鋼トラス橋のファイバーモデルによる動的解析に用いる応カーひずみ関係に関する検討

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㈱地震工学研究開発センター 正会員 馬越 一也

1. はじめに

近年,鋼トラス橋の時刻歴応答解析では、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.この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¹⁾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座屈を起こし、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 EERC²⁾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³⁾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.上下弦材、斜材、垂直材以外のコンクリート床版な どのモデル化は、JSSC のモデル化³⁾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.なお要素分割数、格点部のモ デル化、床板のモデル化については今後詳細な検討が必要であると 考えられる.

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(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-2(a)は鋼長柱の軸圧縮実験結 果の軸力-軸方向変位関係¹⁾をもとに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,座屈応力に達すると 2 次勾配が $E/10^6$ と 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-2(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-2(a),(b)の σ_u は道路橋示方書・同解説 II⁴⁾(以下,道示という)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.図-2(a)における圧縮側の許容ひずみ ϵ_{au} ,引張側 の許容ひずみ ϵ_{au} は今後詳細な検討が必要である.



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



図-2 応力-ひずみ関係のモデル化

キーワード ファイバーモデル,応力-ひずみ関係,トラス弦材,全体座屈,時刻歴応答解析 連絡先 〒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

-329

2.3 動的解析条件

入力地震波としては、道示 V⁵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-I を用い、この入力地震波を 橋軸方向、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、橋軸方向では 2 次(固有周期を 0.487 秒)と 3 次(固有周期を 0.467 秒)、橋軸直角方向では 1 次(固有 周期を 0.662 秒)と 7 次(固有周期を 0.203 秒)とした.

3. 解析結果

動的解析結果のうち,橋軸直角方向においての結果を 示す.図-3には、全垂直材の圧縮側の最大応答ひずみの 分布を示す.この結果から垂直材では Pl 橋脚、P2 橋脚 付近で応力-ひずみ関係のモデル化による差異が生じて いることがわかる.ここで、図-3 で特に差が生じている 部材(円で囲んでいる部材)に着目する.着目した部材に 関しては図-1に示す下弦材 A,垂直材 B であり、それぞ れの結果を図-4、図-5 に示す. (a)には応力-ひずみ関 係の履歴を,(b)には、断面力の時刻歴を示している.

図-4(a),図-5(a)より,下弦材,垂直材どちら においても座屈強度に達していることがわかる. これらの部材の断面力の時刻歴に着目すると,図-4(b)より,下弦材では線形モデルでは非対称バイ リニアモデルにくらべ,面外曲げモーメントが作 用していることがわかる.また,図-5(b)より,垂 直材では面外曲げモーメント,面内曲げモーメン トに関してはモデル化の差異は見られないが,軸 力では線形モデルの方が大きな応答を示している.

これらの結果より、下弦材については線形モデ ルでは非対称バイリニアモデルより面内曲げモー メントが大きくなることで、応力自体が大きくな っており、垂直材に関しては、線形モデルでは軸 力が大きく発生することで応力が大きくなり、そ れぞれの部材における耐震性能評価に差が生まれ ることがわかった.



4. まとめ

本稿では、鋼部材の応力-ひずみ関係の違い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.その結果、応力-ひずみ関係のモデル化によってひずみ、直応力または、断面力の時刻歴応答に差が見られ、耐震性能評価に影響を与えることがわかった.今後、より適切な鋼部材の応力-ひずみ関係のモデル化について検討を進める予定である. 【参考文献】

1)山沢拓也,野上邦栄,小峰翔一,依田照彦,笠野英行,村越潤,遠山直樹,澤田守,有村健太郎,郭路:模擬腐食を導入した鋼トラス橋斜材の残存圧縮耐荷力,構造工学論文集,Vol.59A,pp.143-155,2013年3月.2)(株)地震工学研究開発センター:EERC/Fiber User's Manual,2007年.3)(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.4)(社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 II 耐震設計編,2012年3月.5)(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.