

# PC 3 主桁(開断面)の Guyon-Massonnet 理論と曲げねじり理論との比較実験および単純ねじり剛性について

大 西 清 治\*  
真 鍋 正 寛\*  
森 田 隆\*

## 1. ま え が き

この報告書は、PC技術協会第5回年次講演会の講演内容を解説したものであり、さらに見掛けの単純ねじり剛性の問題を追加、補充したものである。

## 2. 目 的

本実験の目的はつぎの事からである。

- 1) 開断面桁の Guyon-Massonnet と曲げねじり理

論との比較、検討する。

- 2) 合成断面として完全であるか、否か、補足として、見掛けの単純ねじり剛性の問題について。

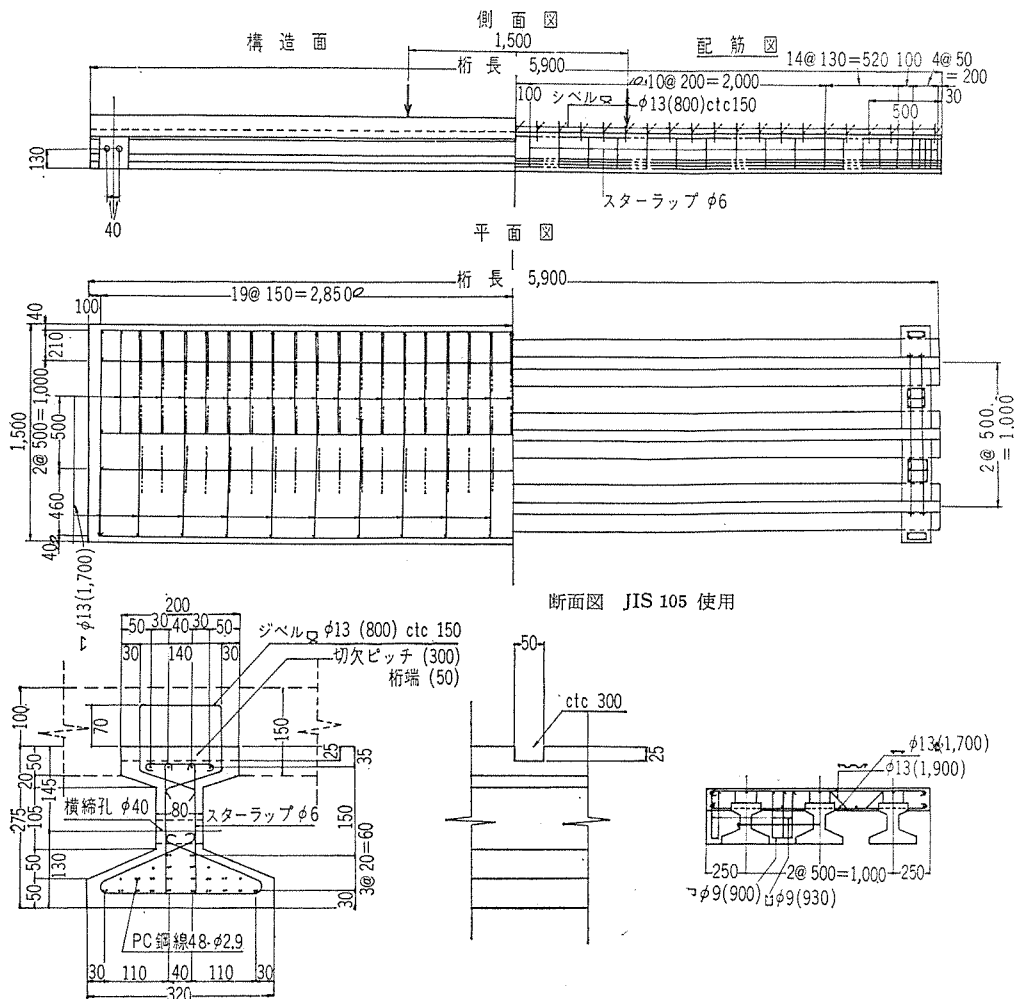
以上の実験目的を検討するに、主として偏心載荷(耳桁載荷)のみをもって、論じたく思っている。

## 3. 本 論

### (1) 試験体形状寸法および試験材料性質

試験体は図-1に示すごとき寸法にして、オリエンタ

図-1 構 造 図



\* オリエンタルコンクリートKK

表-1 コンクリートの圧縮強度およびヤング係数  
(供試体3個の平均値)

	載荷試験時		材令 28 日
	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
主桁コンクリート	$\sigma_{83}=646$	$*E_{83}=3.57 \times 10^5$	$\sigma_{28}=529$
床版コンクリート	$\sigma_{17}=311$	$E_{17}=2.22 \times 10^5$	$\sigma_{28}=373$

\* 構造体のたわみより求めた見掛けのヤング率  
 $E_c=416\,000\text{ kg/cm}^2$

ルコンクリートKK多摩工場で製作，載荷試験を行なった。

コンクリート材料の諸性質は表-1に示す。

(2) 理 論

Guyon-Massonnet の理論は省略する。

曲げねじり理論の解析

a) 断面諸係数の決定

1) ねじりせん断中心の算出：開断面に際しても，曲げねじりによる応力度  $\sigma_w$  の中心と，曲げねじりによるせん断応力度  $\tau_w$  との中心が一致し，つぎの条件式によって，曲げねじり中心が決定できる。

$$\left. \begin{aligned} \int_F w_A \cdot y dF &= 0 \\ \int_F w_A \cdot x dF &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

ただし， $x \cdot y$ ：中立点よりの  $x \cdot y$  軸の距離  
A：中立点よりの Warping 係数  
F：面積

図-2 により，わかるように

$$\left. \begin{aligned} dw_A &= r_A \cdot ds \\ dw_B &= r_B \cdot ds \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

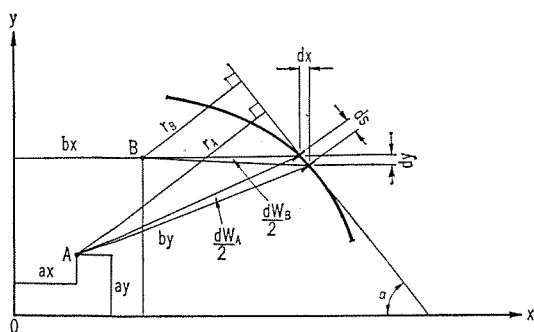
しかるに，点 A, B の間にはつぎの関係がある。

$$r_B = r_A - (b_x - a_x) \cdot \sin \alpha - (b_y - a_y) \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots(3)$$

しかるに， $ds \cdot \cos \alpha = -dx$ ， $ds \cdot \sin \alpha = dy$  の関係があり，式(3)に代入すると

$$dw_B = dw_A - (b_x - a_x) \cdot dy + (b_y - a_y) dx \dots\dots\dots(4)$$

図-2



式(4)を積分すると

$$w_B = w_A - (b_x - a_x) \cdot y + (b_y - a_y) \cdot x + w_0 \dots\dots\dots(5)$$

ただし， $w_0$ ：積分常数

したがって，

$$w_A = w_B + (b_x - a_x) \cdot y - (b_y - a_y) \cdot x - w_0 \dots\dots\dots(6)$$

式(6)を条件式(1)に代入すると，

$$\left. \begin{aligned} \int_F w_A \cdot y dF &= \int_F w_B \cdot y \cdot dF + (b_x - a_x) \int_F y^2 \cdot dF \\ &\quad - (b_y - a_y) \int_F x \cdot y dF - w_0 \int_F y \cdot dF = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

いま， $x, y$  は中立点よりの距離であるから

$$\left. \begin{aligned} \int_F x \cdot y dF &= \int_F y \cdot dF = \int_F x \cdot dF = 0 \\ \int_F x^2 dF &= I_y, \quad \int_F y^2 dF = I_x \end{aligned} \right\}$$

したがって，

$$\left. \begin{aligned} \int_F w_B \cdot y \cdot dF + I_x (b_x - a_x) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

同様に

$$\int_F w_B \cdot x \cdot dF - I_y (b_y - a_y) = 0$$

$$\left. \begin{aligned} a_x - b_x = \alpha_x &= \frac{\int_F w_B \cdot y \cdot dF}{I_x} \\ a_y - b_y = \alpha_y &= \frac{-\int_F w_B \cdot x \cdot dF}{I_y} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

すなわち，この実験桁の曲げねじり中心を決定するに， $x$ 軸方向には左右対称であるから，中桁上にあることは明らかである。 $y$ 軸方向は次式による。

$$\alpha_y = \frac{-\int_F w_B \cdot x \cdot dF}{I_y} \dots\dots\dots(9)$$

ただし， $w_B$ ：B点よりの Warping 関数(図-3)

図-3  $w_B$

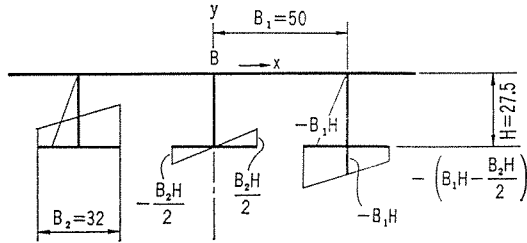
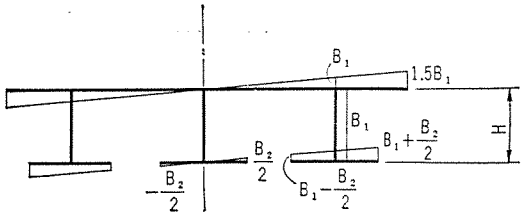


図-4  $x$



$$= \int_F r \cdot ds = 8.4 \text{ cm} \quad (\text{図-4})$$

2) 曲げねじり中心Aからの  $w_A$  図:

$$w_A = \int r \cdot ds$$

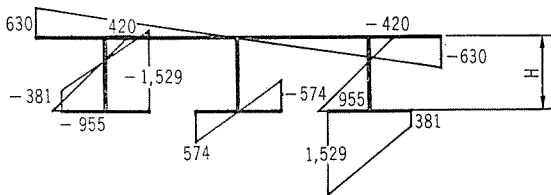
計算結果は 図-5 参照

3) 曲げねじり剛性 ( $CEJ_w$ ) の算出

$$J_w = \int w_A^2 dF = \Sigma \frac{1}{3} \cdot [W_1^2 + W_1 W_2 + W_2^2] \cdot l$$

$$= 6.28 \times 10^8 \text{ cm}^6$$

図-5  $w_A$



4) 単純ねじり剛性 ( $GJ_d$ ) の算出

単純ねじり断面 2 次モーメントは、このような断面に対しても、St. Venant の理論が適用できるものとした。すなわち、

$$J_d = \Sigma \alpha ab^3 = \Sigma \frac{1}{3} ab^3 = 5.47 \times 10^4 \text{ cm}^4$$

b) 外力(曲げねじり 2 次モーメント)の算出

ねじり角  $\theta$  の基本微分方程式はつぎのようになる。

$$EJ_w \cdot \frac{d^3 \theta}{dz^3} - GJ_d \frac{d\theta}{dz} + T = 0 \quad \dots\dots\dots(10)$$

ただし、 $T$ : 外荷重によるねじりモーメント  
式 (10) をつぎのように書かえる。

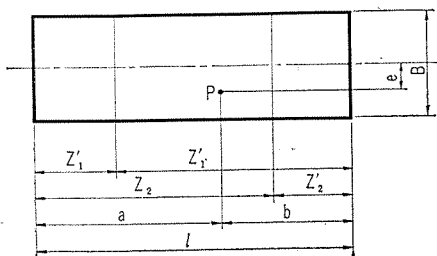
$$\frac{d^3 \theta}{dz^3} - k^2 \cdot \frac{d\theta}{dz} + \frac{T}{EJ_w} = 0 \quad \dots\dots\dots(11)$$

ただし  $k = \sqrt{\frac{GJ_d}{EJ_w}}$

1) ねじりに対して、単純支承の場合 (図-6) boundary condition (境界条件) として

$$\left. \begin{aligned} \text{①} \quad z=0 &\rightarrow \theta=0, \quad \frac{d^2 \theta}{dz^2} = 0 \\ z=l &\rightarrow \theta=0, \quad \frac{d^2 \theta}{dz^2} = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(12)$$

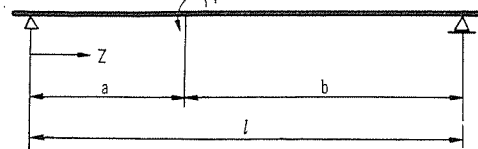
図-6



② 荷重に際して: ねじりモーメントは点1と点2とでそれぞれつぎのように表わされる (図-7)。

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= p \cdot e \cdot \frac{b}{l} \\ T_2 &= p \cdot e \cdot \frac{a}{l} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(13)$$

図-7



③ 一般解はつぎのように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 &= T_1 + U_1 \cdot \sinh k \cdot z_1 + V_1 \cdot \cosh k \cdot z_1 + \frac{\eta \cdot b/l \cdot z_1}{k^2} \\ \theta_2 &= T_2 + U_2 \cdot \sinh k \cdot z_2' + V_2 \cdot \cosh k \cdot z_2' + \frac{\eta \cdot a/l \cdot z_2}{k^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(14)$$

ただし  $\eta = \frac{p \cdot e}{EJ_w}$

さらに、載荷点における両断面の回転角および、そり (Warping) が同一 (連続条件) を用いる。

$$\left. \begin{aligned} [\theta_1]_{z_1=a} &= [\theta_2]_{z_2'=b} \\ \left[ \frac{d\theta_1}{dz_1} \right]_{z_1=a} &= - \left[ \frac{d\theta_2}{dz_2'} \right]_{z_2'=b} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(15)$$

境界条件式 (12), 連続条件式 (15) をもって、積分常数を求めると、

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 &= \frac{T}{k^3 \cdot EJ_w} \left\{ \frac{k \cdot b}{l} z - \frac{\sinh k \cdot b}{\sinh k \cdot l} \cdot \sinh k \cdot z \right\} \\ \theta_2 &= \frac{T}{k^3 \cdot EJ_w} \left\{ \frac{k \cdot a}{l} (l-z) - \frac{\sinh k \cdot a}{\sinh k \cdot l} \cdot \sinh k(l-z) \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(16)$$

曲げねじりモーメント ( $M_w$ )

$$\left. \begin{aligned} M_{w1} &= E \cdot J_w \frac{d^2 \theta}{dz^2} = - \frac{T}{k} \cdot \frac{\sinh k \cdot b}{\sinh k \cdot l} \cdot \sinh k \cdot z \\ M_{w2} &= - \frac{T}{k} \cdot \frac{\sinh k \cdot a}{\sinh k \cdot l} \cdot \sinh k(l-z) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(17)$$

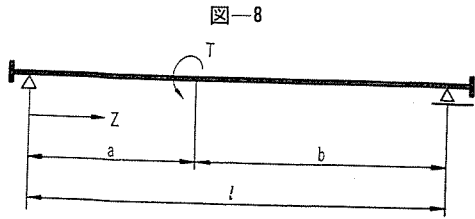
2) ねじりに対して固定支承とした場合

支承上の横桁  $d=20 \text{ cm}$  で相当に厚いので、一応、Warping (そり) に対して、拘束しているの、固定支承と考えて見た。

境界条件として、つぎの条件式が成立する (図-8)。

$$\left. \begin{aligned} z=0 &\rightarrow \theta=0, \quad \frac{d\theta}{dz} = 0 \\ z=l &\rightarrow \theta=0, \quad \frac{d\theta}{dz} = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(18)$$

1) の場合と同様にして、求めると、  
ねじり角



$$\theta_1 = \frac{T}{k^3 \cdot EJ_w} \cdot \left\{ \frac{k \cdot b}{l} \cdot z - \frac{b}{l} \cdot \sinh k \cdot z + 2 \cdot A_1 \cdot \sinh^2 \frac{k \cdot z}{2} \right\}$$

$$\theta_2 = \frac{T}{k^3 \cdot EJ_w} \cdot \left\{ \frac{k \cdot a}{l} (l - z) - \frac{a}{l} \cdot \sinh k (l - z) + 2 \cdot A_2 \cdot \sinh^2 \frac{k (l - z)}{2} \right\}$$

.....(19)

曲げねじり 2 次モーメント  $M_w$

$$M_{w1} = \frac{T}{k} \cdot \left\{ -\frac{b}{l} \cdot \sinh k \cdot z + A_1 \cdot \cosh k \cdot z \right\}$$

$$M_{w2} = \frac{T}{k} \cdot \left\{ -\frac{a}{l} \cdot \sinh k (l - z) + A_2 \cdot \cosh k \cdot (l - z) \right\}$$

.....(20)

ただし

$$A_1 = \frac{1}{l} \cdot \frac{b \cdot \cosh \frac{k \cdot l}{2} \cdot \sinh \frac{k \cdot a}{2} - a \cdot \sinh \frac{k \cdot b}{2}}{\sinh \frac{k \cdot l}{2} \cdot \sinh \frac{ka}{2}}$$

$$A_2 = \frac{1}{l} \cdot \frac{a \cdot \cosh \frac{kl}{2} \cdot \sinh \frac{k \cdot b}{2} - b \cdot \sinh \frac{k \cdot a}{2}}{\sinh \frac{k \cdot l}{2} \cdot \sinh \frac{kb}{2}}$$

c) 軸方向応力度 軸方向応力度は 1) 曲げによる応力度  $\sigma_b = M/I \cdot y$  と 2) ねじりによる応力度  $\sigma_w = M_w/J_w \cdot w$  との和である。

$$\sigma = \frac{M}{I_y} \cdot y + \frac{M_w}{J_w} \cdot w \quad \text{.....(21)}$$

数値計算に際しては、支間中央の応力度を計算し、実験値と比較することにする。

設計計算上の条件

- ① 設計荷重  $2 \cdot p = 11.70 \text{ t}$ , 2) 偏心距離  $e = 50 \text{ cm}$   
 断面諸係数としては、  
 1)  $I_y = 370\,800 \text{ cm}^4$ , ②  $J_w = 6.28 \times 10^8 \text{ cm}^6$ , ③  $k = 6.10 \times 10^{-3}$ , ④ 曲げ中心  $y' = 17.2 \text{ cm}$ , ⑤ そり関数は 図-5 参照, ⑥ 合成桁の  $n \left( = \frac{E_{c2}}{E_{c1}} \right) = 0.62$

したがって

$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot y + \frac{M_w}{J_w} \cdot w$$

a) 単純支承の場合

$$\sigma = \frac{1\,197\,000}{370\,800} \cdot y + \frac{2.69 \times 10^7}{6.28 \times 10^8} \cdot w$$

b) 固定支承の場合

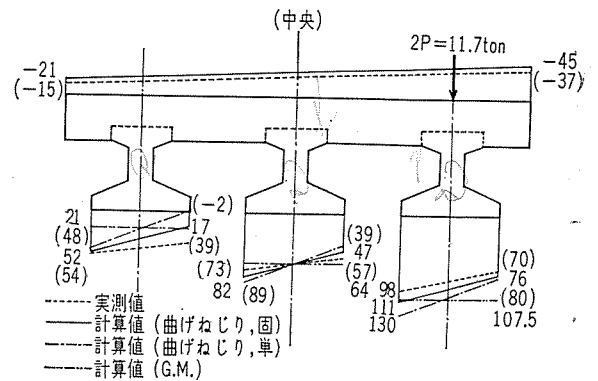
$$\sigma = \frac{1\,197\,000}{370\,800} \cdot y + \frac{0.97 \times 10^7}{6.28 \times 10^8} \cdot w$$

で求められる。

#### 4. 計算値と実験値との比較, 検討

支間中央の各応力度を 図-9 のように示す (ただし、偏心載荷荷重のみによる応力度である)。

図-9 応力度分布図 (中央) (cm<sup>2</sup>)



支間中央のひずみ実測値  
 単位  $\times 10^{-6}$

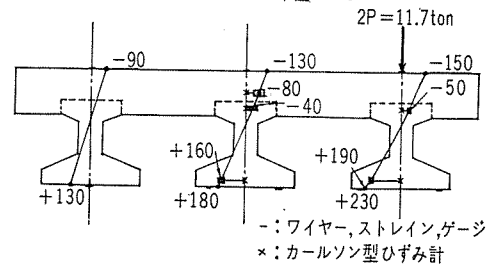


表-2

	単純ねじり剛性 (cm <sup>4</sup> )	比較
I 計算値 $\Sigma 1/3 \sigma^2 b$	$5.47 \times 10^4 \text{ G}$	II/I = 3.65
II 実験値	$20.0 \times 10^4 \text{ G}$	

1) 支承上の横桁を剛にすることにより、相当荷重分配をよくしている (図-5 参照)。

2) 開断面に対しても、相当精度よく算出できる。

3) ひびわれ発生も下突縁の内側より発生したことも当然予想できる。

4) ひずみ分布図が直線分布をしていることより、十分合成断面として働いていることが推定できる。

#### 5. 単純ねじり剛性について

実験の結果、単純ねじり剛性を相当大きくなっていることがわかった。このことは、他の多くの実橋に際してもあてはまることである。単純ねじり剛性が大きくなる原因としてつぎのことがあげられる。

a) コンクリート断面であり、肉厚が大きく、断面を各矩形に区分し、各矩形のねじり剛性の和がその断面のねじり剛性と考えることにある。

すなわち、

$$J_d = C \sum \alpha ab^3 \dots\dots\dots(22)$$

C: 断面形状からくる係数 = f(δ: 断面形状) = 1.3 ~ 1.5 ≒ 1.4

参考文献、「振り弾性体」著者 アルトウヤー氏、アピラームヤー氏)

b) 横桁の影響があると考えうる。

見掛けの単純ねじり断面 2次モーメント,  $\bar{J}_d$  とおくと、

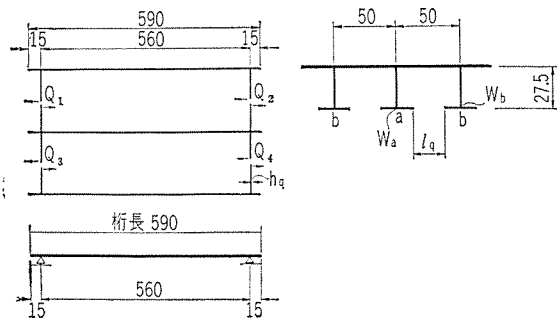
$$m = \frac{\bar{J}_d}{J_d} \dots\dots\dots(23)$$

この係数 m を求める。

図-10 のように断面を仮定して、横桁の影響を考えて見る。

$$\delta_{ki} = \frac{d\theta_{Ki}}{dz} \cdot (w_a - w_b)$$

図-10



$$\delta_{ki} = \frac{Q_i \cdot \Omega (w_a - w_b)}{k \cdot EJ_a \cdot \sinh kl} \cdot \cosh k(l - z_i) \cdot \cosh k \cdot z_k \dots\dots\dots(24)$$

$$\delta_{KK} = \frac{d\theta_{KK}}{dz} (w_a - w_b) + \frac{l_q^3}{12 \cdot EJ_q} \dots\dots(25)$$

$$\Delta_T = \frac{d\theta_T}{dz} (w_a - w_b) = \frac{T(w_a - w_b)}{k^2 EJ_w} \dots(26)$$

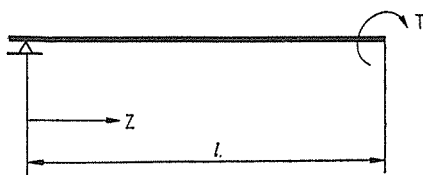
ただし,  $w_a, w_b$ : 点 a, b のそり関数

$\Omega$ : 閉断面積の2倍

$$EJ_q: \text{横桁の曲げ剛性} = E \cdot \frac{\delta_q \cdot h_q^3}{12}$$

$\theta_{Ki}, \theta_{KT}$ : 横桁 i のところに不静定力  $Q_i=1$ ,

図-11



または、外荷重(ねじり)が働いた場合の横桁 k のねじり角

見掛けの単純ねじり剛性  $\bar{GJ}_d$

$$\left. \begin{aligned} \bar{GJ}_d &= \frac{M_2}{d\theta/dz} \\ GJ_d &= \frac{M_2}{d\bar{\theta}/dz} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(27)$$

とおくと

$$m = \frac{\bar{GJ}_d}{GJ_d} = \frac{\theta'}{\bar{\theta}'} = \frac{\theta}{\bar{\theta}} \dots\dots\dots(28)$$

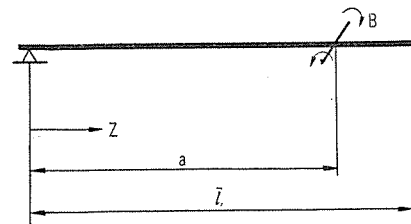
すなわち、図-11 を見ればねじり角はつぎの式による。

$$\theta = \frac{l}{k^2 \cdot EJ_w} \dots\dots\dots(29)$$

$$\bar{\theta} = \frac{1}{k^2 \cdot EJ_w} + \sum \frac{B}{k^2 \cdot EJ_w} \cdot \left[ \frac{\cosh k(l-a)}{\sinh k \cdot l} \cdot \sinh k \cdot l - \cosh k(l-a) + 1 \right] \dots\dots\dots(30)$$

[注] 図-12 のような荷重に際して、ねじり角はつぎのような式で求められる。

図-12



$$\theta_z = \frac{B}{k^2 \cdot EJ_w} \cdot \left[ \frac{\cosh k(l-a)}{\sinh k \cdot l} \cdot \sinh k \cdot z - \cosh k(z-a) + 1 \right] \dots\dots\dots(31)$$

いま,  $B_K = Q_K \cdot \Omega$  と置くことができるので

$$m = \frac{\bar{GJ}_d}{GJ_d} = \frac{1}{1 + \frac{\Omega}{l} \sum Q_K} \dots\dots\dots(32)$$

(参考文献「構造力学」薄肉構造体の力学, 著者, ビビィーチコフ氏)

この実験桁の数値計算

$$J_d = 5.47 \times 10^4 \text{ cm}^4, k = 6.1 \times 10^{-3}, l = 590 \text{ cm},$$

$$kl = 3.6, \sinh kl = 19.4, w_a - w_b = 955,$$

$$\Omega = 50 \times 2 \times 27.5 = 2750 \text{ cm}^2, l_q = 10 \text{ cm},$$

$$h_q = 20 \text{ cm}, \delta_q = 5 \text{ cm}$$

したがって、横桁の曲げ剛性

$$E_q \cdot J_q = \frac{5 \times 20^3}{12} = 3300 \cdot E$$

$$\delta_{Ki} = \frac{2750 \times 955}{6.10 \times 10^{-3} \times 6.28 \times 10^8 \times 19.4 E} \cosh k(l - z_i) \cdot \cosh k \cdot z_K$$

表-3

横桁	$z$	$kz_k$	$\cosh \cdot kz_k$	$k(l-z_i)$	$\cosh \cdot k(l-z_i)$
1.3	15	0.01	1.00	3.51	16.74
2.4	575	3.51	16.74	0.01	1.00

$$= 35\,400 \times 10^{-6} \cosh k(l-z_i) \cdot \cosh \cdot k \cdot z_K \cdot \frac{1}{E}$$

$$\delta_{KK} = \delta_{Ki} + 146 \times 10^{-6} \times \frac{1}{E}$$

$$d_{K \cdot T} = \frac{955}{2.35 \times 10^4} \cdot \frac{T}{E} = 40\,700 \times 10^{-6} \cdot \frac{T}{E}$$

$$\delta_{11} = 593\,000 \times 10^{-6} \times \frac{1}{E} = \delta_{13}$$

$$\delta_{12} = 35\,400 \times 10^{-6} \times \frac{1}{E} = \delta_{14}$$

$$\delta_{11} \cdot Q_1 + \delta_{12} \cdot Q_2 + \delta_{13} \cdot Q_3 + \delta_{14} \cdot Q_4 + 4T = 0$$

$$\delta_{21} \cdot Q_1 + \delta_{22} \cdot Q_2 + \delta_{23} \cdot Q_3 + \delta_{24} \cdot Q_4 + 4T = 0$$

$$\delta_{31} \cdot Q_1 + \delta_{32} \cdot Q_2 + \delta_{33} \cdot Q_3 + \delta_{34} \cdot Q_4 + 4T = 0$$

$$\delta_{41} \cdot Q_1 + \delta_{42} \cdot Q_2 + \delta_{43} \cdot Q_3 + \delta_{44} \cdot Q_4 + 4T = 0$$

しかるに  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$  であるので

$$Q = - \frac{4T}{(\delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{13} + \delta_{14})}$$

$$Q = - \frac{40\,700}{1\,260\,000} = -0.032$$

$$m = \frac{1}{1 - \frac{2\,750}{590} \times 0.032 \times 4} = 2.5$$

したがって a), b) を考慮して, 見掛けの単純ねじり剛性  $\overline{GJ_d}$

$$\overline{GJ_d} = C \cdot m \cdot GJ_d = 1.4 \times 2.5 \times 5.47 \times 10^4 \cdot G = 19.1 \times 10^4 \cdot G$$

実験値と計算値との比較表(表-4)を参照されたい。計算値と実験値とが, 非常によく一致している。したがって, この見掛けの単純ねじり剛性  $\overline{GJ_d}$  をもって構造計算をすると実験値と完全に一致する。

図-13

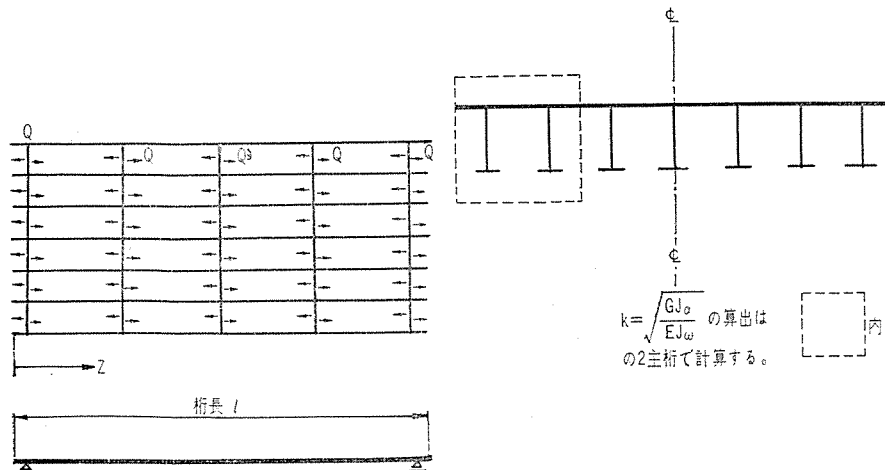


表-4

	単純ねじり剛性 (cm <sup>4</sup> )	比 較
I 計算値	19.1 × 10 <sup>4</sup> G	I/II = 0.95
II 実験値	20.0 × 10 <sup>4</sup> G	II/I = 1.05

実橋の場合においても, 単純ねじり剛性が相当大きいので, 二, 三の実橋について述べることにする(図-13)。

不静定力  $Q$  に関してつぎのように仮定する。

a) 橋軸方向に対しては一定と見なす。実際に, 2主桁, 3主桁等を計算すると, ほぼ一定値に近い。

b) 橋軸直角方向に対しては, 橋軸中心からの距離に比例すると仮定できる。しかし, Guyon-Massonnet などの理論で設計する場合, 単位長さ当りの単純ねじり剛性  $GJ_d$  を必要とするので, 設計計算上, 橋軸直角方向に対しても一定と見なしてもさしつかえない。

c) 不静定力  $Q$  を計算するに, 一般のPC桁の場合, 主桁間隔が比較的小さいので, 横桁のたわみを無視することができる。

以上の仮定の下に, 式(32)がつぎのようになる。

$$Q_K \Sigma \delta_{Ki} + 4T = 0 \dots \dots \dots (33)$$

$$\therefore Q_K = - \frac{4T}{\Sigma \delta_{Ki}} \dots \dots \dots (34)$$

ただし,

$$4T = \frac{d \theta_K (w_a - w_b)}{dz} = \frac{T \cdot (w_a - w_b)}{k^2 \cdot EJ_w} \dots \dots (35)$$

$$\Sigma \delta_{Ki} = \frac{Q_K \cdot \Omega (w_a - w_b)}{k \cdot EJ_w \cdot \sinh \cdot kl} \cdot \Sigma \cosh k(l-z_i) \cdot \cosh k \cdot z_K \dots \dots \dots (36)$$

式(35), (36)を式(34)に代入し, 整理すると,

見掛けの単純ねじり剛性比  $m$  は

$$m = \frac{1}{1 + \frac{\Omega}{l} \cdot \Sigma Q_K} = \frac{1}{1 - \frac{n \cdot \sinh \cdot k \cdot l}{l \cdot k \cdot \Sigma \cosh k(l-z_i) \cdot \cosh \cdot k \cdot z_K}} \dots \dots \dots (37)$$

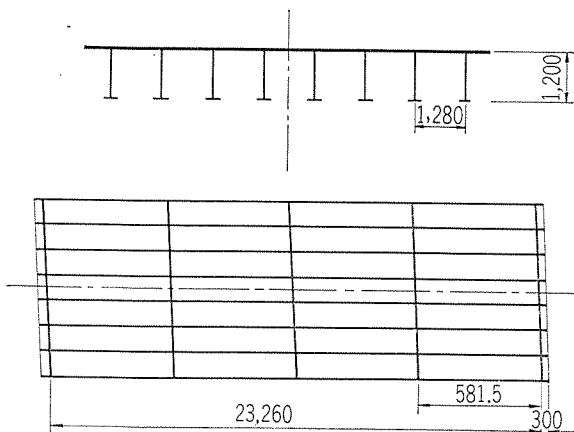
$n$ : 横桁の数 (支承上をふくむ)

過去における二, 三の実橋の載荷試験例とを比較, 検討する。

例 1. 幸 橋

本橋は昭和 32 年に当オリエンタル・コンクリートKKが施工, 載荷試験した橋で, 国道 4 号線の福島市瀬ノ上地内に架設されたポストテンション方式によるPC橋(単純桁)であ

図-14



る。

構造は 図-14 参照されたい。

見掛けの単純ねじり剛性比  $m$  の数値計算

1) 断面諸係数  $J_w, J_d$  の決定に際して、8主桁であるが、2主桁をもって計算を行なう。2主桁の  $J_d, J_w$  はつぎのようになった。

$$J_d = 5.38 \times 10^5 \text{ cm}^4, J_w = 7.76 \times 10^{10} \text{ cm}^6$$

したがって

$$k = \sqrt{\frac{GJ_d}{EJ_w}} = \sqrt{0.43 \times \frac{5.38 \times 10^5}{7.76 \times 10^{10}}} = 1.73 \times 10^{-3}$$

2)  $m$  の算出

$m$  の算出には、式 (37) を用いて求める。

$$m = \frac{1}{1 - \frac{n \cdot \sinh \cdot kl}{k \cdot l \sum \cosh \cdot k(l - z_i) \cdot \cosh \cdot k \cdot z_K}}$$

ただし

$n$  : 横桁の数 = 5

$l$  : 桁長 = 2396 cm

$k$  :  $1.73 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$

表-5

	$z$	$kz_k$	$\cosh kz_k$	$k(l-z)$	$\cosh \cdot k(l-z_i)$
1	35	$6.05 \times 10^{-2}$	1.002	4.08	29.60
2	516.3	0.89	1.427	3.08	10.91
3	1198	2.07	4.026	2.07	4.026
4	1779.5	3.08	10.91	0.89	1.427
5	2361	4.08	29.60	$6.05 \times 10^{-2}$	1.002

$$kl = 4.14, \sinh \cdot kl = \sinh \cdot 4.14 = 31.43$$

$$\therefore m = \frac{1}{5 \times (3143 \times 10^3) - \frac{1}{(1.73 \times 10^{-3}) \times (2396 \times 10^3) \times 47.2}} = 5.13$$

ゆえに、見掛けの単純ねじり剛性  $\overline{GJ_d}$

$$\overline{GJ_d} = \alpha \cdot m \cdot GJ_d = 1.4 \times 5.13 \times 2140 \cdot G = 15370 \cdot G$$

計算値と実験値との比較表 (表-6)。

表-6

	単純ねじり剛性 ( $\text{kg} \cdot \text{cm}^2 / \text{cm}$ )	比 較
I 計算値	15370 G	I/II = 1.00
II 実験値	15350 G	II/I = 1.00

単純ねじり剛性が実験値とよく一致しているのので、この  $\bar{k} = \sqrt{\overline{GJ_d} / EJ_w}$  をもって、Guyon-Massonnet 理論にしたがって、応力度計算をすると、実験値と良く一致する。ゆえに、この方式により、横桁の単純ねじり剛性への影響を考慮して設計計算すると、一般の PC 実橋において、相当、精度の良い計算書ができるものと思う。すなわち、見掛けの単純ねじり剛性  $\overline{GJ_d}$  は、断面ねじり剛性の  $n$  倍 ( $n$ : 横桁の数) となるようである。

1965.3.1・受付

### 御 転 居 先 連 絡 御 願 い

最近会誌御送りして受取人不明および住所(勤務先)見当らず返送されてくる数が相当あります。当協会では変更の御通知があれば名簿を整理訂正して手落ちないように努めております。一回の郵送料が 40 円もかかり会誌作製費の増大とともに協会の経理面において非常な負担となりますので、それ等の点御考察の上連絡先が変更になった場合はただちに連絡下さいますようお願いいたします。