日本構研情報(株)	正	員	山野敏郎
日本構研情報(株)	ΤĒ	員	狩野正人
大阪市立大学工学部	īF	昌	北田俊行

1.まえがき

I 形断面桁の横ねじれ座屈強度は,桁端フランジにおけ るそりの拘束条件により大きく左右される.わが国の道路 橋示方書では,圧縮フランジの横方向への固定点間で横ね じり座屈を起こす恐れのある桁の許容曲げ圧縮応力度を, 両端で面外水平変位が拘束された単純支持の2軸対称I形 断面桁の等曲げモーメントによる横ねじれ座屈強度を基本 に定めている.しかし,実橋桁の支点部におけるそりにつ いては,単純支持や固定支持というような,理想的な境界 条件にはなっていない.また,解析においてこれらの境界 条件を再現するには,モデル化の際に,それなりのテクニ ックを必要とする.本研究では,実橋桁のそり拘束状態に 近い境界条件を有する解析モデルの提案と,その解析結果 の考察を行う.

2.単純桁モデル

両端で面外水平変位が拘束された単純桁の横ねじれ座屈 問題においては,両支点上の断面の境界条件が部材の強度 を大きく左右する.等曲げモーメントを受けるこの単純桁 の弾性横ねじれ座屈強度の一般式

$$M_{\theta cr} = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{l}{\gamma} E I_z G J \left(l + \frac{\pi^2 E I_{\omega}}{l^2 G J} \right)}$$
(1)

は,端支点上断面において,鉛直方向変位,面外水平変位,

および,ねじり角を拘束,そりは開放という境界条件において導き出されている²⁾.この境界条件を解析モ デルにおいて実現するために,以下の方法を採用した(図1).

まず,荷重を正しく伝達するため,また載荷点におけるウェブの断面変形を防止するために,ウェブに剛 な補剛材要素をとりつけた.次に,ウェブとフランジとの結合点を2重節点とし,これを剛体要素で結合し た.この剛体要素を設定することによって,結合する2節点の変位のうち,図1(c)のZ軸まわりの回転変 位は独立,その他の変位は等しいとする境界条件の導入が可能となり,そり開放条件が実現できる.実際の 解析では,対称条件により対象モデルの半分を取り出し解析を行った.表1に解析モデルの諸元を示す. 3.連続桁モデル

図1のモデルのように理想的な境界条件をもつ実橋桁は,ほとんどない.そこで,より実橋桁に近い解析 モデルとして,図2(a)に示す連続桁モデルを取り上げた.このモデルの支点上断面においては,鉛直方向 変位,面外水平変位,および,ねじり角を拘束している.単純桁モデルでは,支点部における断面の境界条



図1 単純桁モデル

表1 解析モデルの諸元

部材長(L)	400 cm	ヤング率	$2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
フランジ幅	20 cm	ポアソン比	0.3
フランジ厚	1 cm	降伏応力	770 N/mm ²
ウェブ高	38 cm	引張強さ	880 N/mm ²
ウェブ厚	1 cm	横ねじれ座屈パラメータ	1.542

件が問題となった.しかし,この解析モデルでは,スパン 中央断面で部材を切り取っているため,支点部における断 面の境界条件に特に気を配る必要がない.

単純桁モデルと同様,図2(b)に示すように,対象桁の 半分のモデルで解析を行った.解析モデルの諸元は単純桁 モデルと同じ(表1)とした.

4.解析結果

単純桁モデルおよび連続桁モデルのそれぞれについて, 弾性解析および弾塑性解析を行った.解析結果の1例として,曲げモーメント-面外たわみ曲線を図3に示す.

単純桁モデルでは,式(1)の弾性座屈強度に比して約4% 高い終局強度が得られた.図4には,単純桁モデルの最終 状態における変形図を示す.載荷端において,圧縮フラン ジには Z 軸まわりの回転変形が認められるが,引張フラ ンジにはそれがみられない.式(1)の誘導では,両フラン ジに逆対称な回転変形が生じるそり関数が仮定されている が,実際の横ねじり座屈では,引張フランジは圧縮フラン ジほど大きく面外方向にたわまない.したがって,図4の そり変形の方が,実際に近いと考えられる.図3における 強度の差異は,このそり変形の違いによるものと考えられ る.

連続桁モデルについては,そり変形が単純桁モデルほど 完全に開放されているわけではなく,より実際の状態に近 い解析モデルであると考えられる.解析から得られた終局 強度は,弾性解析の結果や弾性座屈強度との比較から,妥 当な結果と考えられる.

5.まとめ

- (1)等曲げモーメントを受ける I 形断面桁の横ねじれ座屈 問題について,実橋桁に近い境界条件をもつ解析モデ ルとして,連続桁モデルを提案し,妥当な解析結果を 得た.
- (2) I 形断面桁の横ねじれ座屈時の支点上断面におけるそ り変形の状態を明らかにした.

参考文献:

- 日本道路協会:道路橋示方書・同解説, 鋼橋編,1996 年12月.
- 2) 土木学会:座屈設計ガイドライン, 1987年10月.
- 3) T.V.Galambos:鋼構造部材と骨組-強度と設計-,丸 善(株),1970年10月.



図3 曲げモーメント - 面外たわみ曲線



図4 単純桁モデルの変形図(倍率5倍)