

上路式鋼アーチ橋の耐震性能に及ぼす横構と支柱の剛性の検討

熊本大学大学院 学生員○辻野 慶恵 (株)大林組 正会員 庄 達也
熊本大学大学院 フェロー 山尾 敏孝 熊本大学大学院 学生員 村上 慎一

1. はじめに

既往の研究結果より、上路式鋼アーチ橋は形状寸法にもよるがレベルⅡ地震動に対してアーチリブ基部やアーチリブ基部付近の横構及び端支柱に塑性域が発生しやすく、壊れやすいことが分かっている¹⁾。また、耐震性能照査法については変位による照査とひずみによる照査が提案されているが、必要とされる耐震性能を確保するためのレベル設定および損傷状態の定義が確立されていない。本研究では、上路式鋼アーチ橋を対象にし、既往の研究結果を参考に、レベルⅡ地震動に対して塑性域に入る部材である横構や支柱の断面の剛性を変化させた上で、モデル作成及び非線形解析を行い断面の剛性変化がアーチ橋の耐震性能に及ぼす影響を調べた。また、必要とされる耐震性能を整理し、限界ひずみを新たに設定して、耐震性能照査を実施し、評価方法の検討を行った。

2. 解析モデルと解析の概要

図-1 に対象橋梁、図-2 に全体モデル図を示す。橋梁の断面構成は、アーチリブ、端支柱、支柱の一部が箱型断面、残りの支柱と補剛桁・縦桁・横桁はI型断面である。鋼種はアーチリブ、補剛桁、縦桁がSMA50、それ以外はSMA41である。既往の研究結果を参考に、剛性が小さいと考えられる部材であるアーチリブ横桁、補剛桁、横構及び端支柱横支材の剛性を大きくしたモデルを作成、耐震性能に及ぼす影響を調べた。剛性のパラメータとしては断面2次モーメントを使用し、断面2次モーメントが2倍になるようにウェブの板厚を変更した。図-3 にそれぞれの断面寸法を示す。

本研究では既往の研究結果より塑性化する部材の見当をつけ、それらの部材に対して非線形モデルを導入し、動的解析を行うこととした。動的解析に用いる地震波は用いた入力地震動として、1995年兵庫県南部地震(M7.2)において、神戸海洋気象台(I種地盤)にて観測された記録である2-1波と、同じく兵庫県南部地震において、JR西日本鷹取駅構内地盤上(Ⅱ種地盤)で観測された記録である2-2波を用いた。地震動は図-2に示すY方向である橋軸直角方向のみに入力する、1方向のみの解析とした。使用した解析ツールは汎用解析プログラムT・DAPⅢである。数値計算法は直接積分法とし、積分手法はNewmark β 法($\beta=0.25$)を用いた。質量は集中質量とし、床版に関してのみ回転慣性質量を考慮している。また減衰はRayleigh減衰とした。

4. 解析結果と考察

表-2にアーチリブクラウン部における最大節点変位を、図-3に同箇所における時刻歴応答変位を示した。

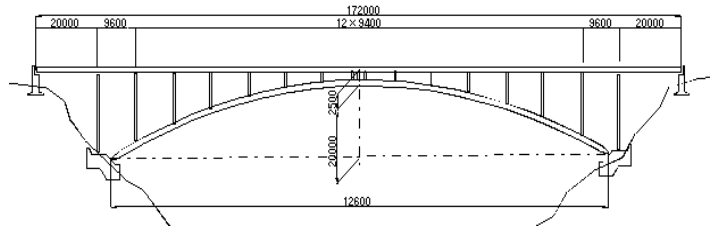


図-1 対象橋梁

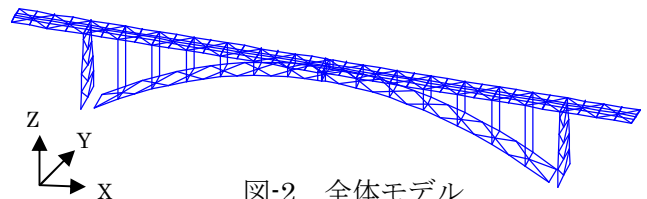
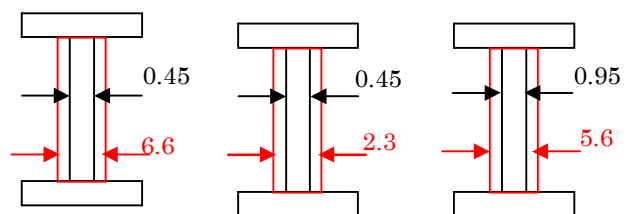


図-2 全体モデル



(a)アーチリブ横構 (b)補剛桁横構 (c)端支柱横構

図-3 横構断面の形状と寸法

キーワード: 横構、支柱、非線形動的解析、耐震性能、鋼アーチ橋、地震動

連絡先: 〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1 熊本大学大学院自然科学研究科、TEL: 096-342-3533 FAX: 096-342-3507

表-2 アーチクラウン部における最大応答変位

方向	最大応答変位 (cm)	
	2-1 波	2-2 波
橋軸方向	0.006	0.065
橋軸直角方向	32.484	-63.956
鉛直方向	3.967	-13.440

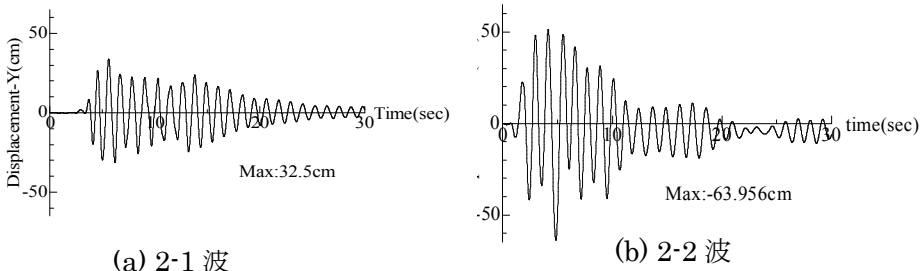


図-3 クラウン部の時刻歴応答変位

解析結果では橋軸直角方向の 1 方向のみに地震波を入力したため、橋軸直角方向の水平変位のみ大きく変位し、橋軸方向にはほとんど変位していなかった。図-4 は時刻歴応答解析を行った場合の塑性化部材の場所を示す。実線(赤色)で示す部材が非線形域に達した部材である。2-1 波、2-2 波ともに補剛桁中央部、アーチリブ横構、そして端支柱上部が塑性化しており、2-2 波応答において端支柱上部の損傷が著しい。2-1 波に対して、2-2 波で、塑性化部材数が増加しているのは 2-2 波において共振を起こしたためだと考えられる。

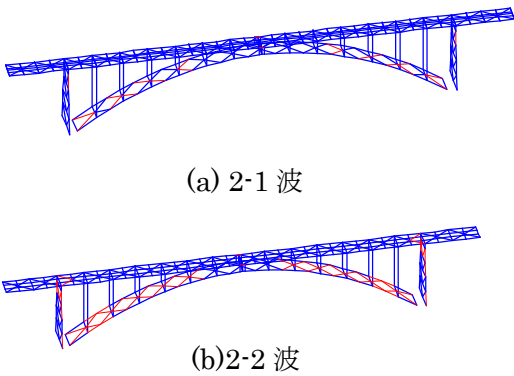


図-4 塑性化部材図

健全度レベルと許容ひずみの関係を表-3 に示す。終局ひずみについては既往の研究による式を用いて算出した²⁾。また、横構などの二次部材においては、発生した軸力が座屈荷重以下であることを照査することとする。2-1 波においては照査対象のすべての部材で要求されている健全度レベルを満たしており、座屈をおこした部材もなかったので結果を省略したが、2-2 波の場合の照査結果として、図-5 に端支柱上部およびアーチリブ横構における時刻歴ひずみを示した。実線(黒)が時刻歴応答、実線(赤)が式より算出した終局ひずみ、破線が部材健全度 2 の基準である $2 \epsilon_y$ をそれぞれ示している。現状では端支柱上部において、4.69sec~5.05sec にかけて $2 \epsilon_y$ を超えており、要求されている健全度レベル 2 を満たしていない。また、アーチリブ横構においても 5.52sec のときに時刻歴ひずみが終局ひずみに達しており、要求されている部材健全度 2 を満たしていないことがわかった。

対象橋梁の照査結果から判定すると本モデルは、本研究で設定した限界ひずみで照査したところ、2-1 波に対して要求される健全度を満たしたが、2-2 波では面外方向へ卓越する固有周期に近いため、主要部材である端支柱上部および 2 次部材であるアーチリブ横構に関して要求される健全度レベルを満たせなかった。よって、部材の補強がまだ必要であることが分かった。

表-3 健全度レベルと許容ひずみの関係

レベル	許容ひずみ
部材健全度 1	ϵ_y
部材健全度 2	$2 \epsilon_y$
部材健全度 3	$8.4 \epsilon_y$
部材健全度 4	ϵ_{95}

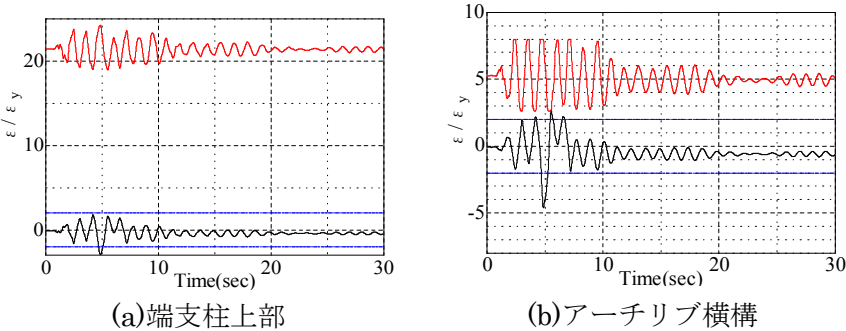


図-5 端支柱上部の時刻歴ひずみ

【参考文献】
1) 山尾敏孝, オサモハメド, 中村善之, 崎元達郎: 上路式鋼アーチ橋の耐震設計のための性能評価方法の一検討, 土木構造・材料論文集, 第 22 号, pp. 31-40, 2006.
2) 日本鋼構造委員会: 鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, 2006.