

改定された設計地震動が鋼ローゼ橋の地震時応答特性に与える影響

大阪大学大学院工学研究科 学生員 〇石川 達也 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔
(株)地震工学研究開発センター 正会員 馬越 一也

1. 目的

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、地震時に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。鋼アーチ橋は複雑な挙動を示す構造物の 1 つであり、ファイバーモデルを用いて動的解析を行う例が報告されている。そして、道示 V によると、鋼アーチ橋アーチリブ等の鋼上部構造については、レベル 2 地震動に対しても応答値が割増係数 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。

他方、既往の研究³⁾によると、鋼アーチ橋のアーチリブのような大きな軸力の作用する鋼部材では、局部座屈の他、その細長比パラメータによっては降伏応力に達する前に全体座屈を起こし、軸力-軸方向変位関係が圧縮側と引張側で非対称となることが報告されている。圧縮側での全体座屈を考慮した応力-ひずみ関係を用いることで、弾性とした応力-ひずみ関係より耐震性能照査を適正に行うことができる可能性がある。

また、東北地方太平洋沖地震等に伴い、道示 V では、レベル 2 地震動タイプ I および地域別補正係数が見直された。しかしながら、地域別補正係数を考慮したレベル 2 地震動が鋼橋の応答特性に与える影響について、鋼トラス橋についての研究⁴⁾は行われているが、鋼アーチ橋については十分に明らかにされていない。そこで、本稿では、鋼アーチ橋のうち鋼ローゼ橋を対象に、鋼部材の応力-ひずみ関係に非線形性を考慮したモデルを用い、改訂されたレベル 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、アーチリブに着目して、鋼ローゼ橋の地震時応答特性について考察を行った。

2. 解析モデルおよび解析条件

2.1 解析モデル

本稿では、複合非線形骨組解析プログラムとして、汎用プログラム EERC⁵⁾を用いて解析を行った。対象とした鋼アーチ橋の解析モデルを図-1 に示す。このモデル化は、JSSC のモデル化⁶⁾を参考にし、局部座屈を起こさないようアーチリブの板厚を調整した。また、アーチリブの断面の要素分割は、板幅方向に 10 分割、板厚方向に 2 分割とした。拘束条件は表-1 に示す。アーチリブと鉛直材等の他の部材との格点部の剛性は剛結合として解析を行った。

2.2 応力-ひずみ関係のモデル化

アーチリブに対して図-2 に示す応力-ひずみ関係を用いて解析を行った。図-2 は既往の研究⁷⁾における鋼長柱の軸圧縮実験結果の軸力-軸方向変位関係をもとに圧縮側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 0(しかし解析上は $E/10^6$ とした)になる応力-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 中の σ_u は道示 II 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

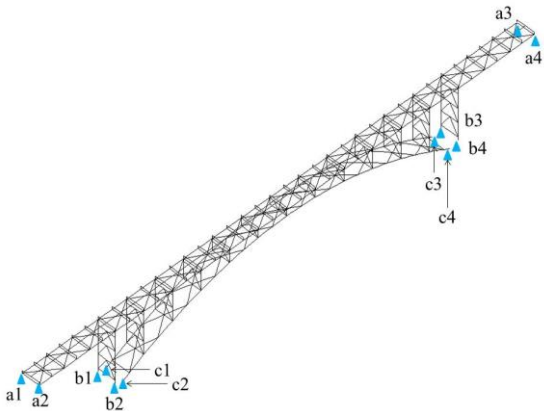


図-1 鋼ローゼ橋

表-1 拘束条件

支点	x軸(橋軸)	y軸(橋軸直角)	z軸(鉛直)
a1,a2,a3,a4	自由	拘束	拘束
b1,b2,b3,b4	拘束	拘束	拘束
c1,c2,c3,c4	拘束	拘束	拘束

度を用いた。なお、図-2 の応力-ひずみ関係および耐震性能評価に用いる許容値 ε_{at} , ε_{ac} については今後検討が必要である。

2.3 動的解析条件

入力地震波としては、まず道示 V¹⁾ に示される I 種地盤のレベル 2 地震動タイプ II 各 3 波、計 6 波を用い、この入力地震波を橋軸直角方向、橋軸方向にそれぞれ作用させた。地域別補正係数は、改定後のタイプ I、タイプ II の差が大きい B1 区域の値であるタイプ I が 1.2、タイプ II が 0.85 の値を用いた。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。

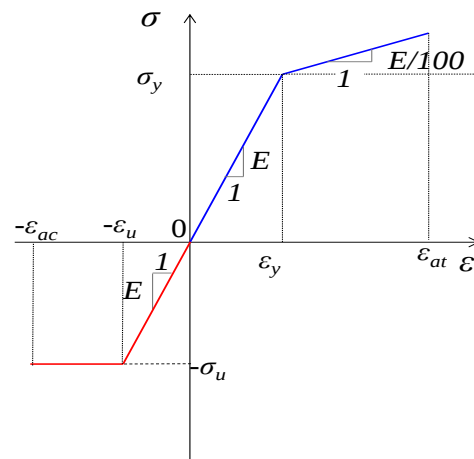


図-2 応力-ひずみ関係のモデル化

3. 解析結果

図-3、図-4 にそれぞれ地震波をタイプ毎に橋軸直角方向、橋軸方向に入力した 3 波の解析結果から得られたアーチリブの応答ひずみの平均値の分布を示している。縦軸の値は応答ひずみ値を部材の降伏ひずみ値で除した値を示しており、点線で示しているのは降伏ひずみ、一点鎖線で示しているのは先に述べた座屈応力度 σ_u に対応するひずみ ε_u の値を表している。橋軸直角方向入力の場合については、両端部においてタイプ II が卓越しているが、他部材については大きな差は見られない。それに対して橋軸方向入力の場合については、全体的にタイプ II がタイプ I を上回る結果となった。

4. まとめ

本稿では、改訂されたレベル 2 地震動を入力して動的解析を行い、鋼ローゼ橋の地震時応答特性について考察を行った。本稿で対象とした鋼ローゼ橋については、改定されたタイプ I 地震動よりもタイプ II 地震動の方が大きな応答値となる傾向が見られた。

5. 謝辞

本研究は、JSPS 研究費 25420483 によって実施したものです。ここに記して謝意を表します。

【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。2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 2012 年。3) 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。4) 道谷梓, 小野潔：改定されたタイプ I 地震動が鋼トラス橋の地震時応答に与える影響, 第 16 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.153~158, 2013 年。5) (株)地震工学研究開発センター：EERC/Fiber User's Manual, 2007 年。6) (社)日本鋼構造協会・鋼橋の性能照査型耐震設計法検討委員会：土木鋼構造物の動的耐震性能照査法と耐震性向上策, 2003 年。7) 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。

【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。2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 2012 年。3) 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。4) 道谷梓, 小野潔：改定されたタイプ I 地震動が鋼トラス橋の地震時応答に与える影響, 第 16 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.153~158, 2013 年。5) (株)地震工学研究開発センター：EERC/Fiber User's Manual, 2007 年。6) (社)日本鋼構造協会・鋼橋の性能照査型耐震設計法検討委員会：土木鋼構造物の動的耐震性能照査法と耐震性向上策, 2003 年。7) 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。

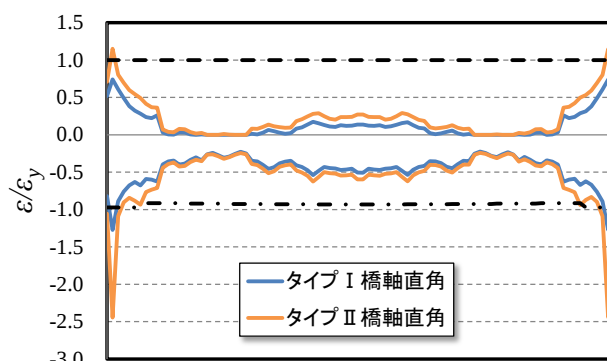
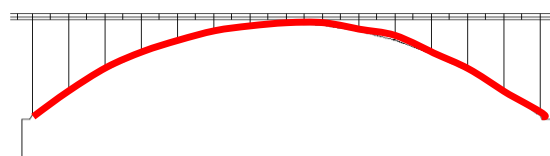


図-3 応答ひずみ分布 3 波平均 (橋軸直角方向)

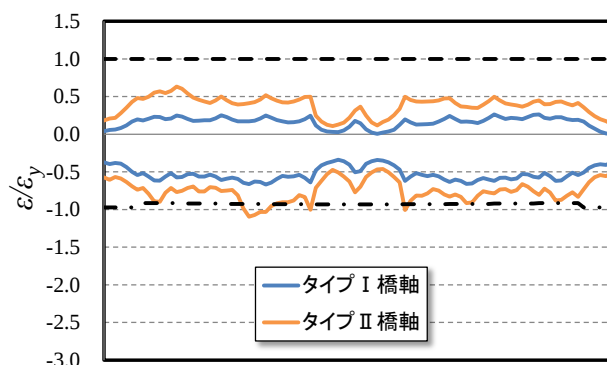


図-4 応答ひずみ分布 3 波平均 (橋軸方向)