横構等の拘束ある並列曲線主桁の変形特性について

秋田大学　学生員　○佐々木　保隆

秋田大学　正　員　　稼農　知徳

秋田大学　正　員　　長谷部　　薫

1． はじめに　並列曲線I桁橋は、全橋断面のねじり剛度を上げ断面変形を防止するために、十分な剛性を有する横桁あるいは対傾構と横構が主桁に連結されている。直線橋の場合、対傾構，横構は2次部材とみなしているが、曲線橋は曲率の影響によりフランジ固定点間内で水平分力が生じ、これに抵抗する横構，対傾構は主要部材としての役割を呈し、曲線橋としての構造全体の剛性は横桁，対傾構，横構に依存せねばならない。したがって、これら横桁，対傾構と横構を考慮した解析が必要となる。筆者らはこれまで曲線ばりの非弾性有限変位解析を行ない、はりの非弾性域での変形特性の研究を行なってきた[1),2)]。本報告は、並列曲線I形主桁に対して配置された対傾構，横構の横補剛効果について考察するものである。対傾構，横構の剛性を等価な剛性をもつバネ支承に置換し、弾性バネ拘束された曲線桁としたモデル化を行なう。解析は曲線部材の有限変位理論より得られる基本式を用いて伝達マトリックス法によった。

2． 解析モデル　a) 横構の解析　2本の主桁間に横構が取り付けられた場合、横構部材は軸力しか受けもたないので、図−1 に示すように両主桁をトラス部材で結ぶ構造となる。横構部材力 N は横構両端のたわみ角の差によって生じると考え[3)]、主桁の変形量を用いて次のように表わすことができる。

$$N = \frac{EFh}{l_r}\{(\theta_j - \theta_i)\sin\alpha + (\varphi_j - \varphi_i)\cos\alpha\} \quad --- (1)$$

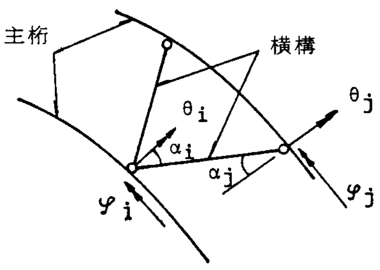
ただし　$\alpha_i \fallingdotseq \alpha_j$　とする。

ここで、F：横構断面積，l_r：横構部材長，h：主桁せん断中心から横構の図心までの距離，E：弾性係数，θとφは主桁のたわみ角とねじり角である。横構取付点の主桁にはこの横構軸力 N によって、図−2 のような付加断面力が生じる。

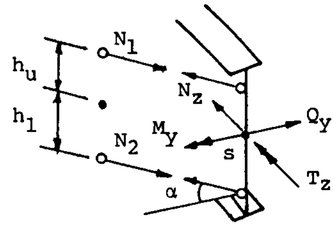
$$\begin{aligned} N_z &= (N_1 + N_2)\sin\alpha \\ Q_y &= (N_1 + N_2)\cos\alpha \\ T_z &= (N_1 h_u - N_2 h_l)\cos\alpha \\ M_y &= (N_1 h_u - N_2 h_l)\sin\alpha \end{aligned} \quad (2)$$

これらの断面力−変位関係式を用いて格点伝達マトリックスを求め、横構をバネ支承に置換して解析を行なうことができる。

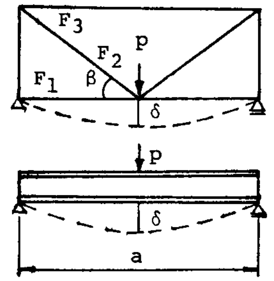
b) 対傾構の解析　対傾構をトラス構造と考え、図−3 のように支間 a の単純トラスの支間中央に荷重 p を作用させたときのたわみδを計算し、このδに等しい支間 a の単純桁の曲げ剛性を求め、この換算曲げ剛性を有する横桁とする。換算曲げ剛性 I は次のようになる。



図−1　横構部材の力学モデル



図−2　横構の軸力による付加断面力

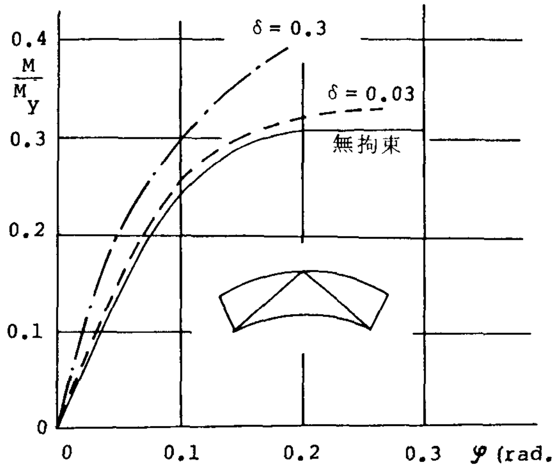


図−3　対傾構の剛性

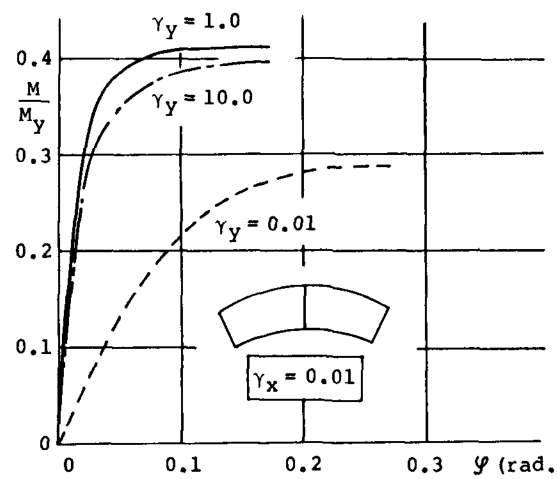
$$I = \frac{a^2}{12}\;\frac{F_1F_2F_3\sin^2\beta\cos\beta}{(F_1+F_3)F_2\cos^3\beta+F_1F_3} \qquad (3)$$

ここで a は主桁間隔，F_1,F_2,F_3 は対傾構の各部材断面積である。

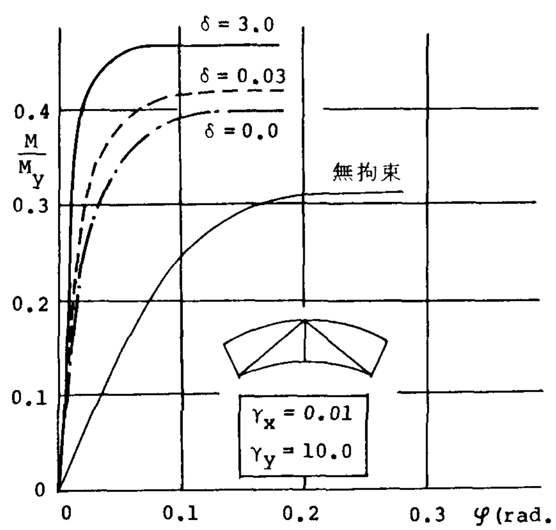
3． 数値計算例　図 4 ～ 6 に２－曲線主桁と横構，対傾構で構成される並列曲線 I 桁を想定し、弾性バネ拘束された曲線桁の変形特性について非弾性解析した結果を示している。両端単純支持とし、両端に等曲げモーメント荷重が作用している。形状寸法は中心角 0.4 rad.，スパン長 1.72 m，曲率半径 4.3 m，降伏応力 $\sigma_y = 2400\ \mathrm{kg/cm^2}$ である。図－4 は横構剛度の変形特性に及ぼす影響を調べたものである。横構剛度を示すパラメーターとして、主桁圧縮フランジ断面積に対する横構断面積の比 F/bt_f を δ としている。$\delta = 0.3$ と横構の断面積(剛度)をある程度確保するとねじり角に関して横補剛効果を期待できることがわかる。なお、ねじり角変位は最大変位が生じる点でプロットしている。図－5 は対傾構が支間中央点に一本配置された場合の、対傾構剛度の変形特性に及ぼす影響を調べたものである。ここで換算曲げ剛性(横桁の強軸まわりの断面二次モーメント)と主桁圧縮フランジのフランジ面内に関する断面二次モーメントとの比を γ_y とし、γ_x は弱軸まわりの断面二次モーメントとの比である。γ_x の変形特性に及ぼす影響はほとんど無視できることが分ったので $\gamma_x = 0.01$ として計算した。剛性比 $\gamma_y = 0.01$ と小さい場合では横補剛効果は小さいが、ある程度確保すると横補剛効果が急激に大きくなるのがわかる。図－6 は支間中央点に対傾構を一本配置し、横構を組み合わせた場合のねじり角と荷重の関係を示したものである。対傾構の剛度を表わすパラメーターは $\gamma_x = 0.01$, $\gamma_y = 10.0$ を用いた。横構剛度を表わすパラメーター δ を大きくするとねじり角に関して横補剛効果が大きくなることがわかる。



図－4



図－5



図－6

1) 佐々木，稼農，溥木：曲線ばりの非弾性変形特性について，昭和56年度東北支部技術研究発表会，1982.3
2) 佐々木，稼農，長谷部：曲線格子桁の非弾性変形特性について，土木学会第37回年次学術講演会概要集 I，1982.10
3) 尾下：横構を有する並列 I 桁曲線橋の解析，土木学会論文報告集第324号，1982.8