隔壁の剛性を考慮に入れた二室断面箱桁の解析

鳥取大学工学部　正員　○神部俊一
上根宗好
米田倫人
中谷義紀

1. まえがき

鋼箱桁橋の中間隔壁の設計法に関する研究は，主として単室断面を有する箱桁について行なわれており，多くの研究成果が得られているが，多室断面を有する箱桁についての研究はあまり進んでいないようである。

本稿では，多室断面箱桁の一例として台形状の二室断面を有する鋼箱桁橋に着目し，それに取り付けられたラーメン型隔壁の剛性の算定法について説明する。ついで，中間隔壁の剛性が箱桁の断面変形挙動とそれに関連する力学的性状とに及ぼす影響を数値計算例によって明らかにする。なお，解析に当っては，一般化座標法に応力法的手法を導入して解いた行列表示による解析解[1)]を用いた。

2. 変位モードの選定

一般化座標法では，変位モードの設定の仕方によって解析結果が影響を受けるので，それを如何に選定するかが重要な課題となる。隔壁の剛性の影響を解析する場合に，横断面のゆがみに関連する一般化座標の選定は特に重要である。一般化座標法で取り扱かわれる箱桁の構造モデルは薄板要素の接合部を滑節で結合した一種の折板構造である。そこで，この観点から上述の一般化座標を滑節接合折板構造理論に基いて決定する。

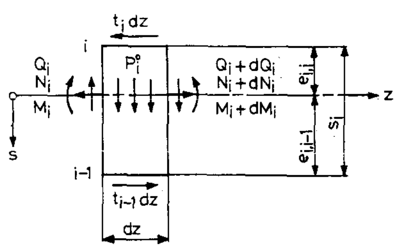
図－1に示す板 i の微小要素に関する釣り合い条件と板の接合線で垂直ひずみが等しいという条件とから，Q_i, N_i, M_i を消去して

$$T_i=\int_0^z t_i(z)dz,\quad M_i^o=-\int_0^z\int_0^z P_i^o(z)dzdz \qquad (1)_{1\sim2}$$

を用いると，T_i に関する連立一次方程式

$$ST=S_oM_o \qquad (2)$$

を得る。ここに，T：未知量 T_i を要素とする列ベクトル，S：係数行列，S_o：荷重列ベクトル，M_o：基準となる M_i^o



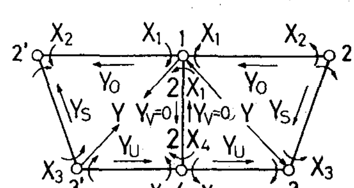
図－1　板の微小要素

次に，各板の接合部における垂直応力度を成分とする列ベクトル σ は，式(2)の T を用いると板要素の釣り合い条件から最終的に

$$\sigma=NT+N_oM_o=(NS^{-1}S_o+N_o)M_o \qquad (3)$$

と表わせる。ここに，N：係数行列，N_o：荷重列ベクトル

一般化座標法では，理論の構成の上から横断面内における垂直応力度と面外方向の一般化座標の分布は相似の関係にある。そこで，横断面の逆対称ゆがみを実現するために便宜的に導入した自己平衡力群 Y の分力 Y_o, Y_u, Y_s, Y_v（図－2参照）を P_i^o として用いると，式(3)から逆対称の面内変位モードに対応する面外変位モード（一般化座標 φ_7）が求まる。次に，滑節接合折板理論によれば，図－3に示す各板の面内変位の間に次の関係式が成立する。



図－2　逆対称の面内変位モードに対応する自己平衡力群

$$\Delta_o:\Delta_u:\Delta_s=(M_o/I_o):(M_u/I_u):(M_s/I_s) \qquad (4)$$

ここに，I_o, I_u, I_s はそれぞれ上フランジ，下フランジ，外側ウェブの

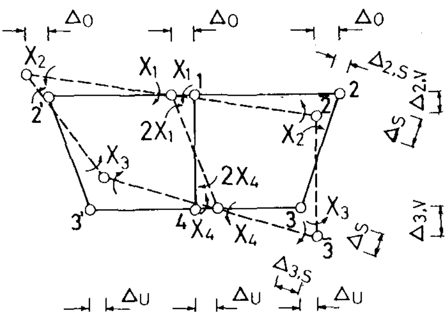
重心軸まわりの断面二次モーメント。式(4)より，例えば$\Delta_s=1$とおくとΔ_o，Δ_uが既知量になるので，逆対称ゆがみに対応する面内変位モード（一般化座標ψ_5）が定まる。

3．ラーメン型隔壁の剛性

図−3に示すX_i（$i=1,2,3,4$）は，上述の逆対称変形に対応してラーメン型隔壁に生じる不静定モーメントである。未知量X_iからなる列ベクトルをXとして弾性方程式を行列表示すれば

$$E^{-1}FX+F_oV_5=0 \qquad (5)$$

となる。ここに，F：隔壁の形状・寸法により定まる撓み性マトリックス，F_o：変形状態により定まる節点回転角f_{io}（$i=1,2,3,4$）を成分とする列ベクトル，V_5：一般化座標ψ_5に対応する一般化変位。



図−3 逆対称の面内変位モードとラーメン型隔壁の不静定モーメント

次に，図−2に示す自己平衡力群と図−3に示す変形状態とに対して仮想仕事の原理を適用すると次式を得る。

$$\sum_{i=1}^{4}X_if_{io}+Y_o\Delta_o+Y_s\Delta_s+Y_u\Delta_u=0 \qquad (6)$$

ここで，$\Delta_o=k_o\Delta_s$，$\Delta_u=k_u\Delta_s$ (7)

$$Y_o=\eta_oY,\quad Y_u=\eta_uY,\quad Y_s=\eta_sY \qquad (8)$$

$$F_o=\bar{F}_o\Delta_s \qquad (9)$$

とおいて，式(5),(6)からYを求めて行列表示すると

$$Y=\omega^{-1}E\bar{F}_o^{T}F^{-1}\bar{F}_o\Delta_sV_5 \qquad (10)$$

となる。ここに，$\omega=k_o\eta_o+\eta_s+k_u\eta_u$ (11)

横断面の逆対称ゆがみによって隔壁の縁に生ずる剪断流をqとすれば，隔壁に作用する一般化断面力Zは，式(7),(8),(11)を考慮に入れると

$$Z=\int_s q\psi_5\,ds=2\omega\Delta_sY \qquad (12)$$

と表わされる。それゆえ，$\Delta_s=1$とおけば式(10),(12)より隔壁の剛性Kが

$$Z=2E\bar{F}_o^{T}F^{-1}\bar{F}_oV_5\equiv EKV_5 \qquad (13)$$

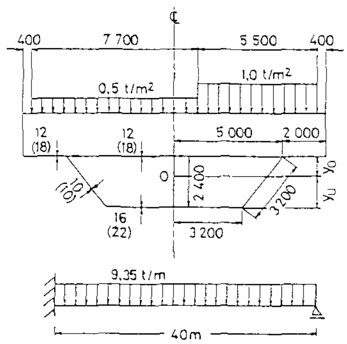
ここに，$K=2\bar{F}_o^{T}F^{-1}\bar{F}_o$ (14)

として求まる。

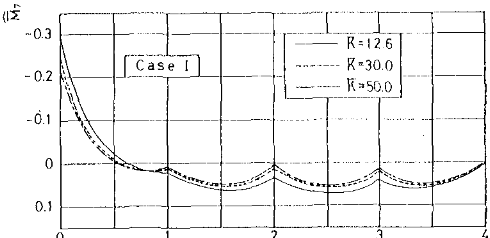
横断面の対称ゆがみに対する隔壁の剛性Kの表示式も逆対称ゆがみの場合と同様の考え方に基いて求めることができる。式(13)の関係式が求まれば弾性支承上の梁との類似性に基いて不静定量としての一般化断面力Zを定めるための弾性方程式を導くことは容易である。

4．計算結果

数値計算に用いた構造モデルを図−4に示す。図−5は横断面の逆対称ゆがみに関連する面外方向の一般化断面力（そり垂直応力度の横断面内分布に比例する物理量）の桁軸方向の分布状態を示す。3個の中間隔壁が10m間隔に取り付けられている。なお，図面に記入されている$\bar{K}$=12.6は構造モデルとして採用したラーメン型隔壁の無次元化された剛性$\bar{K}$の試算値である。図−5は隔壁の剛性が横断面のゆがみに起因するそり垂直応力度に及ぼす影響を定性的に良く説明していると考えられる。



図−4 解析用構造モデル



図−5 一般化断面力M_ηの桁軸方向分布

参考文献

1）神部，藤井：多室断面を有する連続箱桁の一般化座標法によるマトリックス構造解析，第27回構造工学シンポジウム，Ⅲ−26，1981−2．

2）奥村，鈴木：剛結合折板構造理論と台形桁への応用，土木学会論文集，NO.154，June 1968．