

川崎重工(株) 正員 ○酒井 洋典
 川崎重工(株) 佐野 信一郎
 川崎重工(株) 正員 長井 正嗣

1. まえがき

多室曲線箱桁の立体的力学特性について検討を実施した例はほとんどみられない。特に、近年のように構造物が大型化する傾向の中で、通常の曲げねじり理論では把握し得ない現象の解明が重要視されるようになっており、本文ではそのような現象を考慮した曲線多室箱桁の力学的特性について検討を実施することとした。

周知の通り、薄肉箱断面構造においては断面変形が中間ダイアグラムのあるいは付傾構の設計法と関連して重要な問題となり、単に付加変形の誘発のみならず荷重分配および反力性状に対しての影響を与えると考えられてこの種の挙動を明確にしておくことは重要と考える。特に、曲線箱桁においては桁荷横荷重によってもねじり変形が生じ、直線桁に比して断面変形は厳しくなるとともにその挙動も一層複雑になることが知られている。

著者らは、1室箱桁について曲線形の断面変形に関する挙動を明確にし、あわせて設計法の提案を実施した。¹⁾しかしながら、多室箱桁では断面変形モードも一室断面のように単純でないこと、常にねじり変形が発生することなど種々の複雑な要因が関連すると考えられる。そこで、すでに開発したブロック要素²⁾をもちいて多室曲線箱桁の力学的特性について検討を実施する。

2. 基礎理論

円筒座標系を設定し、図-1に示すブロック要素を考える。3室箱断面の断面内の変位を表わす一般化座標を図-2に示す。このブロック要素を α 方向に接合することにより図-3に示す任意の円曲線(直線も含む)構造の解析が可能となる。さて、図-1に示すブロック要素の剛性方程式は以下の様になる。(詳細な誘導過程は文献2を参照されたい。)

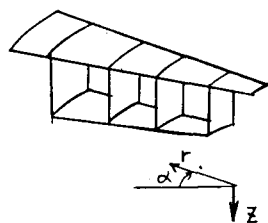
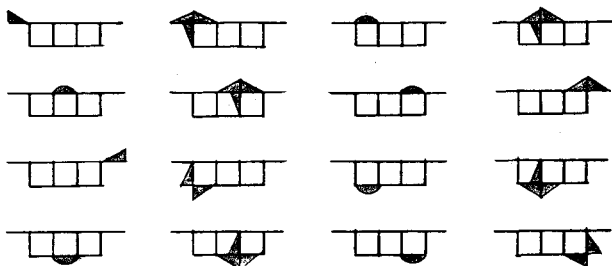
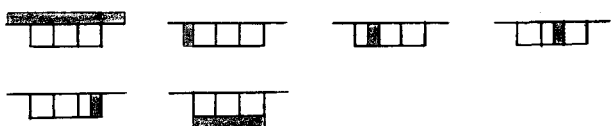


図-1 ブロック要素

円筒座標系での剛性マトリックス誘導においては剛体運動の導入が問題となり、節点での未知量として変位のみでなく変位の微係数も考慮している。(α方向に3次関数を採用する。)したがって、本ブロック要素の剛性マトリックスは88行88列となり、必然的にバンド幅も大きくなる。そこで、以下の手順で縮合を実施することとした。



(a) 橋軸方向一般化座標



(b) 横軸方向一般化座標

図-2 一般化座標

$$\begin{Bmatrix} f \\ f' \end{Bmatrix} = \begin{matrix} (44) & (44) \\ (44) & \end{matrix} \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \delta \\ \delta' \end{Bmatrix} \quad (2)$$

ここで、 δ は変位に関するベクトル、 δ' は変位の微係数に関するベクトル、 f および f' はそれぞれ δ および δ' に対応する節点力ベクトルである。

式(2)の δ を消去して、

$$f - K_{12} K_{22}^{-1} f' = (K_{11} - K_{12} K_{22}^{-1} K_{21}) \cdot \delta \quad (3)$$

を得る。

中間対称橋は図-4に示すX形トラスが取り扱えるようにした。各種タイプの対称橋および橋板については断面変形に関する等価剛性式によりX形トラスとして取り扱うこととした。

支点上ダイヤフラムはX形トラスの他に、図-5に示すように腹板直下に変形のない場合に対処するために板形式ダイヤフラムを考慮、以下のような手順で処理した。

図-6に示す三角形薄板要素①、②、③から成る矩形ダイヤフラムの剛性方程式を誘導する。

$$^{(10)}P = ^{(10)}k \cdot d^{(10)} \quad (4)$$

下フランジ腹板間の半方向自由度はそのまま未知量として残すこととし、ブロック要素の自由度と対応するように座標変換を設けると

$$^{(5)}P = ^{(5)}K \cdot D^{(5)} \quad (5)$$

ここで、 $P = T^T \bar{P}$ 、 $K = T^T \bar{k} T$ であり、 T は (10×5) の変換マトリックスである。図-7に下フランジ間に未知量のない場合(a)および存在する場合(b)の横方向自由度を示す。

斜張橋のようにケーブルが主桁に取りつけられる場合には、図-8に示すようにケーブル定着中心位置に新たに節点を設け、この節点と腹板およびダイヤフラムの交差する節点とトラス部材を設けて処理することとした。すなわち、トラス部材の剛性方程式として、

$$\begin{Bmatrix} ^{(18)}P_1 \\ ^{(32)}P_c \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d^{(18)} \\ d_c^{(32)} \end{Bmatrix} \quad (6)$$

を得る。変位 d に関する剛性マトリックスはブロック要素の剛性マトリックスを重ね合せ、変位 d_c に関する剛性マトリックスについて、ケーブルの剛性マトリックスを重ね合せればよい。

3. まとめ

3室箱桁のブロック要素による解析手法を、主に実橋モデルと再現する立場からその取り扱いを示した。曲線対称箱桁の種々の力学的特性およびケーブル部材との複合系についての特性等については当日発表させていただいた。

参考文献 1) 坂井 隆一・長井 正嗣：曲線鋼箱桁橋の中間ダイヤフラム設計法に関する一提案、土木学会論文報告集，第305号，1981年1月 2) 坂井 隆一・長井 正嗣：ブロック有限要素法による薄肉曲線箱桁の立体解析，土木学会論文報告集，1980年3月。

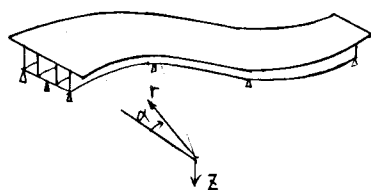


図-3 任意内曲線構造

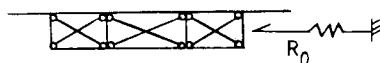


図-4 中間対称橋

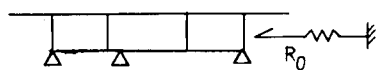


図-5 腹板直下に変形のないケース

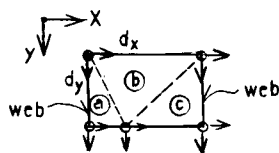
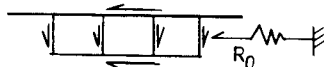
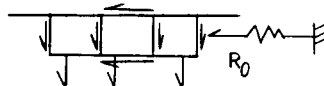


図-6 支上ダイヤフラム



(a)



(b)

図-7 ブロック要素の横方向自由度

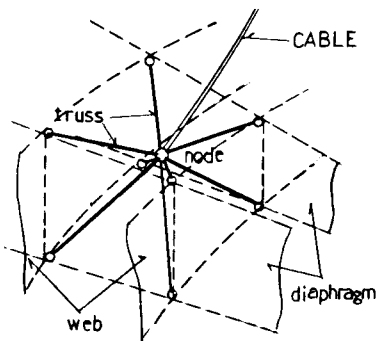


図-8 主桁にケーブルが導入されるケース