

大阪大学大学院工学研究科 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 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り,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.また,道示 V によると,鋼トラス橋弦材等については,レベル 2 地震動に対しても弾性解析から求まる応答値が割増係数 1.7 を考慮した許容応力度²⁾以下に留まるように設計することが望ましいとされている.この動的解析の際,格点部のモデル化が動的解析結果に影響を与えることは知られているが,格点部のモデル化は具体的に提案されていないのが現状である.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-ひずみ関係を線形モデルとし,格点部のモデル化を変えて,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,鋼トラス橋の格点部のモデル化とレベル 2 地震動作用時に主構部材に発生する断面力特性との関係について検討を行ったので報告するものである.

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⁾を参考に断面内の要素分割において板厚方向を 1 分割に変更とした.上下弦材,斜材,垂直材以外のコンクリート床版⁴⁾などのモデル化については,JSSC のモデル化の通りとした.このモデルは一部,局部座屈を起こす可能性がある断面となっているがその影響は考慮していないので,今後検討する予定である.また,各部材の要素分割は 4 分割以上とした.変位の拘束条件は表-1 に示す.

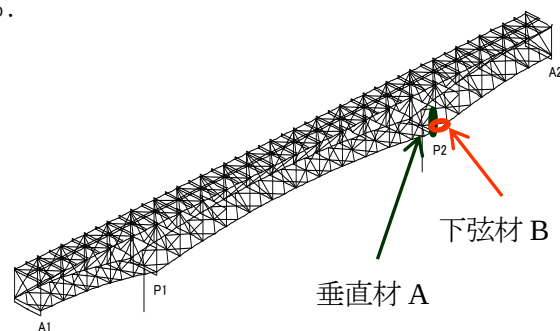


図-1 解析モデル

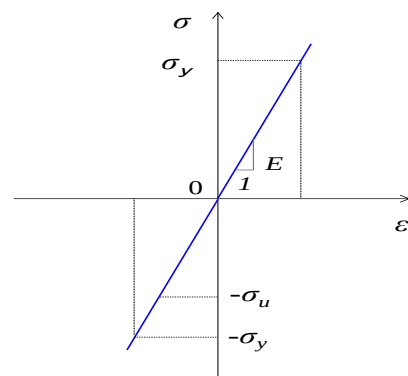


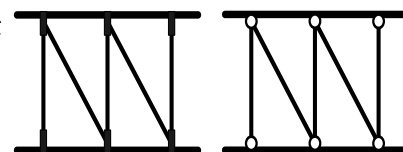
図-2 応力-ひずみ関係のモデル化

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-2 に示す線形モデルの応力-ひずみ関係を用いて解析を行った.これは鋼部材を弾性体とした応力-ひずみ関係である.図-2 において σ_y は降伏応力を示している.また, σ_u は道示鋼橋編²⁾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ものである.

2. 3 部材の結合条件

L2 地震動における耐震性能照査では格点部を剛結合とし,レベル 2 地震動以外の常時の設計ではピン結合と仮定する場合が多い.本稿では,トラス格点部のモデル化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することが主たる目的である.そこで,図-3 に示すようにトラス弦材と腹材の格点部のモデル化として,ピン結合の他,剛結合とした 2 通りのモデルで解析を行った.



(a) 剛結合 (b) ピン結合

図-3 格点部のモデル化

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. 4 動的解析条件

入力地震波としては、道示V¹⁾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、 $\beta=1/4$ 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、格点部が剛結合の場合、1次と7次とし、ピン結合の場合、1次と6次とした。なお、橋軸直角方向入力固有周期について、剛結合の場合で0.78秒(1次)、0.2439秒(7次)、ピン結合の場合で0.88秒(1次)、0.354秒(6次)であった。

3. 解析結果

動的解析結果のうち、ピン結合の時、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)、およびその周辺の下弦材B(図-1参照)の結果を示す。これらの部材における応力-ひずみ関係の時刻歴、座屈強度 σ_u/σ_y を図-4に示す。また垂直材A、下弦材Bの軸力および面内曲げモーメントの時刻歴をそれぞれ図-5、図-6、図-7、図-8に示す。これらの図において横軸は時間、縦軸は軸力 N 、面内曲げモーメント M をそれぞれ降伏軸力 N_y 、降伏面内曲げモーメント M_y で除したものである。図-4より垂直材Aでは剛結合の際、ピン結合の時よりも応力自体が大きくなっていることがわかる。この理由として図-5、図-6から N/N_y において差はほぼ見られないが M/M_y が大きいことが影響したと考えられる。また、下弦材Bに関しては、図-7の N/N_y には大きな差は見受けられないが、図-5に示す垂直材Aの軸力の影響により、図-8に示す M/M_y に関してピン結合の場合、剛結合の約2倍となっている。この結果から、格点部のモデルによって垂直材において軸力に差が生じ、下弦材に曲げモーメントなどが発生し、断面力分布に差が生じると考えられる。

4. まとめ

本稿では、格点部のモデル化を変えて、時刻歴応答解析を行い、鋼部材の格点部のモデル化とレベル2地震動作用時に主構部材に発生する断面力特性との関係について検討を行った。その結果、橋軸直角方向に地震動を与えた場合、格点部のモデル化によって部材に発生する断面力分布に違い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，2012年3月。
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説II鋼橋編，丸善，2012年。
- 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。

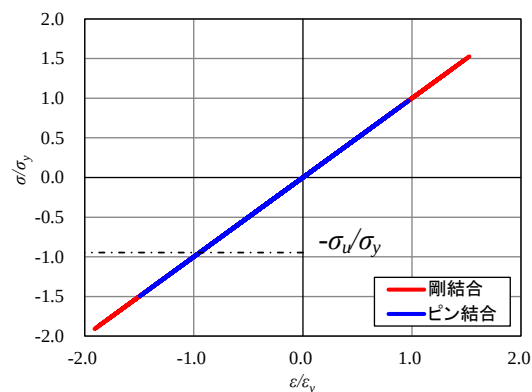


図-4 垂直材Aの応力-ひずみ履歴

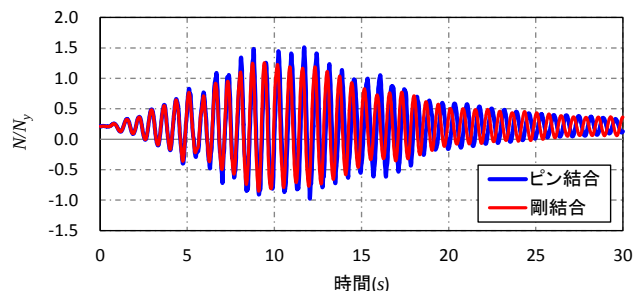


図-5 垂直材Aの N/N_y の時刻歴

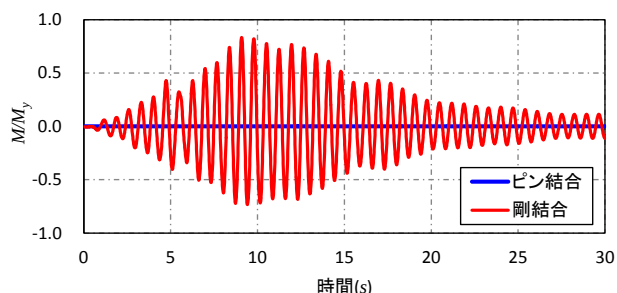


図-6 垂直材Aの M/M_y の時刻歴

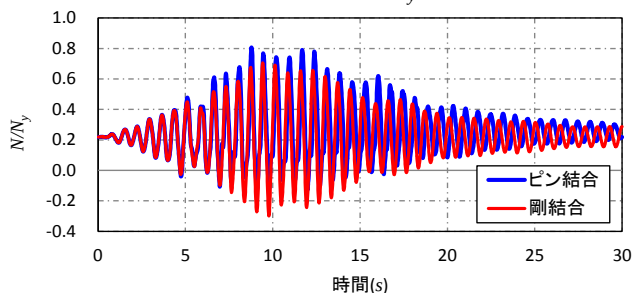


図-7 下弦材Bの N/N_y の時刻歴

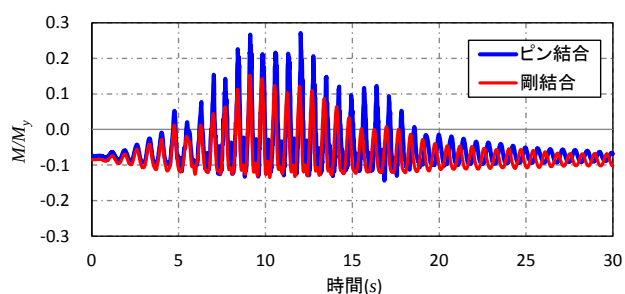


図-8 下弦材Bの M/M_y の時刻歴