$$\begin{aligned}
 k &= \sqrt{\frac{2nbp + \left(\frac{t}{d}\right)^2(b-b_0) + 2nbp'\frac{d'}{d}}{b_0}} + \left[\frac{nbp + \frac{t}{d}(b-b_0) + nbp'}{b_0} \right]^2 \\
 &\quad - \frac{nbp + \frac{t}{d}(b-b_0) + nbp'}{b_0} \dots\dots\dots (34')
 \end{aligned}$$

jd は前記の [A]-(2) の (チ) 及 (チ') 式を導けると同様に引張鉄筋の中心に関して断面応力の抵抗モーメントをとる方法により次の如く求まる。

$$jd = \frac{\frac{\sigma_c}{2kd}(kd-t)^2q_0\left(d-t - \frac{kd-t}{3}\right) + \frac{\sigma_c}{2kd}(2kd-t)bt\left[d - \frac{t(3kd-2t)}{3(2kd-t)}\right] + \sigma_s'A_s'(d-d')}{\frac{\sigma_c}{2kd}[(2kd-t)bt + (kd-t)^2b_0] + \sigma_s'A_s'}$$

之を整理すれば

$$j = 1 - \frac{b\left(k - \frac{2t}{3d}\right)\left(\frac{t}{d}\right)^2 + \frac{b_0}{3}\left(k - \frac{t}{d}\right)^2\left(k + \frac{2t}{d}\right) + 2nbp'\left(k - \frac{d'}{d}\right)\frac{d'}{d}}{b\left(2k - \frac{t}{d}\right)\left(\frac{t}{d}\right) + b_0\left(k - \frac{t}{d}\right)^2 + 2nbp'b\left(k - \frac{d'}{d}\right)} \dots\dots (35'')$$

尙中立軸に関する断面応力のモーメントを 0 とおいて

$$nA_s'(kd-d') + \frac{b(kd)^2}{2} - (b-b_0)\frac{(kd-t)^2}{2} - nA_s(d-kd) = 0$$

此の式の A_s, A_s' に (32') (33') 式の値を代入して整理すれば

$$\frac{bt}{d}\left(2k - \frac{t}{d}\right) + b_0\left(k - \frac{t}{d}\right)^2 + 2nbp'\left(k - \frac{d'}{d}\right) = 2nbp(1-k)$$

此の値を (35'') 式の分母に代入して

$$j=1-\frac{b\left(\frac{t}{d}\right)^2\left(k-\frac{2t}{3d}\right)+\frac{b_0}{3}\left(k-\frac{t}{d}\right)^2\left(k+2\frac{t}{d}\right)+2nbp'd'\left(k-\frac{d'}{d}\right)}{2nbp(1-k)} \dots\dots\dots(35')$$

従つて応力は次式より求むることを得。

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s j d} \left(= \frac{M}{p j b d^2} \right) \dots\dots\dots(36')$$

σ_c は前記の (37') 式にて求むることが出来る。

[B] 曲げモーメント及軸方向力又は偏心軸方向力を受くる場合

示方書本文第 92 條『帯鉄筋柱』第 93 條『螺旋筋柱』及第 94 條『中心軸方向荷重を受くる長柱』は柱の有効断面の重心點に軸方向力が作用する場合の計算である。斯かる場合を中心軸方向荷重を受けた柱の計算と稱する。

然るに構造物の部材中には中心軸方向力（重心點に働く軸方向力）のみならず曲げモーメントを受くる場合や、軸方向力が部材断面の重心點より一方に偏して作用する場合等がある。之が第 95 條『偏心荷重又は曲げモーメントを受くる柱』の場合で、之等を總稱して偏心荷重を受けた柱の計算と稱する。

勿論上記の二つの載荷状態は、孰れも柱に限つた事でなく梁に就ても言はれる處であつて、嚴密の意味で構造物部材の応力状態を検討すれば、殆んど總ての鉄筋コンクリート構造物は、中心軸方向荷重のみ（第 92 條乃至第 94 條、普通の柱の計算）或は曲げモーメントのみ（參考篇 [A] 普通の梁の計算）を受くるには非ずして、多かれ少なかれ中心軸方向荷重と曲げモーメント若くは偏心荷重（第 95 條、參考篇 [B]）を受けて居ると言ひ得るのである。然し普通の柱の計算や普通の梁の計算は非常に簡單であるに反し、今茲に導かんとする [B] の計算は一般に面倒であるから、設計計算に當つては當然 [B] の計算に依るべきを、普通の柱若くは梁の場合の計算のみにして了つて多少の曖昧さは不問に附して了ふ事が多い。勿論斯かる簡略計算法で充分の場合もあるが、アーチとかラーメンの柱等では [B] の計算を是非とも行ひたい場合が多い。且つ現今の發達した外力の計算方法並に図表乃至ノモグラム等に依る部材断面計算の簡單化は、容易に [B] の計算を行ひ易からしめて居る。従つて示方書參考篇に [B] の計算式を比較的餘計に掲げた次第である。此の計算式は未だ諸外國の書籍にも見出されぬのが多いが、之等は今回の示方書編纂に當つて作成され且つノモグラム等に依つて實用化されたものである。

尚ほ一言すべき事は、下記の計算も [A] と同様に左右對稱なる断面に就て計算せるもので、偏心荷重の作用點は此の對稱軸上にある場合である。且つ計算式には中心軸（重心點に働く軸方向力）と曲げモーメント M の代りに外力は總て偏心軸方向力 N と偏心距離 e で與へられて居る。これは既に知られたる如く前者の場合が後者を以つて直ちに示し得るからで、勿論 $M = N \cdot e$ である。

[B]-1) 単鉄筋矩形断面

[B]-2) 複鉄筋矩形断面

(B1-1) と (B1-2) は同時に導いた方が便利であるから、同時に説明しよう。先づ (1b₁) 及 (2b₂) はコンクリート断面に引張

応力の起らぬ場合、若くは引張応力が起つても其の大きさが小さく (第 95 條, (2) に依り許容軸方向圧縮応力の 1/5 以下), 従つて断面の計算にコンクリートの引張部分を無視する必要がない場合で、コンクリートの全断面を有効として計算すればよいのである。

図-5 は図-7 より圧縮鉄筋 A_s だけを除いたものに過ぎぬから、図-7 の場合の算式を求め、その式に $A_s' = 0$ と置けば宜しい。従つて図-7 に於て、先づ断面の重心線の位置 u を決定すべく圧縮突縁

上端に關し断面一次モーメントを求めて見る。すると全有効断面をコンクリート断面に換算した値即ち等値断面 A_i は

$$A_i = bh + nA_s + nA_s'$$

で之が重心點に集つて居ると考へた場合の一次モーメントは

$$uA_i = u(bh + nA_s + nA_s')$$

で、その外に一次モーメントとして $(hb \frac{h}{2} + nA_s d + nA_s' d')$ とも考へられるから、此の兩者を等しと置いて、次の如く u の値を得る。

$$u = \frac{\frac{bh^2}{2} + nA_s d + nA_s' d'}{bh + n(A_s + A_s')} \dots \dots \dots (47)$$

前述の如く等値断面積 A_i は

$$A_i = bh + n(A_s + A_s') \dots \dots \dots (48)$$

此の重心線 G-G に關する断面二次モーメントは

$$I_i = \frac{bu^3}{3} + \frac{b(h-u)^3}{3} + nA_s(d-u)^3 + nA_s'(u-d')^3$$

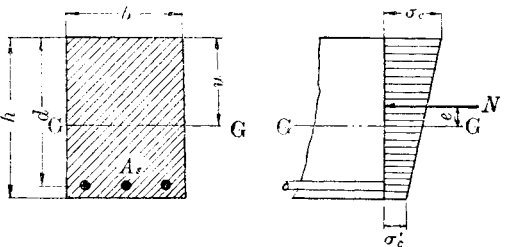


図-5.

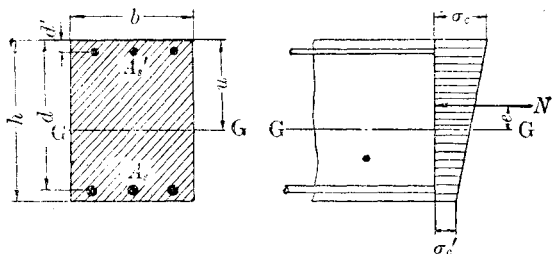


図-7.

$$= \frac{b}{3} [u^3 + (h-u)^3] + nA_s(d-u)^2 + nA_s'(u-d)^2 \dots\dots\dots(49)$$

従つて第 95 條示方書 (12) 式より

$$\sigma_c = \frac{N}{A_t} + \frac{Ne}{I_t} u \dots\dots\dots(50)$$

$$\sigma_c' = \frac{N}{A_t} - \frac{Ne}{I_t} (h-u) \dots\dots\dots(51)$$

(1b₁) の単鉄筋の場合には上記 (47), (48), (49) 式に $A_s' = 0$ と置いて (38), (39), (40) 式を得、之等の A_t, I_t を (41) 及 (42) 式に代入して σ_c 及 σ_c' を求むる事が出来る。

(2b₁) の対稱鉄筋の場合は $A_s = A_s', d = h-d$ なる條件を, (47), (48), (49) 式に入れて (52), (53), (54) 式を得る事が出来る。

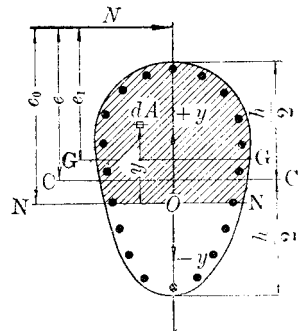
上記の計算で注意すべき事は, (42), (51), (55) 式等で求めた σ_c' が引張応力となつた場合, 許容軸方向圧縮応力 (第 73 條 (1) 式) の 1/5 を超過しないか否かを一応調べて見る事である。若し超過した場合には改めて (1b₂), (2b₂) の計算式に依らねばならない。

次に $\sigma_c' > \frac{1}{5} \sigma_{na}$ の場合, 即ち (1b₂), (2b₂) 式の場合を求めて見る。此の場合にはコンクリートの引張部分は全部之を無視して了ふのであるが(参考図参照), 今之を無視せざる場合の等値断面重心線より偏心軸方向力 N までの距離を考へて見ると, 之は前述せる處と同様にして $M = Ne_1$ で計算する事が出来る。 e_1 が解れば e 断面中心線 C-C より偏心軸方向力迄の距離も解かる。従つて部材中心線を基準として N の位置は決定される。故に次に N と中立軸 N-N との距離 e_0 。さへ何等かの方法により求むることが出来れば, N の位置から逆に中立軸の位置が決定されるのである。即ち断面の応力の計算が出来る事になる。

参考図より断面全応力は $\int \sigma dA$, 中立軸 N-N に關する応力の力のモーメントの總和は $\int \sigma dAy$ 故に之を外力と等しと置けば

$$N = \int \sigma dA = \int \frac{\sigma}{y} y dA$$

$$Ne_0 = \int \sigma y dA = \int \frac{\sigma}{y} y^2 dA$$



参考図

を得る。茲に σ/y は応力の分布が直線の変化をなすものと假定するから常數であるし, $\int y dA$ は有效断面の一次モーメント G_{N-N} , $\int y^2 dA$ は有效断面の二次モーメント I_{N-N} であるから, 上記は

$$N = \frac{\sigma}{y} \int y dA = \frac{\sigma}{y} G_{N-N}$$

$$Ne_0 = \frac{\sigma}{y} \int y^2 dA = \frac{\sigma}{y} I_{N-N}$$

となる。従つて此の兩式より

$$e_0 = \frac{I_{N-N}}{G_{N-N}} \dots\dots\dots (ル)$$

又応力は

$$\sigma = \frac{N}{G_{N-N}} y \dots\dots\dots (オ)$$

にて求める事が出来る。

今之を図-6 及図-8 の場合に應用して見よう。但し單鉄筋と複鉄筋の場合であるから (1b₁), (2b₁) の時と同様に図-8 (2b₂) の複鉄筋の場合についてのみ計算すれば單鉄筋の場合は之に A_s' = 0 とおいて求むる事が出来る。さて図-8 に於て

$$p = \frac{A_s}{bh} \dots\dots\dots (56)$$

$$p' = \frac{A_s'}{bh} \dots\dots\dots (57)$$

(ル) 式の G_{N-N}, I_{N-N} は

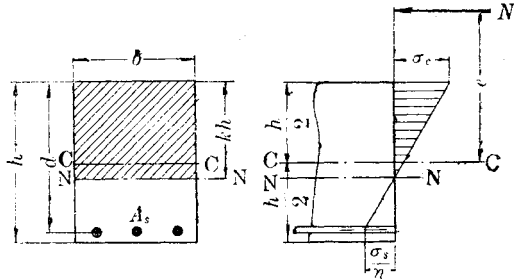


図-6.

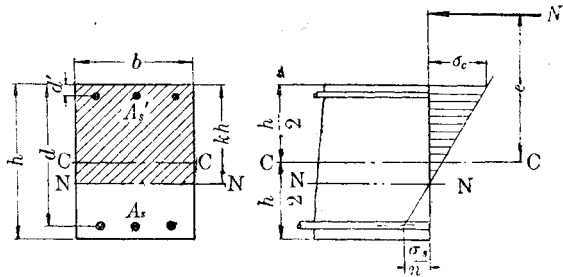


図-8.

$$G_{N-N} = bkh \frac{kh}{2} + nA_s'(kh - d') - nA_s(d - kh)$$

$$I_{N-N} = \frac{b(kh)^3}{3} + nA_s'(kh-d')^2 + nA_s(d-kh)^2$$

故に (ル) 式より

$$e_0 = \frac{I_{N-N}}{G_{N-N}} = \frac{bh^3 \frac{k^3}{3} + bh^3 \left[np' \left(k - \frac{d'}{h} \right)^2 + np \left(\frac{d}{h} - k \right)^2 \right]}{bh^2 \frac{k^3}{2} + bh^2 \left[np' \left(k - \frac{d'}{h} \right) - np \left(\frac{d}{h} - k \right) \right]}$$

茲に e_0 は中立軸より軸方向力 N までの距離であるが、次に断面中心線より軸方向力 N 迄の距離 e を求めて見ると

$$e = e_0 + \left(\frac{h}{2} - kh \right)$$

である。

故に之に上の e_0 を代入し整理すれば

$$\frac{e}{h} = \frac{-\frac{k^3}{6} + \frac{k^2}{4} + np' \left(k - \frac{d'}{h} \right) \left(\frac{1}{2} - \frac{d'}{h} \right) + np \left(\frac{d}{h} - k \right) \left(\frac{d}{h} - \frac{1}{2} \right)}{\frac{k^2}{2} + np' \left(k - \frac{d'}{h} \right) - np \left(\frac{d}{h} - k \right)} \dots \dots \dots (7)$$

之を更に整理すれば未知数 k に關する三次方程式を得る。茲に e は勿論外力の計算から求めた既知数である。即ち (7) 式より

$$k^3 + 3 \left(\frac{e}{h} - \frac{1}{2} \right) k^2 + 6n \left[p \left(\frac{e}{h} + \frac{d}{h} - \frac{1}{2} \right) + p' \left(\frac{e}{h} + \frac{d'}{h} - \frac{1}{2} \right) \right] k - 6n \left[p \left(\frac{e}{h} + \frac{d}{h} - \frac{1}{2} \right) \frac{d}{h} + p' \left(\frac{e}{h} + \frac{d'}{h} - \frac{1}{2} \right) \frac{d'}{h} \right] = 0 \dots \dots \dots (58)$$

之を解いて中立軸の位置 k を求むる事が出来る。之が中立軸を求むる一般の方法である。尚ほ上記の算法は少々面倒であるから外に試算法により k を求むる算式がある。稍方法が違ふから茲には述べないが其の方法に依れば図表又はノモグラムを使用して k を求める事が出来る。尚ほ之等の外に図解法に依つて図-8 の計算を行ふ事も出来る。

応力 σ_c は (オ) 式に前述の G_{N-N} 及び $y = kh$ を代入して

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{Nkh}{\frac{bk^2h^2}{2} + nA_s'(kh-d') - nA_s(d-kh)} \\ &= \frac{N}{bh} \frac{k}{\frac{1}{2}k^2 + np' \left(k - \frac{d'}{h} \right) - np \left(\frac{d}{h} - k \right)} \dots \dots \dots (カ) \end{aligned}$$

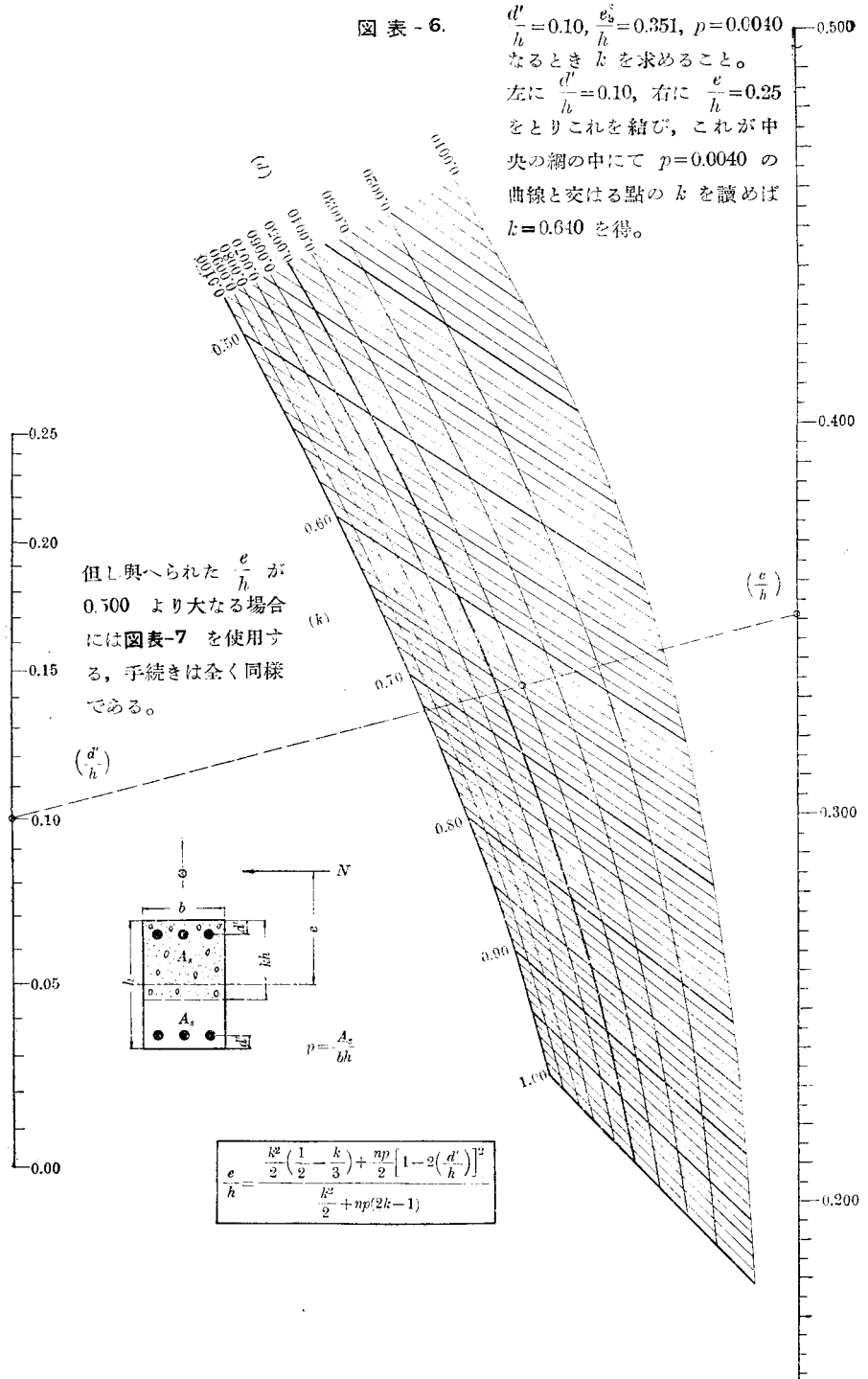
即ち (カ) 式で求められるが、又 (カ) 式の兩邊を (7) 式の兩邊で割つて

$$\sigma_c = \frac{Ne}{bh^2} \frac{1}{\frac{k}{2} \left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + \frac{np'}{k} \left(k - \frac{d'}{h} \right) \left(\frac{1}{2} - \frac{d'}{h} \right) + \frac{np}{k} \left(\frac{d}{h} - k \right) \left(\frac{d}{h} - \frac{1}{2} \right)} \quad (59)$$

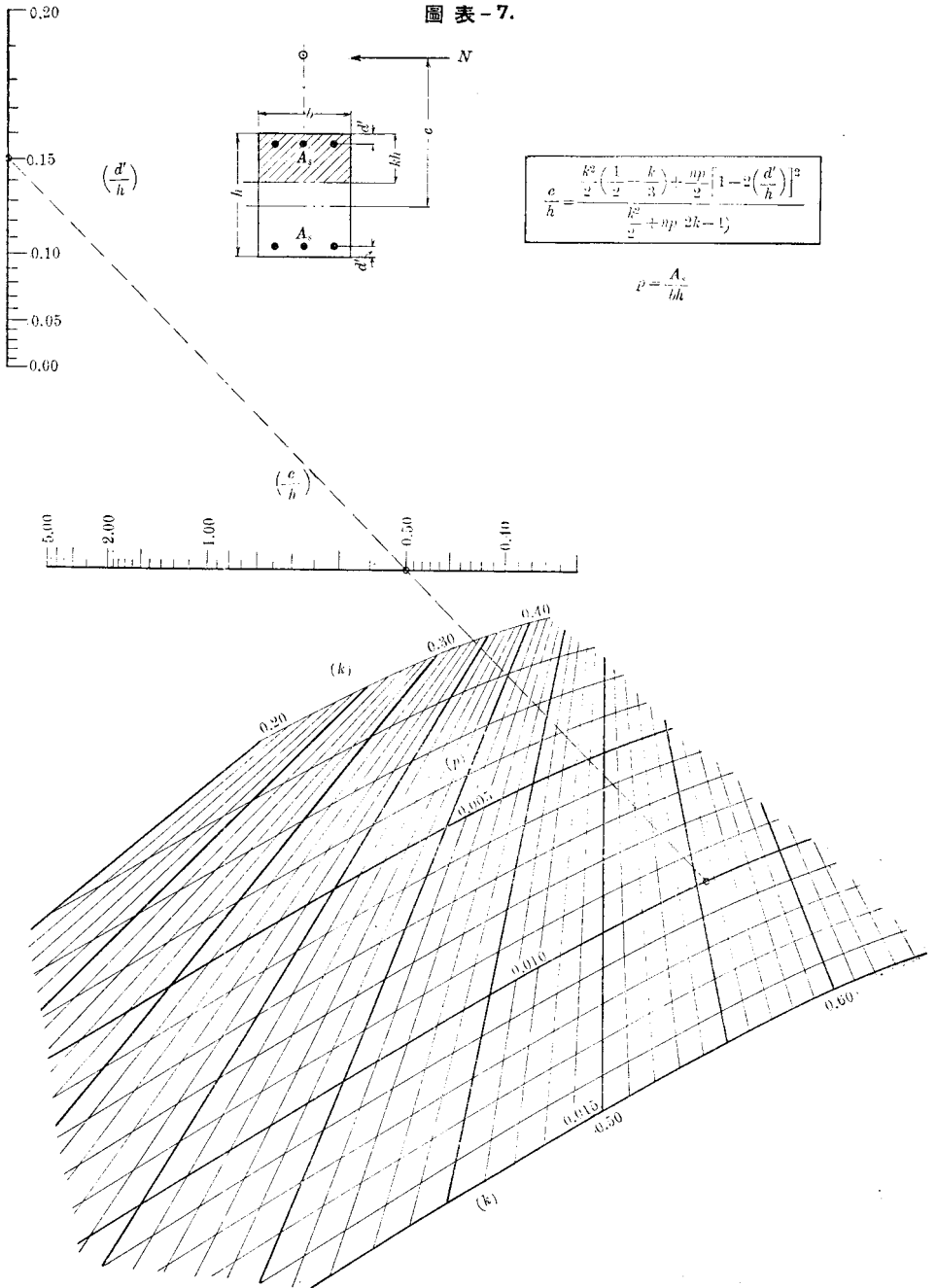
図表 - 6.

$\frac{d'}{h} = 0.10, \frac{e_s}{h} = 0.351, p = 0.0040$
 なるとき k を求めること。

左に $\frac{d'}{h} = 0.10$, 右に $\frac{e}{h} = 0.25$
 をとりこれをつなぎ、これが中央の網の中にて $p = 0.0040$ の
 曲線と交はる点の k を読めば
 $k = 0.640$ を得。



圖表-7.



(59) 式からでも σ_c を求める事が出来る。

σ_c が分れば図-8 応力図より引張鉄筋の応力 σ_s は

$$\sigma_s = \frac{n\sigma_c}{k} \left(\frac{d}{h} - k \right) \dots\dots\dots(60)$$

対稱鉄筋の場合は $A_s = A_s'$, $d' = h - d$ 即ち $\frac{d'}{h} = 1 - \frac{d}{h}$ なる条件を (56)~(60) 式に入れて (61)~(64) 式を求める事が出来る。尚ほ (62) 式の代りに (7) 式に $p' = p$, $\frac{d'}{h} = 1 - \frac{d}{h}$ と置いて之を整理すれば

$$\frac{e}{h} = \frac{\frac{k^2}{2} \left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3} \right) + \frac{np}{2} \left[1 - 2 \left(\frac{d'}{h} \right) \right]^2}{\frac{k^2}{2} + np(2k - 1)}$$

を得る。此の式を用ふれば k の値をノグラムにより得る事が出来る (図表-6 及 7 参照)。

又 (63) 式の代りに (カ) 式に上と同様に置いて

$$\sigma_c = \frac{N}{bh} \frac{k}{\frac{1}{2}k^2 + np(2k - 1)}$$

の式を得、之より応力を計算する事も出来る。

次に (1b₂) の単鉄筋の場合は (56)~(60) 式に $A_s' = 0$, 即ち $p' = 0$ と置いて、直ちに (43)~(46) 式を得る。(1b₂) も可成り複雑であつて中立軸の位置 k は (44) の三次方程式を解いて求むるのであるが、之にも茲には述べぬが別の算法に依り応力を求むる算式及図解法がある。

[B]-3) 単鉄筋丁形断面

[B]-4) 複鉄筋丁形断面

[B]-1) 及 [B]-2) の場合と同様に先づ複鉄筋の算式 (4b₁) を求める事にする (図-11 参照)。

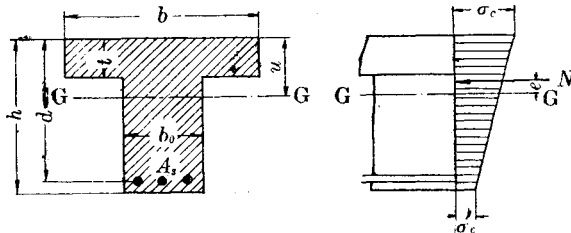


図-9.

突縁上端に關し断面一次モーメントを求め之より重心線の位置 u を得る。

$$u = \frac{\frac{bt^2}{2} + \frac{b_0}{2}(h-t)(h+t) + n(Asd + A_s'd')}{bt + b_0(h-t) + n(A_s - A_s')} \dots\dots\dots(74)$$

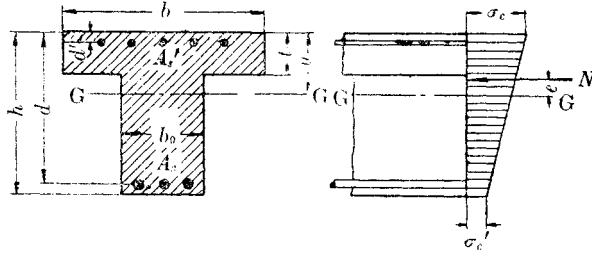


図-11.

等値断面積 A_i は

$$A_i = bt + b_0(h-t) + n(A_s + A_s') \dots \dots \dots (75)$$

重心線 G-G に関する断面二次モーメントは

$$I_i = \frac{b_0 h^3}{12} + b_0 h \left(\frac{h}{2} - u \right)^2 + (b - b_0) \frac{t^3}{12} + (b - b_0) t \left(u - \frac{t}{2} \right)^2 + n A_s (d - u)^2 + n A_s' (u - d')^2$$

之を変化して

$$I = \frac{b_0}{3} [u^3 + (h-u)^3] + t(b-b_0) \left[\frac{t^2}{12} + \left(u - \frac{t}{2} \right)^2 \right] + n A_s (d-u)^2 + n A_s' (u-d') \dots \dots \dots (76)$$

従つて第 95 條, 示方書 (12) 式に上記 A_i 及 I_i の値を代入し

$$\sigma_c = \frac{N}{A_i} + \frac{Ne}{I_i} u \dots \dots \dots (77)$$

$$\sigma_c' = \frac{N}{A_i} - \frac{Ne}{I_i} (h-u) \dots \dots \dots (78)$$

にて応力を得る。

(3b₁) の単鉄筋の場合には, 上記 (74)~(78) 式に $A_s' = 0$ と置いて (65)~(69) 式を求むる事が出来る。

上記の計算で注意すべき事は (69), (78) 式等で求めた σ_c' が, 引張応力となつた場合, 許容軸方向圧縮応力 (第 73 條 (1) 式) の 1/5 を超過しないか否かを一応調べて見る事である。若し超過した場合には改めて (3b₂), (4b₂) の算式に依らねばならない。

次に $\sigma_c' > \frac{1}{5} \sigma_{ca'}$ の場合, 即ち (3b₂), (4b₂) の場合を行つて見る。此の場合にも [B]- (1) [B]- (2) に述べた (ル) 及 (オ) 式を用ひ, 且つ先づ複鉄筋の場合から求めて見る。

図-12 にて

$$p = \frac{A_s}{bh} \dots \dots \dots (79)$$

$$p' = \frac{A_s'}{bh} \dots \dots \dots (80)$$

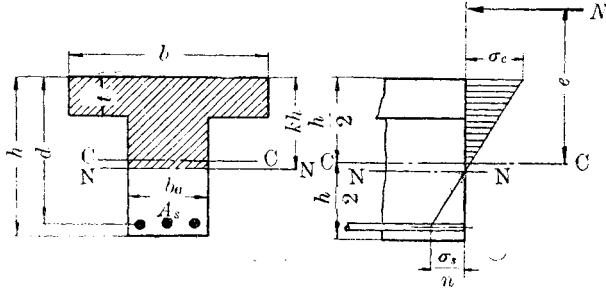


図-10.

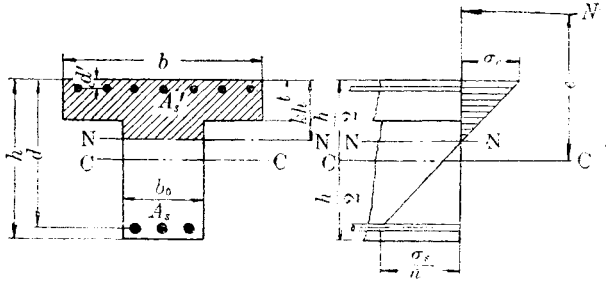


図-12.

(ル) 式の G_{N-N} , I_{N-N} は

$$G_{N-N} = b_0 k h \frac{kh}{2} + (b - b_0) t \left(kh - \frac{t}{2} \right) + n A_s' (kh - d') - n A_s (d - kh)$$

$$I_{N-N} = \frac{b_0 (kh)^3}{3} + (b - b_0) \frac{t^3}{12} + (b - b_0) t \left(kh - \frac{t}{2} \right)^2 + n A_s' (kh - d')^2 + n A_s (d - kh)^2$$

故に (ル) 式より

$$e_0 = \frac{I_{N-N}}{G_{N-N}} = \frac{\frac{b_0 k^3 h^3}{3} + (b - b_0) \left[\frac{t^3}{12} + t \left(kh - \frac{t}{2} \right)^2 \right] + n A_s' (kh - d')^2 + n A_s (d - kh)^2}{\frac{b_0 k^2 h^2}{2} + (b - b_0) t \left(kh - \frac{t}{2} \right) + n A_s' (kh - d') - n A_s (d - kh)}$$

然るに断面中心線より軸方向力 N 迄の距離 e は

$$e = e_0 + \left(\frac{h}{2} - kh \right)$$

であるから、之に上の e_0 を代入して

$$\frac{e}{h} = \frac{\frac{b_0}{3b} k^3 + \left(\frac{t}{h} \right) \left(\frac{b - b_0}{b} \right) \left[\frac{1}{12} \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left\{ k - \frac{1}{2} \left(\frac{t}{h} \right) \right\}^2 \right] + np' \left(k - \frac{d'}{h} \right)^2 + np \left(\frac{d}{h} - k \right)^2}{\frac{b_0}{2b} k^2 + \left(\frac{b - b_0}{b} \right) \frac{t}{h} \left(k - \frac{1}{2} \frac{t}{h} \right) + np' \left(k - \frac{d'}{h} \right) - np \left(\frac{d}{h} - k \right)} + \left(\frac{1}{2} - k \right)$$

之を整理すれば

$$\frac{e}{h} = \frac{\left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3}\right)k^2 - \left(1 - \frac{b_0}{b}\right)\left(k - \frac{t}{h}\right)^2\left(\frac{1}{2} - \frac{k}{3} - \frac{2}{3}\frac{t}{h}\right)}{k^2 - \left(1 - \frac{b_0}{b}\right)\left(k - \frac{t}{h}\right)^2 + 2np'\left(k - \frac{d'}{h}\right)} \\ + \frac{2np'\left(k - \frac{d'}{h}\right)\left(\frac{1}{2} - \frac{d'}{h}\right) + 2np\left(\frac{d}{h} - k\right)\left(\frac{d}{h} - \frac{1}{2}\right)}{-2np\left(\frac{d}{h} - k\right)} \dots\dots\dots(81)$$

之より試算法によつて中立軸の位置 k を求むる事が出来る。勿論之は甚だ面倒であるから一般には図解法に依つて中立軸の位置を求める方法に依る様である。

次に応力 σ_c は (オ) 式に前述の G_{N-N} 及 $y = kh$ を代入して

$$\sigma_c = \frac{N}{bh} \frac{2k}{k^2 - \left(1 - \frac{b_0}{b}\right)\left(k - \frac{t}{h}\right)^2 + 2np'\left(k - \frac{d'}{h}\right) - 2np\left(\frac{d}{h} - k\right)} \dots\dots\dots(82)$$

σ_c が解かれれば応力図より

$$\sigma_s = \frac{n\sigma_c}{k} \left(\frac{d}{h} - k\right) \dots\dots\dots(83)$$

次に (3b₂) の単鉄筋の場合は (79)~(83) 式に $A_s' = 0$ 即ち $p' = 0$ と置いて、直ちに (70)~(73) 式を得る。これも可成り複雑であつて、本式の外には図解法に依る外方法はない。

[B](5) 八角形断面

八角形断面は正八角形で各頂角に同じ鉄筋が各 1 本宛ある場合の算式のみを茲に導いて居る。此の場合も全コンクリート断面を有効とする (5b₁) の場合と引張部分を無視してふ (5b₂) の場合とがある。

- 先づ (5b₁) より求める。此の場合重心の位置は断面の中心線と一致する。等値断面積 A_i は 図-13 より

$$A_i = 4r^2 - 4 \frac{(2 - \sqrt{2})^2 r^2}{2} + nA_s \\ = 3.3137r^2 + 3.3137r^2 np = 3.3137(1 + np)r^2 \dots\dots\dots(84)$$

茲に

$$p = \frac{A_s}{3.3137r^2} \dots\dots\dots(84)$$

次に重心線に関する断面二次モーメント I_i は

$$I_i = \frac{2r(2r)^3}{12} - 4 \left[\frac{(2 - \sqrt{2})(2 - \sqrt{2})^2 r^3}{36} + \frac{1}{2} (2 - \sqrt{2})^2 r^2 \left\{ \frac{1}{3} (1 + \sqrt{2}) r \right\}^2 \right] \\ + \frac{nA_s}{2} \left(\sqrt{4 - 2\sqrt{2}} r' \right)^2$$

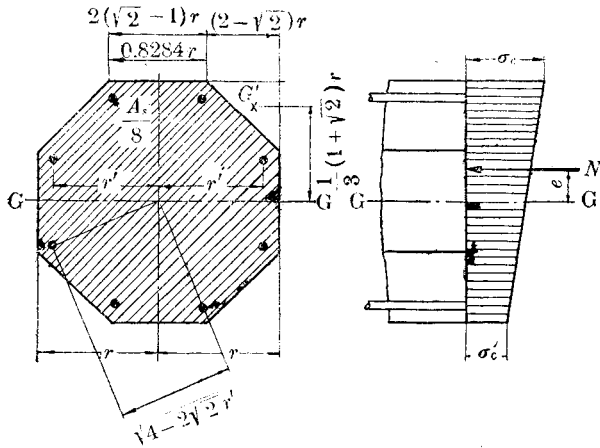


図-13.

之を整理すれば

$$I_z = r \left[0.8758 + 1.9411 np \left(\frac{r'}{r} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (タ)$$

従つて第 95 條, 示方書 (12) 式の A_i 及 I_i に (ヨ) 及 (タ) 式の値を代入し, 且つ $y=r$ と置き

$$\left. \begin{matrix} \sigma_c \\ \sigma_c' \end{matrix} \right\} = \frac{N}{r} \left[\frac{1}{3.3137(1+np)} \pm \frac{\frac{e}{r}}{0.8758 + 1.9411 np \left(\frac{r'}{r} \right)^2} \right] \dots\dots\dots (85)$$

を得る。但し $\sigma_c' < \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の条件が成立するか否かを一応確かめて見る必要がある。茲に σ_{ca} はコンクリート許容軸方向圧縮応力 (第 73 條 (1) 式参照) である。

次に $\sigma_c' > \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合は, コンクリート引張部分を無視する (5b.) の算式に依らねばなら

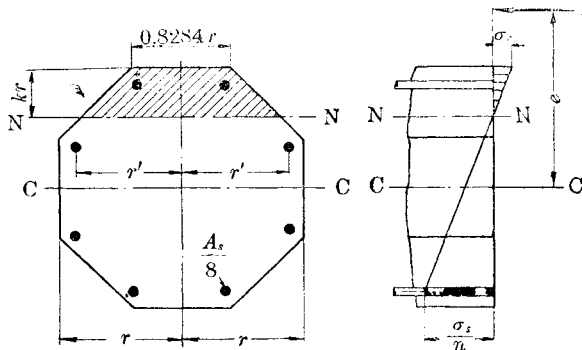


図-14.

ぬが、此の場合は中立軸の位置如何に依つて算式が三通りになつて居る。

先づ [1] は図-14 の場合で $k=0\sim 0.5858$ の範圍である。此の場合 (ル) 式を作つて見ると

$$G_{N-N} = 0.8284 r k r \frac{kr}{2} + 2 \frac{k^2 r}{2} \frac{kr}{3} + n A_s (1-k) r$$

$$I_{N-N} = \frac{0.8284 r (kr)^3}{3} + 2 \frac{kr (kr)^3}{12} + \frac{n A_s}{2} (4 - 2\sqrt{2}) r'^2 + n A_s (1-k)^2 r^2$$

故に (ル) 式に之を代入し且つ整理すれば

$$e = \frac{I_{N-N}}{G_{N-N}} = \frac{r \left[\frac{k^4}{6} + \frac{0.8284 k^3}{3} \right] + n p r \left[1.9411 \left(\frac{r'}{r} \right)^2 + 3.3137 (1-k)^2 \right]}{r^3 \left[\frac{k^3}{3} + \frac{0.8284 k^2}{2} \right] - 3.3137 n p (1-k) r^3}$$

然るに断面中心線より軸方向力 N 迄の距離 e は $e = e_0 + (1-k)r$ であるから、之に上の e を代入して整理すれば

$$\frac{e}{r} = \frac{k^2(k+1.2426) - k^3 \left(\frac{k}{2} + 0.4142 \right) + 5.8234 n p \left(\frac{r'}{r} \right)^2}{k^2(k+1.2426) - 9.9411 n p (1-k)} \dots\dots\dots (87)$$

応力 σ_c は (オ) 式に前述の G_{N-N} 及 $y = kr$ を代入して

$$\sigma_c = \frac{N}{r^2} \frac{k}{k^2 \left(\frac{k}{3} + 0.4142 \right) - 3.3137 n p (1-k)} \dots\dots\dots (88)$$

を得る。

σ_c が解かれれば応力図より引張鉄筋の最大応力 σ_s は

$$\sigma_s = \sigma_c \frac{1-k + \frac{r'}{r}}{k} \dots\dots\dots (89)$$

次に第二の場合、即ち [2] の図-15 の場合で、 $k=0.5858\sim 1.4142$ の範圍である。此の場合 (ル) 式を作り e_0 を求め次に $e = e_0 + r(1-k)$ に依つて k の位置を求むれば

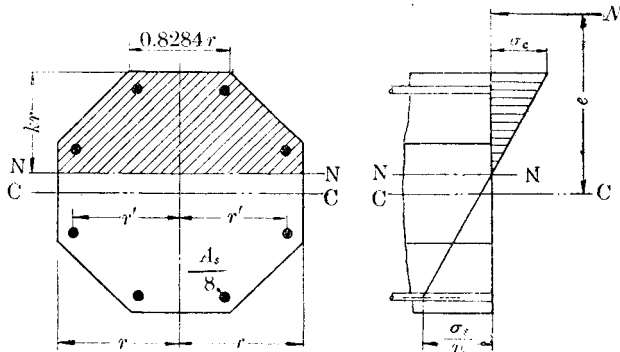


図-15.

$$\frac{e}{r} = \frac{k^2 - 0.3333k^3 - 0.0066 - 0.2761(k - 0.1953) + 1.9411 np \left(\frac{r'}{r}\right)^2}{k^2 - 0.3431(k - 0.1953) - 3.3137 np(1-k)} \dots\dots(91)$$

応力 σ_c は前と同様にして

$$\sigma_c = \frac{N}{r^2} \frac{k}{k^2 - 0.3431(k - 0.1953) - 3.3137 np(1-k)} \dots\dots(92)$$

次に第三の場合即ち、[3] の図-16 の場合で、 $k = 1.4142 \sim 2.000$ の範囲である。此の場合の計算も前と同様にして

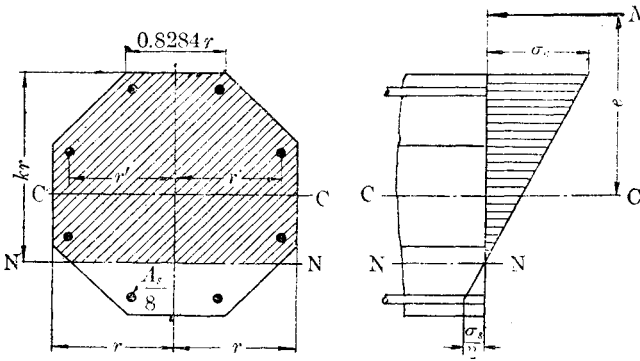


図-16.

$$\frac{e}{r} = \frac{k^2 - \frac{1}{3}k^3 - 0.0066 - 0.2761(k - 0.1953) - \frac{1}{6}(k - 1.4142)^2}{k^2 - 0.3431(k - 0.1953) - \frac{1}{3}(k - 1.4142)^2}$$

$$\frac{(0.5858 - k) + 1.9411 np \left(\frac{r'}{r}\right)^2}{-3.3137 np(1-k)} \dots\dots(95)$$

応力 σ_c は前と同様にして

$$\sigma_c = \frac{N}{r^2} \frac{k}{k^2 - 0.3431(k - 0.1953) - 0.3333(k - 1.4142)^2 - 3.3137 np(1-k)} \dots\dots(96)$$

上記の諸式は一見甚だ面倒であるが、孰れもノモグラムを使用すれば簡単にその値を求める事が出来る。

[B]-(6) 円形断面

鉄筋の数は別段に制限なく、ただ之等が円形の周囲に均等に分布されて居ればよい。其の全断面積を A_s とする。

此の場合も全コンクリート断面を有効とする (6b₁) の場合と引張部分を無視して丁ふ、(6b₂) の場合とがある。

先づ (6b₁) より求める。此の場合重心の位置は断面の中心線と一致する。等値断面積 A_1 は

図-17より

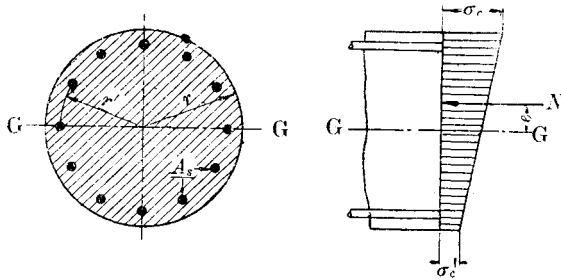


図-17.

$$p = \frac{A_s}{\pi r^2} \dots \dots \dots (98)$$

$$A_i = \pi r^2 + n A_s = \pi r^2 (1 + np) \dots \dots \dots (ル)$$

重心線に関する断面二次モーメント I_i は

$$I_i = \frac{\pi r^4}{4} + n A_s \frac{r'^2}{2} = \pi r^4 \left[\frac{1}{4} + \frac{np}{2} \left(\frac{r'}{r} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (ソ)$$

従つて第 95 條 (12) 式の A_i 及 I_i に (ル) 及 (ソ) 式の値を代入し、且つ $y=r$ と置き

$$\left. \begin{matrix} \sigma_c \\ \sigma_c' \end{matrix} \right\} = \frac{N}{\pi r^2} \left[\frac{1}{(1+np)} \pm \frac{4}{1+2np} \left(\frac{r'}{r} \right)^2 \frac{e}{r} \right] \dots \dots \dots (99)$$

を得る。但し $\sigma_c' < \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の条件が成立するか否かを一応確めて見る必要がある。茲に σ_{ca} はコンクリート許容軸方向圧縮応力 (第 73 條 (1) 式参照) である。

次に $\sigma_c' > \frac{1}{5} \sigma_{ca}$ の場合は、コンクリート引張部分を無視する (6b₂) の算式に依らねばならぬ。図-18 に於て計算の便宜上、中立軸の位置を極座標の角によつて示す事にする。即ち角 θ を垂直位置より始まり時計方向を正として示す事とし、この θ の或る値 φ の大きさに依り中立軸の位置を與へる事とする。算式の求め方は [B]-1), [B]-2) に述べた (ル) 及 (オ) 式を用ふるもので、前述せる種々の断面の場合と何等異らない。先づ鉄筋比は

$$p = \frac{A_s}{\pi r^2} \dots \dots \dots (100)$$

次に (ル) 式の G_{N-N} 及 I_{N-N} であるが、 G_{N-N} は中立軸に関する有效等値断面の一次モーメントであるから

$$\begin{aligned} G_{N-N} &= \int_0^\varphi 2r \sin \theta r \sin \theta d\theta r (\cos \theta - \cos \varphi) - n A_s r \cos \varphi \\ &= r^3 \left[\frac{\sin \varphi}{3} (2 + \cos^2 \varphi) - \varphi \cos \varphi \right] - n \pi p r^3 \cos \varphi \dots \dots \dots (ツ) \end{aligned}$$

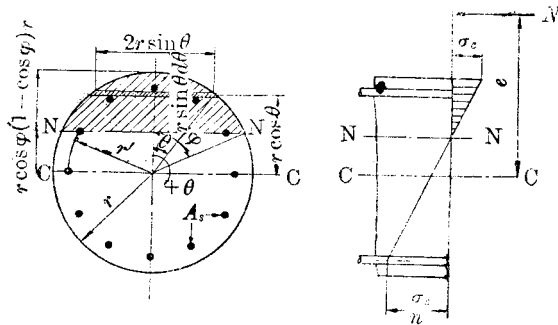


図-18.

I_{N-N} は中立軸に関する有効等値断面の二次モーメントであるから

$$\begin{aligned}
 I_{N-N} &= \int_0^\varphi 2r \sin \theta r \sin \theta d\theta r^2 (\cos \theta - \cos \varphi)^2 + \frac{n A_s r'^2}{2} + n A_s r^2 \cos^2 \varphi \\
 &= r^4 \left[\varphi \left(\frac{1}{4} + \cos^2 \varphi \right) - \sin \varphi \cos \varphi \left(\frac{13}{12} + \frac{1}{6} \cos^2 \varphi \right) \right] + n \pi p r^4 \left[\frac{1}{2} \left(\frac{r'}{r} \right)^2 + \cos^2 \varphi \right] \dots (9)
 \end{aligned}$$

故に (9) 式に之等を代入し

$$e_0 = \frac{I_{N-N}}{G_{N-N}} = \frac{r^4 \left[\varphi \left(\frac{1}{4} + \cos^2 \varphi \right) - \sin \varphi \cos \varphi \left(\frac{13}{12} + \frac{1}{6} \cos^2 \varphi \right) \right] + n \pi p r^4 \left[\frac{1}{2} \left(\frac{r'}{r} \right)^2 + \cos^2 \varphi \right]}{r^3 \left[\frac{\sin \varphi}{3} (2 + \cos^2 \varphi) - \varphi \cos \varphi \right] - n \pi p r^3 \cos \varphi}$$

然るに断面中心線より軸方向力 N 迄の距離 e は $e = e_0 + r \cos \varphi$ であるから、之に上の e_0 を代入して整理すれば

$$\frac{e}{r} = \frac{\frac{\varphi}{4} - \sin \varphi \cos \varphi \left(\frac{5}{12} - \frac{1}{6} \cos^2 \varphi \right) + \frac{1}{2} n \pi p \left(\frac{r'}{r} \right)^2}{\frac{\sin \varphi}{3} (2 + \cos^2 \varphi) - \varphi \cos \varphi - n \pi p \cos \varphi} \dots (10)$$

本式より φ を計算し従つて中立軸の位置 $(1 - \cos \varphi)r$ を知る事が出来る。

応力 σ_c は (9) 式に前述の G_{N-N} 及 $y = (1 - \cos \varphi)r$ を代入して

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= \frac{N}{G_{N-N}} (1 - \cos \varphi)r \\
 &= \frac{N}{r^3 \left[\frac{\sin \varphi}{3} (2 + \cos^2 \varphi) - \varphi \cos \varphi \right] - n \pi p r^3 \cos \varphi} r (1 - \cos \varphi) \\
 &= \frac{N}{r^2 \frac{\sin \varphi}{3} (2 + \cos^2 \varphi) - \varphi \cos \varphi - n \pi p \cos \varphi} (1 - \cos \varphi) \dots (11)
 \end{aligned}$$

σ_c が解かれれば応力図より引張鉄筋の最大応力は

$$\frac{\sigma_s}{n} = \frac{(1 - \cos \varphi)r}{r \cos \varphi + r'}$$

即ち

$$\sigma_s = n\sigma_c \frac{\frac{r'}{r} + \cos \varphi}{1 - \cos \varphi} \dots\dots\dots(103)$$

にて知ることが出来る。

上記の (101) 及 (102) 式の計算は甚だ面倒の様であるが、幸にしてノモグラムを使用すれば容易に結果を求める事が出来る。

表-3.

Diamet in mm	Area cm ²	Weight per m in kg	Sectional Area in cm ²																		
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	0.283	0.22	0.57	0.85	1.13	1.41	1.70	1.99	2.26	2.54	2.83	3.11	3.39	3.68	3.96	4.24	4.52	4.81	5.09	5.37	5.65
8	0.503	0.39	1.01	1.51	2.01	2.51	3.02	3.52	4.02	4.52	5.03	5.53	6.03	6.53	7.04	7.54	8.04	8.55	9.05	9.55	10.05
▲ 9	0.636	0.49	1.27	1.91	2.54	3.18	3.82	4.45	5.09	5.73	6.36	7.00	7.63	8.27	8.91	9.54	10.18	10.81	11.45	12.09	12.72
10	0.785	0.61	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	8.64	9.42	10.21	11.00	11.78	12.57	13.35	14.14	14.92	15.71
12	1.131	0.88	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.92	9.05	10.18	11.30	12.44	13.57	14.70	15.83	16.96	18.10	19.23	20.36	21.49	22.62
14	1.580	1.20	3.09	4.62	6.16	7.70	9.24	10.78	12.32	13.86	15.40	16.94	18.48	20.02	21.56	23.10	24.64	26.18	27.72	29.26	30.80
16	2.011	1.57	4.07	6.03	8.04	10.05	12.06	14.08	16.09	18.10	20.11	22.12	24.13	26.14	28.15	30.16	32.17	34.18	36.19	38.20	40.21
18	2.535	1.92	5.09	7.63	10.18	12.72	15.27	17.81	20.36	22.90	25.45	27.99	30.54	33.08	35.63	38.17	40.72	43.26	45.80	48.35	50.89
▲ 19	2.835	2.22	5.67	8.51	11.34	14.18	17.01	19.85	22.68	25.52	28.35	31.19	34.02	36.86	39.69	42.53	45.36	48.20	51.04	53.87	56.71
20	3.442	2.66	6.28	9.42	12.57	15.71	18.85	21.99	25.13	28.27	31.42	34.56	37.70	40.84	43.99	47.13	50.27	53.41	56.55	59.69	62.83
22	3.801	2.99	7.60	11.40	15.21	19.01	22.81	26.61	30.41	34.21	38.01	41.81	45.61	49.42	53.22	57.02	60.82	64.62	68.42	72.23	76.03
24	4.574	3.55	9.05	13.57	18.10	22.62	27.14	31.67	36.19	40.72	45.24	49.76	54.29	58.81	63.33	67.85	72.38	76.91	81.43	85.95	90.48
▲ 25	4.982	3.85	9.82	14.73	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09	54.00	58.91	63.82	68.73	73.64	78.55	83.46	88.36	93.27	98.17
26	5.383	4.16	10.62	15.85	21.74	27.65	33.56	39.47	45.37	51.28	57.19	63.10	69.01	74.92	80.83	86.74	92.65	98.56	104.47	110.38	116.29
28	6.368	4.93	12.52	18.57	25.17	31.82	38.47	45.12	51.77	58.42	65.07	71.72	78.37	85.02	91.67	98.32	104.97	111.62	118.27	124.92	131.57
30	7.069	5.54	14.4	21.21	28.47	35.72	42.97	50.22	57.47	64.72	71.97	79.22	86.47	93.72	100.97	108.22	115.47	122.72	130.00	137.25	144.50
32	8.044	6.31	16.09	24.13	32.17	40.21	48.25	56.29	64.33	72.37	80.41	88.45	96.49	104.53	112.57	120.61	128.65	136.69	144.73	152.77	160.81
▲ 34	9.277	7.19	18.16	27.04	36.24	45.44	54.64	63.84	73.04	82.24	91.44	100.64	109.84	119.04	128.24	137.44	146.64	155.84	165.04	174.24	183.44
▲ 36	10.172	7.95	20.36	30.54	40.72	50.89	61.07	71.25	81.43	91.61	101.79	111.97	122.15	132.33	142.51	152.69	162.87	173.05	183.23	193.41	203.59
▲ 38	11.341	8.90	22.62	33.92	45.36	56.79	68.23	79.67	91.11	102.55	113.99	125.43	136.87	148.31	159.75	171.19	182.63	194.07	205.51	216.95	228.39
▲ 40	12.566	9.96	25.13	37.00	49.27	61.54	73.81	86.08	98.35	110.62	122.89	135.16	147.43	159.70	171.97	184.24	196.51	208.78	221.05	233.32	245.59

▲ は示方書第 2) 條の標準以外のものである。

表 - 4

Diameter in mm	Circumference in mm	Weight in kg	Circumference in cm																		
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	1885	472	378	565	794	1042	1311	1608	1926	2263	2628	3020	3439	3874	4324	4789	5268	5761	6268	6788	7321
8	2513	629	503	759	1045	1359	1695	2051	2427	2823	3240	3677	4134	4611	5108	5624	6159	6713	7286	7868	8459
▲ 9	2877	722	585	841	1131	1444	1785	2151	2542	2957	3396	3859	4346	4857	5392	5941	6504	7081	7672	8277	8896
10	3492	867	708	964	1257	1571	1915	2287	2687	3114	3567	4044	4545	5070	5618	6189	6783	7390	8010	8653	9319
12	3770	1088	754	1011	1308	1626	1967	2331	2717	3124	3551	4000	4471	4964	5479	6016	6575	7156	7759	8384	9031
14	4388	1270	880	1137	1382	1650	1941	2255	2591	2948	3325	3722	4140	4579	5039	5521	6025	6551	7098	7666	8255
16	5077	157	1025	1281	1515	1776	2061	2369	2699	3050	3421	3812	4224	4657	5111	5586	6082	6600	7139	7700	8283
18	5655	179	1131	1406	1667	1953	2263	2595	2949	3324	3719	4134	4569	5024	5499	6005	6532	7080	7649	8240	8853
▲ 19	5920	222	1194	1479	1738	2033	2353	2697	3064	3453	3864	4296	4749	5222	5715	6228	6761	7314	7887	8480	9093
20	6283	266	1257	1542	1801	2106	2436	2790	3167	3566	3986	4427	4889	5371	5874	6397	6940	7503	8086	8689	9312
22	6902	320	1382	1667	1926	2231	2561	2915	3292	3691	4111	4552	5014	5496	6000	6525	7071	7638	8225	8832	9459
24	7520	355	1508	1782	2036	2341	2671	3025	3392	3771	4171	4592	5034	5496	6000	6525	7071	7638	8225	8832	9459
▲ 25	7884	395	1571	2036	2341	2671	3025	3392	3771	4171	4592	5034	5496	6000	6525	7071	7638	8225	8832	9459	10102
26	8168	416	1634	2036	2341	2671	3025	3392	3771	4171	4592	5034	5496	6000	6525	7071	7638	8225	8832	9459	10102
28	8786	463	1759	2257	2571	2901	3255	3624	4007	4404	4824	5266	5729	6213	6718	7244	7791	8358	8945	9552	10189
30	9425	524	1885	2327	2641	2971	3325	3694	4077	4474	4894	5336	5799	6282	6785	7308	7851	8414	8997	9599	10232
32	10053	557	2011	2453	2767	3107	3461	3829	4212	4609	5029	5471	5934	6417	6920	7443	7986	8549	9132	9734	10357
▲ 34	10681	592	2136	2578	2892	3232	3586	3954	4337	4734	5154	5596	6059	6542	7045	7568	8111	8674	9257	9860	10483
14	11310	728	2262	2704	3018	3358	3712	4080	4463	4860	5280	5722	6185	6668	7171	7694	8237	8800	9383	9986	10609
▲ 38	11938	870	2388	2830	3144	3484	3838	4206	4589	4986	5416	5868	6341	6834	7347	7880	8433	9006	9599	10212	10845
▲ 40	12566	926	2513	2955	3269	3609	3963	4331	4714	5111	5531	5973	6436	6919	7422	7945	8488	9051	9634	10237	10860

▲ は示方書第 20 條の標準以外のものである。

ポルトランドセメント規格

〔日本標準規格 (JES) 第 28 號 A 4.〕

第 1 章 製造法

第 1 條 ポルトランドセメントは主成分として珪酸、礬土、酸化鉄及石灰を含有する原料を適當の割合にて十分に混和し之を殆ど熔融せんとする迄灼熱したる後粉碎して粉末と爲したるものとす

ポルトランドセメント(以下單にセメントと稱す)には他の物質を混和することを得ず 但し其の重量の 3% 以下の石膏を混和するは此の限に在らず

第 2 章 試験法

比 重

第 2 條 セメントの比重は 3.05 以上なることを要す 但し 3.05 に達せざる場合には試料を暗赤色に熱したる後更に試験するものとす

粉末の程度

第 3 條 セメントは 1cm^2 に付 4900 孔を有する篩を以て篩ひ別け其の残滓量 12% を超えざることを要す

篩の針金の径は 0.055mm とす

残滓量は次の方法に依り 2 回以上之を測定し平均値を以て定むるものとす

毎回 50g の試料を篩に採り之を軽くたたきつつ水平動, 上下動を與へ粉末の凝集せるものは指にて杵に軽くすりつけて潰す程度に處理し篩ひ別けを行ひ 1 分間の通過量 0.1g 以下となりたる時篩内の残分を秤りて残滓量を定む

凝 結

第 4 條 普通の用途に供するセメントは $15^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{C}$ に於て注水より 1 時間以後に凝結を始め 10 時間以内に凝結を終ることを要す

本試験に於ける注水量はセメント 400g を採り適宜の水を加へ注水より約 3 分間捏ね混ぜて稍固き糊狀体と爲し硝子板の如き水を吸収せるものの上に置きたる稠度計の円筒に充たし剩餘は之を除き標準棒(テトマイヤー型)を指針が 40mm の目盛を指す處より徐々に糊狀体中に降下せしめ 6mm の目盛に止るときに相當する水量とす 此の場合に於ける糊狀セメントを標準稠度の糊狀セメントと稱す

凝結の始發を試験するには稠度計の標準棒を始發用標準針(ゾキカー針)に換へ本標準針及之と共に降下すべきものの全重量を 300g と爲し円筒に充したる標準稠度の糊狀セメン

トの中に該標準針を徐々に降下せしめ指針が凡そ 1mm の目盛に止るに至りたるときを以て凝結の始發とす凝結の終結を試験するには前項の始發用標準針を終結用標準針に換へ前項の糊状セメントの表面に徐々に降下せしめ其の表面に針頭の痕跡を止むるも附屬小片に依る痕跡を残さざるに至りたるときを以て凝結の終結とす

本試験に用ふる稠度計及標準針は次の通りとす

稠度計は指針を有する滑り棒、長 5cm 径 1cm の標準棒(テトマイヤー型) 耗の目盛を有する計尺及水を吸収せざる高 4cm 径 8cm の円筒を備へたるものにして標準棒及之と共に降下すべきものの全量を 300g とす

始發用標準針は長 4.5cm 断面 1mm² (径 1.13mm) の金屬針にして其の頭を平に切りたるものと終結用標準針は始發用標準針と等しき径にして其の先端に径 5mm の環状の下端を有する附屬小片を取付け針頭は附屬小片の環状下端より 0.3mm 突出せしめたるものにして其の全重量は始發用標準針と等しきものとす

膨脹性龜裂

第 5 條 セメントは次の試験に於て膨脹性龜裂(歪曲を含む以下同じ)を生せざることを要す

膨脹性龜裂を試験するには浸水法に依るものとす 但し浸水法に依る試験時日を有せざる場合は沸煮法に依ることを得

浸水法 饅頭形体 2 箇を形成後凡そ 24 時間を経て水中に浸し 27 日間に於て膨脹性龜裂の有無を検するものとす 此の期間に於ける水の温度は 15°C 以下に降らしめざることを要す

沸煮法 饅頭形体 2 箇を形成後凡そ 24 時間を経たる後水を充たせる鍋中に沈め徐々に熱して凡そ 1 時 30 分間沸騰せしめ漸次之を冷却したる後膨脹性龜裂の有無を検するものとす

本試験に用うる饅頭形体はセメント約 100g に適量の水を加へ能く捏ね混せて糊状態と爲し之を硝子板上に展ばし径約 10cm, 中央厚約 1.5cm 周圍に於て稍薄き饅頭形と爲したるものとす

前項の糊状体を作るに用ふる水量はセメントの重量に對し約 25~37% とし糊状体を載せたる硝子板で軽くたたきとき漸く周圍に流出するを適度とす

饅頭形体は成形後試験を行ふ迄濕氣ある箱に入れ若しくは濕布を以て覆ひ空氣の流通及日光の直射を避けて之を保有するものとす

前項の箱内の温度若くは室内の温度は 15°C 以下に降らしめざることを要す

饅頭形体は其の浸水前に於て乾き過ぐるときは收縮の爲にひびわれを生ずることあり此のひびわれは膨脹性龜裂と見誤らるるの虞あるを以て注意することを要す

強 度

第 6 條 セメントの強度は第 7 條乃至第 10 條に依り製作したる供試体を用ゐる耐圧試験に依り之を定むるものとす 但し抗張試験を以て之に代ふることを得 耐圧試験及抗張試験は成形後 7 日(空氣中 24 時間 水中 6 日間)及 28 日(空氣中 24 時間, 水中 27 日間)を経たる供試体に付之を行ひ次表の規定に合格し且 28 日の力は 7 日の力より大なることを要す

成形後の日数		7 日	28 日
耐 圧 力	kg/cm ²	220 以上	300 以上
抗 張 力	kg/cm ²	20 以上	25 以上

試験は各 6 箇の供試体に付之を行ひ平均値を以て其の成績を表はすものとす

第 7 條 耐圧試験に用ふる供試体は立方体にして其の各面の面積は 50 cm² とす抗張試験に用ふる供試体の中央部に於ける最小断面積は 5 cm² とし試験機は二重槓杆式のものを用ゐる標準とす

第 8 條 耐圧試験及抗張試験に用ふる供試体は次に示す方法に依り作るものとす セメント 1 分と標準砂 3 分(重量に依る)とを略混和せる後標準混交機(スタインブリュック シュメルツァー型)の皿内に配布し混交機を 20 回転せしめたる後適量の水を加へ更に 20 回転せしめて充分捏ね混ぜ之を成形型(内面に少しく礦油を塗りたるもの)の中に充たし鉄心を嵌め標準鉄鉋機(ペーメマルテンス型)を用ゐて 150 回之をたたき型上の過剰分を削り去り其の上面を平滑にするものとす 標準混交機の 20 回転並標準鉄鉋機の 150 回打に要する時間は各約 2 分 30 秒とす

供試体を作るに要する水の分量は鉄鉋を用ゐてたたき 100~110 回にして供試体の裏面に少しく水分のみ滲み出ずを以て適度とす

第 9 條 前條の捏ね混ぜ及型詰は常に室内に於て行ひ作業中日光の直射を避け乾燥を防ぎ成形の後之を濕氣ある箱内に置き蓋を以て蔽ひ温度の変化及空氣の流通を防ぎ 20 時間以上を経て丁寧型より取外すものとす 但し抗張試験に用ふる供試体に在りては適當の裝置を用ゐる成形後直に型より取外すも妨なし

型より取外したる供試体は濕氣ある箱内に保存し成形後 24 時間を経て水槽に入れ全く水中に浸すものとす

型詰より浸水に至る間の室内の温度及水槽の水の温度は 15°C 以下に降らしめざることを要す

第 10 條 標準砂は福島縣相馬郡産の天然石英砂より成るべく石英砂粒を損せざる様火雜物を除去し十分に洗ひたる後之を乾燥し 1 號篩及 2 號篩を以て順次に篩ひ別け 2 號篩の底に残留せるものにして次の各號に合格することを要す

- (1) 2回以上毎回 100g の試料を採り 1 號篩及 2 號篩を以て篩ひ別けを行ひ 1 分間各篩の通過量 1g 以下となりたるとき篩ひ方を止め 2 號篩の底に残留する量平均 90% 以上なること
 (2) 夾雑物は重量に於て 2.5% 以下なること

1 號篩は 1cm^2 に付孔 64 孔, 2 號篩は 144 孔を有するものとす 篩の針金の径は 1 號篩に在りては 0.4mm, 2 號篩に在りては 0.29mm とす

第 11 條 第 6 條に依る試験を行ふ時日なき場合には第 7 條乃至第 10 條に依り製作したる供試体に付成形後 3 日 (空氣中 24 時間, 水中 2 日間) 及 7 日 (空氣中 24 時間, 水中 6 日間) を経たる後耐圧試験を行ひ強度を定むることを得 其の耐圧力は次表の規定に合格し且 7 日の力は 3 日の力より大なることを要す

成形後の日数	3 日	7 日
耐圧力 kg/cm^2	150 以上	220 以上

試験は各 6 箇の供試体に付之を行ひ平均値を以て其の成績を表はすものとす

苦土、硫酸及灼熱減量

第 12 條 セメント中に含有する苦土は 3%, 硫酸 (SO_3) は 2% を超えざることを要す
 セメントの灼熱に依る重量の減少は 4% を超えざることを要す

試験用水

第 13 條 セメントの試験に用うる水は淡水とす 但し海水工事に用うるものに付ては之を海水とす

第 3 章 試料及受渡

試料

第 14 條 セメントの試料は 50t 又は其の端數毎に其の平均品質を表はす様 5 箇の包装より之を採り能く混和したるものとす

包装及重量

第 15 條 セメントの受渡に用うる重量の單位は噸とす

第 16 條 セメントは袋入とする場合には正味 50kg, 樽入とする場合には正味 170kg とす

第 17 條 袋又は樽の外面に於てポルトランド セメントたることを明にし且正味重量と製造所名とを明記するものとす

附 録

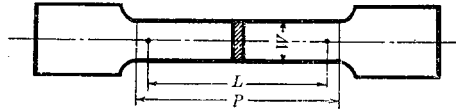
本規格に掲ぐる稠度計, 標準針, 耐圧力及抗張力の供試体成型型, 抗張試験機, 標準鉄鉗機及篩の形状及寸法等に付ては昭和 4 年 2 月 19 日商工省告示第 4 號に依るものとす

金属材料抗張試験片規格

〔日本標準規格 (JES) 第 1 號 B1.〕

金属材料の抗張試験に用うる標準試験片の形状及寸法は次の如く之を定む。

第 1 號 試験片

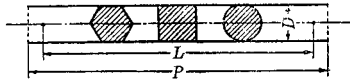


標點距離 $L = 200 \text{ mm}$

平行部の長 $P = \text{約 } 220 \text{ mm}$

試験片の厚 (mm)	幅 W (mm)
23 を超ゆるもの	40 以下
9 以上 23 以下	50 以下
9 未滿	60 以下

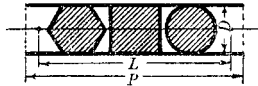
第 2 號 試験片



標點距離 L は径 (又は對邊距離) D の 8 倍, 兩端を太くするものに在りては平行部の長 P は D の約 9 倍

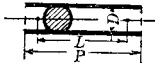
第 3 號 試験片

径 (又は對邊距離) 25 mm を起ゆる試験片



標點距離 L は径 (又は對邊距離) D の 4 倍, 兩端を太くするものに在りては平行部の長 P は D の約 4.5 倍

第 4 號 試験片



標點距離 $L = 50 \text{ mm}$

平行部の長 $P =$ 約 60 mm

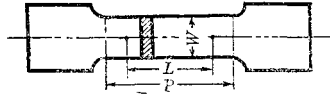
径 $D =$ 14 mm

本試験片の断面は円形なるを要す

材料の都合に因り上記の寸法に依ること能はざるときは次式に依り標点距離を定むることを得

$$L = 4\sqrt{A} \quad (A \text{ は試験片の断面積})$$

第 5 号 試 験 片



標点距離 $L =$ 50 mm

平行部の長 $P =$ 約 70 mm

幅 $W =$ 25 mm

厚は原厚のままとす

備考 各號試験片の兩端は試験機に適合する形状に仕上ぐるものとす

各 號 試 験 片 の 用 途

第 1 號 試 験 片

本試験片は主として鋼板、平鋼、形鋼の抗張試験に用う

第 2 號 試 験 片

本試験片は主として棒鋼の抗張試験に用う

本試験片の平行部は圧延せるままとし又は機械仕上に依り之を作成することを得

第 3 號 試 験 片

本試験片は径（又は對邊距離）25 mm を起ゆる棒鋼の抗張試験に用う

本試験片の平行部は圧延せるままとし又は機械仕上に依り之を作成することを得

第 4 號 試 験 片

本試験片は主として鍛鑄鋼品並非鉄金屬（又は其の合金）棒の抗張試験に用う

第 5 號 試 験 片

本試験片は主として管類並非鉄金屬（又は其の合金）板の抗張試験に用う

構造（橋梁、建築その他）用圧延鋼材規格

〔日本標準規格 (JES) 第 20 號 G 9.〕

第 1 章 總 則

第 1 條 本規格は橋梁、建築用圧延鋼材及別に定むる規格に依らざる構造用圧延鋼材（以下單に鋼材と稱す）に之を適用す。但し特に指定又は承認に依り之に依るを必要とせざる鋼材に付ては此の限に在らず

第 2 章 種 別

第 2 條 鋼材の種別は之を次の 2 種とす

第 1 種

第 2 種

第 2 種は橋梁材及厚 6 mm 以上の鋼板並鉄材には之を用ゐざるものとす

第 3 章 製 造 法

第 3 條 鋼材は特に指定なき限り第 1 種に在りては酸性又は鹽基性平炉に依り第 2 種に在りては酸性又は鹽基性平炉若は転炉に依り製造するものとす

第 4 條 鋼材は使用上差支なき程度に作成せられ有害なる欠點なきことを要す

第 4 章 化 学 試 験

第 5 條 鋼材の成分中磷及硫黄の含有量は次表の制限を超過することを得ず

種 別		磷 (%)	硫黄 (%)
第 1 種		0.06	0.06
第 2 種	平炉に依る場合	0.08	0.06
	転炉に依る場合	0.12	0.06

第 6 條 注文者又は其の指定したる検査員（以下單に検査員と稱す）の要求あるときは製造者は各熔鋼の分析表を提出するものとす

第 5 章 抗張試験及屈曲試験

第 7 條 試験片は注文者又は検査員の指定したる鋼材の断片より之を採取するものとす但し注文者又は検査員の希望に依り指定の寸法に切断したる鋼材より試験片を採取することを得此の場合に於て試験片が試験に合格したるときは該鋼材を指定寸法のものとして受領するものとす

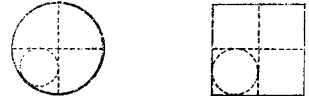
第 8 條 抗張試験片は鋼板に在りては横又は縦の方向より形鋼（山形鋼、丁形鋼、工形鋼、溝形鋼等）、棒鋼及平鋼に在りては長の方向より之を採取し若矯正の必要あるときは常溫のまま之

を行ふものとす

試験片には鋼材と共にする場合の外特に焼鈍其の他の熱処理を施すことを得ず

試験片には成るべく圧延肌を残すものとす 但し径又は對邊距離 75 mm 以下の棒鋼に在りては適宜機械仕上を爲し又 75 mm を超ゆるものに在りては製造者の希望に依り図-1 に於て小円を以て示す位置より試験片を採取することを得 此等の場合に於ける試験片の径は 14 mm 以下と爲すことを得ず

図-1



第9條 抗張試験に在りては標準抗張試験片を用る次表の規定に合格することを要す 但し編鋼板(之に類する

ものを含む)及径又は對邊距離 8 mm 未滿の鋼材並に厚 6 mm 未滿の鋼材には本試験を行はず 抗張力を重要とせざる部分に使用する鋼材には註文者又は検査員の指定又は承認に依り本試験を省略することを得 此の場合に於ては常溫屈曲試験のみを行ふものとす

種 類	抗張力 (kg/mm ²)	標準抗張試験片	伸 (%)	
			厚 9 mm 以上	21 以上
鋼 形 鋼 板 及 鋼 平	39-47	第 1 号	厚 9 mm 以上	21 以上
			厚 9 mm 未滿	17 以上
棒 鋼	39-47	第 2 号	21 以上	
		第 3 号	25 以上	
鉄 コンクリート 用 棒 鋼	39-52	第 2 号	21 以上	
		第 3 号	25 以上	
鋳 材	34-41	第 2 号	27 以上	
		第 3 号	34 以上	

鍛接又は熔接を爲すべきものに在りては鋼板、形鋼及平鋼に限り上表の規定に依らざるものとす

第10條 常溫及焼入屈曲試験片は鋼板に在りては横又は縦の方向より形鋼、棒鋼及平鋼に在りては長の方向より採取し其の幅、径又は對邊距離 35 mm 以上なることを要す 但しフランジの幅 50 mm 未滿の形鋼より採取せる試験片の幅は 35 mm 未滿なるを妨げず 径又は對邊距離 35 mm 未滿の棒鋼又は幅 50 mm 未滿の平鋼の試験片は圧延せるままの材料を用うるものとす フランジの幅 50 mm 未滿の形鋼に在りては之に圧力を加へ若は鋸打して扁平と爲したるものを試験片と爲すことを得

常溫及焼入屈曲試験片に在りては剪断の爲生じたる稜角又は縁の不整は鋸又は研磨機に依り削除し又厚 25 mm 以上のものに在りては剪断面を機械仕上と爲すことを得 但し厚 12 mm 未滿の焼入屈曲試験片に在りては此等の加工を爲すことを得ず

試験片には前項以外の加工を爲すことを得ず

試験片には鋼材と共にする場合の外特に焼鈍其の他の熱處理を施すことを得ず

第11條 常溫屈曲試験に在りては試験片に圧力を加へ又は錠打に依り其の厚、径又は對邊距離の1.5倍以下の内側半徑にて180度だけ屈曲するも外側に裂庖を生ぜざることを要す 但し鉄材に在りては密着する迄屈曲するものとす

第12條 焼入屈曲試験に在りては試験片を濃紅色(約650°C)に熱したる後之を約28°Cの水中に急冷するものとす 此の場合に於ける色は日光の直射せざる室内に於て判定す 試験片は之に圧力を加へ又は錠打に依り其の厚、径又は對邊距離の1.5倍以下の内側半徑にて180度だけ屈曲するも外側に裂庖を生ぜざることを要す 但し鉄材に在りては密着する迄屈曲するものとす

第13條 試験片の數は次表に依るものとす

種 類	抗 張 試 験 片 の 數	常溫又は焼入屈曲試験片の數
鋼 形 平 鋼 板 及 鋼	同一熔鋼に屬する鋼板、形鋼又は平鋼毎に1箇 但し其の重量25tを超ゆるときは25t又は其の端數毎に1箇を増し又其の厚7mmの差ある毎に更に1箇を加ふ	同 左
棒 鋼	1熔鋼毎に1箇 但し其の重量25tを超ゆるときは25t又は其の端數毎に1箇を増し又径若は對邊距離2種以上にして註文者又は検査員の要求あるときは断面の寸法を異にする毎に更に1箇を加ふ	同 左
鉄 材	1熔鋼毎に1箇 但し其の重量10tを超ゆるときは10t又は其の端數毎に1箇を加ふ	同 左

第14條 試験片は供試材より採取前試験用の記號を附したる上製造者之を規定の形状、寸法に作成するものとす

試験は製造所に於て之を行ふ、此の場合に於て註文者又は検査員の要求あるときは其の立會を受くるものとす

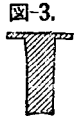
第15條 抗張試験に於て試験片が標點間の中心より標點距離の1/4以外に於て切断したるときは其の試験を無効とし更に最初に試験片を採取せし鋼材に付再試験を行ふことを得

第16條 抗張試験又は屈曲試験の成績が規格に合せざるときは其の試験片各1個に付更に2個の試験片を採取し再試験を行ふことを得 此の場合に於て其の内1箇たりとも合格せざるときは其の試験片に依り代表せらるる鋼材は全部之を不合格とす

第6章 鉄 の 試 験

第17條 本規格に依り鉄材の試験を行はざる材料を用る 製造したる鉄に對しては次の各號の試験を行ふものとす

- (1) 屈曲試験 常温のまま鉄の脚部を 180 度だけ屈曲し 図-2 の如く密着せしむるも屈曲部の外側に裂疵を生ぜざることを要す
- (2) 打展試験 鉄の頭部を赤熱し之を 図-3 の如く打ち展ばして扁平と爲し其の径が脚部の径の 2.5 倍に達するも其の縁に裂疵を生ぜざることを要す



- (3) 各試験に用うる鉄の数は同一径のもの重量 1/4 t 又は其の端数毎に 1 箇とす

第 18 條 鉄の再試験に付ては第 16 條を準用す

第 7 章 寸法及重量の公差

第 19 條 鋼材の公差は別に定むる鋼材の寸法及重量の公差規格に依る

鋼材の重量は 1 cm^3 の鋼を 7.85 g として算出するものとす

第 8 章 検 査

第 20 條 注文者又は検査員は随時注文鋼材の製造工場及關係工場に出入し注文鋼材の製造を検査することを得

第 21 條 鋼塊、鋼片及鋼材には適當なる記號を附し其の製造に供したる熔鋼との關係を明かならしむるものとす

鋼材には製造所名又は商標及製鋼番號を明示するものとす 但し小なる鋼材は之を結束し 1 束毎に適當の方法に依り上記の記號を表示することを得

試験片採取に先だち製造者は鋼材の製鋼法、製鋼番號、圧延番號、寸法及重量を明記せる鋼材の明細表を注文者又は検査員に提出するものとす

注文者又は検査員の要求あるときは前記の諸記號の外鋼材の種別を表示すべき塗色を施し且つ本規格に合格せることを證明する記號を鋼材毎に明示するものとす

第 22 條 鋼材を圧延する製造所に於て鋼塊を製造せざる場合に於ては鋼材の製造に使用せる鋼塊の製造所名、製鋼法及製鋼番號を明記せる證明書を注文者又は検査員に提出するものとす 鋼材の記號其他に付ては前條第 2 項乃至第 4 項を準用す

圧延鋼材の寸法及重量の公差

〔日本標準規格(JES)第24號 G13.〕

第1條 圧延鋼材(以下單に鋼材と稱す)の寸法及重量の公差は特に指定なき限り本規格に依るものとす

第2條 鋼材の寸法の公差は次表に依る

種 類		公 差		
棒 鋼	径, 邊又は對邊距離	±2%	但し最小値 ±0.5 mm	
	銚 材 の 径	±2%	但し最小値 ±0.3 mm	
	長	7 m 以下	+40 mm	—
		7 m を超ゆるもの	長 1 m を増す毎に上記の公差に更に 5 mm を加ふ、	但し最大値 +120 mm
常溫のまま切断したるもの		+10 mm	—	
平 鋼 半丸鋼	幅	±2%	但し最小値 ±1.0 mm	
	厚	±6%	但し最小値 ±0.5 mm	
	長	7 m 以下	+40 mm	—
		7 m を超ゆるもの	長 1 m を増す毎に上記の公差に更に 5 mm を加ふ、	但し最大値 +120 mm
常溫のまま切断したるもの		+10 mm	—	
形 鋼	ウェツプの高	±1.5%	但し 最大値 ±4.0 mm 最小値 ±2.0 mm	
	フランヂの幅	±2%	但し最小値 ±1.5 mm	
	厚	10 mm 以下	±10%	但し最小値 ±0.6 mm
		10mmを超ゆるもの	±6%	—
	長	7 m 以下	+40 mm	—
		7 m を超ゆるもの	長 1 m を増す毎に上記の公差に更に 5 mm を加ふ、	但し最大値 +120 mm
常溫のまま切断したるもの		+10 mm	—	
ユニバーサル 鋼 板	幅	±2%	但し最大値 ±4.0 mm	
	厚	±6%	但し最小値 ±0.5 mm	
	長	7 m 以下	+40 mm	—
		7 m を超ゆるもの	長 1 m を増す毎に上記の公差に更に 5 mm を加ふ、	但し最大値 +120 mm
常溫のまま切断したるもの		+10 mm	—	

種 類		公 差	
鋼 板	幅	厚 5 mm 未満にして幅 1 m 未満	+1.2% 但し最小値 +10 mm
		其 の 他	+1.2% 但し最小値 +15 mm
	厚	5 mm 以下	±12% 但し最小値 ±0.2 mm
		5 mm を超え幅 1.6 m 以下のもの	±0.7 mm
		5 mm を超え幅 1.6 m を超ゆるもの	幅 200 m を増す毎に上記の公差に更に ±0.1 mm を加ふ 但し最大値 ±1.6 mm
	長	+0.5% 但し最小値 +20 mm	

第 3 條 鋼材の重量は 1 cm³ の鋼を 7.85 g として算出し其の公差は次表に依る

種 類		公 差	
棒鋼, 平鋼, 半丸鋼, 形鋼及ユニバーサル鋼板		1 箇に付計量する場合	± 6%
		同一寸法のもの 10 箇以上を 1 組として計量する場合	± 5%
鋼 板	厚 5 mm 以下	1 箇に付計量する場合	±10%
	厚 5 mm を超え 10 mm 以下にして幅 3 m 以下	同 上	± 8%
	厚 5 mm を超え 10 mm 以下にして幅 3 m を超ゆるもの	同 上	±12%
	厚 10 mm を超え幅 3 m 以下	同 上	± 6%
	厚 10 mm を超え幅 3 m を超ゆるもの	同 上	±9 %
	縮鋼板, タンク・プレート其の他の雑用鋼板	同 上	±10%
		同一寸法のもの 10 箇以上を 1 組として計量する場合	1 箇に付計量する場合の 1/2