

関西大学大学院 学生員〇廣瀬恵子 関西大学工学部

鎌田昌隆

松尾橋梁（株）

正会員 明田啓史

関西大学工学部

正会員 堂垣正博

1. まえがき

公共事業のコスト削減が強く求められているわが国では、現在、鋼道路橋において設計・製作・架設の合理化・省力化が進められている。それらの成果の一つに開断面逆台形箱桁がある。この種の橋梁は、上フランジが開いた構造のため、桁が横倒れ座屈しやすい。この種の橋梁が山岳部や河川など、ベントが設置できない箇所に架設される場合には、送り出し架設工法が採用される。この場合の問題点として、先端が橋脚に到達する直前に、張り出し部の桁重量が近傍の支点上に集中して作用するため、極めて厳しい応力状態となることが挙げられる。

ここでは、福岡高速5号線を参考に、桁先から180mの桁部分と25mの手延べ機を板要素でモデル化し、送り出し架設時における鋼桁の変形挙動と終局強度を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

送り出し架設時の桁全体の変形挙動を明らかにするため、汎用有限要素プログラム“MARC2001”で弾塑性有限変位解析を行う。手延べ機先端がつぎの橋脚に到達する直前を想定して、解析モデルを板要素で作成する。その図をFig.1に、基本断面図の寸法諸元をTable 1に示す。ここに、上下フランジの幅を b_{fu} 、 b_{fl} 、腹板の幅と厚さを b_w 、 t_w 、桁の鉛直高さを h とする。ただし、上下フランジの板厚は断面変化によって変化している。

3. 送り出し支点上における垂直補剛材の効果

Fig.1のように、手延べ機の先端が橋脚に到達する直前を解析する。また、補剛されていない箇所が支点上に位

Table 1 断面諸元 [mm]

h	b_w	t_w	b_{fl}	b_{fu}
2,800	3,130	17	700	3,000

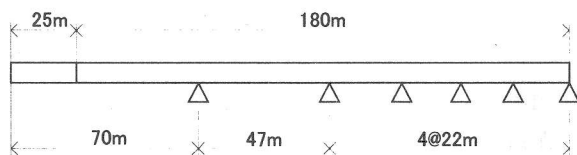


Fig. 1 解析モデル

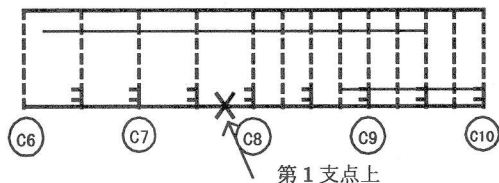
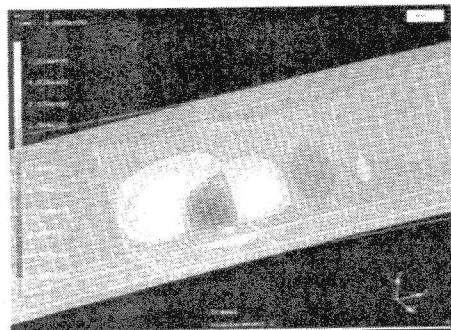
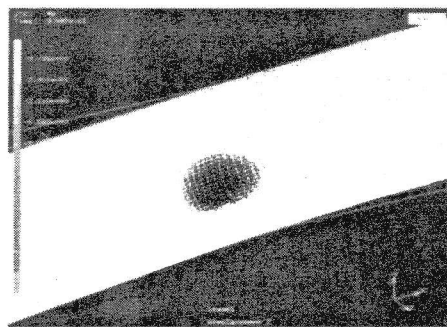


Fig. 2 支点位置



補剛材が位置している場合



補剛材が位置していない場合

Fig. 3 コンター図

置する場合が最も危険な状態になることから、支点位置がFig.2に示す位置にある場合も解析する。

Fig.3に最高荷重時における支点位置での腹板の面外変形を等高線で示した。図から明かなように、仮支点が補剛材上に位置する場合、腹板パネルは補剛材を節として凹凸に変形している。しかし、仮支点が補剛材上に位置しない場合、支点直上の腹板は大きく面外方向に変形している。鋼桁は、垂直補剛材の有無に関わらず、下フランジの圧縮座屈によって崩壊した。

Fig.4に送り出し先端部における荷重-鉛直変位の関係を示す。ここに、縦軸は載荷荷重 q を自重 q_0 で無次元化した値、横軸は手延べ機先端の鉛直変位 δ_y である。Fig.5は、腹板における最も変位が大きな箇所での荷重-面外変位

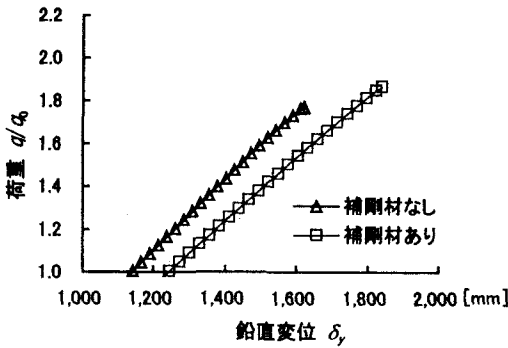


Fig. 4 荷重-鉛直変位

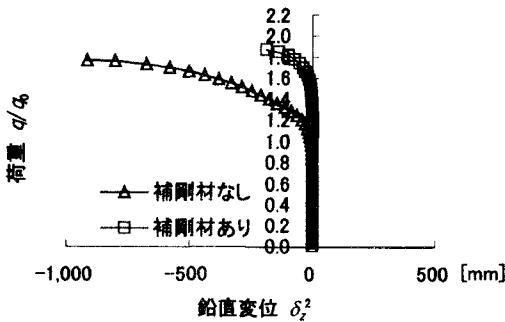


Fig. 5 荷重-面外変位

の関係を示す。ここに横軸は腹板の面外変位 δ_z^2 である。

Fig.4から明らかなように、仮支点が垂直補剛材下に位置する場合、鋼桁の終局強度は自重の1.868倍である。また、位置しない場合には自重の1.768倍で、終局強度は前者より若干低下している。

Fig.5に示すように、仮支点が垂直補剛材下に位置する場合、自重の約1.6倍程度の荷重で腹板の局部座屈が生じている。一方、位置しない場合には、自重に近い段階から座屈変形が進行し、かつ最大変位も大きく成長する。

以上のことより、送り出し架設時に最も厳しい応力状態になる支点位置でも十分な強度を有している。ただし、

腹板の局部座屈による強度低下を設計段階から十分に留意しておく必要がある。

4. ダイアフラム間隔の変化による腹板の挙動の照査

本解析モデルでは、ダイアフラムが約5,440mmの間隔で配置され、道路橋示方書の規定である6m以内の間隔を満たしている。

ダイアフラム間隔が広くとれば、合理化・省力化が一層可能となる。そこで、ダイアフラム間隔を変化させた場合の解析を行い、鋼桁の変形挙動と終局強度を検討する。ここに、基本設計でのダイアフラム間隔を λ_0 、解析モデルのダイアフラム間隔を λ とし、 $\bar{\lambda}=\lambda/\lambda_0$ とする。

中間ダイアフラムの間隔と鋼重、終局強度、上フランジでの最大水平変位の関係をTable 2に示す。表から明らかなように、鋼桁の終局強度はダイアフラム間隔を徐々に広くすると上昇し、 $\bar{\lambda}=2.0$ で最大となる。それ以上の $\bar{\lambda}$ になれば、再び終局強度は低下する。その原因として、中間ダイアフラムが補剛部材ではなく、断面の形状保持として働いているため、狭い間隔では鋼桁の終局強度に直接関係しないことが考えられる。そのため、 $\bar{\lambda}=2.0$ までのダイアフラム間隔が比較的狭い段階では、腹板の局部座屈の影響に比べて、自重の低減効果が現れている。 $\bar{\lambda}=2.5$ 以上になれば、上フランジの横倒れ座屈による強度低下の影響が大きくなるため、下フランジの応力状態が厳しくなり、強度が低下していると考えられる。ちなみに、本モデルは $\bar{\lambda}=4.0$ の場合でも十分な強度を有している。ただし、上フランジの最大変位が約20mmと大きくなり、その後の架設が困難となることが予想される。

5. まとめ

25mの手延べ機を用いた支間長70mの送り出し架設時において、支点上での垂直補剛材の有無による腹板の変形挙動を検討し、垂直補剛材の効果を明らかにした。

中間ダイアフラムの間隔を変化させ、重量軽減と腹板の横倒れ座屈による橋桁の強度への影響を明らかにした。

参考文献 1) 日本道路協会編：道路橋示方書(I 共通編・II 鋼橋編)・同解説、丸善、2002-3。

Table 2 解析結果と減少する部材量の関係

$\bar{\lambda}$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
減少する部材重量 [kN]	0.00	29.60	46.97	51.14	57.26	60.31	69.49
最大荷重 q/q_0	1.868	1.882	1.967	1.949	1.912	1.911	1.918
上フランジの最大変位 [mm]	0.926	2.064	2.891	6.034	7.207	10.841	21.867