

建設省中国地方建設局	正員	川崎 通一
建設省中国地方建設局	正員	大川 勝敏
○ 新日本技研株式会社	正員	浅沼 堯

1. まえおき

新旭橋は国道2号線が太田川放水路を渡る地点に架設されている
図-1に示すような断面形状を有するダブルデッキ形式の3径間連続トラス(90.72m+103.20m+90.72m)である。本橋は一般のデッキトラスと違って下層道路の建築限界を侵さないように対傾構の形式を決めなければならない。数種の形式について比較検討した結果図のような形状とした。せん断剛性とX形の対傾構に比べて、荷重偏載時にかなりの断面変形を生じることを考慮される。従って中間対傾構の断面は一般的な方法で計算すると同時に、そのような変形によって生ずる応力に対しては十分安全であるかどうかという検討が必要となった。

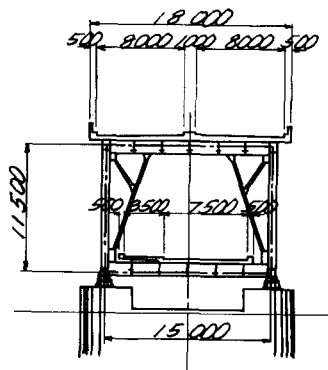


図 - 1

2. 計算方法

トラス主構面と上下横構面をせん断力に抵抗する等価な4枚の板に換算し、この板からなる箱げたに置き換えてこれをトラスに換えて作用すると断面がひし形に変形しようとする。これを対傾構がそのせん断抵抗で支えるものとする。このせん断抵抗は橋軸方向に分布するせん断場に置き換えて各部の釣合条件、適合条件を考え、基本微分方程式を立ててこれを解いて対傾構の変形量およびそれによって生じる対傾構に作用する力を求める。解析は平行弦単純トラスとして行った。

荷重は橋軸に鉛直であり横断方向には逆対称に作用するものとし、断面の対称性によって断面の中心には変位は生じないものとしている。また1断面上では隔板(対傾構)のせん断ひずみと回転角は一定とする。(図-2)

$$2\varphi = \frac{\partial x}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} = \text{const.}, \quad 2\theta = \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} = \text{const.}$$

1断面上の y, z 方向の変位は

$$v = (-\theta + \varphi)z, \quad w = (\theta + \varphi)y$$

従って、隅角1(図-2)の弦材変位は $y = b/2, z = h/2$ より

$$v_1 = (-\theta + \varphi)h/2, \quad w_1 = (\theta + \varphi)b/2$$

隅角の変位は一般に1, 2, 3, 4でそれぞれ $(u_1, v_1, w_1), (-u_1, v_1, -w_1), (u_1, -v_1, -w_1), (-u_1, -v_1, w_1)$ で表される。弦材の軸力は

$$P_1 = P = EA \frac{\partial u_1}{\partial x}$$

主構腹材のせん断ひずみとせん断応力(z 軸方向に一定)は、 $y = b/2$ で、

$$\begin{cases} \gamma = \gamma_h = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} = \frac{\partial u_1}{h} + \frac{\partial}{\partial x} (\theta + \varphi) \frac{b}{2} \\ \tau = \tau_h = -G \gamma_h \end{cases}$$

$y = -b/2$ で

$$\gamma = -\gamma_h, \quad \tau = -\tau_h$$

横構のせん断ひずみとせん断応力（ y 軸
方向に一定）は、 $z = h/2$ で、

$$\begin{cases} \gamma = \gamma_s = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ = \frac{2U_1}{b} + \frac{\partial}{\partial x}(-\theta + \varphi) \\ \tau = \tau_s = -G\gamma_s \end{cases} \quad \frac{h}{2}$$

$z = -h/2$ で、

$$\gamma = -\gamma_s, \quad \tau = -\tau_s$$

断面の撓りモーメントは、(図-3)

$$\begin{aligned} M_T &= g_h \cdot h \cdot b - g_s \cdot b \cdot h \\ &= h \cdot b \cdot (g_h - g_s) \end{aligned}$$

ここで、 $T = M_T / bh$ とすると

$$T = (g_h - g_s)$$

弦材軸力の釣合は、(図-4)

$$-\frac{dP}{dx} = g_h + g_s$$

腹材面と隔板のせん断応力および鉛直荷重
の釣合は、(図-5)

$$\frac{dg_h}{dx} \cdot dx \cdot h = -\tau_p \cdot dx \cdot h + p_2 \cdot dx$$

$$\frac{dg_h}{dx} = -\tau_p + \frac{p_2}{h}$$

$$\tau_p = 2\varphi \cdot G_p$$

こゝに、 G_p : 換算せん断弾性係数

また、横構面と隔板のせん断応力の釣合は、

$$\frac{dg_s}{dx} = -\tau_p$$

以上の式から未知量 $P, g_h, g_s, \tau_p, \theta, \varphi, U_1$ の関係式が導かれたが、未知量を
順次消去して U_1 に関する微分方程式を作り

$U_1 = U, \quad x = \xi$ とおくと、

$$\begin{aligned} \frac{d^4 U}{d\xi^4} - 2 \frac{G_p \cdot D}{G \cdot F} \frac{d^2 U}{d\xi^2} + 16 \frac{G_p U}{EAF} \\ = 2 \frac{G_p}{EA} \cdot \frac{H}{GF} T - \frac{1}{EAh} \cdot \frac{dp_2}{dx} \end{aligned} \quad (a)$$

$$\text{こゝに、} D = \frac{b}{\pi b} + \frac{h}{\pi h}, \quad H = \frac{b}{\pi b} - \frac{h}{\pi h}$$

$$F = b \cdot h$$

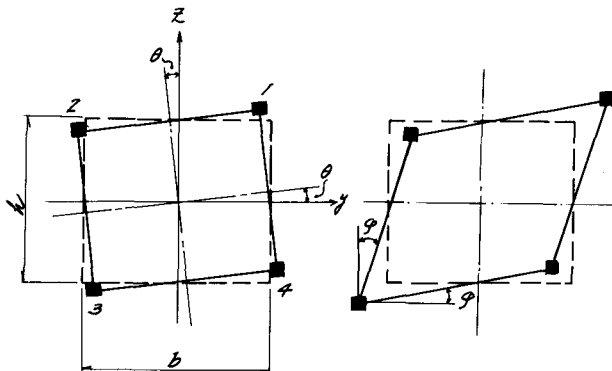
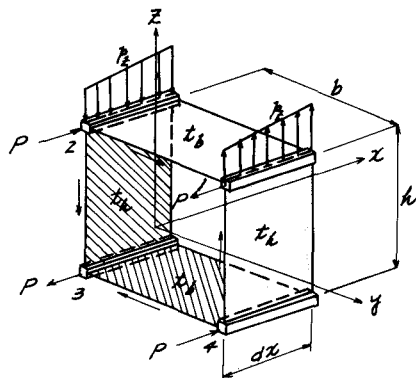


図 - 2

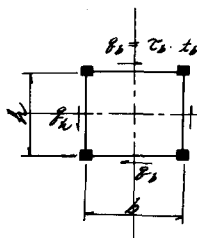


図 - 3

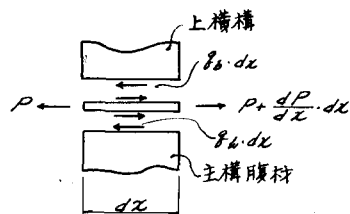


図 - 4

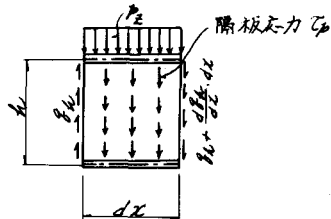


図 - 5

3. 微分方程式の解

支間は $L = 2l$, 荷重としては逆対称等分布荷重 q (全スパンに載荷) と逆対称集中荷重 W (支間中央に載荷) も考へる。また M_0 を支点における接りモーメント, M_T を支点から l の位置における接りモーメントとする。

$$M_T = M_0 + P_z \cdot b \cdot l$$

$$T = \frac{M_T}{b \cdot h} = \frac{M_T}{F} = \frac{1}{F} (M_0 + P_z \cdot b \cdot l)$$

微分方程式 (a) の解は、

$$X = \frac{\left(\frac{G_p D}{G F}\right)^2}{16 \cdot \frac{G_p}{E A F}} = \frac{1}{16} \frac{G_p D^2}{G^2 F} E A \quad \text{とおく。}$$

$X < 1$ の場合、

$$U = (A_1 \sin \beta \eta + A_2 \cos \beta \eta) \sinh \alpha \eta + (A_3 \sin \beta \eta + A_4 \cos \beta \eta) \cosh \alpha \eta + \frac{1}{8} \cdot \frac{H}{G F} (M_0 + P_z b \eta)$$

境界条件 $P_{\eta=0} = 0$, $(\delta_\delta)_{\eta=0} = 0$, $U_{\eta=l} = 0$, $(\delta_\delta)_{\eta=l} = 0$ から係数 $A_1 \sim A_4$ が求められ、 P , q , δ , δ_δ , θ 等の計算式が得られる。

この場合、対傾構応力 τ_p は、

$$\tau_p = G_p \cdot 2\eta = \frac{1}{2} \left[E A \frac{d^3 U}{d \eta^3} + \frac{P_z}{h} \right]$$

4. 数値計算

上述のように解析は平行弦単純トラスとして行なつたので本橋り場合は、側径間と中央径間それぞれ個別に計算を行なつた。先ず、トラス主構腹材の換算板厚および横構換算板厚を計算し、 G_p は図-6 のようなラーメン上端に単位水平力を作用させ、それによる水平変位 δ を求め、 $\delta = \frac{\delta}{h}$ とし、

$$G_p = \frac{P}{\lambda \cdot b \cdot \delta} \quad \text{より求めた。}$$

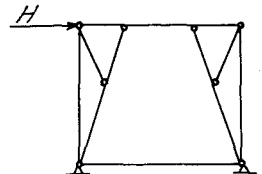


図 - 6

また X の値は側径間 0.396, 中央径間 0.285 といずれも 1 より小さくなつた。

そして、 $P_z = 1.0 \frac{t}{m}$, $W = 100.0 t$ に対しそれぞれ η および τ_p を計算しておいた。次に、活荷重半載状態の場合について逆対称荷重 P_z および W を計算し、

$$H_p = P_z \cdot b \cdot \lambda \cdot \tau_p, \quad H_p = W \cdot b \cdot \tau_p \quad \text{より} \quad H = H_p + H_p \quad \text{を求め、}$$

この H を図-6 のラーメンに作用した場合、各部材に生ずる応力 (曲げモーメントおよび軸力) を計算し、これに鉛直に作用する半載活荷重による応力も加えたものと、一般の計算法 (活荷重全幅載荷) により求めた部材応力を比較した結果前者の方が若干大きく、断面変形により対傾構に作用する応力も考慮しても安全であることが確認された。

このような形式以外のトラスについて支間が大きくなれば断面の変形による中間対傾構や横構に作用する応力が無視出来ない場合があることを考へられるので一応の検討が必要と思われる。