

鋼逆形合成箱桁橋架設系のせん断耐荷性能

大阪大学大学院 学生員 楠村幸正 駒井鉄工 正会員 玉田和也  
 大阪大学大学院 正会員 小野 潔 災害科学研究所 フェロー 西村宣男

1. はじめに

近年、技術の進歩および社会的背景からいっそうの建設コスト縮減と合理化、省力化が求められている。それを可能とする橋梁形式として鋼逆形合成箱桁橋が再び注目されようになった。鋼逆形合成箱桁橋の架設系の照査において、フランジおよび腹板は「道路橋示方書・同解説 鋼橋編」<sup>1)</sup>(以下「道示」という。)の鋼桁(プレートガーダー)の規定を準用して設計される場合が多い。しかしながら、鋼逆形合成箱桁橋は、一般的なプレートガーダーと異なり腹板が傾斜している場合が多い。よって、道示の規定や既往のプレートガーダーの曲げおよびせん断耐荷力算定式がそのまま鋼逆形合成箱桁に適用できるのか不明である。そこで本研究では、耐荷性能に関するパラメトリック解析を行い、逆形断面のせん断耐荷性能を明らかにするとともにせん断強度算定式についての検討も行う。

2. 実績調査に基づくパラメータ設定

「開断面箱桁橋の実績調査報告」<sup>2)</sup>より平均的な断面(図-1)を求め、それをもとにパラメトリック解析に必要な各種パラメータ(腹板と上フランジの幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}$ (LA): 図-2に示す9種類, 中立軸の位置 $e_{yu}$ (NA): 4種類0.5~0.7, 腹板の傾斜角度 $\theta$ (TH): 4種類50°~90°)を決定した。

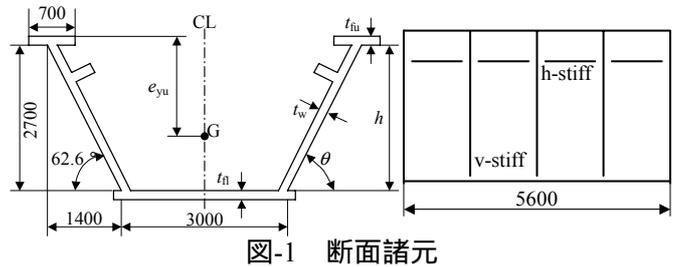


図-1 断面諸元

・上フランジの幅厚比パラメータ

$$\bar{\lambda}_{pf} = \frac{b_{fu}}{2t_{fu}} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\sigma_{yfu}}{k_c \pi^2 E}}$$

・腹板の幅厚比パラメータ

$$\bar{\lambda}_{pr} = \frac{b_w}{t_w} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\tau_{yw}}{k_s \pi^2 E}}$$

ここに $k_s$ は、腹板の座屈係数(DIN4114<sup>3)</sup>による)実績調査に基づくパラメータ解析結果から水平補剛材の有無に関わらず腹板の全幅 $b_w$ により算出することとした。

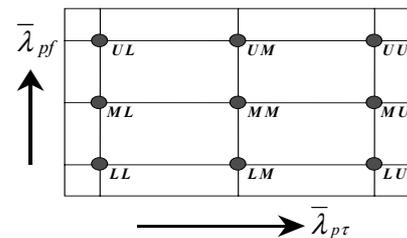


図-2  $\bar{\lambda}$ (LA)シリーズ(9種類)

3. せん断卓越部の耐荷性能

3.1 解析モデル

解析には本研究室で開発された耐荷力解析プログラム(OLFRAM-NASTAP)を用いた。解析モデルは、図-3のように連続桁の端支点部分を念頭に実績調査による平均支間長の0.9倍の支間長52.2mの単純桁とし、その左端にダイヤフラム間をモデル化した5.6mの薄板要素ブロック、その他の部分を骨組要素でモデル化した。また、薄板ブロックが端部になるため、実橋の境界条件を適切にモデル化するためにソールプレートを設置し支点位置の節点の鉛直変位を拘束し、支点上は支点上ダイヤフラムを設けた。

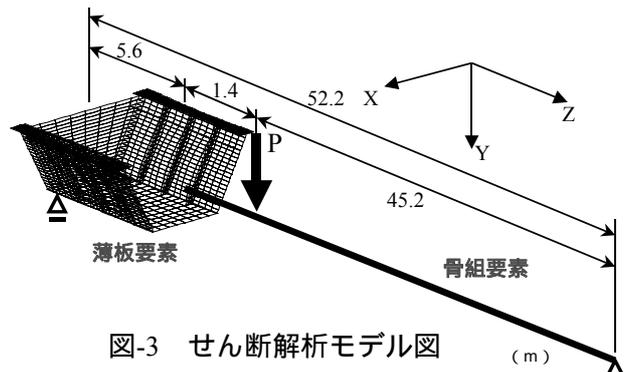


図-3 せん断解析モデル図 (m)

3.2 解析条件

初期たわみ(図-4)は正弦波で与えた。水平・垂直補剛材位置で節となるような形状で導入した。最大縦距に関しては道路橋示方書の規定に従い腹板単一パネル幅の1/250, 上フランジ幅の1/200とした。残留応力(図-5)は引張残留応力 $\sigma_t = 1.0 \sigma_y$ , 圧縮残留応力 $\sigma_c = -0.2 \sigma_y$ を導入した。

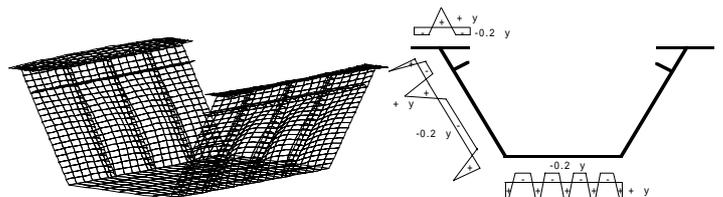


図-4 初期たわみ図

図-5 残留応力図

**Key Words** : 鋼逆形合成箱桁, 架設系, せん断強度

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

3.3 解析結果

別途行った純曲げ解析結果と Basler のせん断強度で無次元表示した下記の式の相関曲線図（4乗則）に 18 個のせん断解析の結果をプロットしたものを図-6 に示す。

$$\left(\frac{M}{M_u}\right)^4 + \left(\frac{V}{V_u}\right)^4 = 1$$

$M_u$  : 別途行った純曲げ解析結果  
 $V_u$  : Basler のせん断強度

グラフより UL,UM,UU の 3 断面はせん断よりも曲げが支配的な領域にプロットされている。いずれも上フランジの幅厚比パラメータが大きい断面であり,上フランジの局部座屈によって断面が極限状態を迎えている。一方,上フランジの幅厚比が小さい LL,LM,LU はほぼ  $V/V_u = 1$  のライン上にプロットされている。上フランジが厚いため腹板のせん断座屈により断面が極限状態に至り,腹板の幅厚比パラメータが大きいほどせん断強度が支配的な位置にプロットされている。上フランジが標準的な幅厚比パラメータを有する MU,MM,ML の場合はせん断と曲げの中間的な位置にプロットされており,その中でも腹板の幅厚比パラメータによって曲げが支配的である ML からせん断が支配的である MU まで分布している。相関式の値はいずれも 1.0 を超えており図-6 の分布からも,Basler のせん断強度式と 4 乗則の相関式が逆形断面の曲げせん断解析を適正に評価していることがわかる。

図-7 には横軸に腹板の幅厚比パラメータを縦軸は降伏せん断力で無次元化した最大せん断力を示す。せん断が支配的である LU,LM の 2 断面は Basler のせん断強度曲線とほぼ一致した。図-8 には中立軸を変化させた場合の Basler のせん断強度で無次元化した最大せん断力を示す。中立軸が下がるほど最大せん断力が低下する傾向があり,腹板高の 1/2 位置に中立軸がある場合に比べて中立軸が  $e_{yu}/h=0.7$  の場合は約 5%せん断強度が低下する。図-9 には腹板の傾斜角度を変化させた場合の Basler のせん断強度で無次元化した最大せん断力を示す。腹板が傾斜するほどモーメントの影響の大小 (MM,LM) に関わりなくせん断強度は低下しており,最大 5%程度の低減となる。

4. まとめ

鋼逆形断面のせん断強度に関するパラメトリック解析を行った結果,曲げとせん断の組合せの割合を決定づける構造パラメータは上フランジの幅厚比パラメータであった。その中でせん断強度の割合を決める構造パラメータが腹板の幅厚比パラメータであった。中立軸位置および腹板の傾斜角度については曲げと同様に数パーセントの増減は発生するものの実用の範囲で強度に与える影響はわずかであった。そのため,現基準を用いて設計された鋼逆形合成箱桁橋に致命的な問題が発生することはないと考えられる。

参考文献

1)日本道路橋協会：道路橋示方書・同解説 鋼橋編，2002.3. 2)玉田和也，西村宣男，小野潔：開断面箱桁の実績調査，橋梁と基礎，vol.38,pp.41~49,2004.6. 3)DIN4114（渡辺昇：DIN4114 による腹板の座屈計算法 その一，工学研究，第 9 巻 第 11 号，pp.529~536,1960.11.） 4)藤原稔，村越潤，鹿嶋久義，斉藤浩：既存のプレートガーター耐荷力実験データに関する検討，土木研究所資料第 2940 号，1991.3. 5)東海鋼構造研究グループ：鋼構造部材の抵抗強度の評価と信頼性設計への適用（上）（下），橋梁と基礎，1980 年 11 月，12 月。

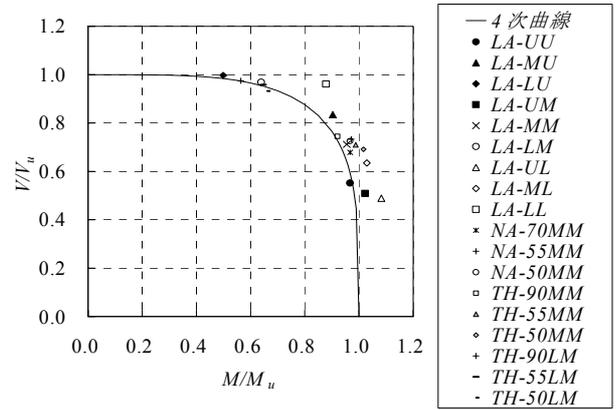


図-6 曲げ・せん断相関関係 全種類

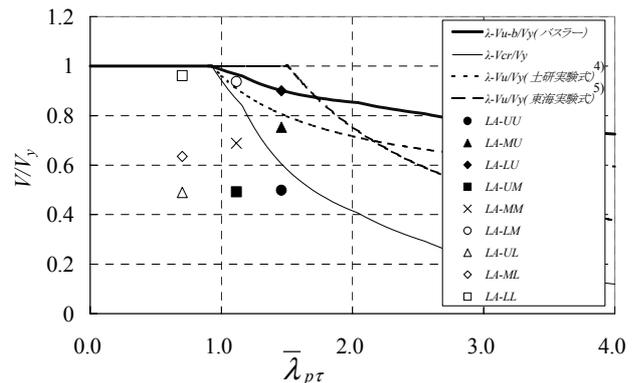


図-7 腹板の幅厚比パラメータとせん断耐荷力の関係 (LA)

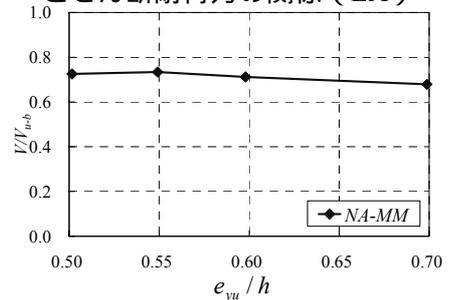


図-8 中立軸位置によるせん断強度

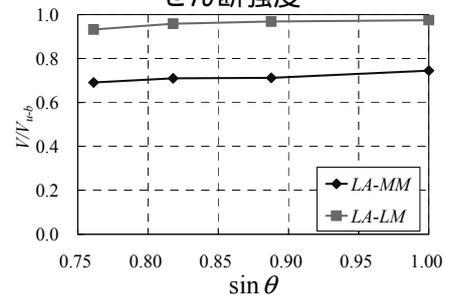


図-9 腹板の傾斜によるせん断強度