

大阪大学工学部 学生員 ○道谷 梓 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 今村 哲平 大阪大学名誉教授 フェロー 西村 宣男
 (株)地震工学研究開発センター 正会員 野中 哲也 (株)地震工学研究開発センター 正会員 馬越 一也

1. はじめに

道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編¹⁾(以下、「道示 V」という)では、地震に対して複雑な挙動を示す構造物に対して、動的解析を行うこととされている。鋼トラス橋は複雑な挙動を示す構造物の一つであると考えられ、ファイバーモデルを用いた動的解析を行う例が報告されている。他方、ファイバーモデルを用いた動的解析結果は応力-ひずみ関係の影響を受けることが知られている。しかしながら、ファイバーモデルを用いて鋼トラス橋の動的解析を行う際の適切な応力-ひずみ関係は提案されていないのが現状であると考えられる。また、既往の研究²⁾によると、鋼トラス橋の弦材などの主として軸力を受ける鋼部材では、降伏応力に達する前に全体座屈を起し、軸力-軸方向変位関係が非対称となることが報告されている。そのため、より適切に鋼トラス橋の地震時応答を評価するためには、圧縮側では全体座屈を考慮した応力-ひずみ関係を考える必要がある。そこで、本稿では、上路式鋼トラス橋を対象に、鋼部材の応力-ひずみ関係を変えて、レベル 2 地震動を入力地震動とした時刻歴応答解析を行った。そして、その解析結果をもとに、鋼部材の応力-ひずみ関係のモデル化が鋼トラス橋の地震時応答に与える影響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

本研究では、複合非線形骨組解析プログラムとして、汎用プログラム EERC³⁾を用いて解析を行った。対象とした上路式鋼トラス橋の解析モデルを図-1 示す。このモデルは JSSC のモデル⁴⁾を参考に局部座屈が発生しないように上下弦材、斜材、垂直材の板厚を 22 mm に変更している。図-2 に上下弦材、垂直材の断面内の要素分割を示す。上下弦材、斜材、垂直材以外のコンクリート床版⁴⁾などのモデル化は、JSSC のモデル化の通りとした。また、各部材の要素分割は 4 分割以上とし、トラス弦材と腹材格点部の結合条件は剛結とした。拘束条件は表-1 に示す。

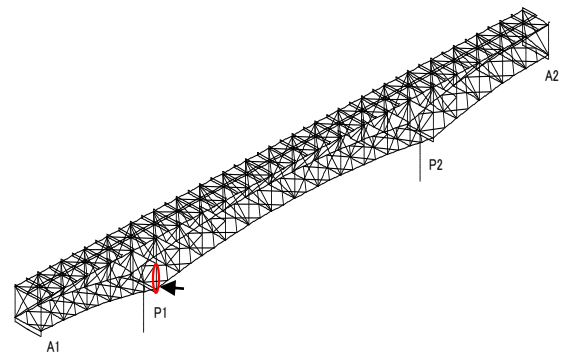


図-1 解析モデル

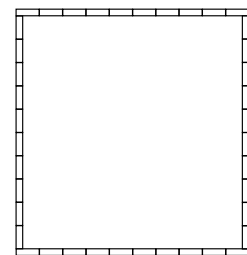


図-2 断面内の要素分割

2.2 応力-ひずみ関係のモデル化

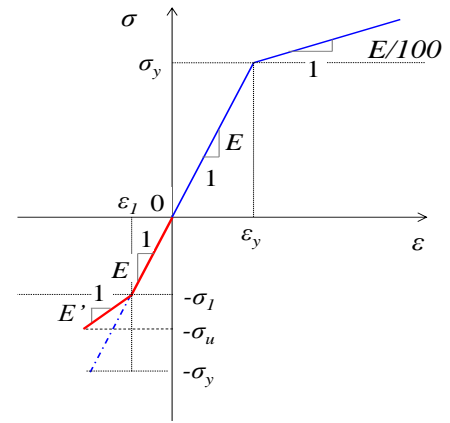
上下弦材、斜材、垂直材に対して図-3(a), (b)に示す 2 つの応力-ひずみ関係を用いて解析を行った。図-3(a)は圧縮において鋼部材の全体座屈による非線形性を考慮した応力-ひずみ関係(以下、「非対称バイリニアモデル」という)である。図-3(b)は鋼部材を弾性体とした応力-ひずみ関係(以下、「線形モデル」という)である。図-3(a)における圧縮側の 2 次勾配 E' は既往の研究²⁾を参考に決定した。図-3(a), (b)の σ_u は道示⁵⁾鋼橋編に記載されている溶接箱形断面鋼長柱の座屈応力度を用いた。また、図-3(a)において勾配が変化する σ_l を線形限界応力ということにする。

表-1 変位の拘束条件

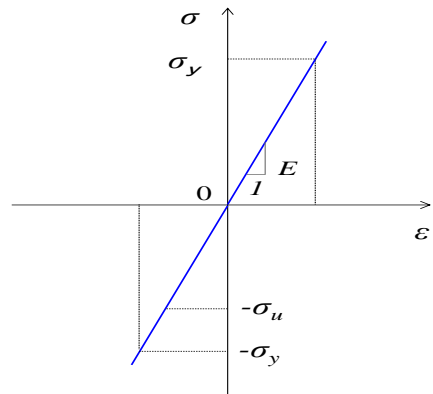
支点	橋軸方向	橋軸直角方向	鉛直方向
A1,P1,P2	自由	拘束	拘束
A2	拘束	拘束	拘束

2. 3 動的解析条件

入力地震波としては、道示V¹⁾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、これを初期状態とし、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、β=1/4とした。減衰についてはレーリー減衰を使用した。そしてレーリー減衰で採用する2つのモード次数は、固有値解析結果をもとに、橋軸直角方向で1次(固有周期を0.662秒)と7次(固有周期を0.203秒)とした。



(a) 非対称バイリニアモデル



(b) 線形モデル

図-3 応力-ひずみ関係のモデル化

3. 解析結果

動的解析結果のうち、応答軸力が最も大きかった部材である垂直材A(図-1参照)の結果を示す。応答ひずみεを降伏ひずみε_yで除したε/ε_yの時刻歴を図-4に示す。またこの垂直材Aにおける応力-ひずみ関係の時刻歴、座屈強度σ_l/σ_yを図-5に示す。図-4より2つのモデルでε/ε_yに差がみられる。この理由として図-5に示すような非対称バイリニアモデルにおけるσ_lがσ_yより小さいため、圧縮側のひずみが大きくなったことが考えられる。また図-5より非対称バイリニアモデルではσ_lは超えているが座屈強度σ_uを超えていないことがわかる。それに対し、線形モデルは座屈強度σ_uを超えており、実際の設計ならば断面寸法、板厚等の見直しが必要な部材となるため、非対称バイリニアモデルを用いた場合と比べて不合理な設計になる可能性がある。

4. まとめ

本稿では、鋼部材の圧縮側における応力-ひずみ関係の違いが各部材に発生する断面力特性に与える影響について検討を行った。その結果、応力-ひずみ関係のモデル化によって挙動に差が見られ、圧縮部材において全体座屈による非線形性を考慮したモデル化を適切に行ったほうが合理的な設計ができる可能性があることがわかった。

【参考文献】

- 1) (社)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。
- 2) 谷上裕明：軸力が卓越する矩形断面鋼部材の耐荷力および変形性能に関する研究，大阪大学修士論文，2011年2月。
- 3) (株)地震工学研究開発センター：EERC/Fiber User's Manual，2007年。
- 4) (社)日本鋼構造協会：ファイバーモデルを用いた鋼橋の動的耐震解析の現状と信頼向上，2009年9月。
- 5) 国土交通省：道路橋示方書，2012年2月。

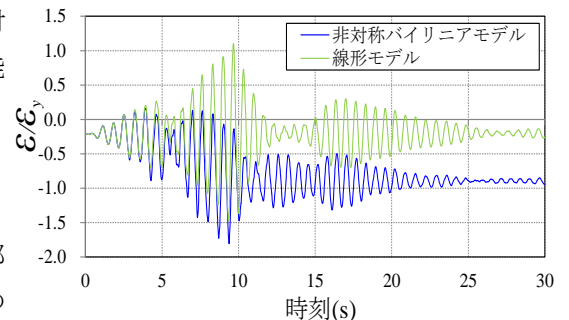


図-4 垂直材Aにおけるε/ε_yの時刻歴応答

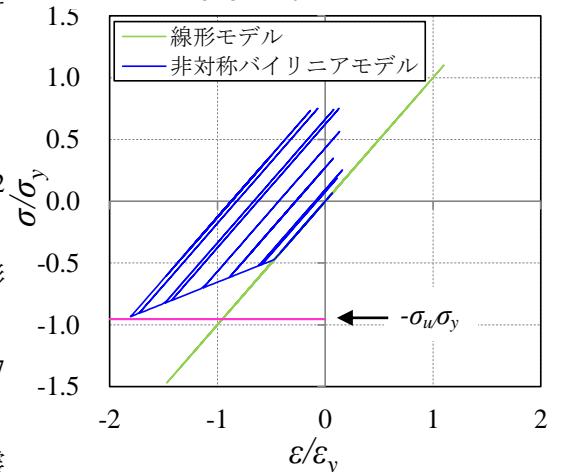


図-5 垂直材Aにおける応力-ひずみ関係の履歴