

横支材を有しない鋼中路ブレースドリブアーチ橋の耐震補強対策検討

パシフィックコンサルタンツ（株）

正会員 ○川越 厚司

正会員 森崎 啓

正会員 西村 学

正会員 太田 あかね

正会員 土田 翔平

1. はじめに

近年、鋼中路式アーチ橋についての耐震補強事例は数多く蓄積されている。アーチ橋の一般的な構造は、アーチリブ間を横支材で結合された構造であるが、当該研究では、景観上の配慮から横支材を有しない鋼中路アーチ橋を対象に、地震時挙動特性、及び、耐震補強方法の有効性について検証を行ったため、結果を報告する。

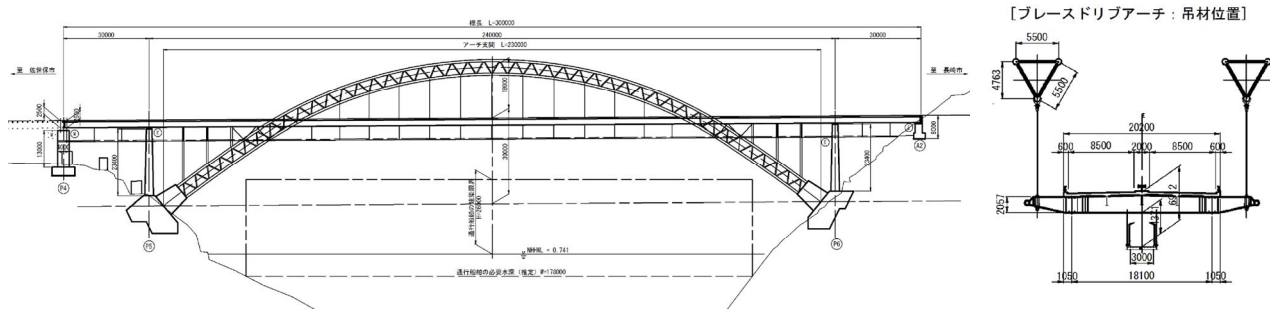


図1 対象橋梁

2. 対象橋梁諸元及び解析条件

対象橋梁は、橋長 300.0m、支間長 230.0m、有効幅員 8.5m+2.0m+8.5m の鋼中路ブレースドリブアーチ橋（図1）である。橋梁諸元を表1に示す。横支材を有しないという特徴の他、アーチリブは、①トラス構造であること、②コンクリート充填鋼管（CFT 構造）、③端部ピン支承は施工時にコンクリート埋設、等が挙げられる。従って解析モデルは、CFT 構造部には鋼・コンクリートの合成構造の挙動を評価できるようにファイバーモデルを採用し、その他、アーチリブ端部は剛結合構造でモデル化した。解析モデル概要図を図2に示す。

表1 橋梁諸元

橋 長	300.0m
支 間 長	240.0m
幅 員	19.0m=8.5m+2.0m+8.5m
上 部 工 形 式	鋼中路ブレースドリブアーチ橋
設 計 活 荷 重	B活荷重
舗 装	アスファルト舗装 t=70mm
下 部 工 形 式	橋台：逆T式橋台、橋脚：アーチ橋拱台
基 礎 工 形 式	直接基礎
地 盤 種 別	1種地盤
設 計 水 平 震 度	kh=0.10
竣 工 年	2006年
適 用 示 方 書	道路橋示方書（平成8年）

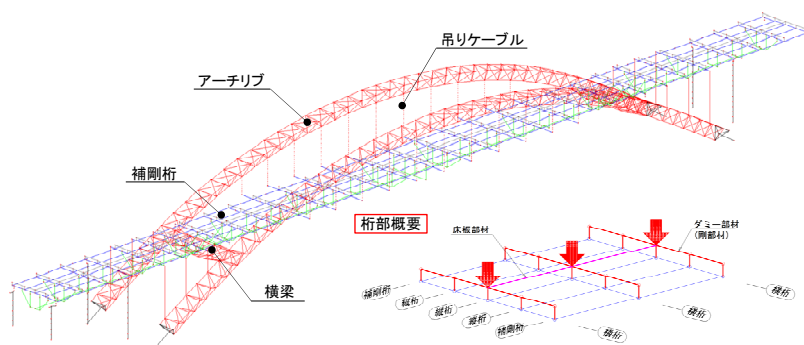


図2 解析モデル概要図

3. 耐震補強検討時の照査指標

各部位の耐震性能照査の照査指標としては、まず、各部位の重要度や機能復旧の容易さ、要求性能等に応じて主要部材と2次部材に分類した。次に、各部材に対して「鋼橋の耐震・制震ガイドライン」を参考に、レベル2地震動に対する部材の照査指標（許容値）をそれぞれ表2のように設定した。

表2 各部位照査指標の考え方

照査対象	部材	許容値
主要部材：橋の上部構造の主体となるもの	アーチリブ（弦材）、横梁（主部材）、補剛桁、縦桁、横桁、ケーブル、支柱、支承	部材健全度2 $\gamma \varepsilon_{max} \leq 2.0 \varepsilon_y$
2次部材：主要部材以外の部材で、対傾構や横構など横荷重のみに対して設計する場合	アーチリブ（上支材）、アーチリブ（腹材）、横梁（腹材）、添架歩道	部材健全度4 引張応力が引張強度以下

キーワード 鋼中路ブレースドリブアーチ橋, コンクリート充填鋼管, ファイバー要素, 耐震補強

連絡先 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前2-19-24 パシフィックコンサルタンツ（株） TEL 092-409-3023

4. 現況照査

表 3 に、現況照査結果を示す。超過率は、発生値／許容値を示し、1 以上は、許容値を発生値が上回り、耐力不足である事を示す。アーチリブは鋼・コンクリートの合成構造である為、圧縮側はコンクリートひずみ、引張側は鋼材ひずみの許容値で照査を行った。現況照査の結果、タイプ I 地震動の橋軸直角方向加震時に、アーチリブの上支材及び腹材、横梁主材及び腹材、添架歩道吊りパイプについて耐力不足となる結果となった。これは、図 3 に示すとおり、本橋は横支材を有しないため、左右アーチリブが単独で振動することにより振幅が大きくなり、且つ、アーチリブ基部が剛結合であること、横梁部で結合されていることから、1/4 支間付近に応力が集中すると考えられる。

表 3 現況照査結果

部材名		照査結果		損傷部材数	
		超過率	判定		
		最大超過理由			
アーチリブ	鋼管	1.344	OK	—	0 0%
	上支材	1.714	NG	軸力引張時・圧縮応力度	64 36%
	腹材	1.116	NG	軸力引張時・圧縮応力度	3 1%
横梁	横梁	2.648	NG	軸力引張時・引張応力度	8 15%
	腹材	1.205	NG	軸力引張時・圧縮応力度	6 7%
桁部	補剛桁	0.818	OK	—	0 0%
	縦桁	0.520	OK	—	0 0%
	横桁	0.933	OK	—	0 0%
	吊材ブラケット	0.611	OK	—	0 0%
	支柱ブラケット	0.681	OK	—	0 0%
	ハンガーケーブル	0.499	OK	—	0 0%
鉛直材	支柱本体	0.239	OK	—	0 0%
	P4橋脚	0.020	OK	—	0 0%
下部構造	P5橋脚	0.109	OK	—	0 0%
	P6橋脚	0.110	OK	—	0 0%
添架歩道	吊パイプ	1.311	NG	軸力引張時・圧縮応力度	14 25%
	軸パイプ	0.309	OK	—	0 0%
	吊ケーブル	0.540	OK	—	0 0%

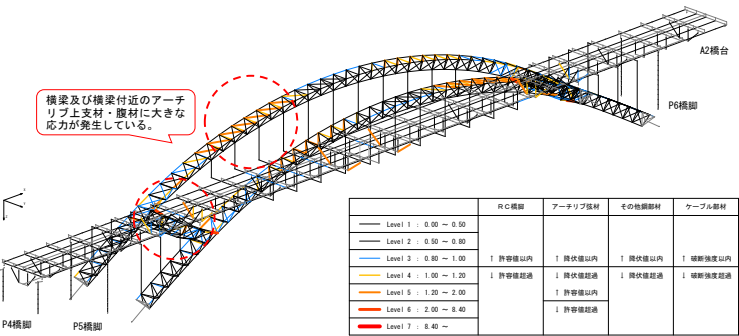


図 3 解析結果

5. 耐震補強向上策の検討

橋軸直角方向のアーチリブや横梁の応答に対して、以下の 4 ケースについて耐震補強効果検証を行った。①案は耐力不足箇所を補強する案であるが、②～④案は応答低減効果を図る案である。③は座屈拘束ブレース材のエネルギー吸収効果があまり発揮されなかったが、②案は応力集中を緩和することができ、④案はアーチリブ単独の挙動を制限することが出来たことで、応答低減効果を確認できた。一方、各々の単独の補強対策のみでは部材全ての安全性を満足するまでに至らなかった為、①の採用や②～④の組合せが必要である。

表 3 に現況照査に対する②～④案の解析結果を示す。

表 4 解析結果

検討ケース	現況照査結果			②支承交換案			③座屈拘束ブレース取替案			④横支材設置案		
	超過率	損傷数	低減率	超過率	損傷数	低減率	超過率	損傷数	低減率	超過率	損傷数	低減率
検討方針	耐力不足となる部材に対して当て板補強や部材交換を実施する案			横梁部の補強部材数の低減のため橋軸直角方向固定装置を弾性支承に交換する案			横梁部横梁付近アーチリブ腹材を座屈拘束ブレースに交換し直角方向変形を抑制する案			一般的なアーチ橋のように、アーチリブ間に横支材を設置しアーチリブの揺れを抑制する案		
アーチリブ_鋼管	1.344	22	1.000	1.321	24	0.983	1.451	25	1.079	2.831	16	2.106
アーチリブ_上支材	1.714	64	1.000	1.674	60	0.977	1.399	36	0.816	1.522	40	0.888
アーチリブ_腹材	1.116	3	1.000	1.099	2	0.985	0.772	0	0.691	1.046	4	0.938
横梁_横梁	2.648	8	1.000	3.931	14	1.484	2.143	7	0.809	1.368	16	0.517
横梁_腹材	1.205	6	1.000	1.214	4	1.007	0.000	0	0.000	1.504	12	1.248

青字：低減部材

6. おわりに

横支材を有しない鋼中路式アーチ橋は、橋軸直角方向加震時に、アーチリブが左右単独で挙動するため、振幅が大きくなり、アーチリブの基部が固定されている事と相まって 1/4 支間付近に応力が集中することが明らかとなった。これに対し、応答低減が図れる補強方法を提案することが出来た。景観性や施工性の観点からは、横支材設置は望ましくなく、①～③案が望ましいと考えられるため、引き続き詳細構造の検討が必要である。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 2012.3
- 2) 日本鋼構造協会：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン 2006.9