鋼逆 形断面桁の純負曲げ強度算定式について

- 舞鶴高専 正会員 玉田 和也
- 大阪大学大学院 学生員 楠村 幸正
- 大阪大学名誉教授(フェロー)の西村の宣男
- 大阪大学大学院 正会員 奈良 敬

1.背景と目的

これまで鋼逆 形断面桁の耐荷性能については支間中央 や端支点部を対象とした研究がなされてきた.そこで,鋼 逆 形断面合成箱桁橋の中間支点部の耐荷性能についても 明らかにする必要がある.そして,鋼逆 形断面桁の中間 支点部の耐荷性能を調べるにあたり,負の曲げモーメント を受ける終局強度が必要となる.

本研究では鋼逆 形断面桁の負の曲げモーメントに対す る終局強度(以下,純負曲げ強度)についてパラメトリッ ク解析を行い明らかにし,鋼逆 形断面桁の耐荷力を直接 計算できる純負曲げ強度算定式を提案した.

2.解析モデル

2.1 載荷条件

載荷条件については図-1 に示すような薄板要素に等曲げの作用する 純負曲げモデルを用いて解析を行う.解析には,本研究室で開発された 弾塑性有限変位解析プログラム OLFRAM-NASTAP を用いる.

2.2 初期不整

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 $^{-0.2}$ -2)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ー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.残留応力については,図-3 に示すように残留引張応力度 $\sigma_{n}=\sigma_{x}$,残留圧縮応力度 $\sigma_{n}=-0.2\sigma_{x}$ の残留応力分布として導入した.

3.パラメータの設定

開断面箱桁橋の実績調査報告より,負曲げの影響が大きく作用すると考え_{py} 0.482 えられる中間支点上ブロックと中間支点上近傍のブロックのデータを抽出 し,下フランジの単一パネルの幅厚比パラメータと腹板の単一パネル幅厚 比パラメータを基準に負曲げを受ける断面のパラメータ設定を行った.ま た,下フランジ単ーパネル幅厚比パラメータと腹板単一パネル幅厚比パラ メータの関係を図-4 に示す. 図-4

キーワード 鋼逆 形断面桁,純負曲げ強度,終局強度 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 TEL 06-6879-7598





図-2 初期たわみ(変位20倍)



図-3 残留応力分布





1 - 057

4.解析結果

表-1 に解析結果の終局曲げモーメントを示す .今回中立軸が 低くなっているため,下フランジが限界に達するよりも先に上 フランジが引張による降伏応力に達する.そして,降伏曲げモ ーメントを超えて腹板に降伏域が拡大し,終局曲げモーメント が降伏曲げモーメントよりも大きくなっている.

5. 負曲げ算定式

上フランジが下フランジよりも先に降伏することを受け,断 面の部分塑性を考慮したものを純負曲げ算定式として提案す る.図-5に示すように上フランジと腹板の上フラン ジ側に部分塑性を許し,腹板の水平補剛材位置で限 界応力を迎える際に終局を向かえると考える.これ より,次式(1)が得られる.ここで腹板の限界応 力は腹板の単ーパネルの幅厚比パラメータより算出 する.下フランジ限界応力は柱モデルアプローチよ り算出する.また,下フランジと腹板の耐荷力のピ ークが同時に発生しないことを調整するために,式 (2)に示すように,補正係数 *Crwi*用いて腹板の限界応 図 力度の補正を行うことした.

表-1 解析値と算定式

エデル	-	1	解析值	算定式
モノル	λ_{plf}	λ_{pw}	M_u/M_Y	M_u/M_Y
λ -SS	0.138	0.477	1.202	1.074
λ -SM	0.138	0.730	1.151	1.109
λ -SL	0.138	1.034	1.119	1.118
λ -MS	0.482	0.475	1.322	1.262
λ -MM	0.482	0.730	1.264	1.288
λ -ML	0.482	1.027	1.228	1.287
λ -LS	0.791	0.477	1.361	1.266
λ -LM	0.791	0.727	1.313	1.301
λ -LL	0.791	1.032	1.244	1.086



図-5 曲げ強度算定式における応力分布

$$M_{u} = 2 \times \sigma_{Yuf} A_{uf} \times \left(h_{w} - Z_{n} + \frac{t_{uf}}{2}\right) + 2 \times \sigma_{Yw} A_{w} \left\{1 - \frac{\sigma_{Yw}}{\sigma_{uwl}} \left(\frac{Z_{n}}{h_{w}} - \beta\right) - \frac{Z_{n}}{h_{w}}\right\} \times \frac{h_{w} + \frac{\sigma_{Yw}}{\sigma_{uwl}} (Z_{n} - \beta h_{w}) + Z_{n}}{2}$$
$$+ \frac{2}{3} \sigma_{Yw} A_{w} \left\{\frac{\sigma_{Yw}}{\sigma_{uwl}} \left(\frac{Z_{n}}{h_{w}} - \beta\right)\right\}^{2} h_{w} + \frac{2}{3} C_{rwl} \sigma_{uwl} A_{w} \left(\frac{Z_{n}}{h_{w}} - \beta\right)^{2} h_{w} + 2 C_{rw2} \sigma_{uw2} \beta A_{w} \left(Z_{n} - \frac{\beta h_{w}}{2}\right)$$
$$+ \sigma_{lf} A_{lf} \left(Z_{n} + \frac{t_{lf}}{2}\right) + \sigma_{lf} n_{r} A_{r} \left(Z_{n} - \frac{b_{r}}{2}\right) \qquad (1)$$

 $C_{rwi} = \left(\overline{\lambda}_{plf} \,\overline{\lambda}_{pw}\right)^{0.4} \qquad (2)$

Z_n:部分塑性を考慮した中立軸,*h_w*:腹板高,*A_{uf},A_w*:上フランジ,腹板の片側面積,*A_{lf}*:下フランジ面積, *A_r*:下フランジ縦補剛材(一本)面積,*n_r*:下フランジ縦補剛材本数,*C_{rw1},C_{rw2}*:腹板の補正係数,*σ_{Yuf},σ_{Yw}*: 上フランジ,腹板の降伏応力,*σ_{uw1},σ_{uw2}*:腹板単一パネルの限界応力,*σ_{lf}*:下フランジの限界応力.

6.解析結果と算定式の比較

表-1 には,解析値と算定式を用いた計算値を記す.また,図-6 に解 析値と算定式による値の比較を示す.純負曲げ算定式は解析結果と± 10%以内の精度で純負曲げ強度を評価できることを確認した.

7.まとめ

本研究では,鋼逆 形断面桁の純負曲げ強度算定式を提案する際に, フランジの降伏後も腹板に降伏域が広がるとすることにより,誤差± 10%以内の精度を持って評価できることを確認した.



図-6 解析と算定式の比較