

第 I 部門

レベル2 地震動により上路式鋼トラス橋弦材に発生する断面力特性に関する検討

大阪大学工学部	学生員	○谷上	裕明
大阪大学大学院工学研究科	学生員	徳永	宗正
東京工業大学大学院理工学研究科	正会員	小野	潔
大阪大学名誉教授	フェロー	西村	宣男
大阪大学大学院工学研究科	正会員	奈良	敬

1. はじめに

平成8年に改訂された道路橋示方書・V耐震設計編では、レベル2地震動に対して鋼部材（鋼製橋脚）の塑性化を許容した耐震設計法が導入された。しかし、鋼トラス橋は塑性域での耐力・変形性能が未解明であるため具体的な塑性化を許容した設計法が確立されておらず、不合理な設計が行われている場合もある。鋼トラス橋の耐震設計法を確立するには、その塑性域での耐力・変形性能といった耐震性能を把握することが必要となる。鋼部材の耐震性能は、鋼部材に作用する断面力に大きな影響を受けると考えられる。そこで、本稿では上路式鋼トラス橋に対してレベル2地震動を入力地震動とした非線形時刻歴応答解析を行い、地震時に鋼トラス橋弦材に発生する断面力特性について検討を行った。

2. 解析モデルおよび解析条件

2. 1 解析モデル

解析は、ファイバーモデルを用いた骨組解析により行った。対象とした上路式鋼トラス橋の解析モデルを図-1に示す。支持部の拘束条件としては、右側の端支点だけが橋軸方向に対して固定である。それ以外の支持部の拘束条件は同一で、橋軸方向回転のみが拘束である。各部材の要素分割は、1つの部材あたり4分割以上とした。

2. 2 各部材のモデル化

図-2に上下弦材、垂直材、斜材等の断面内の要素分割を示す。コンクリート床版は、梁要素でモデル化し、上弦材と合成するように結合した。本稿では、トラスの格点に相当する部材端部の結合条件を剛結とした。しかし、トラス格点の剛性が異なると弦材に発生する断面力特性が変化することが考えられる。よって、格点の剛性と弦材に発生する断面力の関係、適切な格点の剛性の決定法等、鋼トラス橋のモデル化で必要となる事項については今後検討する予定である。

2. 3 材料構成則

鋼材の応力-ひずみ関係は、図-3に示すひずみ硬化を考慮(2次勾配を $E/100$)したバイリニアモデル¹⁾とし、硬化則は移動硬化則とした。

2. 4 動的解析条件

入力地震波としては、道示Vの参考資料に示されるI種地盤のタイプIIの地震波II-I-1を用い、この入力地震波を橋軸方向および橋軸直角方向に作用させた。また、対象橋梁に対して死荷重が作用したときの静的解析を行い、これ

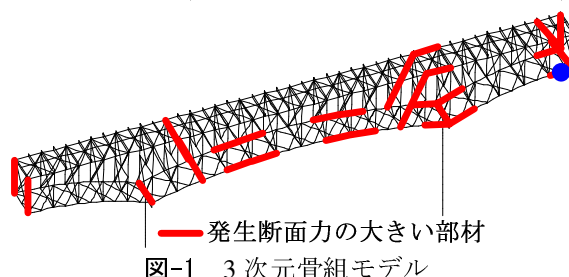


図-1 3次元骨組モデル

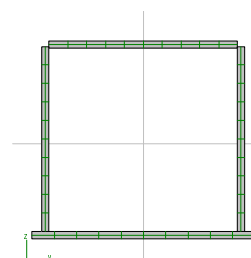


図-2 下弦材のファイバー要素分割

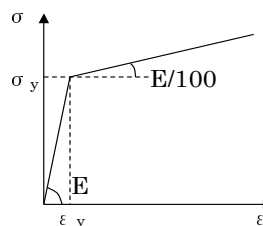


図-3 バイリニアモデル

を初期状態とし、材料非線形性と幾何学的非線形性を考慮して時刻歴応答解析を行った。積分法としては、ニューマークの β 法を用い、 $\beta=1/4$ とした。減衰についてはレーリー減衰定数を使用し、減衰定数を0.01とした。このレーリー減衰定数で採用する2つのモード次数は、固有値解析結果をもとに、橋軸方向で2次と4次、橋軸直角方向で1次と7次とした。

3. 解析結果

図-1の赤字で表示した部材は橋軸直角方向の動的解析で比較的大きな断面力の応答値が得られた部材を示す。また、図-1の青色●印を付けた部材の断面力である軸力 N 、面内曲げモーメント M_y 、面外曲げモーメント M_z を降伏軸力 N_y 、降伏曲げモーメント $M_{y,y}$ 、 $M_{y,z}$ で除すことで無次元化した値の履歴を図-4に、各項の絶対値の和を図-5に示す。 $M_{y,y}$ 、 $M_{y,z}$ は断面諸元から決定される軸力を考慮しない降伏曲げモーメントである。図-1の赤字で示した28部材のピーク時(図-5参照)の N/N_y と $M_y/M_{y,y}$ の関係、 N/N_y と $M_z/M_{y,z}$ の関係を図-6に示す。また、橋軸直角方向の動的解析結果で、図-1に赤字で示した各部材のピーク時の N/N_y と $M_y/M_{y,y}$ の関係、 N/N_y と $M_z/M_{y,z}$ の関係を図-7に示す。なお、トラス弦材では細長比(全体座屈)や幅厚比(局部座屈)の関係で N_y 、 M_y まで達しない弦材もある。本稿では、それら無視し、 N_y 、 M_y を1つの評価指標として用いて検討を行った。しかし、実際の設計では全体座屈、局部座屈も考慮する必要があるため、今後検討を行う予定である。

図-6、図-7より、軸力だけでは $N/N_y=1$ を超える部材は少ないが、軸力および曲げを考慮すると $|N/N_y|+|M/M_y|=1$ を超える部材の数が増え、場合によっては1/3程度となっていることが分かる。また、橋軸直角方向の動的解析結果で、 N/N_y と M/M_y の比率が同程度となっている部材もあることが分かる。

4. まとめ

本稿での解析結果より、格点を剛結と仮定した解析モデルを用いた場合、降伏に対して軸力と同程度の曲げも発生することが分かった。なお、本稿ではトラス格点を剛結と仮定したが、実橋の格点の剛性は剛結でもピン結合でもない半剛結であると考えられる。今後、格点の剛性が非線形時刻歴応答解析で得られる応答断面力に与える影響、適切な格点部の剛性設定法等、鋼トラス橋の耐震設計法の開発のため検討を行う予定である。

謝辞：本稿で用いた解析モデルの作成にあたり(株)地震工学研究開発センターの野中哲也氏にご協力いただきました。ここに感謝致します。

【参考文献】 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，2002年3月。

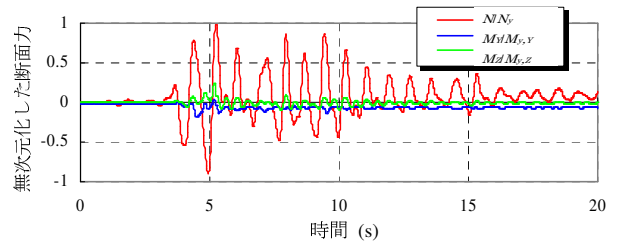


図-4 図-1で青色●印を付けた部材の断面力の時刻歴

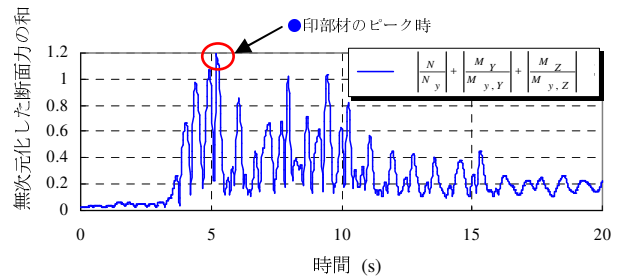


図-5 青色●印部材の断面力の各項の和の履歴

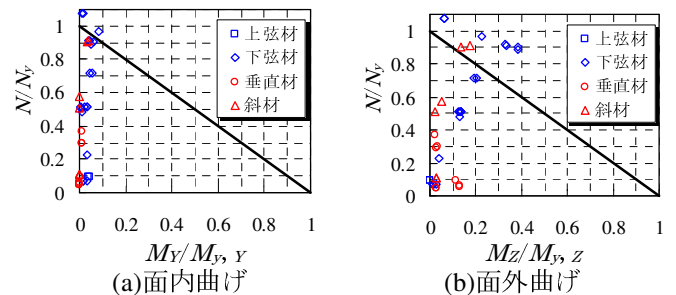


図-6 N/N_y と M/M_y の関係(橋軸方向入力)

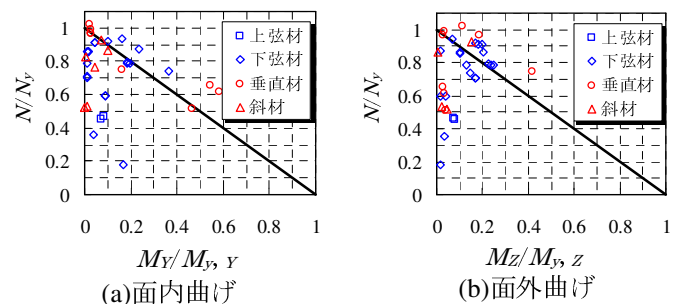


図-7 N/N_y と M/M_y の関係(橋軸直角方向入力)