

関西大学工学部 学生員○小山和裕 松尾橋梁（株） 正会員 明田啓史  
関西大学大学院 学生員 荒木 崇 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき

近年、鋼橋の設計・製作・架設の合理化・省力化が進められている。それらの成果のひとつに合理的・経済的な構造としての開断面箱桁橋がある。また、山岳部や河川部などでベント設備が設置できない場合には、送り出し架設を採用される。しかし、送り出し架設時の桁先先端がつぎの橋脚に到達する直前において、張り出し部を支える支点近傍で桁は、支点反力としての局所荷重、負の曲げモーメント、せん断力を受け、極めて重大な状態になる。本研究では、福岡高速5号線の設計指針を参考に、その基本断面をモデル化し、開断面逆台形箱桁連続橋の送り出し架設時における座屈安全性の評価を耐荷力の観点から弾塑性有限変位解析によって明らかにする。

2. 解析モデル

開断面逆台形箱桁連続橋の送り出し架設時の全体変形挙動、特に手延べ機

の先端が橋脚に到達する直前での挙動を検討するため、汎用有限要素プログラム“MARC2000”を用いた。逆台形箱桁は、Fig.1に示すように、板要素とはり要素からなる結合モデルにモデル化する。その断面諸元をTable 1に示す。ただし、上下フランジの板厚は、橋軸方向に断面変化がなされているため、一定としていない。なお、初期不整は考慮しない。

Table 1 断面諸元 (mm)

| $h$   | $b_w$ | $t_w$ | $b_{fu}$ | $t_{fu}$ | $b_{fl}$ | $t_{fl}$ |
|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|
| 2,800 | 3,311 | 16    | 700      | $a$      | 3,000    | $b$      |

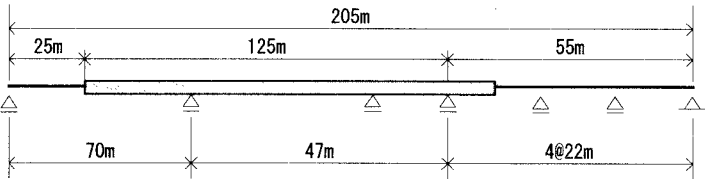


Fig.1 解析モデル

3. 送り出し支点上の補剛の有無による座屈安全性

Fig.1のように、手延べ機の先端が橋脚に迫り着く直前の最も危険な状態を解析する。送り出し先端における荷重－鉛直変位の関係を図示すれば、Fig.2を得る。ただし、縦軸は死荷重 $q_e$ を基準とする荷重係数 $q/q_e$ 、横軸は桁先での鉛直変位 $\delta_y$ である。ちなみに、死荷重には鋼桁の自重のみとした。

図から明らかなように、中間ダイアフラムや、フランジおよび腹板に設けられた横補剛材・垂直補剛材位置に支点がきた場合、崩壊時の荷重係数は約5.94となった。支点部近傍の下フランジでは、約  $q/q_e=5.0$ で、最大垂直応力が降伏点応力 $\sigma_y=450\text{MPa}$  (SM570)に達し塑性化していた。この段階に至るまで顕著な座屈は見受けられなかったが、その後、下フランジに圧縮座屈が生じ崩壊に至った。

ダイアフラムや補剛材位置が、万が一、支点上にない場合も解析した。解析の結果、補剛材のない部分が支点上に移動してきても、荷重係数は約 $q/q_e=3.5$ を確保できた。ただし、補剛材位置に支点が一致した場合の変形状態と比較すると、約  $q/q_e=3.0$ 付近で腹板にクリッピング現象が確認でき、特徴ある変形が認められた。

4. 張り出し長さが座屈強度に及ぼす影響

手延べ機を使用しない状態を考え、張出し長さを種々変化させながら解析し、その座屈安全性を検討した。ただし、支点上には、ダイアフラムや横・垂直補剛材が位置しているものとした。また、比較のため、張り

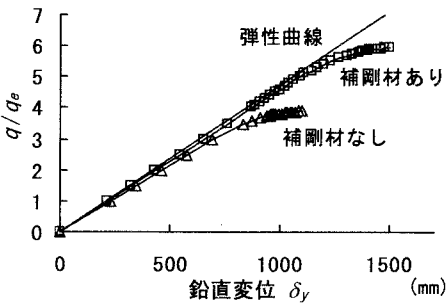


Fig.2 桁先での荷重－鉛直変位の関係

出し部の支間長が70,000mmを越えた場合も解析した。張り出し長さ  
と崩壊時の荷重係数 $q_u/q_e$  ( $q_u$ : 最高荷重) との関係を求めれば、  
Fig.3を得る。図から明らかなように、荷重係数は張り出し  
部の長さに比例してほぼ線形的に減少する。張り出し長さが  
74,000mmの場合、荷重係数は約1.98であった。上述のとおり、  
支点上に補剛材がない場合、ある場合に比較して、荷重係数が  
約2.4減少するので、支間長が長くなると、死荷重そのものに相  
当する荷重係数1.0を下回ることになる。したがって、張り出し  
長さによって安全性が確保できる架設を考える必要がある。

なお、いずれのケースも下フランジの塑性化によって崩壊した。

## 5. ダイアフラム間隔と座屈強度との関係

ダイアフラムは開断面箱桁の断面形状を保持する上で重要な  
役割を担っている。ダイアフラム間隔は、道路橋示方書<sup>1)</sup>では 6m  
以内と定められている。本モデルの参照箱桁では、平均間隔が  
約5,440mmである。そこで、ダイアフラムの間隔と座屈安全性  
との関係を明らかにし、省力化の可能性を検討する。設計指針  
で定められたダイアフラム間隔を $\lambda_e$  [mm]、解析モデルのダイ  
アフラム間隔を $\lambda$  [mm] とし、

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_e}{\lambda} \quad (1)$$

のように定義する。ここでは、 $\bar{\lambda}=1.0, 2.0, 4.0$ の3ケースを解析  
し、その座屈安全性を検討する。ただし、平均ダイアフラム間  
隔が約5,440mmであったので、これを基準値 $\bar{\lambda}=1.0$ とする。ま  
た、ダイアフラムの剛性は一定とした。説明の便宜上、各解析  
モデルをそれぞれd-1, d-2, d-4とする。

桁先での荷重—鉛直変位関係を図示すれば、Fig.4を得る。図  
から明らかなように、荷重係数は $\bar{\lambda}$ の増大とともに減少する。

そこで、Fig.5に崩壊時の荷重係数と $\bar{\lambda}$ との関係を示す。図か  
ら明らかなように、荷重係数は $\bar{\lambda}$ に比例してほぼ線形的に減少  
する。各ケースにおいて比較的大きな安全率を確保しているが、  
ダイアフラムを省略したことで、横断面形状を保持する力が弱まり、  
下フランジの変形だけでなく、腹板と上フランジの変形も検討する  
必要がある。 $\bar{\lambda}=4.0$ に関しては、腹板上部および上フランジの面外変形が顕著  
になるため、架設時のみに補剛材を配置するなどの工夫が必要である。

## 6. まとめ

本研究では、つぎのことを検討した。すなわち、

- 1) 張り出し支間長が70m部分に25mの手延べ機を利用した送り出し架設時の座屈安全性を検討した。また、  
支点上の補剛材の有無による強度と変形についても比較検討し、その安全性を確認した。
- 2) 張り出し支間の長さを種々変化させ、送り出し架設に手延べ機が有効であることを再確認した。
- 3) 中間ダイアフラムの間隔を種々変化させ、ダイアフラムと座屈強度との関係を明らかにした。逆台形箱  
桁固有の変形が生じるため、強度のみならず、上フランジや腹板への面外変形にも注意を要する。

なお、本研究では、初期不整を考慮しなかった、今後、その検討が必要であろう。

参考文献 1) 日本道路協会編：道路橋示方書・同解説 I 共通編 II 鋼橋編，丸善，1996-12

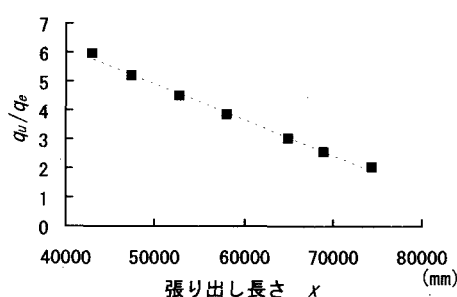


Fig.3 張り出し支間長と荷重係数との関係

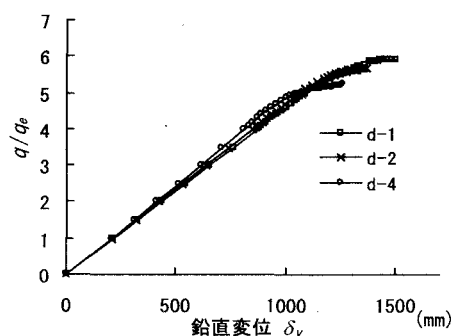


Fig.4 桁先での荷重—鉛直変位の関係

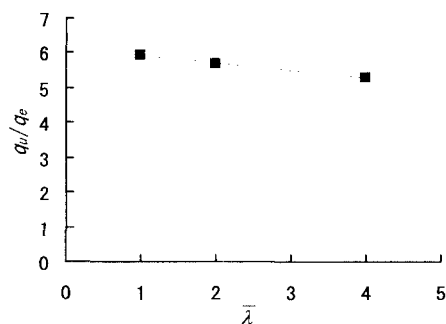


Fig.5 ダイアフラム間隔と荷重係数の関係