

I-A283 曲線箱桁橋の架設時における立体挙動について

北海道大学大学院工学研究科 正員 平沢 秀之
 新日本製鐵(株) 正員 金城 一太
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 林川 俊郎
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 浩一

1. はじめに

近年我が国では橋梁建設の工期短縮、低コスト化の要求が高まっており、橋梁の製作、架設の合理化、省力化が重要な課題となってきた。このような状況の中で経済性の向上を目指した橋梁に関する研究、開発が各関連機関で行われ、橋建協においてもトータルコストの縮減が期待できる各種合理化橋梁形式の提案がなされている¹⁾。その中の一つの形式である開断面箱桁橋は、上フランジ部材をI桁と同様な構成とし、鋼断面は上側がオープンであり、床版完成時に箱断面を形成するという橋梁形式である。本研究はこのような特徴を有する開断面箱桁に注目し、比較的大きな曲率を有する曲線桁を対象として、架設時における立体挙動特性を把握することを目的としている。橋梁完成時は床版コンクリートが硬化して鋼桁上フランジにジベルを介して結合され、合成箱断面として十分なねじり剛性を発揮するが、コンクリート硬化前の架設時では床版が主桁の上フランジと剛に結合されていないため、十分なねじり剛性を有していないと考えられる。そこで本研究ではこのねじり剛性の影響を調べるために、床版の型枠兼支保工となるデッキプレートの厚さをパラメータとした解析も行っている。計算には解析モデルが変断面面桁であることから図心軸、せん断中心軸が変化していることを考慮できる剛性マトリックスを適用しており、通常のはり要素の剛性マトリックスによる結果との比較も行っている。

2. 断面内の任意点を節点とするはり要素

薄肉変断面面桁構造は一般にせん断中心軸や図心軸が一定ではない。このような構造をはり要素を用いて解析するときは、通常いくつかの等断面直線部材に分割したモデルを用いるのが一般的である。しかしこのように直線部材で要素分割すると、隣り合う要素間で図心軸とせん断中心軸は階段状になり、必ずしも一致しない。そのためせん断中心あるいは図心に関する要素剛性マトリックスを単純に重ね合わせることができない^{2),3)}。ここではこのような変断面部材を扱えるような要素剛性マトリックスを誘導する。せん断中心や図心以外の断面内の任意の点を節点にすることができれば、隣り合う要素間で同一の節点に選ぶことができ、重ね合わせの適用が可能となる。

図-1に示すような薄肉断面部材を考え、点O、Sをそれぞれ図心、せん断中心とし、Oを原点とするx、y、z座標系を設定する。点P、Qはそれぞれ部材両端部に設けられた任意点である。部材断面は変形後も断面変化をせず、かつ平面保持の仮定が成り立つものとする。この仮定の下で点Pに関する変位関数を導くと次式が得られる。

$$u_p = u_o - y_p \theta_{zo} + z_p \theta_{yo} + \omega_{xs}(y_p, z_p) \cdot \theta'_{xs}, \quad v_p = v_s - (z_p - z_s) \theta_{xs}, \quad w_p = w_s + (y_p - y_s) \theta_{xs}, \quad \theta_{yp} = \theta_{ys} - (y_p - y_s) \theta'_{xs},$$

$$\theta_{zp} = \theta_{zs} - (z_p - z_s) \theta'_{xs}, \quad \theta_{xp} = \theta_{xs}, \quad \theta'_{xp} = \theta'_{xs} \quad (1a-g)$$

ここで $\omega_{xs}(y_p, z_p)$ は点PのSに関するそり関数である。式(1)をSに関する式に直し、マトリックス表示すると次式となる。

$$\{u_i\} = [A_p] \{u_p\}, \quad \{u_i\} = \{u_o \ v_s \ w_s \ \theta_{xs} \ \theta_{yo} \ \theta_{zo} \ \theta'_{xs}\}^T,$$

$$\{u_p\} = \{u_p \ v_p \ w_p \ \theta_{xp} \ \theta_{yp} \ \theta_{zp} \ \theta'_{xp}\}^T,$$

$$[A_p] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -z_p & -y_p & a \\ 1 & 0 & z_p - z_s & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -(y_p - y_s) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & y_p - y_s & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & z_p - z_s & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2a-d)$$

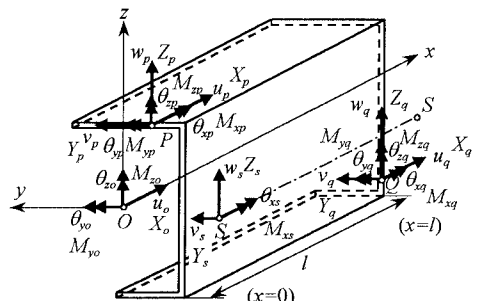


図-1 薄肉断面部材

ここで、 $a = -(\omega_{xs}(y_p, z_p) + y_p z_s - z_p y_s)$ である。上式を拡張して点Qについても成り立つようにしたマトリックス $[A_{pq}]$ を、次式のように図心及びせん断中心に関する $[K]$ に掛けると、任意点P、Qに関する解析を行うことができる。

$$\{X_{pq}\} = [A_{pq}]^T [K] [A_{pq}] \{u_{pq}\} = [K_{pq}] \{u_{pq}\} \quad (3)$$

ここで、 $\{X_{pq}\}$ 、 $\{u_{pq}\}$ はそれぞれP、Qに関する節点力と節点変位である。

キーワード：曲線箱桁橋、架設時、変断面、送り出し

連絡先：060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

3. 解析モデル

解析モデルは図-2のように手延べ桁を有する曲線桁で、送り出しによる架設時⁴⁾を対象とする。支点は図中の S_{2l} 、 S_{2r} 、 S_{4l} 、 S_{4r} の位置にあるものとする。断面は上下フランジ、腹板、デッキプレートの寸法が橋軸方向に変化する変断面である。

4. 架設時における立体挙動

図-3は死荷重による桁全体の水平、鉛直変位及びねじり角を表している。解析方法については、そりねじりを無視した1節点6自由度のはり要素を用いた場合を解析法1とし、そりねじりを考慮した場合を解析法2、更に図心軸、せん断中心軸のずれを考慮した2.の方法を解析法3としている。図-3より解析法1と2の差は小さく、立体挙動に対するそりねじりの影響は殆ど無視できる。解析法3については水平変位に顕著な差が現れている。これは任意節点を下フランジ内に設定しているため、せん断中心に関するねじりによって水平変位が生じたためである。

図-4は、実際のデッキプレート厚が6[mm]のところを、仮想的に薄くしたときの影響を解析法3を用いて調べたものである。板厚0[mm]はデッキプレートが主桁に結合されておらず、剛性が全く考慮されない極端な場合を想定したものである。板厚を変化させることで、桁の曲げ剛性とねじり剛性が変化するが、図-4(a)の鉛直変位の差が小さいことから曲げ剛性に与える影響は比較的小さいと言える。しかし水平変位及びねじり角の差は比較的大きく、特に板厚が0[mm]のときは顕著に異なっている。従ってデッキプレートと主桁の結合の程度は、ねじり剛性に大きく影響すると考えられる。

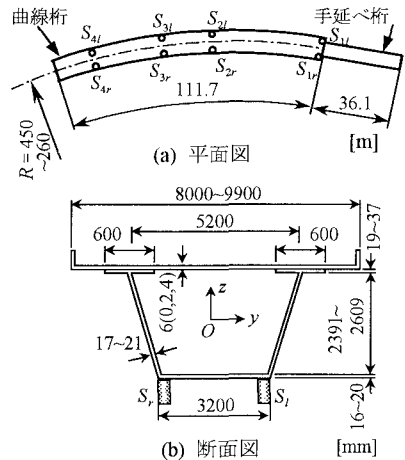


図-2 解析モデル

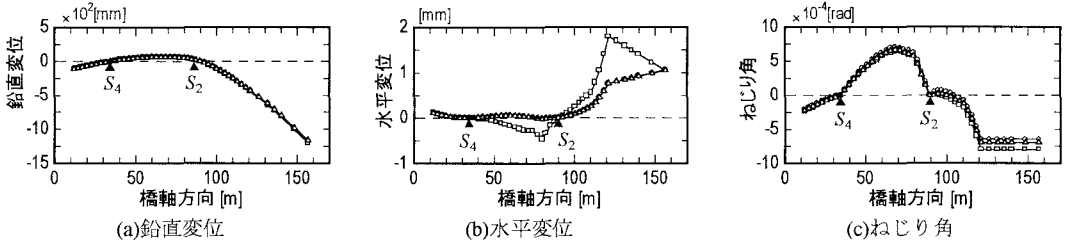


図-3 曲線桁橋架設時の挙動(—○—: 解析法1, —△—: 解析法2, -□-: 解析法3)

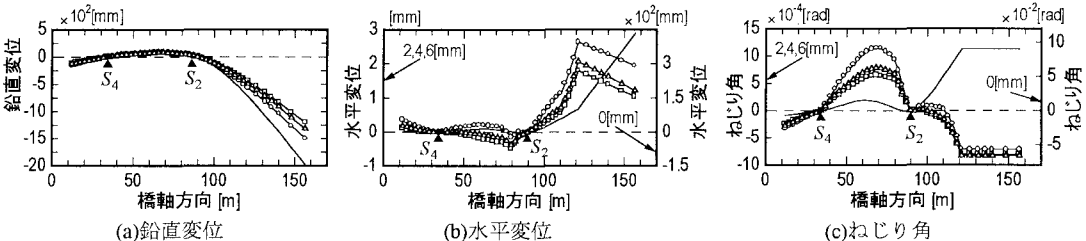


図-4 デッキプレート厚の影響(—: 0[mm], -○-: 2[mm], -△-: 4[mm], -□-: 6[mm])

5. おわりに

曲線箱桁橋の送り出し架設時に着目して立体解析を行い、その静的挙動を調べた。曲線桁の場合は鉛直変位とねじりが連成するため、特に架設時のように張り出し部を有して大きく変形するときは、解析方法によって結果が異なることが本研究によって確かめられた。またデッキプレート厚を変化させることにより主桁との結合度の影響を検討した結果、ねじり剛性に対して大きな影響を及ぼすことが得られた。主桁と全く結合されていない極端な例では、水平変位とねじり角で他と顕著に異なる結果となった。床版コンクリート硬化前の架設時における桁の挙動を正確に把握するには、今後この結合度をどの程度に見積もるかが重要になってくると考えられる。

【参考文献】 1)(社)日本橋梁建設協会：新しい鋼橋の誕生、資料編、1998。 2)驚津久一郎、宮本博、山田嘉昭、山本善之、川井忠彦共編：有限要素法ハンドブック I 基礎編、培風館、1981。 3)藤谷義信：薄肉はり構造解析、培風館、1990。 4)川畑 治、磯江 暁、山本晃久、大垣賀津雄、他4名：2主桁橋の送り出し架設及び床版施工時における鋼桁安定性照査、土木学会第53回年次学術講演会、第1部(A)、pp.132-133、1998。