

実験結果に基づく矩形断面鋼製橋脚のファイバーモデルを用いた復元力モデル 設定手法に関する一検討

建設省土木研究所 正会員 中洲 啓太
建設省土木研究所 正会員 小野 潔

建設省土木研究所 正会員 西川 和廣
ヤマト設計(株) 正会員 野中 哲也

1. はじめに

道路橋示方書・同解説 耐震設計編において、コンクリートを充填しない鋼製橋脚の耐震性評価は、非線形動的解析により行うこととされている。現在、実設計における非線形動的解析の復元力モデルとしては、 $P - \delta$ 関係や $M - \phi$ 関係に基づくものが一般的であると考えられる。今後設計ツールとしてのコンピューターが発達し処理速度が早くなると、「ファイバーモデル」による非線形動的解析も実設計で用いられる機会が増えてくることが考えられる。そこで、本稿では、鋼製橋脚の正負交番載荷実験結果を基に、ファイバーモデルを用いた非線形動的解析の復元力モデル設定手法に関する一検討を行った。

2. 許容変位に対応した許容ひずみの算出方法

道示の考え方にに基づき復元力モデルを設定するには、許容変位を決定するとともに、設計の対象となる鋼製橋脚の断面諸元等から許容変位を精度よく算出する必要がある。今回は許容変位として標準的な縦リブ配置の矩形断面鋼製橋脚の正負交番載荷実験結果から得られる最大荷重時の変位とし、ファイバーモデルにより許容変位に対応する許容ひずみ ε_a の算出を行った。以下に検討の手順を示す。

(1) 鋼材の構成則

鋼材の構成則として、応力 - ひずみ関係を 2 次勾配 $E/100$ のバイリニアモデル（以下、「バイリニアモデル」という。）（図 1）と文献 1 で提案されているプッシュオーバー解析を念頭においたモデル（以下、「新技術モデル」という。）（図 2）で表現したものの 2 種類を用いた。また、繰返し解析時には両モデルとも移動硬化則を適用した。

(2) 解析モデル

今回は部材軸方向の梁要素分割は図 3 (a)（基部の分割を細めにして約 40 分割）に、断面方向のファイバー要素分割は図 3 (b)（約 100 分割）に示すように、ファイバーモデルでモデル化を行った。

(3) 許容ひずみ ε_a の算出

(2) で示した解析モデルに所定の軸力を作用させた状態で、以下の 2 通りの方法より解析を行い、解析で求まる水平荷重作用点の変位が実験結果から得られる許容変位に達した時の圧縮側フランジの板厚中心のひずみを許容ひずみ ε_a として算出した。

プッシュオーバー解析

正負交番載荷実験での変位履歴に従った繰返し解析

なお、変形として曲げ変形およびせん断変形を考慮し、幾何学的非線形の影響は無視した。

3. 解析結果および考察

今回は $\varepsilon_a / \varepsilon_y$ を道路橋示方書・同解説 鋼橋編で定義される幅厚比パラメーター R_F との関係で整理し、プッシュオーバー解析と繰返し解析から求められた値について比較等を行った。図 4 はバイリニアモデル、図 5 は新技術モデルについて整理を行ったものである。図 6 は最大荷重に関して実験結果と繰返し解析結果とを比

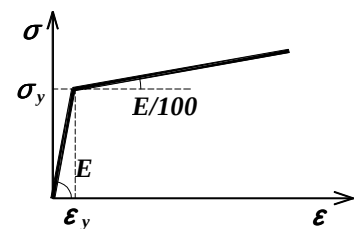


図 1 バイリニアモデル

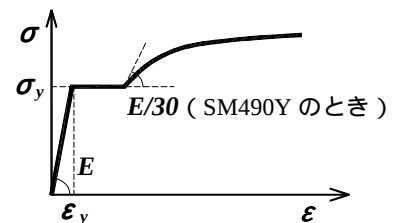
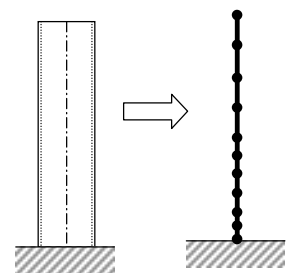
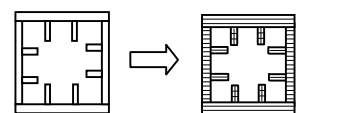


図 2 新技術モデル



(a) 要素分割図



(b) ファイバー要素分割図

図 3 解析モデル

キーワード：ファイバーモデル、非線形動的解析、許容変位、復元力モデル、構成式

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市大字旭一番地 TEL: 0298-64-4919 FAX: 0298-64-0565

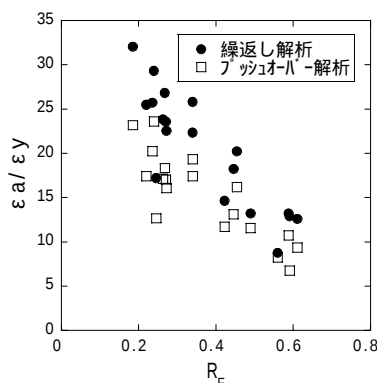


図4 バイリニアモデル

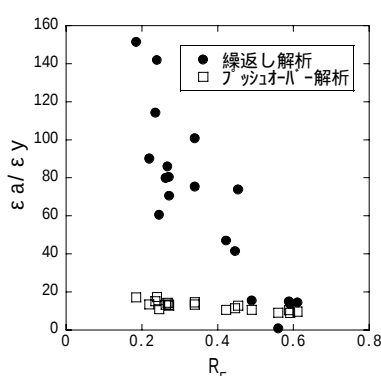


図5 新技術モデル

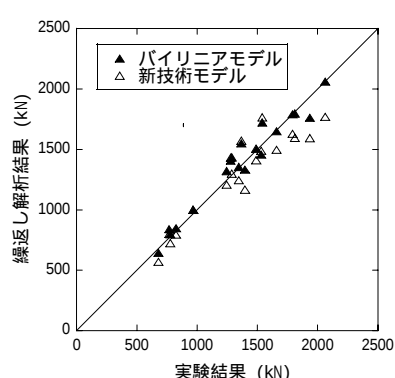


図6 最大荷重の比較

較したものである．また，図7，図8に同一供試体の最下端でのバイリニアモデルおよび新技術モデルの繰返し解析時の応力 - ひずみ関係の履歴を，図9，図10に繰返し解析時の水平荷重 - 水平変位の関係をそれぞれ示す．図4のバイリニアモデルでは，繰返し解析で求められる $\varepsilon_a / \varepsilon_y$ の値がプッシュオーバー解析の値より大きくなっていることがわかる．これは，図7に示すように，繰返し解析では軸力による

軸方向ひずみの影響により繰返しにともなって応力 - ひずみが軸ひずみの方向にシフトしていくことが影響したものと考えられる．図5の新技術モデルでは，繰返し解析で求められる $\varepsilon_a / \varepsilon_y$ の値がプッシュオーバー解析の値よりはるかに大きくなっており，実際に実験で計測されるひずみと比較しても全般的に大きすぎる値となっている．これは，図8に示すように，軸力による軸方向ひずみの影響と，繰返し解析で新技術モデル（移動硬化則）を用いたことにより，応力 - ひずみ関係が軟化したことの影響が相互に関連しているためと考えられる．繰返し時の水平荷重 - 水平変位関係において，図11の実験結果および図9のバイリニアモデル（移動硬化則）では，繰返しとともに荷重が増加しているのに対し，図10の新技術モデル（移動硬化則）では，繰返しの途中から繰返しとともに荷重が減少しているが，これは文献2）でも指摘されているように図8の応力 - ひずみ関係の影響がでたものと考えられる．図6の最大荷重では，バイリニアモデル（移動硬化則）の解析結果が実験結果と比較的良好な相関を示しているのに対し，新技術モデル（移動硬化則）の解析結果は実験結果より低めとなっているものが多いが，これも応力 - ひずみ関係の軟化が一つの原因であると考えられる．

4. おわりに

今回は，構成式としてバイリニアモデルおよび新技術モデルを用いて検討を行い，その結果について報告を行ったが，その他の構成式についての検討や，許容ひずみと構造諸元との関係，ハイブリッド地震応答実験結果とファイバーモデルによる非線形動的解析結果との比較についての検討等を，今後行っていく予定である．

参考文献

- 1) 土木学会鋼構造委員会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究WG：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術，土木学会，1996,7
- 2) 前野ほか：高架橋の耐震設計法の一考察，第3回鋼構造の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集，2000,1

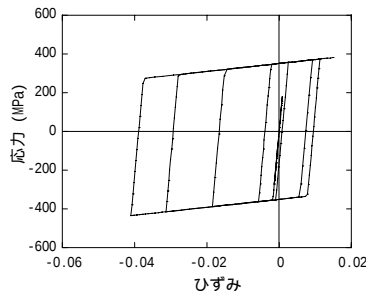


図7 応力 - ひずみ関係
(バイリニアモデル)

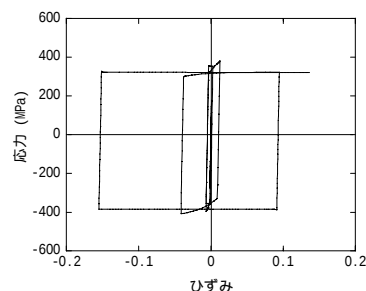


図8 応力 - ひずみ関係
(新技術モデル)

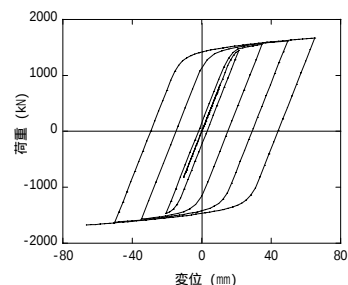


図9 荷重 - 変位関係
(バイリニアモデル)

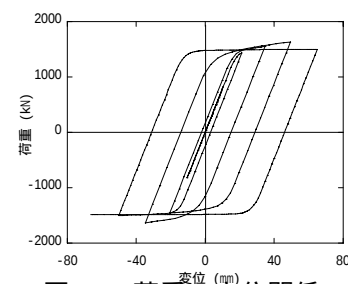


図10 荷重 - 変位関係
(新技術モデル)

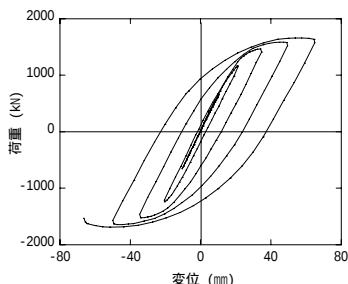


図11 荷重 - 変位関係
(実験結果)