

九州大学工学部 正員 彦坂 照

〃 〃 〃 〇 内容 保

図-1に示すような両端が橋軸と任意の角度で斜角支持される並列主桁曲線橋においては、その特性が支点反力に顕著に現われることが知られている。本論は、差分法を用いてかかる橋梁の解析を行ない、とくに支点反力分布について実験結果と併せ考察したものである。

図-1において、各桁の左端支承上から任意点までの曲線長を s とし、任意の主桁 n のたわみおよびねじり角をそれぞれ y_n, θ_n とする。そして、主桁 n に作用する鉛直荷重強度およびねじりモーメント荷重強度をそれぞれ g_n, z_n とすれば、主桁 n に関する2次の2つの釣合方程式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} EI_n \left\{ \frac{d^4 y_n}{ds^4} - \frac{\mu_n}{R_n^2} \frac{d^2 y_n}{ds^2} + \frac{1 + \mu_n}{R_n} \frac{d^2 \theta_n}{ds^2} \right\} &= g_n + v_n - \bar{v}_n \\ -GJ_n \left\{ \frac{d^2 \theta_n}{ds^2} - \frac{\theta_n}{R_n^2 \mu_n} - \frac{1 + \mu_n}{R_n \mu_n} \frac{d^2 y_n}{ds^2} \right\} &= z_n - m_n - \bar{m}_n \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここに、 EI_n, GJ_n ：主桁 n の曲げ剛性およびねじり剛性、 $\mu_n = GJ_n/EI_n$ 。また、式(1)の右辺の $v_n, \bar{v}_n$ および $m_n, \bar{m}_n$ は主桁 n と横桁との結合力で、横桁の剛性マトリックスを介して y および θ で表わされる。

図-2のように各主桁を m 等分し、左端より差分点 $1, 2, \dots, m+1$ を設ければ主桁 n の差分間隔は $\lambda_n = R_n \phi_n / m$ で与えられる。この λ_n を用いて式(1)を差分化すれば、各差分点の変形量 (y および θ) を未知数とする連立一次方程式が得られ、この変形量を用いて各主桁の支点反力が次のように求められる。

いま、任意の主桁 n の左支点近傍を考え、図-3のように左支点から $\lambda/2$ の長さには作用している力の釣合を考えれば次式が得られる。

$$R_1^n = g_1^n \frac{\lambda_n}{2} + V_{1+\frac{1}{2}}^n + \frac{\lambda_n}{2} (v_n - \bar{v}_n) \quad (2)$$

ここに、 R_1^n ：主桁 n の左支点の支点反力、 g_1^n ：主桁 n に作用している鉛直荷重強度、 $V_{1+\frac{1}{2}}^n$ ：主桁 n の左支点から $\lambda/2$ の断面に作用しているせん断力で、単純支持の境界条件を考慮して2次のように左支点近傍の差分点の変形量で表わされる。

$$V_{1+\frac{1}{2}}^n = -I_n y_3^n + (2I_n + \frac{V_n}{R_n^2}) y_2^n - I_n \frac{\lambda_n^2}{R_n} \{ (1 + \mu_n) \theta_2^n - \mu_n \theta_1^n \} \quad (3)$$

ここで、 $I_n = EI_n/\lambda_n^3$ 、 $V_n = GJ_n/\lambda_n^2$ 、 y_3^n, y_2^n, θ_2^n および θ_1^n は主桁 n の差分点 $3, 2, 1$ のたわみおよびねじり角を表わす。また、 $v_n, \bar{v}_n$ は前述した通り主桁 n と横桁との結合力で、差分点の変形量 (y および θ) に

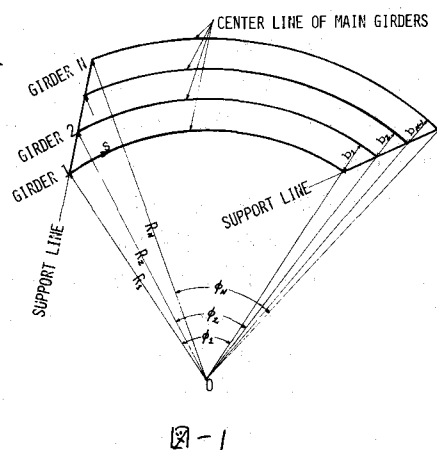


図-1

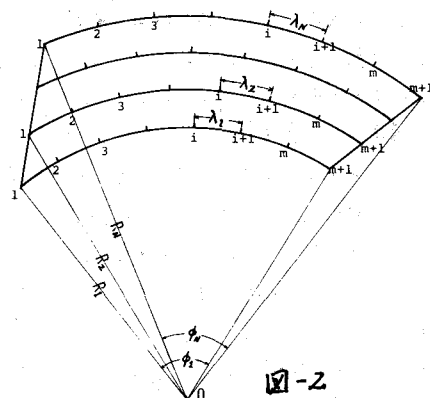


図-2

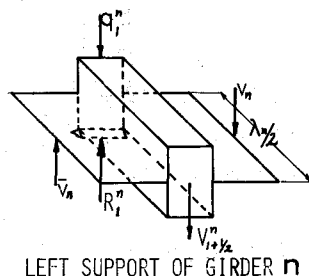
LEFT SUPPORT OF GIRDER n

図-3

より表わされる。主桁の右支点の支点反力についても同様に求められる。

計算例 図-4のようなタイアA, B, Cの3種類の平面形状をもつ4主桁曲線橋を考え、スパン l (幅員中心の曲線長), 中心角 $\phi=30^\circ$, 主桁間隔 $b=l/10$ は共通とする。各主桁を8等分し差点番号を内桁の左端の5順に1, 2, ..., 32と設ける。いま, 外桁中点32に単位集中荷重を載荷したときの各主桁左支点1, 10, 19および28の支点反力を, $\mu_0 = GI_0/EI_0$ を0.01, 0.1, 1.0および横桁の換算曲げ剛性 D を0.01, 0.1, 1.0 DEI_0/L とそれぞれ変化させて求め, その支承線方向の分布を図-4に示した。これより, 橋軸直角方向(横桁)の換算曲げ剛性 D が非常に小さい場合は, 主桁のねじり剛性の大小にかかわらず斜角支持の特性はほとんど現われないこととなる。また, 橋軸直角方向の曲げ剛性 D が大きくなり, 主桁のねじり剛性が非常に小さい場合には斜角支持の特性が顕著で, タイアAの反力は右下りのほぼ直線的な分布を示すが, タイアB, Cでは極めて不均一な分布となる。主桁のねじり剛性が大きい場合は, 橋軸直角方向の曲げ剛性の大小にかかわらず定性的には斜角支持の特性はほとんどなくなり内桁から外桁に向ってZ字形の分布を示す。しかし, 各タイプの同一支点の支点反力の値にはかなりの差異がある。なお, 以上の算例はすべて支点の中心に拘束されない場合のものであり, 端部傾構や端横桁により支点のねじりが拘束される場合の結果については講義当日発表する。

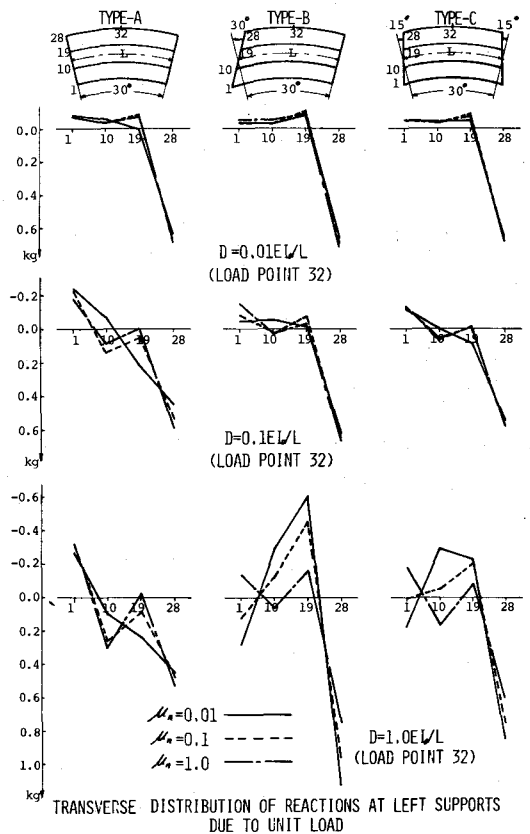


図-4

次に, アクリル樹脂で製作した図-5に示すZ種類の平面形状を有する4主桁曲線橋($I_1 \sim I_4 = 13.57 \text{ cm}^4$, $GJ/EI = 0.0077$, $b = 8 \text{ cm}$)について, 外側2主桁の中点23と32に集中荷重を載荷したときの各主桁左支点の支点反力を圧縮型ロードセルで測

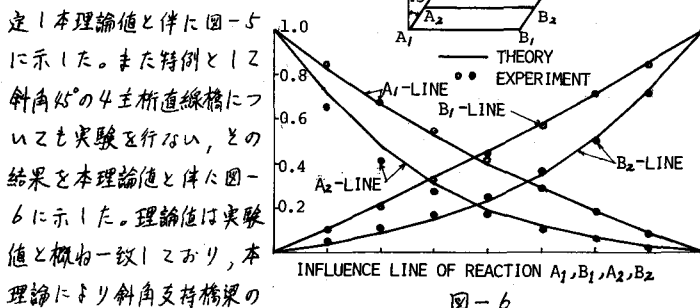


図-6

定し本理論値と伴に図-5に示した。また特例として斜角 45° の4主桁直線橋についても実験を行ない, その結果を本理論値と伴に図-6に示した。理論値は実験値と概ね一致しており, 本理論により斜角支持橋梁の特性を十分つかむことができると判断される。

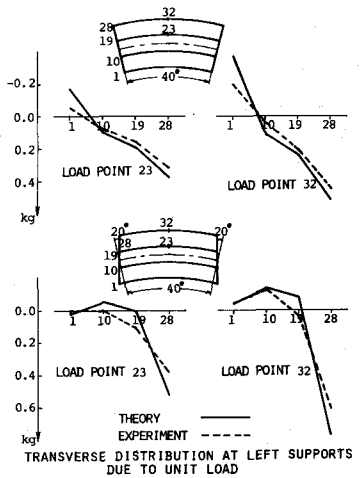


図-5

[参考文献] 1) 坂坂, 内谷, 大塚: 非扇形曲線橋の解析, 土木学会第29回年次学術講演会概要集, 昭. 49年10月
2) 坂坂, 内谷, 石丸: 不整平面形状をもつ直線および曲線橋の性状について, 土木学会第30回年次学術講演会概要集, 昭. 50年