

II-16 コンクリート桁の振りに関する研究

北海道大学工学部

正員

横道英雄

"

"

○藤田嘉夫

"

"

黒崎 護

最近コンクリート橋の設計計算は立体的に行われる傾向になって来ている。桁に作用する力は垂直荷重の外に振りモーメントを伴うので、振り剛性を如何に考えるかによって多主桁の分担荷重や版の解法に相違が生ずる。従来、振りモーメントは自由振りで計算されているが、桁の場合にはスパン方向の反りが拘束されるので、自由振りの理論とそのまま適用するだけでは不十分であって、反りが拘束された振りを考える必要がある。本研究は拘束力の影響がどの程度あるかを理論計算と実験によって検討したものである。

1. 自由振り： スパン方向の反りが拘束されない自由振りは $M_t = GI_t \theta'$ で表わされ、 I_t は開断面のとき $I_t = \sum b t^3$ 、閉断面のとき $I_t = \sum b t^3 + 4A^2 / \oint \frac{1}{t} ds$ となり、かつ閉断面には剪断流 $q_0 = \frac{2AM_t}{I_t \oint \frac{1}{t} ds}$ が生ずる。

2. 拘束振り： 桁の各点に振りモーメント T が作用する場合、反りの拘束のため単純抵抗振りモーメント m_t 以外に二次抵抗振りモーメント $\bar{m}_t$ が作用するので、 $m_t + \bar{m}_t = T$ となる。 $\bar{m}_t$ は一般に $\bar{m}_t = -EC_w \theta'''$ の形で表わされる。拘束振り断面二次モーメント C_w は開断面では、 $C_w = \sum I_f r^2$ 、閉断面では $\bar{m}_t$ が不静定力であることを考慮して、 $C_w = \oint \varphi^2(y, z) t ds$ となる。ここで I_f はフランジの断面二次モーメント、 r は曲げの剪断中心からフランジの作用点までの距離、 $\varphi(y, z)$ はスパン方向に無関係な反り函数である。したがって拘束振りの一般式は次の微分方程式で表わされる。

$$m_t'' - \lambda^2 m_t + \lambda^2 T = 0 \quad \text{ただし} \quad \lambda = \sqrt{\frac{GI_t}{EC_w}}$$

この微分方程式の一般解は $m_t = T + A \sin \lambda x + B \cos \lambda x$ で与えられ、図-1のように反りに対して両端単純支持、両端固定支持、一端単純他端固定の場合について解くと

(a) 単純支持の場合

$$\begin{aligned} A \sim C : m_t &= \left[k' - \frac{\sin \lambda k' l}{\sin \lambda l} \cdot \frac{l_0}{\lambda x} \right] M_t, & GI_t \theta &= \left[k' x - \frac{\sin \lambda k' l}{\sin \lambda l} \cdot \frac{\sin \lambda x}{\lambda} \right] M_t \\ C \sim B : m_t &= \left[-k + \frac{\sin \lambda k l}{\sin \lambda l} \cdot \frac{l_0}{\lambda(l-x)} \right] M_t, & GI_t \theta &= \left[k(l-x) - \frac{\sin \lambda k l}{\sin \lambda l} \cdot \frac{\sin \lambda(l-x)}{\lambda} \right] M_t \end{aligned}$$

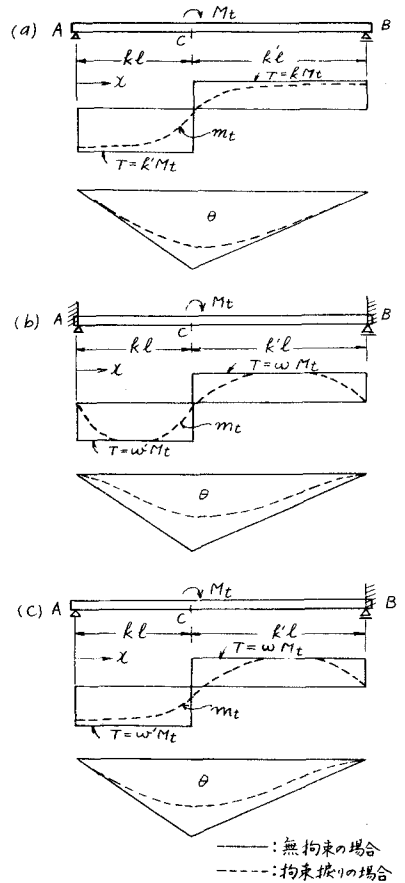


図-1

(b) 固定支持の場合

$$\begin{aligned}
 A-C : m_t &= [\omega'(1-\varepsilon_0/\lambda x) - A_1 \sin \lambda x] M_t, & G I_t \theta &= [\omega'(x - \frac{\sin \lambda x}{\lambda}) - \frac{A_1}{\lambda} (\varepsilon_0/\lambda x - 1)] M_t \\
 C-B : m_t &= [\omega(-1 + \varepsilon_0/\lambda(\ell-x)) + A_2 \sin \lambda(\ell-x)] M_t, & G I_t \theta &= [\omega(\ell-x - \frac{\sin \lambda(\ell-x)}{\lambda}) - \frac{A_2}{\lambda} (\varepsilon_0/\lambda(\ell-x) - 1)] M_t \\
 \text{ここに } \omega &= \frac{\lambda k \ell \sin \lambda \ell - (\varepsilon_0/\lambda \ell - 1) - (\varepsilon_0/\lambda k \ell - \varepsilon_0/\lambda k' \ell)}{\lambda \ell \sin \lambda \ell - 2(\varepsilon_0/\lambda \ell - 1)}, & \omega' &= 1 - \omega, & A_1 &= \frac{-\omega'(\varepsilon_0/\lambda \ell - 1) + \varepsilon_0/\lambda k' \ell - 1}{\sin \lambda \ell}, \\
 & & A_2 &= \frac{-\omega(\varepsilon_0/\lambda \ell - 1) + \varepsilon_0/\lambda k \ell - 1}{\sin \lambda \ell}
 \end{aligned}$$

(c) 一端単純,他端固定支持の場合

$$\begin{aligned}
 A-C : m_t &= [\omega' - B \varepsilon_0/\lambda x] M_t, & G I_t \theta &= [\omega' x - \frac{B}{\lambda} \sin \lambda x] M_t \\
 C-B : m_t &= [\omega(-1 + \varepsilon_0/\lambda(\ell-x)) + A \sin \lambda(\ell-x)] M_t, & G I_t \theta &= [\omega(\ell-x - \frac{\sin \lambda(\ell-x)}{\lambda}) - \frac{A}{\lambda} (\varepsilon_0/\lambda(\ell-x) - 1)] M_t \\
 \text{ここに } \omega &= \frac{\lambda k \ell \varepsilon_0/\lambda \ell - \sin \lambda k \ell}{\lambda \ell \varepsilon_0/\lambda \ell - \sin \lambda \ell}, & \omega' &= 1 - \omega, & B &= \frac{\varepsilon_0/\lambda k' \ell - \omega}{\varepsilon_0/\lambda \ell}, & A &= \frac{\sin \lambda k \ell - \omega \sin \lambda \ell}{\varepsilon_0/\lambda \ell}
 \end{aligned}$$

3. 実験: 版とT桁, I桁について振り角の実験を行った。版は高さ全て3cmとし、巾は $b/h = 1, 2, 4, 6, 10$ の5種類とした。桁はT桁, I桁とも高さおよび上部フランジが24cm, 上部フランジ厚とウェーブ厚は3cm, I桁の下部フランジ厚は4.5cm, 巾は6cmとした。支間長は版桁ともすべて200cmとした。

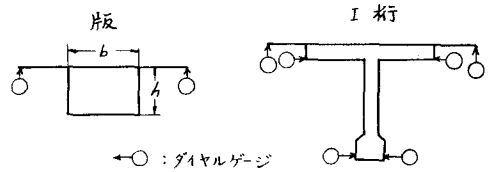


図-2

実験方法は版, 桁の支間中央に偏心荷重を載荷して振りモーメントを与え、図-2に示す点にダイヤルゲージを設置して振り角 θ と振りの中心を求めた。スパン方向の測定点は $1/8\ell, 3/8\ell, 5/8\ell, \ell$ (25, 50, 75, 92 cm) の4点である。

実験の結果、版に用いては自由振りの理論式がそのまま適用できるが、T桁は理論上は反りの拘束がないにもかかわらず、実際には反りの拘束が作用していること、および僅かな下部フランジを付けたI桁に用いては反りの拘束が相当あり、自由振り式で算出される $1/2$ 程度の振り角しか実際に生じなかった。

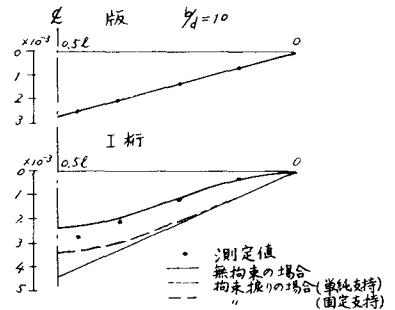


図-3 θ

以上からT桁およびI桁の振りに対する剛性は一般に使用されている Saint-Venant の方法によるものより反りの拘束の影響のため大きくなり、特にI桁において顕著であり、多主桁の荷重分担、および版の曲げモーメントにかなり影響を与えることがわかった。