

目

次

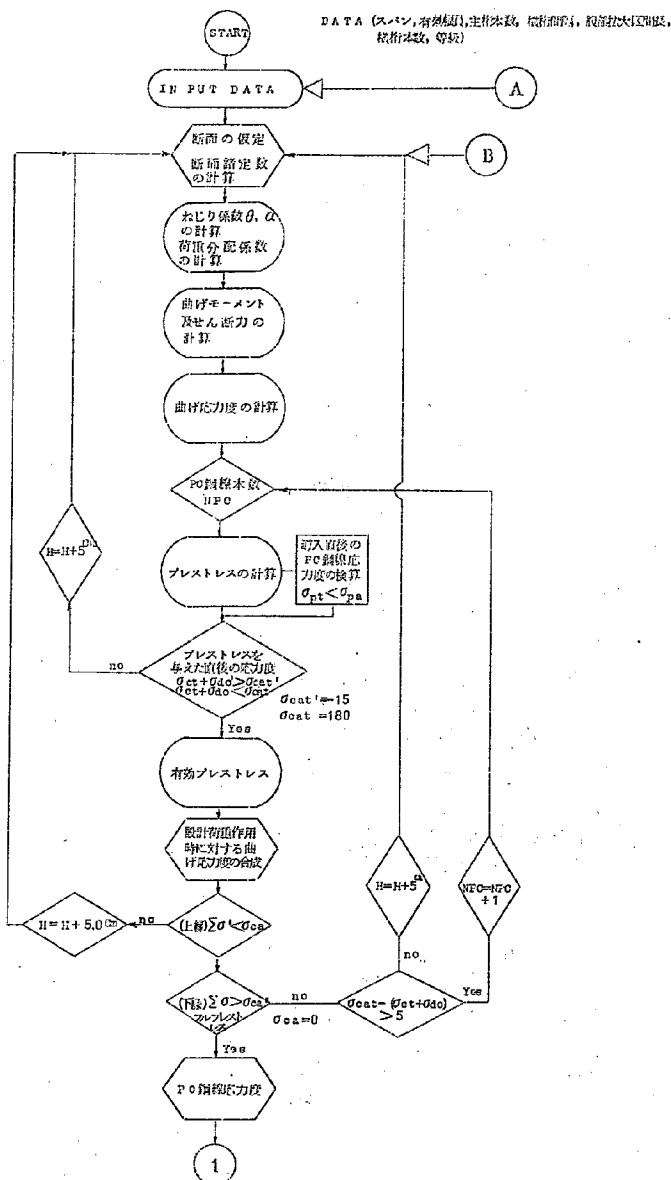
◇ ポストテンション方式単綱桁自動設計プログラムフローチャート	1
§ 1. 設 計 要 項	4
§ 2. 自動設計に用いる記号および寸法・P C 鋼線配置	6
§ 3. 主桁の設計について	7
§ 4. 床版の設計について	40
§ 5. 横桁の設計について	42

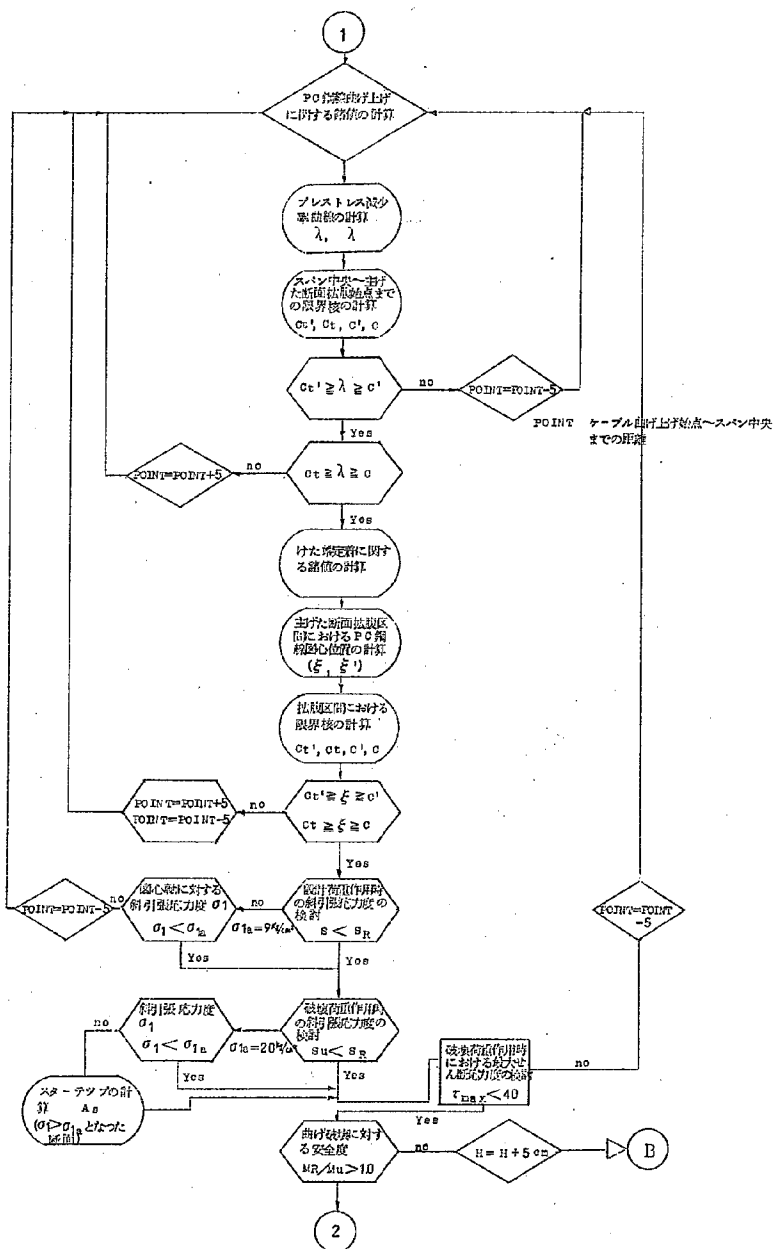
技 術 管 理 室

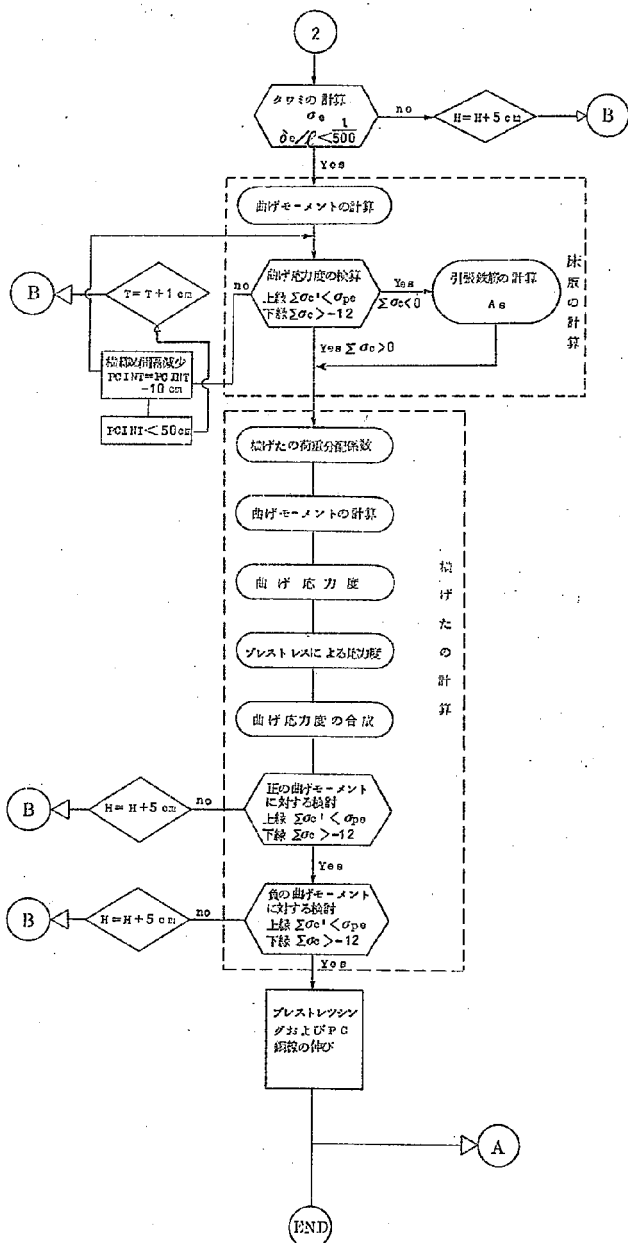
岩 松 幸 雄

工 藤 真 之 助

ポストテンション方式単純げた橋自動設計プログラムフローチャート







(b) PC鋼線

(Kg/mm²)

		φ 7	φ 5
引 張 強 度	σ_{pu}	155	165
降 伏 点 応 力 度	σ_{py}	135	145
許容引張応力度 σ_{pa}	設 計 荷 重 時 $0.6\sigma_{pu}$	93	99
	緊 張 作 業 時 $0.9\sigma_{py}$	121.5	130.5
	プレストレスを与えた直後 $0.7\sigma_{pu}$	108.5	115.5

(c) 鉄 筋

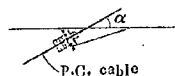
許容引張応力度……………(SD30)……………1600 Kg/cm²

復鉄筋……………2400 "

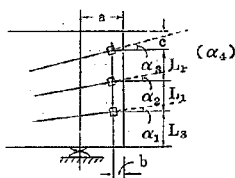
(SR24)……………1400 "

③ 構 造 詳 細

(a) 定着角度

 $H \geq 110$ の場合 25° $H < 110$ " 20° 

(b) 端 部 寸 法



$$a = \begin{cases} L \leq 20 \text{ m の場合} & 35 \text{ cm} \\ L > 20 \text{ m} & 40 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b = 8 \text{ cm}$$

$$c = \begin{cases} H \leq 110 \text{ の場合} & 20 \text{ cm} \\ 110 < H < 170 \text{ の場合} & 30 \text{ cm} \\ H > 170 \text{ の場合} & 40 \text{ cm} \end{cases}$$

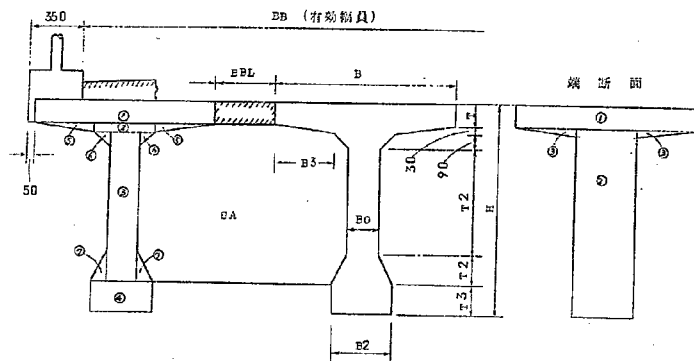
④ ヤング係数

コンクリート $\sigma_{ck} = 400$ の場合…………… $E_c = 350000 \text{ Kg/cm}^2$ $\sigma_{ck} = 300$ "…………… $E_c = 300000$ "P O 鋼 線…………… $E_s = 2000000$ "

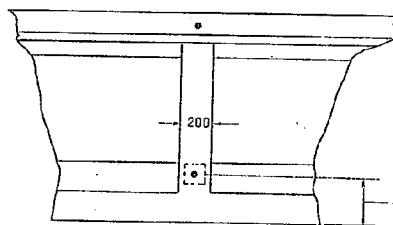
⑤ 使用P O鋼線(主ケーブル)

 $L \leq 20 \text{ m}$ ……………φ 5×12 フレシネーケーブル $L > 20 \text{ m}$ ……………φ 7×12 フレシネーケーブル

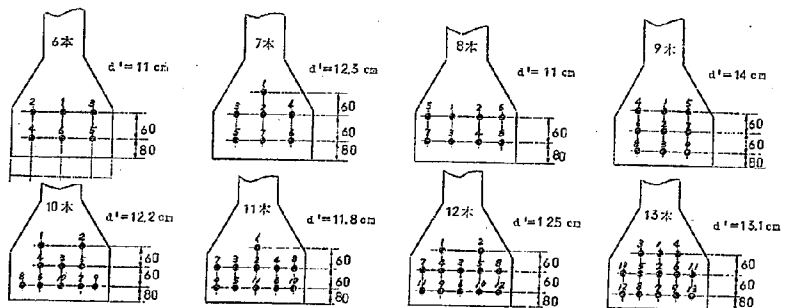
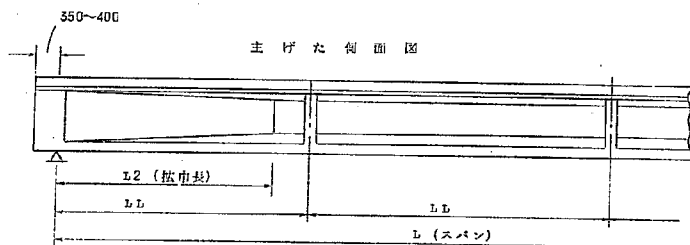
§ 2. 自動設計に用いる記号および寸法・PC銅線配置(図-1)



横 げ 九 側 面



主 げ た 側 面 図



§ 3. 主げたの設計について

1. 主げた断面の仮定

a) けた高について

日本における道路橋のけた高さの实例は、図に示す通りである。又、図内鎖線はポストテンションングの場合は大体の目安と考えられる。（佐伯著 P C 橋）

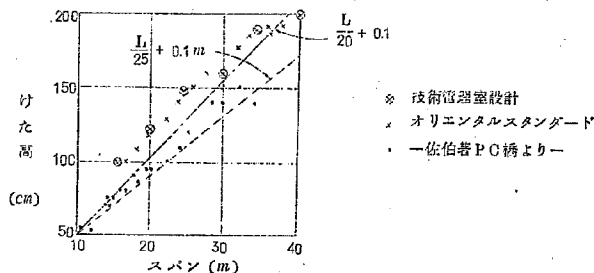


図 - 2

しかし、当初設計として $\frac{L}{25} + 0.1$ を用いたところけた高さが小さめに出たので次の式を採用した。その結果は図に示す通りである。

$$H = L / 20 \quad (m)$$

b) 腹部の最小厚さ

同じ断面積のけたでは、腹部の厚さが増加すれば断面の能率は急速に下がる。

従って、腹部の厚さを許される範囲まで縮小する。

許される腹部の最小厚は、けたの高さ、鉄筋の二次補強に関係する。Y. Guyon によれば、コンクリートの打ち込みおよび、締め固めが標準であれば次の法則により定められる。

$$H < 75 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{腹部の厚さ} = \frac{d}{7} \sim \frac{d}{8}$$

$$H > 75 \text{ cm} \dots\dots\dots \quad \quad \quad = 10 \text{ cm} + \frac{d}{40}$$

（ただし d は主げた間隔）

従って次の式を用いた。

$$BO = \frac{(BBL + B)}{7.0} + 1.0 \dots\dots\dots H \leq 75$$

$$BO = 12 \text{ cm} + \frac{(BBL + B)}{40.0} \dots\dots\dots H > 75$$

c) フランジの厚さおよびフランジの幅

フランジの厚さについてもけたの曲げモーメントに関する能率係数 ρ の大きいほどよい。
能率係数 ρ の最大値は、大体フランジの厚さが断面の高さの $1/8$ のとき起っていると
いわれる。

従って、フランジの厚さ T の最適値は $0.1H \sim 0.15H$ の間に起る。

今回の設計では、標準図作製ということから 15 cm に統一した。

又フランジの幅についても同様な考え方をした。

$$T = 15\text{ cm (統一)}$$

$$B = 120\text{ cm} \dots\dots\dots L \leq 20\text{ cm}$$

$$B = 150\text{ cm} \dots\dots\dots L > 20\text{ cm}$$

d) その他各部の計算

$$T2 = H \geq 150\text{ cm のとき } 210\text{ cm} \quad H < 150\text{ cm のとき } 180\text{ cm}$$

$$T3 = H \geq 150 \quad \# \quad 200\text{ cm} \quad H < 150 \quad \# \quad 180\text{ cm}$$

$$B2 = H > 150 \quad \# \quad 500\text{ cm} \quad H \leq 150 \quad \# \quad 400\text{ cm}$$

$$\therefore BBL = ((BB + 70) - (B \cdot N + 10)) / (N - 1)$$

$$B3 = (B - B2) / 2$$

2. 断面諸値の計算

図-1 に示す番号で 7 行 6 列の array に代入した。

中央断面マトリクス

No.	A	y	y ²	Ay	Ay ²	Ah ² /12ov18	形状
1	B × T	T/2					□
2	3 × B2	T+15					□
3	BO × (H-T-T3-3)	T+3+(T1+T2+9)/2					□
4	T3 × B2	H-T3/2					□
5	3 × B3	T + 1					▽
6	(B2-BO)/2 × 9	T + 6					▽
7	(B2-BO)/2 + T2	H - (T3+T2/3)					△
TOTAL	AA			AY	AY2	IO	

端断面についても同様 6 行 6 列の array に代入しただけで省略する。

純断面，P C鋼線換算断面，けた制コンクリート換算断面の計算をする前にP C鋼線（シース数）の本数と，P C鋼線圆心位置を仮定しなければならない。従って次のように仮定した。

$$CN = 8 \cdots \cdots L < 2.5m \quad (CN: \text{シース本数})$$

$$CN = 10 \cdots \cdots L \geq 2.5m$$

$$\text{シース1本当り断面} = 13.9 \text{ cm}^2$$

$$A_c = A_A - (CN \times 13.9)$$

$$A_{cy} = A_y - (CN \times 13.9) \times (H - 11)$$

$$A_{cy2} = A_{y2} - (CN \times 13.9) \times (H - 11)^2$$

$$A_{e1} = A_c + (5.72 \times CN \times 2.356 \text{ or } 4.618)$$

$$A_{e1y} = A_{cy} + (5.72 \times CN \times 2.356 \text{ or } 4.618) \times (H - 11)$$

$$A_{e1y2} = A_{cy2} + (5.72 \times CN \times 2.356 \text{ or } 4.618) \times (H - 11)^2$$

$$A_{e2} = A_{e1} + (BBL \times T \times 0.86)$$

$$A_{e2y} = A_{e1y} + (BBL \times T \times 0.86 \times (T/2))$$

$$A_{e2y2} = A_{e1y2} + (BBL \times T \times 0.86 \times (T/2)^2)$$

ただし，式中常数は次の通り

$$12 - \phi 5 \text{ ケーブル 1本の断面積} = 2.356 \text{ cm}^2$$

$$12 - \phi 7 \quad \quad \quad = 4.618 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\text{場所打コンクリートの弾性係数}}{\text{主けたコンクリートの}} = \frac{3.0 \times 10^5}{3.5 \times 10^5} = 0.86$$

コンクリートのヤング係数

σ_{ck} (kg/cm^2)	300	400	500
E_c	300,000	350,000	400,000

n の 値

σ_{ck}	300	350	400	450	500
$n = E_p/E_c$	6.67	6.16	5.27	5.34	5.00

P C鋼線のヤング係数 = 2,000,000 kg/cm²

中央断面について

総断面の諸値	$y' = AY/AA \quad y = -(H - y')$ $E = y + 110$
	$II = AY^2 + IO - (AA \times y'^2)$
	$W_1' = II/y' \quad W_1 = II/y \quad W_g = II/E \quad R = II/AA$
細断面の諸値	$yc' = A_c y / A_c \quad yc = -(H - yc')$ $E_c = yc + 110$
	$I_c = A_c y^2 + IO - (A_c \times yc'^2)$
	$W_c' = I_c / yc' \quad W_c = I_c / yc \quad W_{cg} = I_c / E_c \quad R_c = I_c / A_c$
P C鋼線換算 の 諸 値	$ye_1' = Ae_1 y / Ae_1 \quad ye_1 = -(H - ye_1')$ $EE_1 = ye_1 + 110$
	$Ie_1 = Ae_1 y^2 + IO - (Ae_1 \times ye_1'^2) \quad Re_1 = Ie_1 / Ae_1$
	$We_1' = Ie_1 / ye_1' \quad We_1 = Ie_1 / ye_1 \quad We_{1g} = Ie_1 / EE_1$
桁間コンタリ ート換算の諸 値	$ye_2' = Ae_2 y / Ae_2 \quad ye_2 = -(H - ye_2')$ $EE_2 = ye_2 + 110$
	$Ie_2 = Ae_2 y^2 + IO - (Ae_2 \times ye_2'^2) \quad Re_2 = Ie_2 / Ae_2$
	$We_2' = Ie_2 / ye_2' \quad We_2 = Ie_2 / ye_2 \quad We_{2g} = Ie_2 / EE_2$

端断面について

総断面の諸値	$y_2' = D_{4,4} / D_{4,1} \quad y_2 = -(H - y_2')$
	$I_2 = D_{4,5} + D_{4,6} - D_{4,1} \times y_2'^2$
	$W_2' = I_2 / y_2' \quad W_2 = I_2 / y_2 \quad R_2 = I_2 / D_{4,1}$
桁間コンタリ ート換算の諸 値	$y_{2E}' = D_{6,4} / D_{6,1} \quad y_{2E} = -(H - y_{2E}')$
	$I_{e22} = D_{6,5} + D_{4,6} - D_{6,1} \times y_{2E}'^2$
	$W_{2E}' = I_{e22} / y_{2E}' \quad W_{2E} = I_{e22} / y_{2E} \quad R_{2E} = I_{e22} / D_{6,1}$

中央断面における総断面の断面一次モーメント

$$QQS = B \times (H - ABS(Y) - T - 3)$$

$$Q_1 = B \times T \times (y' - (T/2)) + 3 \times B_2 \times (y' - T - 1.5) + QQS \times (H - ABS(Y) - T - 3) / 2 + 3 \times B_3 \times (y' - T - 1.0) + A_{6,1} \times (y' - T - 6.0)$$

端断面における総断面の断面一次モーメント

$$QQS = B_2 \times (H - ABS(Y_2) - T)$$

$$Q_2 = (D_{1,1} \times (y_2' - T/2) + QQS \times (H - ABS(y_2) - T) / 2 + D_{3,1} \times (y_2' - T - 1.0))$$

3. 曲げモーメントおよび剪断力の計算

a. 荷重分配係数

荷重分配係数はGuyon と Marssonetの理論に基づいて計算する。

$$M = k \alpha \cdot M_m$$

ただし

M_m : 平均の曲げモーメント

(けた 1 本当りの曲げモーメント)

$k \alpha$: 荷重分配係数で係数 θ , α の函数として求められ, 載荷位置とけたの端員方向の位置とによって変化し, 載荷位置およびけたの断面を橋軸方向に移動させても変化しない。

荷重分配係に先んじて係数 θ , α を計算する。

$$\theta = \frac{b}{\ell} \sqrt[4]{\frac{E_p \cdot I_p \cdot q}{E_q \cdot I_q \cdot P}}$$

b : 全幅の $1/2$

ℓ : スパン

E_q : 横げたコンクリートの弾性係数

E_p : 主げた " "

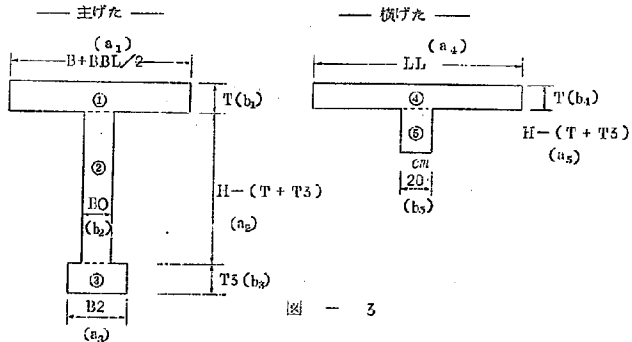
P : 主げた間隔 = $B + BBL$

q : 横げた間隔 = LL

I_p : 主げたの断面二次モーメント

I_q : 横げた " "

なお J_p, J_q の計算は, 下図によって行なう。



$$\therefore \theta = \frac{(BB + 0.7)}{2\ell} \sqrt{\frac{5.5 \times I_p \times LL}{\Delta O \times I_q \times (B + BBL)}}$$

$$\alpha = \frac{\frac{J_p}{P} + \frac{J_q}{Q}}{2\sqrt{\frac{I_p \cdot I_q}{P \cdot Q}}} \cdot \frac{G}{B}$$

J_p : 主げたのネジリコワサ係数

J_q : 横げた " "

$$\frac{G}{B} = \frac{\text{剪断弾性係数}}{\text{弾性係数}} = 0.4$$

ただし J は Saint Venant の理論によれば

$J = \Sigma C a b^3$ で計算される。($a > b$)

式中 C は b/a によって変化する係数で

$$C = \frac{1}{3} - \frac{64}{\pi^5} \cdot \frac{b}{a} \left(\tanh \frac{\pi a}{2b} + \frac{1}{3^5} \tanh \frac{3\pi a}{2b} + \frac{1}{5^5} \tanh \frac{5\pi a}{2b} \dots \right)$$

である。

従って、前頁図①の部分に相当するネジリ係数は、上式中の a 、 b にそれぞれ

$$\left. \begin{aligned} a &= B + BBL/2 \\ b &= T \end{aligned} \right\}$$

を代入すると

$$C_1 = \frac{1}{3} - \frac{64}{\pi^5} \cdot \frac{T}{(B + BBL/2)} \left(\tanh \frac{\pi (B + BBL/2)}{2 \times T} + \dots \right)$$

となる。

以下同じようにして

②に対する C_2 は

$$\left\{ \begin{aligned} a &= H - (T + T_3) \\ b &= B_0 \end{aligned} \right\} \text{を代入}$$

③に対する C_3 は

$$\left\{ \begin{aligned} a &= B_2 \\ b &= T_3 \end{aligned} \right\} \text{を代入}$$

④に対する C_4 は

$$\begin{cases} a = L L_1 \\ b = T \end{cases} \text{を代入}$$

⑤に対する C_5 は

$$\begin{cases} a = H - (T + T_3) \\ b = 20 \end{cases} \text{を代入すればよい。}$$

$$\therefore J_p = C_1 a_1 b_1^3 + C_2 a_2 b_2^3 + C_3 a_3 b_3^3$$

$$\therefore J_q = C_4 a_4 b_4^3 + C_5 a_5 b_5^3$$

I_p, I_q, p, q については θ の計算で求まっているものを代入する。

これで θ と α は求まった事になり、次に荷重分配係数を求める。

Y. Guyon, & Massonnet による分配係数の原式は次の通りである。

$$KO = 2\lambda_b \begin{Bmatrix} \begin{cases} \cos(\lambda_y) \cdot \operatorname{Ch}(\lambda_y) \\ \cos(\lambda_y) \cdot \operatorname{Sh}(\lambda_y) \\ \sin(\lambda_y) \cdot \operatorname{Ch}(\lambda_y) \\ \sin(\lambda_y) \cdot \operatorname{Sh}(\lambda_y) \end{cases} \cdot \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}, & \frac{-\operatorname{Ch}^2(\lambda_b)}{B}, & \frac{\cos^2(\lambda_b)}{B}, & 0 \\ \frac{-\operatorname{Sh}^2(\lambda_b)}{A}, & -\frac{1}{2}, & 0, & \frac{-\cos^2(\lambda_b)}{A} \\ \frac{-\sin^2(\lambda_b)}{A}, & 0, & -\frac{1}{2}, & \frac{-\operatorname{Ch}^2(\lambda_b)}{A} \\ 0, & \frac{\sin^2(\lambda_b)}{B}, & \frac{-\operatorname{Sh}^2(\lambda_b)}{B}, & -\frac{1}{2} \end{bmatrix} \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \cos(\lambda_e) \cdot \operatorname{Sh}(\lambda_e) - \sin(\lambda_e) \cdot \operatorname{Ch}(\lambda_e) \\ \sin(\lambda_e) \cdot \operatorname{Sh}(\lambda_e) - \cos(\lambda_e) \cdot \operatorname{Ch}(\lambda_e) \\ \sin(\lambda_e) \cdot \operatorname{Sh}(\lambda_e) + \cos(\lambda_e) \cdot \operatorname{Ch}(\lambda_e) \\ -\cos(\lambda_e) \cdot \operatorname{Sh}(\lambda_e) - \sin(\lambda_e) \cdot \operatorname{Ch}(\lambda_e) \end{Bmatrix}$$

$$\text{但し } \lambda = \frac{\pi}{\sqrt{2} \ell} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho q}}$$

$$A = 2 \{ \operatorname{Sh}(\lambda_b) \cdot \operatorname{Ch}(\lambda_b) - \sin(\lambda_b) \cdot \cos(\lambda_b) \}$$

$$B = 2 \{ \operatorname{Sh}(\lambda_b) \cdot \operatorname{Ch}(\lambda_b) + \sin(\lambda_b) \cdot \cos(\lambda_b) \}$$

$\pm$ の符号は $\begin{cases} y < e \text{ のとき } - \\ y \geq e \text{ のとき } + \end{cases}$ をとる。

$\begin{matrix} \operatorname{Ch} : \cosh \\ \operatorname{Sh} : \sinh \end{matrix}$ を表わす。

$$K1 = \frac{\sigma_b}{2} \begin{Bmatrix} \text{Ch}(\sigma_y) \\ \text{Sh}(\sigma_y) \\ \sigma_y \text{Ch}(\sigma_y) \\ \sigma_y \text{Sh}(\sigma_y) \end{Bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 & , & \frac{2+3\text{Sh}^2(\sigma_b)}{A} & , & \frac{-2-(\sigma_b)^2}{A} & , & 0 \\ \frac{2-3\text{Ch}^2(\sigma_b)}{B} & , & -1 & , & 0 & , & \frac{-2-(\sigma_b)^2}{B} \\ \frac{-1}{B} & , & 0 & , & -1 & , & \frac{-2-3\text{Sh}^2(\sigma_b)}{B} \\ 0 & , & -\frac{1}{A} & , & \frac{-2+3\text{Ch}^2(\sigma_b)}{A} & , & -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \text{Sh}(\sigma_e) - \sigma_e \text{Ch}(\sigma_e) \\ -\text{Ch}(\sigma_e) + \sigma_e \text{Sh}(\sigma_e) \\ \text{Ch}(\sigma_e) \\ -\text{Sh}(\sigma_e) \end{Bmatrix}$$

但し $A = \sigma_b - 3\text{Sh}(\sigma_b) \cdot \text{Ch}(\sigma_b)$

$B = \sigma_b + 3\text{Sh}(\sigma_b) \cdot \text{Ch}(\sigma_b)$

$\frac{-}{+}$ の符号は $\begin{cases} y < e \text{ なるとき} - \\ y \geq e \text{ なるとき} + \end{cases}$ をとるものとする。

$$\sigma = \sqrt{2} \cdot \lambda$$

又横げたについては次の通り。

$$\mu_0 = \frac{1}{2b\lambda} \begin{Bmatrix} \text{SIN}(\lambda_y) \cdot \text{Sh}(\lambda_y) \\ \text{SIN}(\lambda_y) \cdot \text{Ch}(\lambda_y) \\ -\text{COS}(\lambda_y) \cdot \text{Sh}(\lambda_y) \\ -\text{COS}(\lambda_y) \cdot \text{Ch}(\lambda_y) \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} K0 \text{ の係数と同じ} \\ \text{マトリクス} \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} K0 \text{ の係数と} \\ \text{同じ} \end{Bmatrix}$$

$$\mu_1 = \frac{-1}{4\sigma_b} \begin{Bmatrix} \text{Ch}(\sigma_y) \\ \text{Sh}(\sigma_y) \\ 2\text{Sh}(\sigma_y) + \sigma_y \cdot \text{Ch}(\sigma_y) \\ 2\text{Ch}(\sigma_y) + \sigma_y \cdot \text{Sh}(\sigma_y) \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} K1 \text{ の係数と同じ} \\ \text{マトリクス} \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} K1 \text{ の係数と} \\ \text{同じ} \end{Bmatrix}$$

b. 主げたの位置について

自動設計では、主げたの位置はけた本数と共に変わってくるので次のように決めた。

耳 げ た

$N = 3$ のとき (B+BBL)

$$N = 4 \text{ のとき} \quad 1.5 \times (B + BBL)$$

$$N = 5 \quad " \quad 2.0 \times (\quad " \quad)$$

$$N = 6 \quad " \quad 2.5 \times (\quad " \quad)$$

$$N = 7 \quad " \quad 3.0 \times (\quad " \quad)$$

耳げたより一つ中に入ったけた(本設計では2けた)

$$N = 3 \text{ のとき} \quad 0 \text{ m}$$

$$N = 4 \quad " \quad 0.5 \times (B + BBL)$$

$$N = 5 \quad " \quad 1.0 \times (\quad " \quad)$$

$$N = 6 \quad " \quad 1.5 \times (\quad " \quad)$$

$$N = 7 \quad " \quad 2.0 \times (\quad " \quad)$$

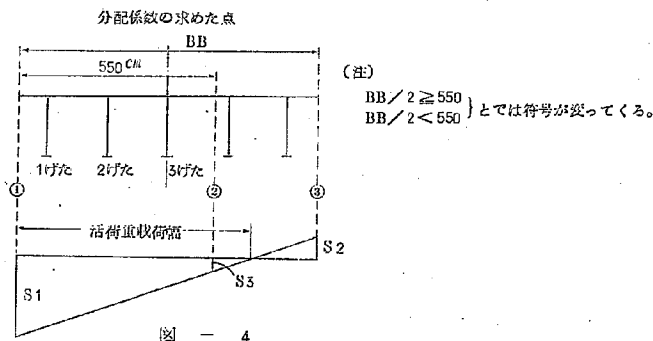
耳げたより二つ中に入ったけた(本設計では3けた)

$$N \leq 5 \text{ のとき} \quad 0 \text{ m}$$

$$N = 6 \quad " \quad 0.5 \times (B + BBL)$$

$$N = 7 \quad " \quad 1.0 \times (\quad " \quad)$$

主げたの位置を上記とし、耳げた(1けた)、2けた、3けたの影響係数をそれぞれ下記の点について求めた。



従って活荷重荷重幅は次の式で求める。

$$1 \text{ けた} \quad S2 < 0 \text{ のとき} \quad SAIKA1 = \frac{BB - (BB \times |S2|)}{S1 + |S2|}$$

$$S_2 > 0 \text{ のとき} \quad \text{SAIKA1} = \text{BB}$$

2けた，3けたについても同様である。

影響係数，荷重載荷幅が求まれば，各主げきについての分配係数は次の式で求まる。

積荷幅 $< 5.5 \text{ m}$ のとき

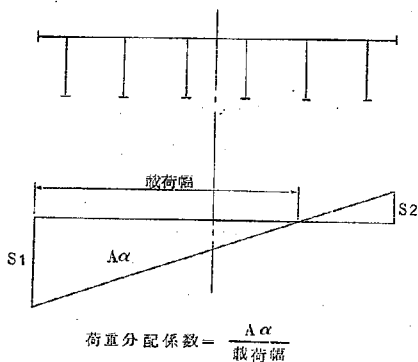


图 5

載荷幅 $\geq 5.5 \text{ m}$ のとき

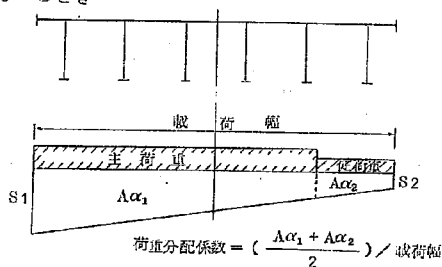


图 一 6

c. 曲げモーメント，剪断力

(1) 死荷重によるもの

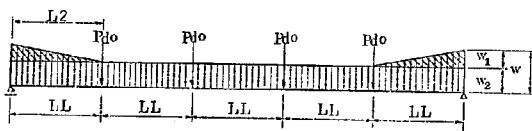


图 - 7

$$Pd_0 = 2.5 \times SA \times 0.2 \text{ m (横げた)}$$

$$W = \text{支点断面} \times 2.5$$

$$w_2 = \text{中央断面} \times 2.5$$

$$\therefore w_1 = w - w_2$$

$$Rd_0 = \frac{1}{2} (w_1 \times L_2 + w_2 \times L + Pd_0 \times YNN)$$

但し YNN: 横げた数

o けた自重によるもの

$$Md_0 = Rd_0 \times \frac{L_1}{2} - \frac{w_2 L_2}{8} - \frac{1}{2} w_1 \times L_2 \times \left(\frac{L}{2} - \frac{L_2}{3} \right) - Pd_0 \times x$$

但し x はスパン中央より横げたまでの距離で横げた数によって変わる。

横 げ た 数	x
2	LL/2
3	LL
4	2 × LL
5	3 × LL

$$Sd_0 = Rd_0$$

o 場所打コンクリート部分によるもの

$$\text{縦目地} \quad w = 2.5 \times T \times BBL$$

$$\text{横げた} \quad p = 2.5 \times 0.2 \times SSA$$

中間げた

$$Rd_1 = \frac{1}{2} (w \times L + p \times YNN)$$

$$Md_1 = Rd_1 \times \frac{L}{2} - \frac{w L_2}{8} - p \times x$$

$$Sd_1 = Rd_1$$

耳 げ た

$$Rd_1' = \frac{Rd_1}{2}$$

$$Md_1' = \frac{Md_1}{2}$$

$$S d_1' = R d_1'$$

o 地覆, 高樹, 舗装によるもの

正確には各主げたの分配率によって異なるものであるが, 均等に作用するものとしても大差がないので略算法で求める。

$$R d_2 = 0.1 \times (BB/100) \times 2.3 + 0.548$$

$$M d_2 = \frac{1}{8N} R d_2 \cdot L^2 \quad \text{但し } N: \text{主げた本数}$$

$$S d_2 = \frac{1}{2N} R d_2 \cdot L$$

(2) 活荷重によるもの

$$\text{衝撃係数 } i = 10 / (25 + \ell)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{主 荷 重 } P \ell = 5.0 (1 + i) \\ W \ell = 0.35 (1 + i) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{一等橋の場合} \\ \text{二等橋の場合は } 70\% \end{array}$$

$$\text{従 荷 重 } P \ell' = p \ell / 2$$

$$W \ell' = w \ell / 2$$

o 曲げモーメント

$$\text{載荷幅 } (W) \leq 5.5$$

$$M \ell u = \frac{1}{8} W \ell \cdot L^2 + \frac{1}{4} \cdot P \ell \cdot L$$

$$\Sigma M \ell = M \ell u \cdot W$$

$$M \ell m = \Sigma M \ell / N$$

$$\therefore M \ell = K \alpha \times M \ell m$$

$$\text{載荷幅 } (W) > 5.5$$

$$M \ell u 1 = \frac{1}{8} W \ell \cdot L^2 + \frac{1}{4} P \ell \cdot L$$

$$M \ell u 2 = \frac{1}{8} W \ell' \cdot L^2 + \frac{1}{4} P \ell' \cdot L$$

$$\Sigma M \ell = M \ell u 1 \times 5.5 + M \ell u 2 \times (W - 5.5)$$

$$M \ell m = \Sigma M \ell / N$$

$$\therefore M \ell = K \alpha \cdot M \ell m$$

o 剪断力

$$S_{eu1} = W\ell / 4$$

$$S_{eu2} = W\ell / 2$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} W \leq 5.5 \text{ のとき} & S_{\ell t} = S_{eu2} \times W \\ W > 5.5 \text{ のとき} & S_{\ell t} = S_{eu2} \times 5.5 + S_{eu1} \times (W - 5.5) \end{array} \right.$$

$$SM_2 = S_{\ell t} / N$$

$$\text{耳げた } S_{\ell} = K\alpha \cdot SM_2 + P\ell \cdot (B_3 + B_2 / 2)$$

$$\text{中げた } S_{\ell} = K\alpha \cdot SM_2 + P\ell \cdot (B + BBL)$$

けた中央部

$$W \leq 5.5 \text{ のとき}$$

$$S_{\ell'} = \left(\frac{P\ell}{2} + \frac{1}{8} W\ell \cdot L \right) \times W \times K\alpha / N$$

$$W > 5.5 \text{ のとき}$$

$$S_{\ell'} = \left(\frac{P\ell}{2} + \frac{1}{8} W\ell \cdot L \right) \times K\alpha \times (5.5 + (W - 5.5)) / N$$

従って、本設計では array の中に格納することにした。

4. 曲げ応力度の換算

(a) 設計荷重による曲げ応力度

上記にて求めた曲げモーメントと断面係数を用いて設計断面に生ずる曲げ応力度を計算する。

荷重条件 \ 応力度	曲げモーメント $M (kg \cdot cm)$	断面係数 $W (cm^3)$	曲 げ 応 力 度	
			上 縁 σ_c'	下 縁 σ_c
主 げ た 自 重	Md_0	$\frac{we_1'}{we}$	$\sigma_{d0}' = Md_0 / we_1'$	$\sigma_{d0} = Md_0 / we$
けた間コンクリート	Md_1	$\frac{we_1'}{we_1}$	$\sigma_{d1}' = Md_1 / we_1'$	$\sigma_{d1} = Md_1 / we_1$
舗装、地盤、高欄	Md_2	$\frac{we_2'}{we_2}$	$\sigma_{d2}' = Md_2 / we_2'$	$\sigma_{d2} = Md_2 / we_2$
活 荷 重	Me	$\frac{we_2'}{we_2}$	$\sigma_e' = Me / we_2'$	$\sigma_e = Me / we_2$
合 計			$\Sigma \sigma_c'$	$\Sigma \sigma_c$

(b) プレストレスの計算

1) P C 鋼線本数の計算

P C 鋼線の所受引張力は次の式で計算する。

$$P_e = \frac{(\sum \sigma_c - \sigma_{ca'}) A_c}{1 + \frac{y_c}{r c^2} e_p}$$

この式で $\sigma_{ca'} = 0$, P C 鋼線図心までのかぶりを 11 cm と仮定した。

又有効係数 $\eta = P_e / P_t = 0.8$ と仮定することによって

$$P_t = P_e / 0.8$$

となる。

P C 鋼線の許容引張力はスパンその他によって差があるが大体 $\phi 5$ で $\sigma_{pt} = 100 \sim 110 \text{ Kg/mm}^2$, $\phi 7$ で $\sigma_{pt} = 90 \sim 100 \text{ Kg/mm}^2$ の範囲といわれる。

しかるに

$L \leq 20 \text{ m}$ のとき $\phi 5$ を使用するとし

$$\sigma_{pt} = 9900 \text{ Kg/cm}^2$$

$L > 20 \text{ m}$ のとき $\phi 7$ を使用するとし

$$\sigma_{pt} = 9800 \text{ Kg/cm}^2$$

と仮定した。

従って 1 ゲージル当りの引張力 p_t は

$$L \leq 20 \text{ m} \longrightarrow p_t = 2.356 * 9900$$

$$L > 20 \text{ m} \longrightarrow p_t = 4.618 * 9800$$

となる。

故に P C 鋼線所要本数 (NPC) は

$$NPC = P_t / p_t$$

2) プレストレスを与えた直後の応力変の検算

P C 鋼線本数が求まったのでその図心までのかぶりを次の通りとする。

$$NPC = 6 \rightarrow d' = 11 \text{ cm}$$

$$" \quad 7 \rightarrow d' = 12.5 \text{ cm}$$

$$" \quad 8 \rightarrow d' = 14 \text{ cm}$$

$$" \quad 9 \rightarrow d' = 14 \text{ cm}$$

$$" \quad 10 \rightarrow d' = 12.2 \text{ cm}$$

$$\text{NPC} = 11 \rightarrow d' = 11.8 \text{ cm}$$

$$12 \rightarrow d' = 12.5 \text{ cm}$$

$$13 \rightarrow d' = 13.1 \text{ cm}$$

$$\therefore e_p = y_c - d'$$

① P C鋼線とシーすとの間の摩擦の影響

設計断面における引張力と初期引張力との関係は次の式によって与えられる。

$$\sigma_{pi1} = \frac{\sigma_{pi}}{1 + \mu\alpha + \lambda\ell}$$

μ : 角変化による摩擦係数 = 0.3

α : P C鋼線の曲げ上げ角度 (rad)

$$H \leq 110 \text{ cm のとき } 20^\circ = 0.349$$

$$H > 110 \quad " \quad 25^\circ = 0.436$$

λ : P C鋼線単位長さ当りの摩擦係数 = $0.4_{10} \times 10^{-2}$

ℓ : P C鋼線の長さ (全長の半分)

σ_{pi} : 初期引張応力度

$$\phi 5 \text{ のとき } \sigma_{pi} = 130.5 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\phi 7 \quad " \quad \sigma_{pi} = 121.5 \quad "$$

そして最も摩擦損失が多くなるものと推定されるケーブルについて形状を仮定し計算する。

○ ケーブル長 (ℓ) の計算

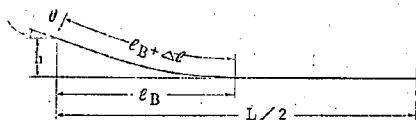


図 - 8

図のように P C鋼線はパラボラに配置するから $\Delta \ell$ の計算式は次のようである。

$$\Delta \ell = \ell_B \left\{ \frac{2}{3} \left(\frac{h}{\ell_B} \right)^2 - \frac{2}{5} \left(\frac{h}{\ell_B} \right)^4 + \dots \right\}$$

ただし $h < \ell_B$

$$\therefore \ell = (L - 1.4 \text{ m}) / 2 + \Delta \ell$$

② PC鋼線定着具のセットによる損失

本項の損失は他の損失と異なり、けたの考えている点に応力度の低下が及ばない場合には、損失を計上する必要がない。

従って、まず損失の及ぶ点までの距離を計上する。

$$m = \frac{\mu U}{\ell_B} + \lambda$$

$$\therefore x = \frac{\Delta s E_p}{\sigma_0} \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta s E_p}{\sigma_0}\right)^2 + \frac{\Delta s E_p}{m \sigma_0}}$$

$$\text{但し } \Delta s = 4 \pi a$$

$$E_p = 2 \times 10^6$$

このxが曲げ上げ始点を越えない場合SHA=0とし越えた場合は、次の式で損失損を求める。

$$x = \sqrt{\frac{\Delta s E_p}{\lambda \sigma_0} - \frac{\mu U \ell_B}{\lambda}}$$

$$\therefore \text{SHA} = 2 \sigma_0 \lambda (x - \ell_B)$$

③ コンクリートの弾性変形によるPC鋼線応力度減少量の平均値 $\Delta \sigma_p$

計算式は次のとおりである。

$$\Delta \sigma_p = n \left\{ \frac{1}{2} \left(\sigma_{cp} \frac{N-1}{N} + \sigma_{dop} \right) \right\}$$

$$\text{但し } n = 5.72$$

N: PC鋼線数(NPC)

σ_{cp} : プレフトレスによるPC鋼線図心位置の応力度

σ_{dop} : 主げた自重によるPC鋼線図心位置の応力度

$$Pt_1 = \sigma_{pt} \cdot A_p = NPC \times (2.356 \text{ or } 4.618) \times \sigma_{pt}$$

$$\therefore \sigma_{cp} = \frac{Pt_1}{A_c} + \frac{Pt_1 \cdot e_p^2}{I_c}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{M_{do}}{I_c} e_p$$

④ プレストレス導入直後の応力度

PC鋼線引張応力度 σ_{pt} は

$$\sigma_{pt} = \sigma_{pt1} - \Delta\sigma_p - \text{SHA} < \sigma_{pa} \dots\dots\dots \text{OK}$$

直後のプレストレスは

$$P_t = A_p \sigma_{pt}$$

$$\therefore \sigma_{ct}' = \frac{P_t}{A_c} - \frac{P_t \cdot e_p}{W_c'}$$

$$\sigma_{ct} = \frac{P_t}{A_c} - \frac{P_t \cdot e_p}{W_c}$$

従って、直後のプレストレスと主げた自重応力度との合成されたものがプレストレス導入直後のコンクリートの応力度となる。

そして、これらを許容応力度と比較する。

$$\text{上縁 } \sigma_{ct}' + \sigma_{do}' > \sigma_{cat}' = -15 \text{ Kgf/cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\text{下縁 } \sigma_{ct} + \sigma_{do} < \sigma_{cat} = 180 \text{ Kgf/cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

no の場合 $H + 5 \text{ cm}$ として断面仮定の項に戻る。

3) 有効プレストレスの計算

(イ) コンクリートのクリープおよび乾燥収縮による減少量

計算式は次の通りである。

$$\Delta\sigma_p = \frac{n\varphi(\sigma_{ctg} + \Sigma\sigma_{dg}) + \epsilon_s E_p}{1 + n \frac{\sigma_{ctg}}{\sigma_{pt}} \left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)}$$

但し φ : クリープ係数 = 2.0

σ_{ctg} : プレストレスを与えた直後の P C 鋼材図心位置におけるプレストレスによるコンクリートの応力度

$\Sigma\sigma_{dg}$: 死荷重による P C 鋼材図心位置におけるコンクリートの応力度

ϵ_s : コンクリートの乾燥収縮度 = 15×10^{-5}

$$\sigma_{ctg} = \frac{P_t}{A_c} + \frac{P_t \cdot e_p^2}{I_c}$$

$$\Sigma\sigma_{dg} = \frac{M_{d0} \cdot e_p}{I_c} + \frac{\sigma_{d1} \cdot (y_{e1} + x)}{y_{e1}} + \frac{(y_{e2} + x) \cdot \sigma_{d2}}{y_{e2}}$$

(ロ) P C 鋼線の有効引張応力度

P C 鋼線のレラクセーションは 5% とする。

P C 鋼線の有効引張応力度 σ_{pe} は次の式で求まる。

$$\sigma_{pe} = \sigma_{pt} - \Delta\sigma_{p\varphi} - 0.05 \times \sigma_{pt}$$

$$\text{有効係数 } \eta = \sigma_{pe} / \sigma_{pt}$$

以上の計算から有効プレストレスは

$$\sigma_{ce}' = \eta \sigma_{ct}'$$

$$\sigma_{ce} = \eta \sigma_{ct}$$

(c) 設計荷重作用時に対する曲げ応力度の合成

以上の計算結果より各荷重作用状態に対する応力度を合成する。

荷重条件 \ 応力度	上 線 (Kg/cm ²)		下 線 (Kg/cm ²)	
	応 力 度	計	応 力 度	計
有効プレストレス	σ_{ce}'	—	σ_{ce}	—
主 げ た 自 重	σ_{do}'	$\sigma_{ce}' - \sigma_{do}'$	σ_{do}	$\sigma_{ce} - \sigma_{do}$
けた間コンクリート	σ_{d1}'	$\sigma_{ce}' - \sigma_{do}' - \sigma_{d1}'$	σ_{d1}	$\sigma_{ce} - \sigma_{do} - \sigma_{d1}$
舗装, 地覆, 高欄	σ_{d2}'	$\sigma_{ce}' - \sigma_{do}' - \sigma_{d1}' - \sigma_{d2}'$	σ_{d2}	$\sigma_{ce} - \sigma_{do} - \sigma_{d1} - \sigma_{d2}$
活 荷 重	σ_e'	$\sigma_{ce}' - \sigma_{do}' - \sigma_{d1}' - \sigma_{d2}' - \sigma_e'$	σ_e	$\sigma_{ce} - \sigma_{do} - \sigma_{d1} - \sigma_{d2} - \sigma_e$
合 計	$A < \sigma_{ca} = 130$		$B > 0$	

以上 A, B, の条件が成立しなかった 5 けた高を +5 cm として再計算する。

(d) P C 鋼線の応力度 (設計荷重作用時)

P C 鋼線の引張応力度は, 荷重の増加に伴って増大するため, その応力状態を核算しておかねばならない。

(イ) 荷重による P C 鋼線の応力度

$$\text{けた間コンクリート} \quad \sigma_{pd1} = n \sigma_{d1p}$$

$$\text{舗装, 地覆, 高欄} \quad \sigma_{pd2} = n \sigma_{d2p}$$

$$\text{活 荷 重} \quad \sigma_{pe} = n \sigma_{ep}$$

(ロ) P C 鋼線の最大引張応力度

$$\sigma_{pmax} = \sigma_{pe} + \sigma_{pd1} + \sigma_{pd2} + \sigma_{pe} < \sigma_{pa} = 93 \text{ or } 99$$

5. PC鋼線の曲げ上げの設計

a) 応力度の限界条件

プレストレスを与えた直後

$$\text{上縁} \quad \sigma_{ct}' + \sigma_{do}' \geq \sigma_{cat}'$$

$$\text{下〃} \quad \sigma_{ct} + \sigma_{do} \leq \sigma_{cat}$$

設計荷重作用時

$$\text{上縁} \quad \sigma_{ce}' + \sigma'(d_0 + d_1 + d_2 + \ell) \leq \sigma_{ca}$$

$$\text{下〃} \quad \sigma_{ce} + \sigma(d_0 + d_1 + d_2 + \ell) \geq \sigma_{ca}$$

従って、上式を満足するための限界曲線は次の式によって与えられる。

$$\text{上縁} \quad O_t' = \frac{\sigma_{cat}' - \sigma_{do}'}{\sigma_{ct}} \quad O' = \frac{\sigma_{ca} - \sigma'(d_0 + d_1 + d_2 + \ell)}{\sigma_{ce}}$$

$$\text{下縁} \quad O_t = \frac{\sigma_{cat} - \sigma_{do}}{\sigma_{ct}} \quad O = \frac{\sigma_{ca} - \sigma(d_0 + d_1 + d_2 + \ell)}{\sigma_{ce}}$$

次に全ケーブルに対して1本を曲げ上げることによってプレストレスが変化する。

その減少率を λ' 、 λ で表わすと次の式で与えられる。

$$\lambda' = 1 - \sigma_{ce}' / \sigma_{ce}(M)$$

$$\lambda = 1 - \sigma_{ce} / \sigma_{ce}(M)$$

故に、限界曲線と λ 曲線の間には、次の関係式が成り立つ。この条件を満足することによってすべての断面上上記曲線の条件を満足する。

$$O_t' \geq \lambda' \geq O'$$

$$O_t \geq \lambda \geq O$$

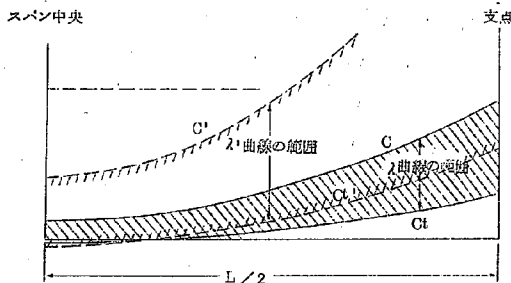


図 - 9

① 限界核曲線

許容応力度 (K_0/cd')

$$\sigma_{cat}' = -15$$

$$\sigma_{cat}' = 180$$

$$\sigma_{ca}' = 0$$

$$\sigma_{ca} = 130$$

Ct' , C' , Ct , C 曲線の始点と終点の座標は次の式で計算する。

	支 点	中 央
Ct'	$\sigma_{cat}'/\sigma_{ct}'$	$(\sigma_{cat}' - \sigma_{do})/\sigma_{ct}$
Ct	σ_{cat}/σ_{ct}	$(\sigma_{cat} - \sigma_{do})/\sigma_{ct}$
C'	σ_{ca}/σ_{ce}'	$(\sigma_{ca} - \Delta\sigma_c')/\sigma_{ce}'$
C	$\sigma_{ca}'/\sigma_{ce} = 0$	$\Delta\sigma_c/\sigma_{ce}$

任意点の座標は次の式で計算する。(procedure GENKAIKAKU)

まず主げた自重・けた間コンクリート・舗装地覆高欄・活荷重による任意点の曲げモーメントは、中央に於て求まっているので、これを用いて逆算するとにする。(procedure KETAMOMENT)

$$w = 8 \times Mo / L^2 \quad Mo : \text{各々の中央のモーメント}$$

$$M = w \cdot x \cdot (L - x) / 2 \quad x : \text{支点からの距離}$$

曲げモーメントが求まれば、各々の応力度を計算する。

$$\sigma_{do}' = M1/Wc' \quad \dots\dots\dots \text{主げた自重による 上縁応力}$$

$$\sigma_{do} = M1/Wc \quad \dots\dots\dots \quad \quad \quad \text{下縁} \quad \diamond$$

$$\sigma_{d1}' = M2/Wc_1' \quad \dots\dots\dots \text{けた間コンクリートによる 上縁} \quad \diamond$$

$$\sigma_{d1} = M2/Wc_1 \quad \dots\dots\dots \quad \quad \quad \text{下縁} \quad \diamond$$

$$\sigma_{d2}' = M3/Wc_2' \quad \dots\dots\dots \text{舗・高・地による 上縁応力}$$

$$\sigma_{d2} = M3/Wc_2 \quad \dots\dots\dots \quad \quad \quad \text{下縁} \quad \diamond$$

$$\sigma_c' = M4/Wc_2' \quad \dots\dots\dots \text{活荷重による 上縁} \quad \diamond$$

$$\sigma_c = M4/Wc_2 \quad \dots\dots\dots \quad \quad \quad \text{下縁} \quad \diamond$$

$$\Delta\sigma_c' = \sigma(d_0' + d_1' + d_2' + \ell')$$

$$\Delta\sigma_c = \sigma(d_0 + d_1 + d_2 + \ell)$$

$$\left. \begin{aligned} Gt' &= (-15 + \sigma_{do}') / \sigma_{ct'} \\ O' &= (130 - \Delta \sigma_c') / \sigma_{ce'} \\ Gt &= (180 - \sigma_{do}) / \sigma_{ct} \\ O &= |\Delta \sigma_c| / \sigma_{ce} \end{aligned} \right\}$$

② プレストレスの減少率曲線 (λ' , λ)

プレストレスの減少率は次式で求まる。

$$\lambda' = \frac{\sigma_{ce'}}{\sigma_{ce}(M)} = \frac{\frac{r_c^2}{y_c'^2} - e_p + \varepsilon}{\frac{r_c^2}{y_c'^2} - e_p} \cos \alpha$$

$$\lambda = \frac{\sigma_{ce}}{\sigma_{ce}(M)} = \frac{\frac{r_c^2}{y_c^2} + e_p - \varepsilon}{\frac{r_c^2}{y_c^2} + e_p} \cos \alpha$$

これを次の様にする。

$$S_1 = \frac{r_c}{y_c} - |e_p| \quad \text{(procedure RAMDA)}$$

$$S_2 = \frac{r_c}{y_c} + e_p$$

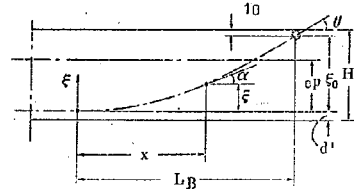


図 - 10

$$P_R = (H - d' - 10) \cdot x^2 / L_B^2$$

$$L_B = \frac{2 \varepsilon_0}{\tan \theta}$$

$$Z_R = \arctan (2 \cdot (H - d' - 10) \cdot x / L_B^2)$$

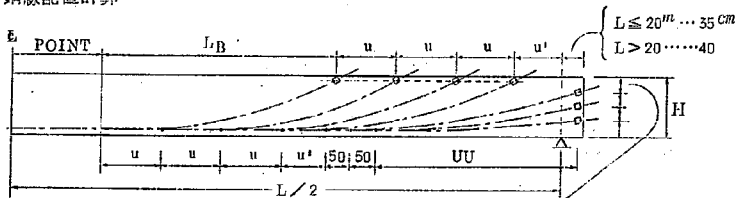
$$\xi = \xi_0 \cdot x^2 / L_B^2$$

$$Mi = (1 + P_R / S_1) \cdot \cos(Z_R)$$

$$\alpha = \tan^{-1} (2 \xi_0 \cdot x / L_B^2)$$

$$RRi = (1 - |P_R / S_2|) \cdot \cos(Z_R)$$

③ PC鋼線配置計算



$$\text{POINT} = \begin{cases} L \leq 20m & \dots\dots L/25 \\ 20 < L < 30 & \dots\dots L/15 \\ L \geq 30 & \dots\dots L/10 \end{cases}$$

$$\begin{cases} H \leq 110 & \dots\dots 20 \text{ cm} \\ H \leq 170 & \dots\dots 30 \text{ cm} \\ H > 170 & \dots\dots 40 \text{ cm} \end{cases}$$

図 - 11

曲げ上げケーブル数 (BEN) N : 全ケーブル数

N = 6 3 本

N = 7 or 8 4 本

N = 9 or 10 5 本

N = 11 6 本

N ≥ 12 7 本

$$u = \left(\frac{L}{2} - (\text{POINT} + L_B + 80) \right) / (BEN - 1)$$

$$u' = \frac{L}{2} - (\text{POINT} + L_B + (BEN - 1) \cdot u)$$

$u' \geq u$ の時は $u = u + 5$ として u, u' の再計算をする。

④ 各ケーブルの減少率 (②項の計算式による)

(1) $L_B > 4 \cdot u$ の場合

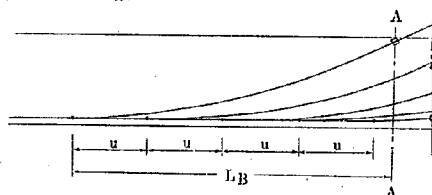


図 - 12

A-A断面における各ケーブルの減少率は、②項の式中 x に次の値を代入すると求められる。

$x = 0, (L_B - 4u), (L_B - 3u), (L_B - 2u), (L_B - u), L_B$

(2) $L_B > 3 \cdot u$ の場合

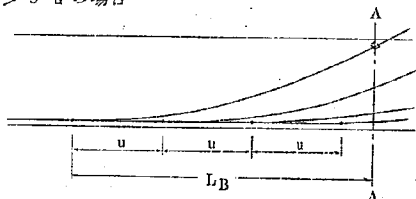


図 - 13

上記と同様 x に次の値を代入する。

$x = 0, (L_B - 3u), (L_B - 2u), (L_B - u), L_B$

(3) $L_B > 2 \cdot u$ の場合

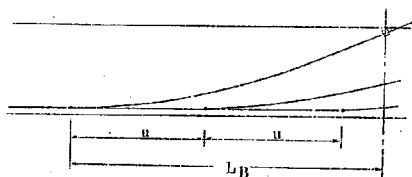


図 - 14

上記と同様 x に次の値を代入する。

$$x = 0, (L_E - 2u), (L_B - u), L_B$$

(4) $L_B > u$ の場合についても同様である。

⑤ 限界核の計算 (スパン中央～腹部拡幅部始点)

限界核の座標は、主げた断面拡幅部始点までについて計算し減少率曲線との関係を調べる。

(1) $(L/2 - (POINT + L_B + 5u)) > L/2$ の場合

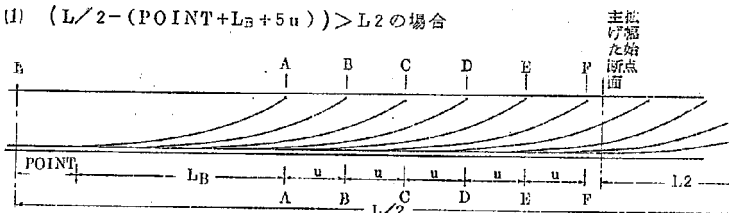


図 - 15

A-A, B-B, C-C, D-D, E-E, F-F断面について、主げた自重によるモーメント (M_1)、けた間コンクリートによるモーメント (M_2)、舗装、高欄、地覆によるモーメント (M_3)、活荷重によるモーメント (M_4) を求め④項の計算式にて各々断面の限界核の座標を求める。

次に、④項の要領によって各々ケーブルの減少率曲線の座標を計算する。A-A断面についてのみこの計算を行なうことによって、他の断面はこれを累加すればよいことになる。

従って、各断面で次の条件を満足すればよく、もし満足しない場合は、P C 鋼線の曲げ上げ始点を移動させる。

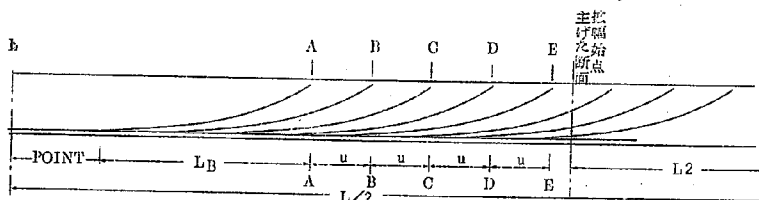
$$\left. \begin{array}{l} A-A \text{ 断面} \cdots \cdots \cdots C t_1' \geq \lambda_1' \geq C_1' \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad C t_1 \geq \lambda_1 \geq C_1 \\ B-B \text{ } \diamond \cdots \cdots \cdots C t_2' \geq \lambda_2' \geq C_2' \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad C t_2 \geq \lambda_2 \geq C_2 \\ C-C \text{ } \diamond \cdots \cdots \cdots C t_3' \geq \lambda_3' \geq C_3' \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad C t_3 \geq \lambda_3 \geq C_3 \\ D-D \text{ } \diamond \cdots \cdots \cdots C t_4' \geq \lambda_4' \geq C_4' \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad C t_4 \geq \lambda_4 \geq C_4 \\ E-E \text{ } \diamond \cdots \cdots \cdots C t_5' \geq \lambda_5' \geq C_5' \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad C t_5 \geq \lambda_5 \geq C_5 \\ F-F \text{ } \diamond \cdots \cdots \cdots C t_6' \geq \lambda_6' \geq C_6' \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad C t_6 \geq \lambda_6 \geq C_6 \end{array} \right\}$$

満足なき場合

$POINT = POINT \pm 5 \text{ cm}$
として再計算を行なう。

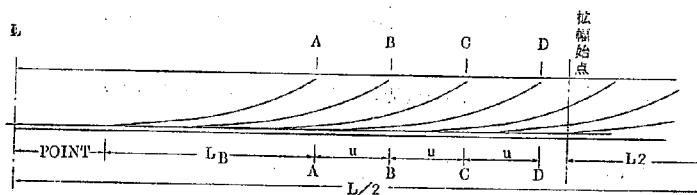
以下同様次の条件について検討する。

(2) $(L/2 - (POINT + L_B + 4u)) > L_2$ の場合 (図-16)



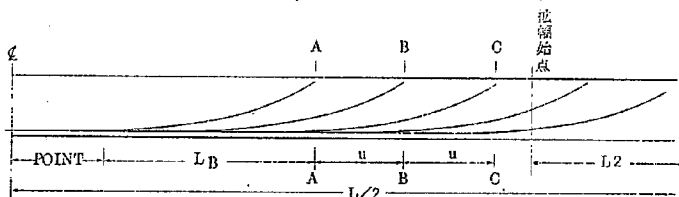
A-A 断面		$Ct_1' \geq \lambda_1' \geq C_1'$	} 満足なき場合 $POINT = POINT \pm 5\text{ cm}$ として再計算
		$Ct_1 \geq \lambda_1 \geq C_1$	
B-B	◇		
		$Ct_2' \geq \lambda_2' \geq C_2'$	
		$Ct_2 \geq \lambda_2 \geq C_2$	
C-C	◇		
		$Ct_3' \geq \lambda_3' \geq C_3'$	
		$Ct_3 \geq \lambda_3 \geq C_3$	
D-D	◇		
		$Ct_4' \geq \lambda_4' \geq C_4'$	
		$Ct_4 \geq \lambda_4 \geq C_4$	
E-E	◇		
		$Ct_5' \geq \lambda_5' \geq C_5'$	
		$Ct_5 \geq \lambda_5 \geq C_5$	

(3) $(L/2 - (POINT + L_B + 3u)) > L_2$ の場合 (図-17)



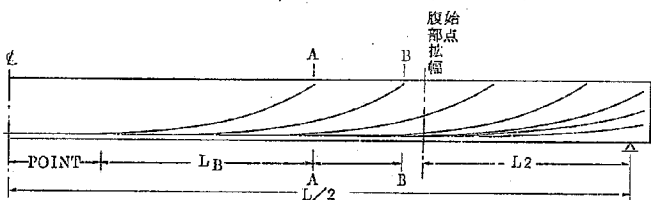
A-A 断面		$Ct_1' \geq \lambda_1' \geq C_1'$	} 満足なき場合 $POINT = POINT \pm 5\text{ cm}$ として再計算
		$Ct_1 \geq \lambda_1 \geq C_1$	
B-B	◇		
		$Ct_2' \geq \lambda_2' \geq C_2'$	
		$Ct_2 \geq \lambda_2 \geq C_2$	
C-C	◇		
		$Ct_3' \geq \lambda_3' \geq C_3'$	
		$Ct_3 \geq \lambda_3 \geq C_3$	
D-D	◇		
		$Ct_4' \geq \lambda_4' \geq C_4'$	
		$Ct_4 \geq \lambda_4 \geq C_4$	

(4) $(L/2 - (POINT + L_B + 2u)) > L_2$ の場合 (図-18)



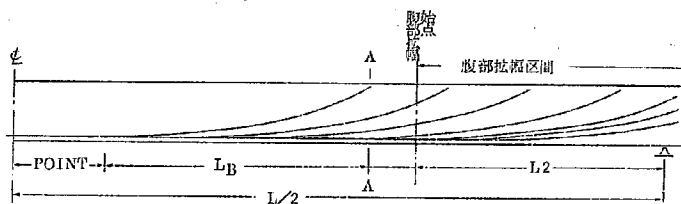
$$\left. \begin{array}{l}
 A-A \text{ 断面} \cdots \cdots Ct_1' \geq \lambda_1' \geq C_1' \\
 \phantom{A-A \text{ 断面}} Ct_1 \geq \lambda_1 \geq C_1 \\
 B-B \text{ 断面} \cdots \cdots Ct_2' \geq \lambda_2' \geq C_2' \\
 \phantom{B-B \text{ 断面}} Ct_2 \geq \lambda_2 \geq C_2 \\
 C-C \text{ 断面} \cdots \cdots Ct_3' \geq \lambda_3' \geq C_3' \\
 \phantom{C-C \text{ 断面}} Ct_3 \geq \lambda_3 \geq C_3
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 \text{満足なき場合} \\
 POINT = POINT \pm 5 \text{ cm} \\
 \text{として再計算}
 \end{array}$$

(5) $(L/2 - (POINT + L_B + u)) > L_2$ の場合 (図-19)



$$\left. \begin{array}{l}
 A-A \text{ 断面} \cdots \cdots Ct_1' \geq \lambda_1' \geq C_1' \\
 \phantom{A-A \text{ 断面}} Ct_1 \geq \lambda_1 \geq C_1 \\
 B-B \text{ 断面} \cdots \cdots Ct_2' \geq \lambda_2' \geq C_2' \\
 \phantom{B-B \text{ 断面}} Ct_2 \geq \lambda_2 \geq C_2
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 \text{満足なき場合} \\
 POINT = POINT \pm 5 \text{ cm} \\
 \text{として再計算}
 \end{array}$$

(6) $(L/2 - (POINT + L_B)) > L_2$ の場合 (図-20)



$$\left. \begin{array}{l}
 A-A \text{ 断面} \cdots \cdots Ct_1' \geq \lambda_1' \geq C_1' \\
 \phantom{A-A \text{ 断面}} Ct_1 \geq \lambda_1 \geq C_1
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 \text{満足なき場合} \\
 POINT = POINT \pm 5 \text{ cm} \\
 \text{として再計算}
 \end{array}$$

⑥ 腹部拡幅区間に対する限界条件

けた端付近では断面が変化するとともにケーブルの曲げ上げ角度が各々異なっている
ので、⑤項で行なった換算法によると非常に複雑になる。従って、限界値 C' , C を求
め P O 鋼線の図心位置との関係調べる。例を示すと図の通りである。

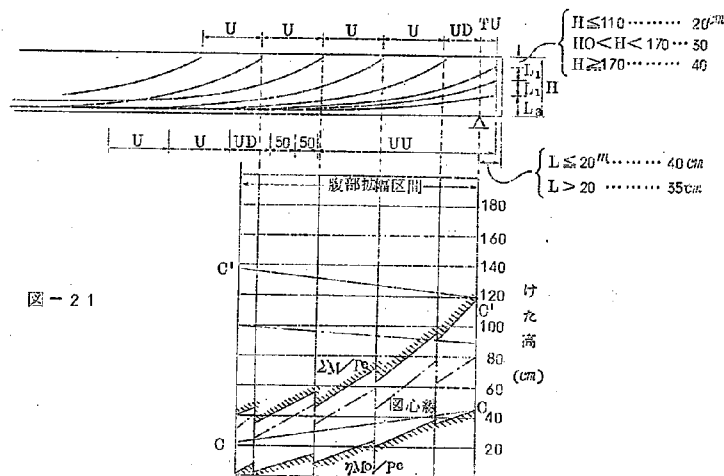


図 - 21

端部定着 P O 鋼線数 (HON)

$$HON = NPC - BEN$$

端部 P O 鋼線の定着は $HON \geq 7$ の場合は 4 段、それ以下の場合は 3 段とする。

(NN)

$$L_1 = \begin{cases} H \leq 110 & \dots\dots\dots (H-20)/NN \\ 110 < H \leq 170 & \dots\dots\dots (H-30)/NN \\ H > 170 & \dots\dots\dots (H-40)/NN \end{cases}$$

$$L_3 = \begin{cases} H \leq 110 & \dots\dots\dots (H-20)-(NN-1) \times L_1 \\ 110 < H \leq 170 & \dots\dots\dots (H-30)-(NN-1) \times L_1 \\ H > 170 & \dots\dots\dots (H-40)-(NN-1) \times L_1 \end{cases} \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} L_1 \\ L_3 \end{matrix}} \right\} 10 \text{ cm 単位に換算する。}$$

端部 P O 鋼線定着面とけた端面との距離は 8 cm とする。

従って、 TU は $L \leq 20 \text{ cm}$ の場合 27 cm $L > 20 \text{ cm}$ の場合 32 cm とする。

UU は $NN = 4$ の場合 $(L/2 - ((BEN-1) \times U + POINT + 150 + UD) + TU)$

$NN = 3$ の場合 $(L/2 - ((BEN-1) \times U + POINT + 100 + UD) + TU)$

(1) 限界核の計算 (腹部拡幅区間)

C , C' は次の式による。

$$C' = \frac{r_c^2}{y_c} \cdot \frac{\sigma_{ca} - \sigma_{ca'}}{\sigma_{ca} + \sigma_{ca'} \frac{y_c'}{y_c}}$$

$$C = \frac{r_c^2}{y_c'} \cdot \frac{\sigma_{cat} - \sigma_{cat'}}{\sigma_{cat} + \sigma_{cat'} \frac{y_c}{y_c'}}$$

しかし、これらは曲げモーメントの軸圧によって核が移動する。

$\sigma_{ca}=150$, $\sigma_{ca'}=0$, $\sigma_{cat}=180$, $\sigma_{cat'}=-15$ とすれば最終的な限界核は、

次の式で計算する。(procedure KAKU)

$$C_{1d} = r_c^2 / |y_c| + |y_c|$$

$$C_{2d} = r_c^2 / |y_2| + |y_2|$$

$$\therefore C_{cd} = C_{2d} + (C_{1d} - C_{2d}) \times x / L_2$$

$$C_1 = r_c^2 \times 195 / (y_c' \times (180 + 15 \times \frac{y_c}{y_c'}))$$

$$\therefore C_1 = |y_c| - C_1$$

$$C_2 = r_c^2 \times 195 / (y_2' \times (180 + 15 \times \frac{y_2}{y_2'}))$$

$$\therefore C_2 = |y_2| - C_2$$

$$\therefore C_{cc} = C_1 + (C_2 - C_1) \times (L_2 - x) / L_2$$

$$\therefore C_{1i}' = C_{cd} - M_2 / P_{max}$$

$$C_{1i} = C_{cd} - M_2 / P_{min}$$

$$C_{2i}' = C_{cc} - \eta \times M_1 / P_{max}$$

$$C_{2i} = C_{cc} - \eta \times M_1 / P_{min}$$

但し P_{max} P_{min} : 計算する断面における P C 鋼線引張力 (円)

— (procedure TENSION にて求める) —

M_1 : 計算する点のけた自重による曲げモーメント

M_2 : “ “ 活荷重による曲げモーメント

(2) 腹部拡幅区間における P C 鋼線図心

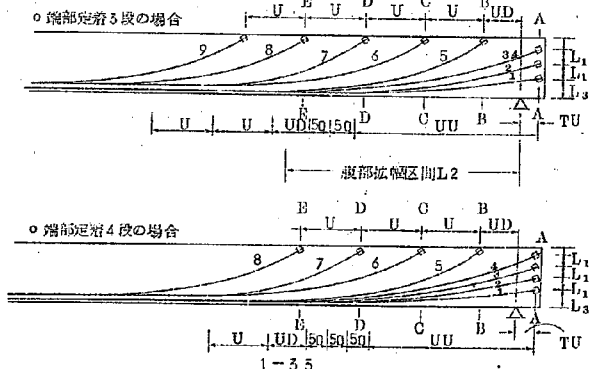


図 - 2 2

図 - 2 3

上図のU, UD, UU, L2 は、変数とする。又、各ケーブルの下縁よりの距離は、
図-1の通りでありこれをXXとすれば各ケーブルの偏心距離は次の式で計算できる。

(procedure HENSIN)

$$EE_1 = (L_3 - XX) * (UU - U * ET - UD - TU)^2 / UU^2$$

$$EE_2 = (L_3 + L_1 - XX) * (UU + 50 - U * ET - UD - TU)^2 / (UU + 50)^2$$

$$EE_3 = (L_3 + 2 * L_1 - XX) * (UU + 100 - U * ET - UD - TU)^2 / (UU + 100)^2$$

$$EE_4 = NN = 4 \text{ の場合 } (L_3 + 5 * L_1 - XX) * (UU + 150 - U * ET - UD - TU)^2 / (UU + 150)^2$$

$$NN = 3 \quad \text{〃} \quad 0$$

$$EE_5 = (H - 10 - XX) * (L_B - ET * U)^2 / L_B^2$$

$$EE_6 = (H - 10 - XX) * (L_B - (ET - 1) * U)^2 / L_B^2$$

$$EE_7 = (H - 10 - XX) * (L_B - (ET - 2) * U)^2 / L_B^2$$

$$EE_{11} = (H - 10 - XX)$$

端部定着を図-24の様にする。

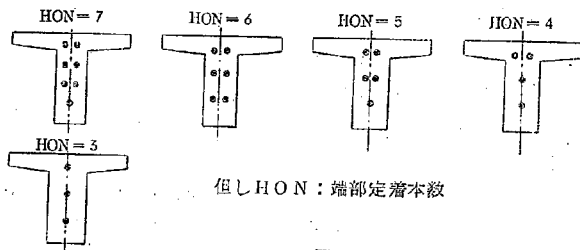


図 - 24

(3) 検 算

(1)項の限界核、(2)項のP C鋼線圆心を腹部拡大区間の鋼線定着点の谷々について求めこれを比較する。

鋼線圆心が限界核内にある場合は満足し次の計算へと進み、満足せざる場合はP C鋼線曲げ上げ始点を移動させて再計算を行なう。

② 斜引張応力度の検算

(1) 設計荷重による剪断力

$$\text{支 点} \quad S_d = S_{d1} + S_{d2} + S_{d3} \quad (\text{死荷重によるもの})$$

$$S_L \quad (\text{活荷重によるもの})$$

$$\therefore S = S_d + S_L$$

中 央 S (活荷重の荷重分配による)

(2) 斜引張応力度の検討

a 断面に生ずる剪断力

断面に生ずる剪断力は、荷重による剪断力と P C 鋼線の曲げ上げによる垂直合力との合成されたものになる。

$$S = S_d + S_\theta - P \sin \alpha = S - S_p$$

PC 鋼線の垂直分力 S_p は略算

的に図 - 25 に示すように直線分布と考えるとさしかえない。

従って任意断面の S_p は比例計算による。

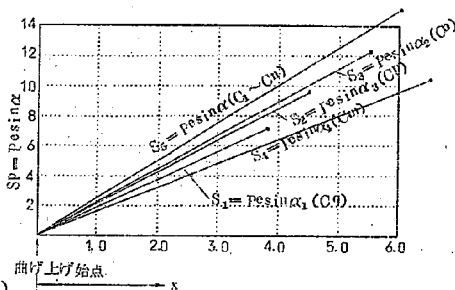


図 - 25

ことに

$$\alpha_1 = \tan^{-1} (2 \cdot L_3 / UU)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} (2 \cdot (L_3 + L_1) / (UU + 5U))$$

$$\alpha_3 = \tan^{-1} (2 \cdot (L_3 + 2 \cdot L_1) / (UU + 10U))$$

$$\alpha_4 = \begin{cases} NN = 3 \text{ の場合 } 0 \\ NN = 4 \text{ の場合 } \tan^{-1} (2 \cdot (L_3 + 3L_1) / (UU + 15U)) \end{cases}$$

α_5 = けた上縁に定着された P C 鋼線の角度

b 設計荷重作用時

断面に生ずる剪断力の分布は、設計荷重による剪断力と P C 鋼線の垂直分力を合成すれば図 - 26 のようになる。

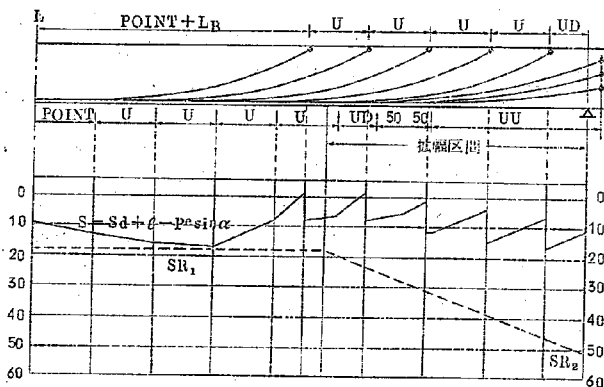


図 - 26

まず $\sigma_{1a} = \tau_a$ と仮定し τ_a による抵抗剪断力を求め(a)項によって求めた合成剪断力の関係調べる。

抵抗剪断力は次の式による。

$$S_R = \frac{b_o \bar{\tau}_a}{Q}$$

従って、合成剪断力 S と S_R を比較する。図-26のようにすべての断面で $S < S_R$ となっていれば斜引張応力度の計算をする事なく $\sigma_1 < \sigma_{1a}$ の関係にある。しかし、 $S > S_R$ となった場合はその断面で斜引張応力度を計算しなければならない。この場合(P.O. 指針 5.7 条 1) の解説に従って断面の図心軸に対する σ_1 を計算する。設計荷重作用時には必ず許容値以下でなければならないから、許容値を超えた場合には、P.O. 鋼線の配置を変えることにする。

図心軸に対する σ_1 は次の式による。

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_c}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_c^2 + 4\tau^2}$$

ただし σ_c : その断面に作用する軸力

τ : その断面に生ずる剪断応力度

c. 破壊荷重作用時

破壊に対する安全度を検討するための荷重は次の荷重条件とする。

$$S_u = 1.5 S_d + 2.5 S_\ell - P \sin \alpha$$

$$\text{又は } S_u = 1.8 (S_d + S_\ell) - P \sin \alpha$$

この二式の中影響の大きい方によって検算する。

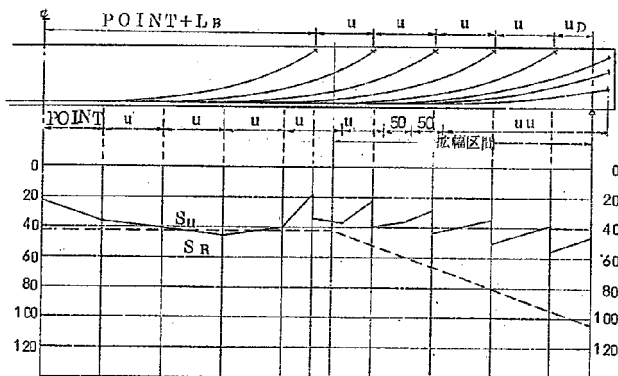


図 - 27

設計荷重作用時と同様な考え方によって $\sigma_{1a} = \tau_a = 2.0$ と仮定し抵抗剪断力を求め上記剪断力との関係を調べる。

抵抗剪断力は次の式による。

$$S_R = \frac{b I \tau_a}{Q}$$

従って S_u と S_R を比較する。すべての断面で $S_u < S_R$ となれば $\sigma_1 < \sigma_{1a}$ となり改めて斜引張応力度の計算をする必要がないが、図-27 のようになった場合は $S_u > S_R$ となる断面で斜引張応力度を計算し、許容値 $\sigma_{1a} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ と比較しなければならない。

もし、許容値以下であればスターラップの必要はないが、超えた場合は次の式によってスターラップを配置しなければならない。

$$A_{us} = \frac{(S_u - S_R) \cdot d \cdot \tan \phi}{\sigma_{sa} \cdot Z}$$

ただし、 A_{us} : d なる間隔をもって配置されたスターラップの断面積

d : スターラップの間隔 $= \frac{3}{4} H$

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度 $= 1600 \text{ kg/cm}^2$

Z : はりの抵抗曲げモーメントの腕長

$$Z = \frac{I}{Q} \quad \begin{array}{l} I : \text{はりの断面二次モーメント} \\ Q : \quad \text{断面一次モーメント} \end{array}$$

S_u : 配筋に対する安全度を検討するための荷重を受けた場合の剪断力

$$S_u = 4.3 S_a + 2.5 S_c \quad \text{または, } 1.8 (S_d + S_c)$$

$$S_p : P-O \text{ 鋼線が受け持つ剪断力} = A_p \sigma_{pu} \sin \alpha$$

$$\tan \phi : \frac{2\tau}{\sigma_c}$$

($\tan \phi$ は次の仮定による。

最大曲げモーメントと最大剪断力が同一断面において生じない場合 (一般に単純ばり) は、設計荷重作用時の断面重心に対する τ と σ_c を用いて計算する)

6. 曲げ破壊に対する安全度

曲げ破壊に対する安全度は次の荷重状態について計算する。

$$M_u = 1.3M_d + 2.5M_e \quad \text{または} \quad M_u = 1.8(M_d + M_e)$$

① 抵抗曲げモーメント

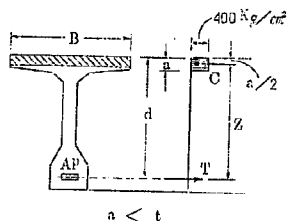
$a < T$ の場合

$$M_R = T \cdot Z$$

$$\text{ただし } T = A_p \cdot \sigma_{pu}$$

$$a = \frac{T}{B \cdot \sigma_{28}}$$

$$Z = d - \frac{a}{2}$$



$a > T$ の場合

$$M_R = \sigma_{cu} \left\{ a \cdot B_0 \left(d - \frac{a}{2} \right) + (B - B_0) \left(d - \frac{1}{2} \right) t \right\}$$

$$T = A_p \cdot \sigma_{pu}$$

$$a = \frac{T - t(B - B_0)\sigma_{cu}}{B_0 \cdot \sigma_{cu}}$$

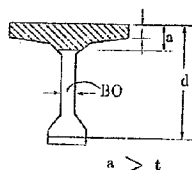


図 - 28

② 作用曲げモーメント

上述した M_u の計算式で大きい方を作用曲げモーメントとすると安全率は次の式による。

$$\eta = \frac{M_R}{M_u}$$

$\eta > 1.0$ であれば安全である。

7. たわみの計算

① プレストレスによるたわみ

プレストレスによって生ずる曲げモーメントの分布はバラボラ状と仮定する。

$$M_{pt} = \sigma_{pe} \ell \times e_p \quad \text{ただし } \sigma_{pe} : \text{プレストレス導入直後のプレストレス}$$

$$\delta_{pt} = \frac{5 M_{pt} \cdot \ell^2}{48 \times E \times I} \quad E_{c1} = 3.2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

② 荷重によるたわみ

け た 自 重	$\delta_{d0} = \frac{5 \cdot M_{d0} \cdot \ell^2}{48 \cdot E_{c1} \cdot I_c}$	
けた間コンクリート	$\delta_{d1} = \frac{5 \cdot M_{d1} \cdot \ell^2}{48 \cdot E_{c2} \cdot I_{e1}}$	
舗装, 地覆, 高欄	$\delta_{d2} = \frac{5 \cdot M_{d2} \cdot \ell^2}{48 \cdot E_{c2} \cdot I_{e2}}$	$E_{c2} = 3.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
活 荷 重	$\delta_{\ell} = \frac{\ell^3}{384 \cdot E_{c2} \cdot I_{e2}} (8 \cdot p + 5q \cdot \ell) \cdot (1+i)$	

③ 活荷重によるたわみ度

活荷重によるたわみ度を μ とすれば

$$\mu = \frac{\delta_{\ell}}{\ell}$$

$\mu < 1/500$ であれば安全である。

8. プレストレッシング

設計断面に与えなければならない P O 鋼線引張応力度 σ_{pt1} は 4-②-1 項で求まっているが、この計算は代表的 P O ケーブルについて σ_{pi} を仮定したのであるから、ここでは各ケーブルについて σ_{pi} を求める。

P O 鋼線とソースの間の摩擦による影響を考えると σ_{pi} は次の式による。

$$\sigma_{pi} = \sigma_{pt1} (1 + \mu \alpha + \lambda \ell)$$

ただし μ : 角変化による

摩擦係数 = 0.3

λ : 単位長さ当り摩擦係数

$$= 0.4 \times 10^{-2}$$

α : 曲げ上げ角度 (radian)

ℓ : P O 鋼線長

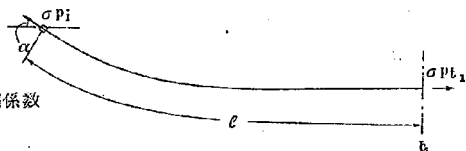


図-29

9. PC鋼線の伸び

PC鋼線引張応力度の分布を仮定し平均法によって伸びを計算する。

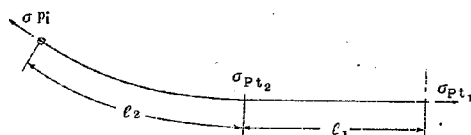


図-30

$$\Delta \ell_i = \sum \sigma_{pt} / (E_p \cdot \ell) \quad E_p = 2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{pt2} = \sigma_{pt1} (1 + \lambda \ell_1)$$

計算は次の表のようになる。

ゲ ー ブ ル	σ_{pt1} (kg/cm^2)	σ_{pt2} (kg/cm^2)	σ_{pi} (kg/cm^2)	ℓ_1 (cm)	ℓ_2 (cm)	$\sigma_{ptm1} =$ $\frac{\sigma_{pt1} + \sigma_{pt2}}{2}$	$\sigma_{ptm2} =$ $\frac{\sigma_{pt2} + \sigma_{pi}}{2}$	$\Delta \ell_1 =$ $\frac{\sigma_{ptm1}}{E_p} \ell_1$	$\Delta \ell_2 =$ $\frac{\sigma_{ptm2}}{E_p} \ell_2$	$\Delta \sum \ell$ (cm)
c_1										
$\vdots$										
c_i										

§ 4. 床版の設計

1. 曲げモーメントの計算

① 活荷重による曲げモーメント

支げたと単体的に作られた床版を設計する場合T荷重による床版の巾1m当りの最大曲げモーメント $M\ell$ は衝撃係数を含めて次の式で与えられる。

(RC道示第5・3条による)

$$M\ell = (0.1 + 0.075\ell) p = (0.1 + 0.075$$

$$(B + BBL - BO) / 100 \times 80 \times 10^5$$

$$(\text{kg} \cdot \text{m})$$

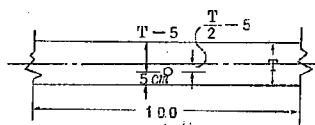
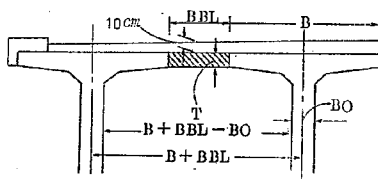


図-31

(2) 死荷重による曲げモーメント

$$M_d = \frac{1}{10} w d \ell^2 = (0.23 + 2.5 * T / 100) * (BBL + B)^2$$

(3) 曲げモーメントの合計

$$M = M_\ell + M_d$$

(4) 曲げ応力度の検算

(a) 設計荷重による曲げ応力度

$$\sigma_c = \pm \frac{M}{Z} \quad Z = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \times 100 \times T^2$$

(5) プレストレス

横締用 P C 鋼線は、フレンシーケーブル $\phi 5 \times 12$ を用いる。

P C 鋼線の初期引張応力度

$$\sigma_{pi} = 0.9 \sigma_{py}$$

セットによる減少量

$$\Delta \sigma_{p1} = (\Delta \ell / \ell) E_p = (0.4 / \ell) \times 20 \times 10^5$$

摩擦による減少量

$$\sigma_{pt1} = 13050 / (1 + 1\ell)$$

故に、導入後の P C 鋼線の引張応力度は

$$\sigma_{pt} = \sigma_{pt1} - \Delta \sigma_{p1}$$

又 P C 鋼線の引張応力はコンクリートのクリープ、乾燥収縮による減少量 10 %、P C 鋼線のレラクゼーションによる減少量 5 % を考えてさしつかえがないから次のようになる。

$$\therefore \sigma_{pe} = \sigma_{pt} (1 - 0.1 - 0.05)$$

P C 鋼線 1 ケーブル当りの有効引張力

$$P_e = A_p \sigma_{pe} = 2.556 \times \sigma_{pe}$$

P C 鋼線図心の偏心量を e_p 、その間隔を $PGINT = 100 \text{ cm}$ と仮定するとプレストレスは次のようになる。

$$\sigma_c = \frac{P_e}{A_c} \pm \frac{P_e \cdot e_p}{Z_c}$$

合成応力度および引張鉄筋の算定

$$\text{上 縁} \quad \Sigma \sigma_c' = \sigma_{cc}' + \sigma_c$$

$$\text{下 縁} \quad \Sigma \sigma_c = \sigma_{cc} + \sigma_c$$

もし $\Sigma \sigma_c' > \sigma_{pe}$ 、 $\Sigma \sigma_c > -12 \text{ kg/cm}^2$ の場合には、横締ケーブルの間隔を 10 cm 減じて再計算する。

コンクリートに引張応力が生じる場合この引張力はすべて鉄筋によって受け持たせる。
幅 1 m 当りのコンクリートに生ずる引張力は、次の計算式による。

$$T_i = \frac{\sum \sigma_c^u h}{2 (\sum \sigma_c^l - \sum \sigma_c)} b \quad b = 100 \text{ cm}$$

$$h = \text{床版の厚さ} = T$$

所要鉄筋量 $A_s = \frac{T_i}{\sigma_{sa}}$

この鉄筋量で配筋を行なう (procedure HAIKIN)。

§ 5. 横げた設計

横げた設計に用いる活荷重は $T = 20$ とし、衝撃係数は $i = 20 / (50 + L)$ とする。

また曲げモーメントの計算は、Y. Guyon, G. Massonnet の方法により荷重分配係数を求め計算する。

1. 曲げモーメントの計算

(a) 荷重分配係数

主げたの分配係数を求めた時の θ , α を用いて $\mu\alpha$ を計算する。

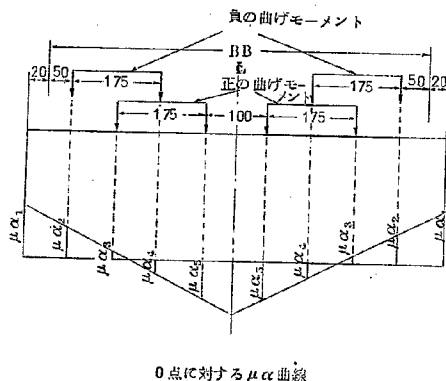


図-32

図-32の様に荷重を假荷する。

§ 3-3-(a)項に述べた式を用いて各載荷位置の影響線縦距を計算する。

(b) 活荷重による曲げモーメント

正の曲げモーメントに対して

$$\mu\alpha = (\mu\alpha_3 + \mu\alpha_5) \times 2$$

負

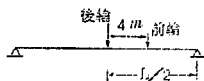
"

"

$$-\mu\alpha' = (\mu\alpha_2 + \mu\alpha_4) \times 2$$

曲げモーメントは次式による。

$$M_y = \mu\alpha \frac{2p}{\ell} b \sin \frac{\pi x}{\ell}$$



$$\text{衝撃} \quad i = 20 / (50 + L)$$

$$\text{後輪} \quad P_1 = 8.0 (1 + i) \dots\dots\dots x = \frac{L}{2} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{後輪} \\ \text{前輪} \end{array}} \right\} \text{とすれば}$$

$$\text{前輪} \quad P_2 = 2.0 (1 + i) \dots\dots\dots x = \frac{L}{2} - 4$$

$$\text{後輪} \quad +M_{y1} = \mu\alpha \frac{2p_1}{L} \times \frac{BB+0.7}{2} \sin \frac{\pi x}{L} = \mu\alpha \frac{2p_1(BB+0.7)}{L} \sin \left(\frac{\pi}{2} \right)$$

$$-M_{y1}' = -\mu\alpha' \frac{2p_1}{L} \times \frac{BB+0.7}{2} \sin \frac{\pi x}{L} = -\mu\alpha' \frac{2p_1(BB+0.7)}{L} \sin \left(\frac{\pi}{2} \right)$$

$$\text{前輪} \quad +M_{y2} = \mu\alpha \frac{2p_2}{L} \times \frac{BB+0.7}{2} \sin \frac{\pi (L/2-4)}{L}$$

$$-M_{y2}' = -\mu\alpha' \frac{2p_2}{L} \times \frac{BB+0.7}{2} \sin \frac{\pi (L/2-4)}{L}$$

$$\text{正の曲げモーメント} \quad M_y = M_{y1} + M_{y2}$$

$$\text{負の曲げモーメント} \quad -M_y' = -M_{y1}' - M_{y2}'$$

(c) 死荷重による曲げモーメント

高欄，地覆によって生ずる曲げモーメントは

$$-M_{yd} = \mu\alpha \frac{4wd}{\pi} b \sin \frac{\pi x}{\ell}$$

$$\mu\alpha = \mu\alpha_1 \times 2$$

$$wd = 0.15 \times 0.35 \times 2.4 + 0.1$$

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

とすれば上式は

$$-M_{yd} = \mu\alpha \times \frac{0.924 \times (BB+0.7)}{6.283184} \sin \left(\frac{\pi}{2} \right)$$

(d) 横げた 1 本に作用する曲げモーメント

横げた間隔を L_d とすれば次式のようなになる。

$$e_p = y_c - d$$

$$\therefore \sigma_{ce}' = \frac{Pe}{A} - \frac{Pe \cdot e_p}{Z'}$$

$$\therefore \sigma_{ce} = \frac{Pe}{A} + \frac{Pe \cdot e_p}{Z}$$

(c) 曲げ応力度の合成

正の曲げモーメントに対して

$$\text{上 縁} \quad \Sigma \sigma_c' = \sigma_{ce}' + \sigma_{c1}'$$

$$\text{下 縁} \quad \Sigma \sigma_c = \sigma_{ce} + \sigma_{c1}$$

負の曲げモーメントに対して

$$\text{上 縁} \quad \Sigma \sigma_c' = \sigma_{ce}' + \sigma_{c2}'$$

$$\text{下 縁} \quad \Sigma \sigma_c = \sigma_{ce} + \sigma_{c2}$$

上記曲げ応力度をそれぞれ許容応力度と比較する。