

閉断面リブ補剛板による鋼製橋脚耐震性向上に関する研究

石川島播磨重工（株） 正員 猪瀬幸太郎 正員 山本尚樹
正員 島村和夫 正員 笠坊英彰

1. 緒言

これは鋼製橋脚に閉断面リブ補剛板を採用するための基礎検討である。閉断面リブ補剛板で構築された鋼製橋脚は、平リブの場合に比べ、大きな耐力と靱性が期待できる。しかし閉断面リブ補剛板では、耐力及び靱性評価のための研究が平リブほどなされていない。また道路橋示方書¹⁾においても、圧縮力が卓越する補剛板の設計規定は平リブの場合のみである。そこで鋼製橋脚の補剛板にトラフリブを採用するための基礎検討をおこなった。まず閉断面リブにおける座屈パラメータを整理し、これによって計算した座屈耐力と、FEM座屈解析結果とを比較した。また FEM 弾塑性座屈解析を行い初期不整、残留応力などによる座屈耐力の低下と、塑性域における座屈挙動を計算した。

2. 閉断面リブの座屈モード

鋼製橋脚における一般的な板幅、ダイアフラム間隔（横補剛材間隔）を考慮すると、想定される座屈モードは①図 1 に示すスキンプレートの座屈（局部座屈）、②図 2 に示す補剛板の全体座屈、③リブの座屈の 3 パターンである。それぞれの座屈耐力を計算し、比較した。局部座屈、リブ座屈については板要素を単純支持版として（座屈係数 $k=4$ ）計算した。全体座屈は平リブと同様にリブを棒部材として表現し、最小ポテンシャル-エネルギー原理により計算した。このとき閉断面リブの中心軸が補剛板に不均等に割りつけられることから、リブの位置によって決まる定数を（1）式のように定義した。座屈波形を正弦半波とした場合の補剛板座屈係数は、そのアスペクト比に応じて（2）式、（3）式のように計算することができる。（式中の記号は文献¹⁾ 3.2.4 項に準じる。）

$$\sum_{i=1}^s \sin^2 \pi \eta_i = x_{Ri} \quad (1)$$

$$k = \frac{2(1 + \sqrt{1 + 2x_{Ri}\gamma_\ell})}{1 + 2x_{Ri} \cdot \delta_\ell} \quad (\alpha > \alpha_0) \quad (2)$$

$$k = \frac{(1 + \alpha^2)^2 + 2 \cdot \gamma_\ell \cdot x_{Ri}}{\alpha^2 (1 + 2 \cdot x_{Ri} \cdot \delta_\ell)} \quad (\alpha < \alpha_0) \quad (3)$$

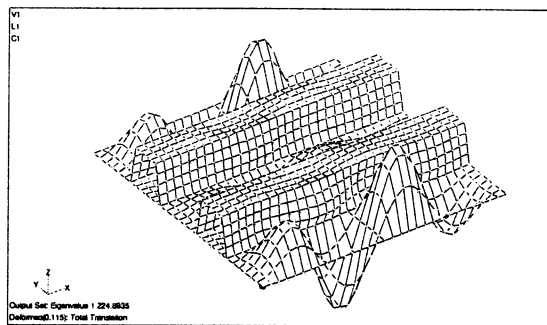


図 1 局部座屈モード

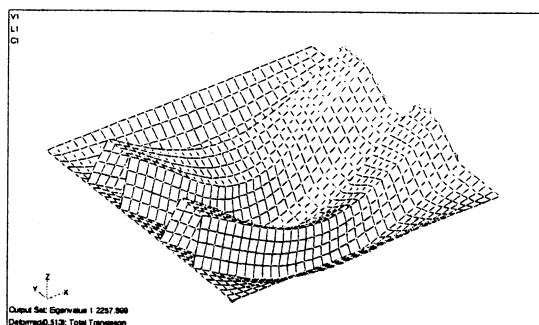


図 2 全体座屈モード

キーワード：閉断面リブ、補剛板、座屈耐力

連絡先：石川島播磨重工（株）橋梁事業部 東京都江東区毛利 1-19-10 TEL03-3846-3122

以上のように計算した座屈耐力と、FEM による線形座屈解析とを比較した。解析対象のモデルは $1800 \times 1800\text{mm}$ の板に JSS (08-1983) 規格のトラフリップを 2 本配置したものである。結果を図 3 に示す。規格品リップの場合、リップ座屈耐力が小さく、閉断面リップによって得られた高い全体座屈耐力を有効に利用していないことが読み取れる。次に試みとしてリップ板厚を 20mm まで増厚して計算した結果を図 4 に示す。このモデルではスキンプレート板厚 30mm を境として局部座屈モードから全体座屈モードに移行した。リップの座屈は発生せず、補剛板の耐力は大幅に向上した。

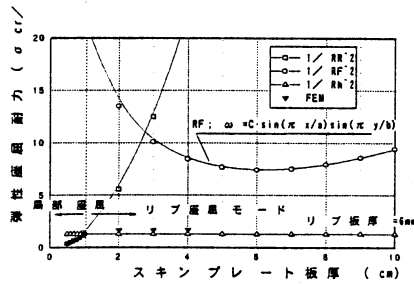


図 3 規格品リップ補剛板座屈耐力

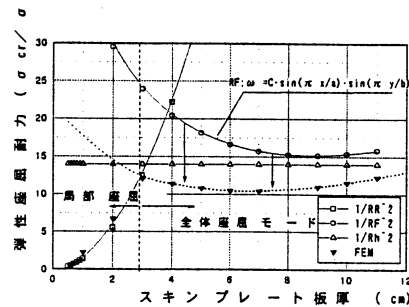


図 4 厚肉リップ補剛板座屈耐力

3. 弾塑性座屈耐力

塑性域まで含めた座屈挙動を汎用コード ABAQUS によって解析した。材料構成側は降伏以降を $1/100$ 勾配とするバイリニア型である。荷重は強制変位で与え、境界条件は鋼製橋脚の補剛板を再現するように定義している。初期不整は補剛板全体、及びリップで区切られたパネル、それぞれの座屈モードを重ねあわせて与えた。それらの最大値は $L/1000$, $b/150$ である。残留応力は圧縮が $-0.4 \sigma_y$, 引張りが σ_y とした。この解析では母材板厚 14mm 以下のモデルが局部座屈モードであり、それ以上はリップ座屈モードであった。図 5 に応力-ひずみ曲線を示す。最高耐力以降の劣化勾配は局部座屈モードの場合よりリップ座屈モードの場合のほうが緩やかであった。補剛板としての靱性は、リップ座屈モードが優れていた。図 6 に補剛板の最高耐力を示す。比較のため、同一の解析条件による平リップ補剛板の解析結果も示した。閉断面リップ耐力は平リップ耐力より高いといえることができる。

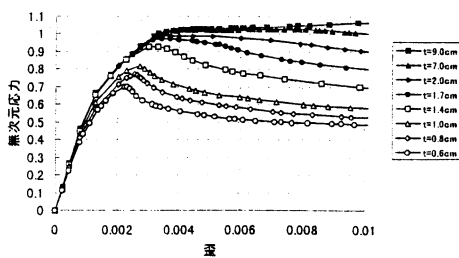


図 5 応力-歪み曲線

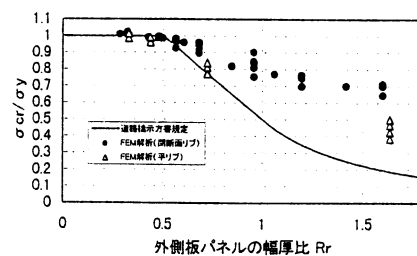


図 6 座屈耐力

4. 結言

- (1) 閉断面リップによる補剛効果を十分に発揮するには JSS 規格リップでは座屈耐力が不足する。
- (2) 局部座屈モードに比べ、リップ座屈モードは最高耐力以降の歪み劣化勾配が緩やかであった。
- (3) 閉断面リップ補剛板の局部座屈耐力は平リップ補剛板より高い。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 1996。