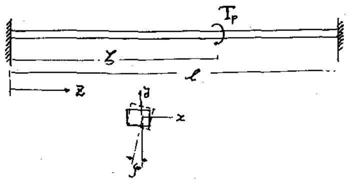
III−20　箱橋の捩れ及びその他について

東京大学 正員 平井 敦，○準員 島田静雄

1. 断面不変と考えた場合の連続桁の捩れ。

釣合の微分方程式は，断面の剛性 GJ_T, EC_{bd} が z 軸方向に一定として

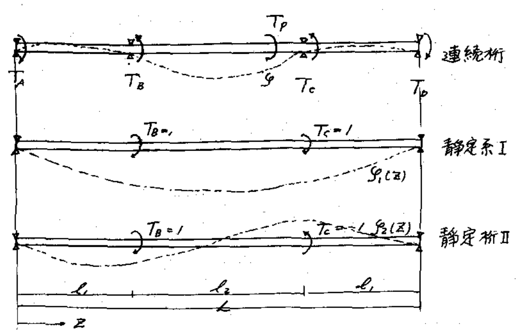
$$M_T(z) = GJ_T\frac{d\varphi}{dz} - EC_{bd}\frac{d^3\varphi}{dz^3} \qquad (1)$$



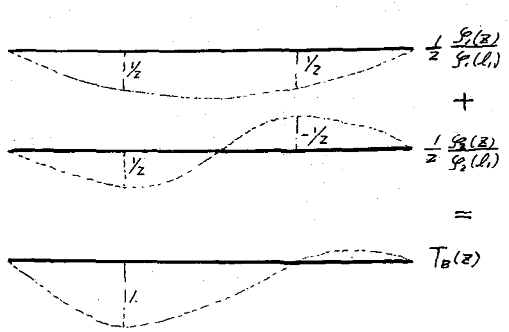
単純に支持された箱桁が，外力のトルクを $z=\zeta$ に受ける時の φ の解は，境界條件として $z=0$ で $\varphi=\varphi''=0$，更に $z=l$ で $\varphi=\varphi''=0$，及び $z=\zeta$ での連続の條件 $\varphi_L=\varphi_R$ $\varphi'_L=\varphi'_R$，$\varphi''_L=\varphi''_R$ を代入すれば下式を得る。

$$\varphi(z,\zeta)\begin{cases}\varphi_L = \dfrac{T_p}{GJ_T}\left\{\dfrac{l-\zeta}{l}z - \dfrac{\sinh\alpha z\,\sinh\alpha(l-\zeta)}{\alpha\sinh\alpha l}\right\} & z<\zeta \\[2ex] \varphi_R = \dfrac{T_p}{GJ_T}\left\{\dfrac{l-z}{l}\zeta - \dfrac{\sinh\alpha\zeta\,\sinh\alpha(l-z)}{\alpha\sinh\alpha l}\right\} & z>\zeta\end{cases} \qquad \alpha=\sqrt{\frac{GJ_T}{EC_{bd}}} \qquad (2)$$

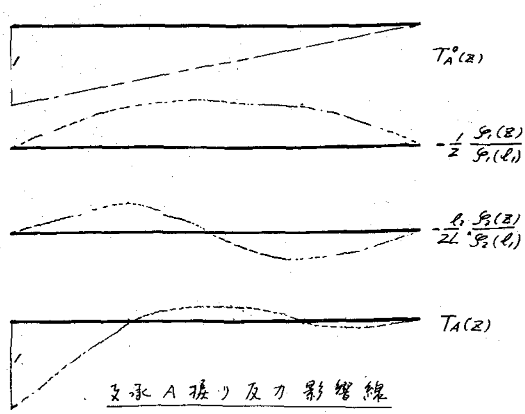
$\varphi(z,\zeta)$ は，捩りモーメントに関する Maxwell-Betti の法則 $\varphi(z,\zeta)=\varphi(\zeta,z)$ を満たすから，等断面連続桁の支承に生ずる捩れ反力の影響線は $\varphi(z,\zeta)$ を用いて表すことが出来る。これは支間 $L=l_1+l_2+l_1$ の単純支持桁の $z=l_1$，$z=L-l_1$ に単位のトルク $T_B=+1$，$T_C=+1$ が作用する時の捩れ角を $\varphi_1(z)$，$T_B=+1$，$T_C=-1$ の作用する時の捩れ角を $\varphi_2(z)$ で現せば，反力の影響線は



$$\begin{cases}T_B(z) = \dfrac{1}{2}\dfrac{\varphi_1(z)}{\varphi_1(l_1)} + \dfrac{1}{2}\dfrac{\varphi_2(z)}{\varphi_2(l_1)} \\[2ex] T_A(z) = T_A^0(z) - \dfrac{1}{2}\dfrac{\varphi_1(z)}{\varphi_1(l_1)} - \dfrac{l_2}{2L}\dfrac{\varphi_2(z)}{\varphi_2(l_1)}\end{cases} \qquad (3)$$



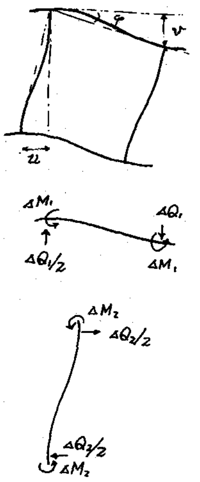
支承B捩り反力影響線



支承A捩り反力影響線

2 断面の変形を考えた捩れ

捩れに対して断面の形が変らないと假定する事は，隔壁が密に配置されている場合に成立するが，隔壁相互の間では薄板の曲げに依って変形は増加する。釣合の条件は，極めて簡単な場合を取扱えば，結果的に(1)式と同じ形を誘導することになる。



$$M_T(z) = GJ_T^{*}\frac{d\varphi^{*}}{dz} - EC_{bd}^{*}\frac{d^3\varphi^{*}}{dz^3}$$

GJ_T^{*} は閉断面とした時の捩れ剛性に略々等しく，C_{bd}^{*} はやはり(1)式の C_{bd} と略々等しい。φ^{*} の解は，隔壁の部分で $\varphi^{*}=0$　$\partial\varphi/\partial z=0$ で与えられる。かくて箱桁の変形は局部的に φ^{*} の角変位が附加され，全体としての箱桁の平均捩り剛性は減少する。従って，設計に用いる為には隔壁の間隔を見掛けの捩り剛性の減少を少くする限度に密に配置する必要がある。閉断面の変形を考えた理論及び実験は Maria Eplinger (Stahlbau 7 '56) が行ったが，実測値との一致は良くない。これは捩れを取扱ったと云うよりも剪断変形を考えたと見るべきで，理論的に疑点があるように思はれる。

3 箱型断面に生ずる諸問題

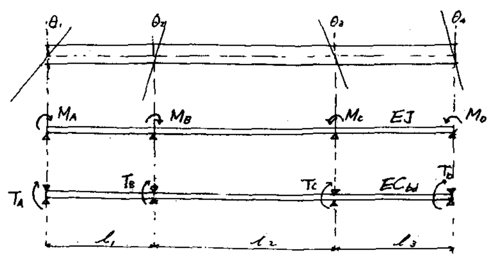
a) 捩れ剛性の假定を必要とする設計々算には，捩れ剛性 GJ_T = 一定として格子計算を行なうのは危険側を与える。連続桁で捩りモーメントが伝達される事を考慮するならば，捩り角変位を，曲げ変位と同性質に考えた $EC_{bd}\,\partial^4\varphi/\partial z^4 \fallingdotseq T_p$ で求めるのが実用的である。

b) 実験結果から見ると，箱桁の応力は軸方向応力 σ_z に曲げ捩れに依る軸応力の外に相当の Shear Lag に伴ふ軸応力変化が認められる。特に設計上は連続箱橋の中間支承での応力の精査が必要とされる。

c) 隔壁間隔又は補剛材間隔は，腹板又は圧縮線の座屈変形に対しての安全を確保する必要上比較的密になることが想像される。

4. 斜橋の簡便計算のノート

支間に対して巾員の小なる斜橋の一つの近似計算は，斜橋を曲げと捩れに対して剛性を有する部材に置換して計算を行ふ簡便法がある。



支間は橋軸線に取り，支承の不静定反力は曲げモーメント M と捩りモーメント T との二成分に分割が出来る。

曲げ剛性 EJ は，支間方向であり，一般に横桁が斜に配置されている時の釣合式は直交異方性棒又は斜交異方性の板と看做し得て，この條件のもとで精解を得るのは容易である。