RC上路式アーチ橋における耐震補強設計事例

中央コンサルタンツ(株) 福岡支店 正会員 田中 祐介 正会員 荒木 和哉正会員 山口 正剛橋本 史郎

(V3) (V4)

アーチリブ

1.はじめに

上・中路式アーチ橋については,道路橋示方書 耐震設計編(平成14年3月)において,地震時の挙動 が複雑な橋として動的照査法により耐震性能を照査することが規定されている.本論文は,図-1 に示すよ うな既存のRC上路式アーチ橋を解析モデルの対象とし,非線形時刻歴応答解析によりレベル2地震動に対 する耐震性能の照査,及び耐震補強設計を行った結果について概要報告するものである.

2.解析モデル

2.1 対象橋梁概要

本解析は,図-1 に示すような既存の RC 上路式 アーチ橋を対象とした.本橋梁はアーチリブを2本 有し,それらを鉛直部材及び横梁で繋いだ構造であ る(図-2).図-3に解析に用いた3次元立 体骨組みモデル図を示す.

2.2 境界条件

アーチリブは橋台に剛結されており,橋台 は良好な岩盤に設置されているため,アーチ リブ基部は固定とした.鉛直材と床版との接 合部は,V2~V5,V7~V10,V1起点側及び V11 終点側は鉛直方向鉄筋により床版と接合 されており,橋軸方向解析時にはピン構造,
 1300
 2200
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300
 1300

(V 5

(V7)

(V 8)

図 - 2 V3 部断面図

4400

図-3 解析モデル図

直角方向解析時には固定とした.また, A1, V1 終点側, V6, V11 起点側, 及び A2 については床版と接合 されておらず,橋軸方向解析時,直角方向解析時ともに可動とした.なお,鉛直材とアーチリブとの接合部 及び下部横梁とアーチリブとの接合部は剛結としている.

2.3 部材のモデル化

アーチリブ,鉛直材(柱部),及び 下部横梁については全て非線形部材 とし,骨格曲線はコンクリートのひ びわれ,鉄筋の降伏を考慮したトリ リニア型とした.また,履歴特性と しては図-4に示すような剛性低下 型の武田モデル(=0.4)とした.



なお,これらの部材は軸力変動に応じてM- 関係を変化させることが可能なM-N相関モデルとしている (図-5)床版は全断面有効剛性を曲げ剛性とする線形部材とし,上部横梁については剛な線形部材とした. 2.4 解析条件

解析手法は材料非線形時刻歴応答解析法(直接積分法)とし,積分法は Newmark- 法(= 0.25)を用 いた.なお,積分時間間隔は 0.001 秒とする.解析に用いる地震波は,タイプ ・ (種地盤)をそれぞ れ3波用い,入力地震波に 0.85 を乗じて補正する(地域区分 B).減衰は Rayleigh 減衰とする. 3.現橋照査及び耐震補強設計

3.1 橋軸方向の照査及び補強対策

表 - 1 は橋軸方向解析において曲げ損傷と判定された箇 所における現橋及び補強後の解析結果である.現橋照査に おいて V1 基部及び V11 基部が照査を満足していないが, これは鉛直材と床版との接合部において, V1 終点側及び V11 起点側の境界条件が可動となっているためであると考 えられる.そこで補強対策として,落橋防止構造を兼ねた 変位拘束装置(縁端拡幅 + アンカーバー)を V1・V11 部の



応答履歴図(V1基部-T211橋軸) 図-6 M-

上部横梁に設置し,床版と鉛直材を拘束することにより鉛直材の変位が抑制され,照査を満足した.図-6 に現橋状態及び補強後における V1 基部の M - 応答履歴図を示す.なお, V4 及び V8 でせん断照査を満足 しない結果となったが,次項に示す直角方向の曲げ損傷に対する補強により照査を満足した.

表 - 1 檔判/回解析結果() 出け倶傷固	i所)
---------------------------	----	---

損傷箇所			現	橋			補強後(変位拘束装置設置)					
	タイプ			タイプ			タイプ			タイプ		
	最大応答曲率	許容曲率	判定	最大応答曲率	許容曲率	判定	最大応答曲率	許容曲率	判定	最大応答曲率	許容曲率	判定
	max(1/m)	a(1/m)		<pre>max(1/m)</pre>	a(1/m)		max(1/m)	a(1/m)		max(1/m)	a(1/m)	
V1鉛直材基部	0.093976	0.009912	NG	0.056568	0.016181	NG	0.000203	0.009912	OK	0.000298	0.016181	OK
V11鉛直材基部	0.095509	0.009912	NG	0.056717	0.016181	NG	0.000206	0.009912	OK	0.000297	0.016181	OK

3.2 橋軸直角方向の照査及び補強対策

表 - 2 に直角方向解析時において曲げ損傷と判定された 箇所における現橋及び補強後の解析結果を示す.現橋状態 において照査を満足していない V4・V8 鉛直材基部及び V3・V9 下部横梁端部については,ポリマーセメントモル タル巻立てを想定し,曲げ耐力を向上させることにより照 査を満足した.図-7に現橋状態及び補強後における V4



図 - 7 M - 応答履歴図(V4 基部-T211 直角)

補強後

基部の M- 応答履歴図を示す.なお,せん断照査を満足しなかった V3・V9 鉛直材, V2・V10 下部横梁 及びアーチリブについては,炭素繊維シート巻立てによる補強を想定することとした.

損傷箇所		玗	橋			補強後(ポリマーセメントモルタル巻立て)						
	タイプ	タイプ			タイプ			タイプ				
	最大応答曲率 許容曲率	差り	最大応答曲率	許容曲率	判定	最大応答曲率	許容曲率	判定	最大応答曲率	許容曲率	判定	
	max(1/m) a(1/m)	刊上	max(1/m)	a(1/m)		max(1/m)	a(1/m)		max(1/m)	a(1/m)		
V4鉛直材基部	0.003074 0.009390) OK	0.016009	0.015191	NG	0.002762	0.016764	OK	0.051283	0.054314	OK	
V8鉛直材基部	0.002084 0.009390) OK	0.016179	0.015191	NG	0.002482	0.016764	OK	0.051112	0.054314	OK	
V3下部横梁端部	0.008553 0.012920	OK	0.029966	0.022683	NG	0.021604	0.022598	OK	0.069787	0.083905	OK	
V9下部横梁端部	0.008550 0.012920) OK	0.027735	0.022683	NG	0.021043	0.022598	0K	0.072527	0.083905	OK	

表-2 橋軸直角方向解析結果(曲げ損傷箇所)

4.まとめ

部材の非線形特性として軸力変動を考慮した M-モデルを用いた時刻歴応答解析により RC 上路式 アーチ橋の現橋照査を行った結果,橋軸方向・直角 方向ともに照査を満足しない部材が確認された。よ って補強工法を選定し,図-8 に示すような耐震補 強対策を想定した。



図-8 耐震補強対策図

1)(社)日本道路協会:道路橋示方書·同解説 耐震設計編, 2002.3 【参考文献】 2) (財)九州大学出版会:中径間橋梁の動的耐震設計,2000.5 3) (社) 土木学会:橋の動的耐震設計, 2003.3