

連続桁中間支点の負曲げを受ける鋼逆π形合成箱桁橋架設系の耐荷性能

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○楠村 幸正 (株)駒井鉄工株式会社 正会員 玉田 和也
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔 大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬
 大阪大学名誉教授 フェロー 西村 宣男

1. はじめに

近年、橋梁界において技術の進歩および社会的背景から一層の建設コスト縮減と合理化、省力化が求められてきた。その中で、注目されるようになった橋梁形式として鋼逆π形合成箱桁橋が挙げられる。鋼逆π形合成箱桁橋架設系のうち正曲げが作用する支間中央と正曲げとせん断が作用する端支点については既に検討を加えてきたが、負曲げとせん断を受ける連続桁の中間支点部の座屈挙動と終局強度についてはまだ十分に研究されていない。そこで、負曲げとせん断が作用する断面の腹板と圧縮補剛材である下フランジに関するパラメトリック解析を行うことにより、連続桁の中間支点部に着目した負曲げとせん断が作用する断面の耐荷性能を明らかにする。また、照査において必要となる純負曲げが作用する断面の終局強度について、純負曲げが作用する断面の解析を行い明らかにした。

2. 実績調査によるパラメータの設定

2002 年度末までに竣工もしくは詳細設計を完了している道路橋で、鋼逆π形断面を採用している橋梁を調査対象とした実績調査¹⁾より平均的な断面形状を図-1に示すように設定した。次に実績調査の中間支点部の断面を抽出し、実構造物を反映した断面となるように次のようにパラメータの決定を行った。負曲げを受ける際、下フランジと腹板の下フランジ側が圧縮側となるため、パラメータとして式(1)に示す下フランジ単一パネル幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_{plf}$ と腹板単一パネル幅厚比パラメータ $\bar{\lambda}_{pw}$ を選び、それぞれの平均値 μ 、標準偏差 σ を調べる。図-2に示す実績調査結果より $\bar{\lambda}_{plf}$ と $\bar{\lambda}_{pw}$ のそれぞれについて $\mu \pm 2\sigma$ の値をもつ9つの断面を図-3に示すようにモデル名を付けて決定した。図-3に示す $\bar{\lambda}_{plf}$ の決定値を下フランジの目標板厚として、縦補剛材本数を決定し、決定値を満たす板厚を決定した。また、腹板については、水平補剛材1本のモデルとしたため、水平補剛材と垂直補剛材で区切られる2つの単一パネルの幅厚比パラメータのうち大きい方が $\bar{\lambda}_{pw}$ の決定値となるように決定した。

$$\bar{\lambda}_{plf} = \frac{b_{lf}}{(n_r + 1)t_{lf}} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\sigma_{ylf}}{\pi^2 k E}}, \quad \bar{\lambda}_{pw} = \frac{b_{wl}}{t_w} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\sigma_{yw}}{\pi^2 k_b E}} \quad (1)$$

ここに、 b_{lf} ：下フランジの全幅、 n_r ：縦補剛材本数、 b_{wl} ：腹板の単一パネル幅、 $k = 4$ 、 k_b ：腹板の座屈係数（DIIN 4114²⁾による）、 E ：ヤング率、 ν ：ポアソン比

σ_{ylf} 、 σ_{yw} ：下フランジ、腹板の降伏点

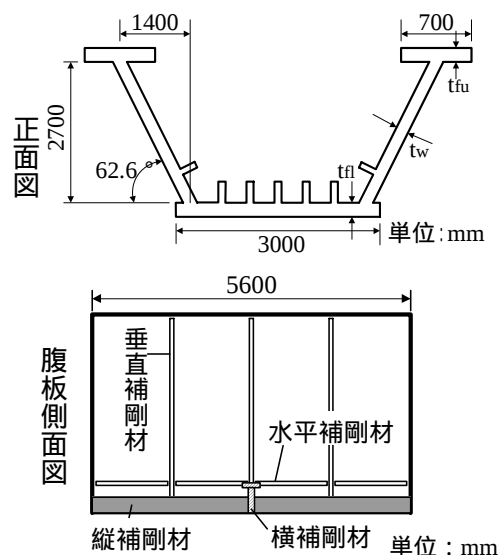


図-1 断面形状と諸元

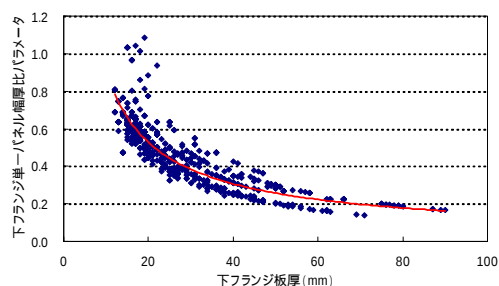


図-2 下フランジの板厚と単一パネル幅厚比パラメータの実績調査

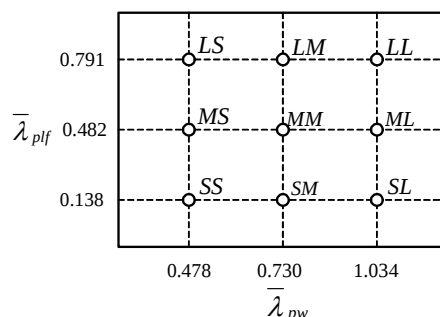


図-3 幅厚比パラメータと解析モデル

キーワード 鋼逆π形、負曲げ、せん断、耐荷性能、架設系

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 TEL 06-6879-7598

3. パラメトリック解析

(1) 解析モデル

OLFRAM-NASTAP（本研究室で開発された耐力解析プログラム）を用いて、薄板要素および骨組要素からなるブロックで構成されるモデルを解析した。中間支点部の解析モデルを示す図-4 では、薄板要素で構成されるブロックの支点部にはソールプレートと支点上ダイヤフラムを設けた。図-5 に純負曲げが作用する場合の解析モデルを示す。

(2) 解析条件

下フランジおよび腹板には補剛材位置で節となる板の初期たわみを下フランジ縦補剛材には横補剛材で節となる初期たわみをいずれも正弦波形（図-6）で導入した。初期たわみの大きさについては道路橋示方書の規定に従い、下フランジ及び腹板の単一パネル幅のそれぞれ 1/150, 1/250, 横補剛材間隔の 1/1000 とした。図-7 に示すように残留引張応力度 $\sigma_{rt}=1.0\sigma_y$, 残留圧縮応力度 $\sigma_{rc}=-0.2\sigma_y$ の残留応力を導入した。

4. 解析結果

中間支点部の解析結果の例として、終局状態における薄板要素の変形状態を図-8 に示す。桁の変形状態より、桁の強度が腹板の局部座屈に支配されていることが分かった。解析モデルの中立軸が腹板高の 1/2 よりも低い位置にあるため、上フランジの降伏と下フランジの座屈、腹板の座屈が終局強度に影響を与えると考えられる。純負曲げの場合には、終局状態で腹板に局部座屈は発生していないことから、せん断による影響が中間支点部の桁の耐力性能に大きく影響することが確認できた。

5. 相関曲線との検証

解析結果の評価に基準強度で無次元表された曲げとせん断の 4 乗則による相関式を用いる。

$$\left(\frac{V}{V_u}\right)^4 + \left(\frac{M}{M_u}\right)^4 = 1 \quad (2)$$

ここに V_u : Basler のせん断強度, M_u : 純負曲げ解析による終局曲げ強度, V, M : 最大載荷荷重 P_{max} 時のせん断力及び負曲げモーメント

解析結果を相関曲線図に表したものを図-9 に示す。図中、実線は式(2)を表す。LS, LM, LL, MS については曲げが支配的な領域に位置し, SS, SM, SL についてはせん断が支配的な領域にあるが, 結果はほぼ相関曲線付近に位置し, (解析モデル ML 変位を 10 倍で表示) この相関式により終局強度が評価できることを確認した。

6. まとめ

本研究では、連続桁の中間支点部における鋼逆π形合成箱桁橋の耐力性能を明らかにするために、実構造物を反映して設定を行った解析モデルを用いてパラメトリック解析を行った。その結果、正曲げとせん断を受ける断面と同様に、4 乗の相関曲線によって、負曲げとせん断が作用する断面についても終局強度を評価できることが確認された。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.)

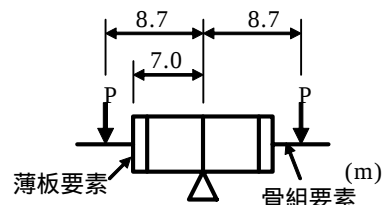


図-4 負曲げせん断モデル

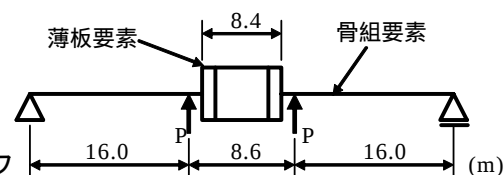


図-5 純負曲げモデル

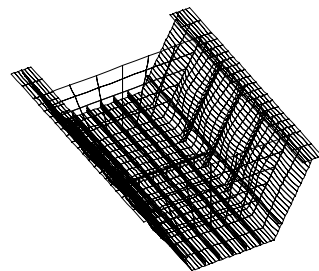


図-6 初期たわみ

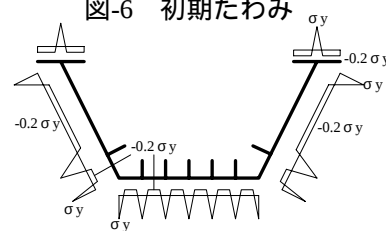


図-7 残留応力

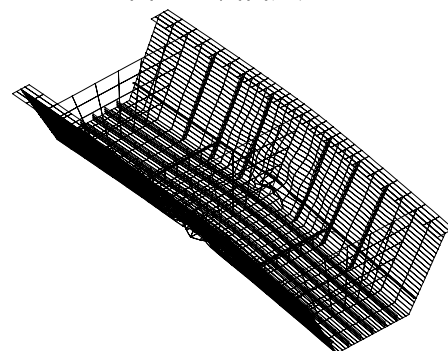


図-8 終局状態の変形図

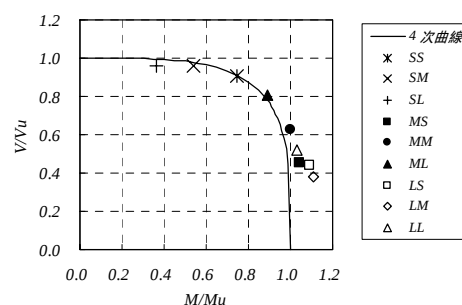


図-9 終局強度相関図