

## L2 地震動作用時における上路式鋼トラス橋の格点部のモデル化に関する一検討

大阪大学大学院工学研究科	学生員	○谷上 裕明
(財)鉄道総合技術研究所	正会員	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 年に改訂された道示Vでは、L2 地震動に対し鋼部材(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、L2 地震動時における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、格点のモデル化が影響を与えらる。そこで、本稿ではトラス弦材と腹材の格点部の剛性を剛、ピン結合でモデル化した上路式鋼トラス橋に対して L2 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、地震時に主構部材に発生する断面力特性について比較・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。支持部の拘束条件は、右側の端支点だけが橋軸方向に対して固定で、それ以外の支持部の拘束条件は、橋軸方向回転のみが拘束である。各部材の要素分割は、4 分割以上とした。

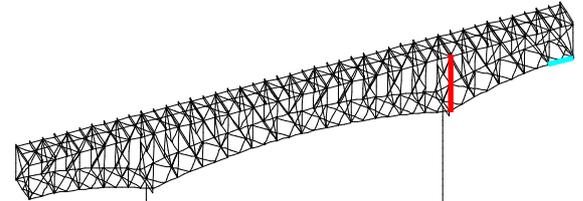


図-1 3次元骨組モデル

#### 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結合した。各部材に発生する断面力特性に影響があると考えられるトラス弦材と腹材の格点部の剛性を図-3 に示すように剛、ピン結合の 2 通りのモデルで解析を行った。

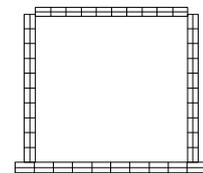
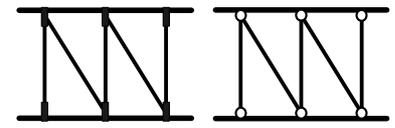


図-2 下弦材の要素分割

#### 2. 3 材料構成則

鋼材、床版の鉄筋の応力-ひずみ関係は、図-4 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<sup>1)</sup>とし、移動硬化則とした。



(a) 剛結合 (b) ピン結合

図-3 格点部のモデル化

#### 2. 4 動的解析条件

地震波は、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、橋軸方向、橋軸直角方向に作用させた。対象橋梁に対し死荷重が作用時の静的解析を行い、これを初期状態とし、複合非線形時刻歴応答解析を行った。積分法はニューマークの  $\beta$  法を用い  $\beta=1/4$  とした。減衰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格点部が剛結合の橋軸方向で 2 次と 4 次、橋軸直角方向で 1 次と 7 次とし、ピン結合の橋軸方向で 2 次と 5 次、橋軸直角方向で 1 次と 6 次とした。

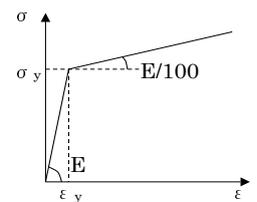


図-4

バイリニアモデル

キーワード 上路式鋼トラス橋, 格点部の剛性, 耐震性能, 動的解析, 断面力特性

〒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 TEL06-6879-7598

### 3. 解析結果

地震動を橋軸方向に作用させた場合、図-1で青色で示した下弦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  $M_z$ 、ねじりモーメント  $T$  を降伏軸力  $N_y$ 、 $M_{y,y}$ 、 $M_{y,z}$  ( $M_{y,y}$ 、 $M_{y,z}$  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)、 $T_p (= \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} (2B_f t_f + 2B_w t_w))$ 、 $B_f$ : フランジ幅、 $B_w$ : ウェブ幅、 $t_f$ : フランジ厚、 $t_w$ : ウェブ厚) でそれぞれ除すことで無次元化した値の履歴を図-4(a)、図-5(a)に、各項の絶対値の和を図-4(b)、図-5(b)に示す。図-4は格点部を剛結合、図-5はピン結合の解析結果である。図-4、図-5よりピン結合にすることで面内曲げ  $M_y/M_{y,y}$  の応答が大きく、面外曲げ  $M_z/M_{y,z}$  の応答が小さくなったが、断面力の各項の和では同程度の応答となっている。このように橋軸方向に地震動を作用させた解析では、各部材に生じる断面力は格点部の剛性を変化させても影響はほとんど見られなかった。

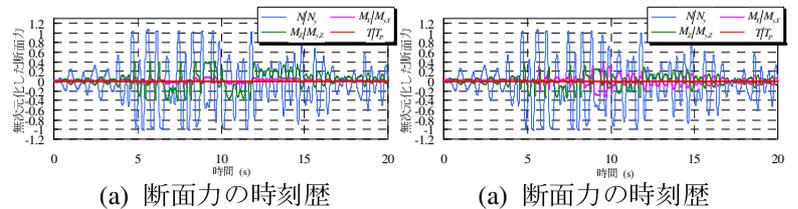
地震動を橋軸直角方向に作用させた場合、図-1の青色の下弦材、図-1の赤色の垂直材の無次元化した断面力の履歴を図-6(a)～図-9(a)に、各項の絶対値の和を図-6(b)～図-9(b)に示す。図-6、図-8は格点部を剛結合、図-7、図-9はピン結合の解析結果である。下弦材の結果の図-6、図-7より格点部をピン結合にすることでねじり  $T/T_p$  の応答が大きくなり部材に作用する応答値が大きくなった。解析結果の図については省略したが、上弦材についても同様の傾向が見られた。また、垂直材の結果の図-8、図-9よりピン結合にすることで曲げによる応答がほぼなくなり部材に作用する応答値が小さくなること分かる。

### 4. まとめ

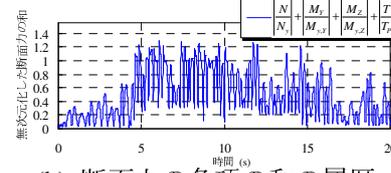
本稿での解析結果より、格点部をピン結合にすると剛結合に比べ、上下弦材は応答が大きく、垂直材は小さくなり、トラス格点部の剛性を剛結合、ピン結合とモデル化して非線形時刻歴応答解析で得られる応答断面力に影響を与えることが分かった。しかし、実橋の格点の剛性は剛結合でもピン結合でもない半剛結と考えられるので、適切な格点部の剛性設定法等、鋼トラス橋の耐震設計法の開発のため検討を行う予定である。

**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。

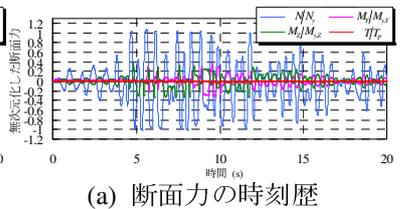


(a) 断面力の時刻歴

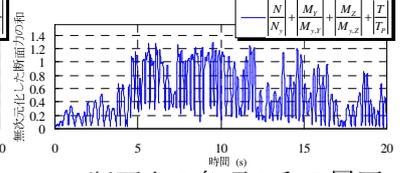


(b) 断面力の各項の和の履歴

図-4 青部材の解析結果 (橋軸方向・剛結合)

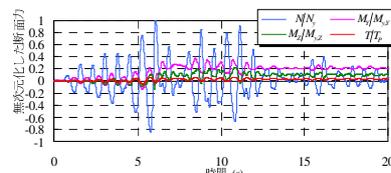


(a) 断面力の時刻歴

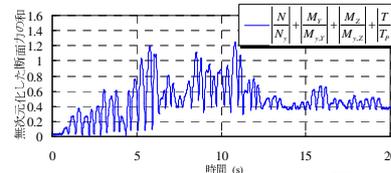


(b) 断面力の各項の和の履歴

図-5 青部材の解析結果 (橋軸方向・ピン結合)

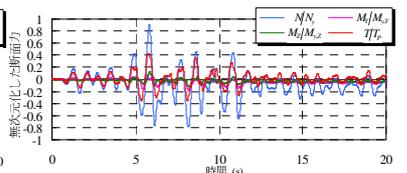


(a) 断面力の時刻歴

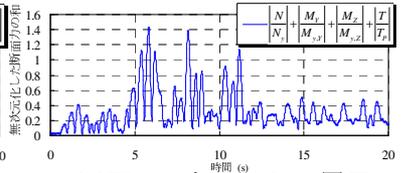


(b) 断面力の各項の和の履歴

図-6 青部材の解析結果 (橋軸直角方向・剛結合)

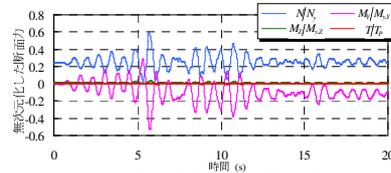


(a) 断面力の時刻歴

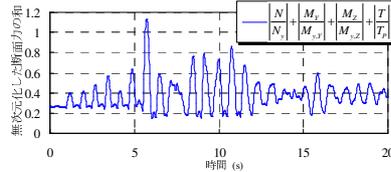


(b) 断面力の各項の和の履歴

図-7 青部材の解析結果 (橋軸直角方向・ピン結合)

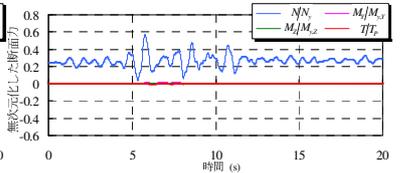


(a) 断面力の時刻歴

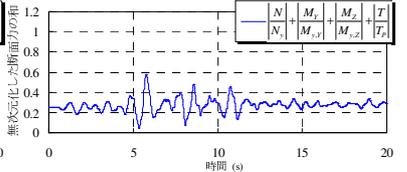


(b) 断面力の各項の和の履歴

図-8 赤部材の解析結果 (橋軸直角方向・剛結合)



(a) 断面力の時刻歴



(b) 断面力の各項の和の履歴

図-9 赤部材の解析結果 (橋軸直角方向・ピン結合)