

大阪大学工学部 学生員 ○石川 達也 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 道谷 梓 (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た動的解析を行う例が報告されている。そして、道示 V¹⁾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解説されている。

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、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。そこで、本稿では、上路式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アーチ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 EERC⁴⁾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⁵⁾を参考にした。また、アーチリブの断面の要素分割は、図-2 に示すように板幅方向に 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。

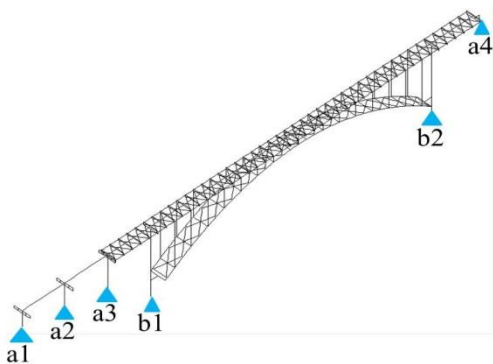


図-1 アーチ橋図(ローゼ橋)

2.2 応力-ひずみ関係のモデル化

アーチリブに対して図-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。座屈応力に達すると 2 次勾配が 0 とした応力-ひずみ関係である。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)の σ_u は道示²⁾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。なお、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。

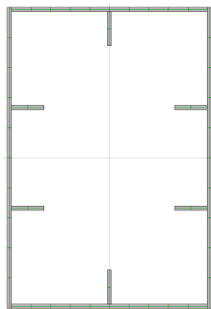


図-2 アーチリブ部材の要素分割

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	拘束	拘束	拘束
b1,b2	拘束	拘束	拘束

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種地盤のタイプI、タイプII各3波、計6波のうち、II-I-1波を用い、この入力地震波を橋軸直角方向に作用させた。なお、その他の地震動入力の場合、橋軸方向入力の場合については講演日当日紹介する予定である。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。

3. 解析結果

応答ひずみ値が最大となった図-4中に赤丸で示す部材について、応力-ひずみ関係を図-5、各モデルのピーク時における応答断面力を図-6に示している。応力-ひずみ関係において、最大値をとる点を図-5中に赤丸で示すが、モデル間に大きな差は見られない。それに対して、それぞれのモデルでの最大ひずみをとる時間は、非線形バイリニアモデルでは5.73秒、線形モデルでは6.13秒とずれが生じている。さらに、断面力に関しては非対称バイリニアモデルでは面外曲げモーメント M_z/M_{zy} 、線形モデルでは軸力 P/P_y が大きくなっており、それぞれの比率に差が生まれている。このことから、応力-ひずみ関係の各モデルによって応答断面力に差が生まれることがわかり、耐震性能の評価が変わる可能性があることが示唆された。

4. まとめ

本研究では、鋼ローゼ橋に対して、応力-ひずみ関係のモデル化が鋼アーチ橋の地震時応答に与える影響について検討した。その結果、モデル化によって部材の応力-ひずみ関係については大きな差が見られなかったが、断面力については軸力と曲げモーメントの比率に大きな差がみられ、耐震性能評価が変わる可能性があることが分かった。

5. 謝辞

本研究は、基盤研究(C)(課題番号：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3月。2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編,2012年3月。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2月。4) (株)地震工学研究開発センター：EERC/Fiber User's Manual, 2007年。5) (社)日本鋼構造協会・鋼橋の性能照査型耐震設計方検討委員会：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10月。

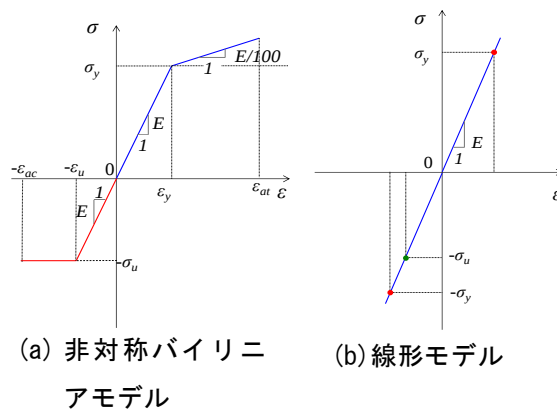


図-3 応力-ひずみ関係のモデル化

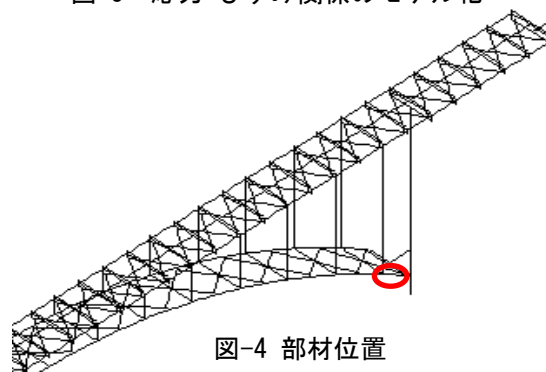


図-4 部材位置

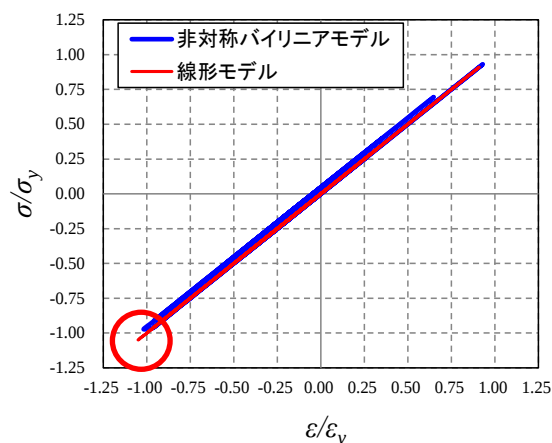


図-5 応力-ひずみ関係の履歴

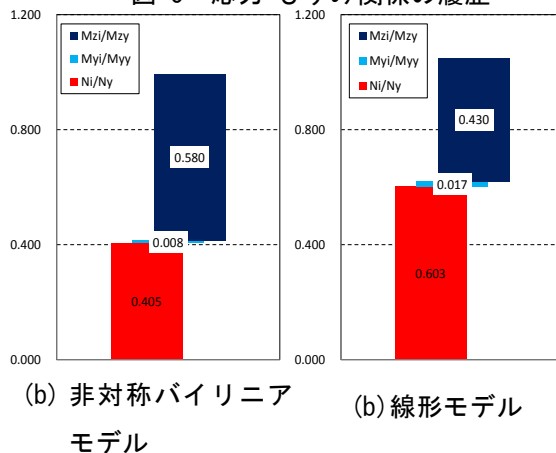


図-6 各ピーク時における断面力の応答