

## 池内に位置する二柱式RC橋脚の横梁構造による耐震補強に関する検討

西日本高速道路株式会社 正会員 ○宮田 弘和, 狛 忠弘, 迎 良人, 前田 健太  
大日本コンサルタント株式会社 正会員 具志 一也, 田崎 賢治

## 1. はじめに

兵庫県南部地震以降は、昭和55年より前の基準で設計された橋脚の補強や落橋防止対策が優先的に進められてきた。これにより平成28年4月の熊本地震においては、NEXCO西日本が管理する橋梁では落橋・倒壊等の致命的な被害は生じなかったが、一部の橋梁では、支承部の損傷、支承からの脱落による桁の損傷、橋脚の傾斜といった被災があり、高速道路の機能回復に時間を要する結果となった。現在は、大規模地震の発生確率等を踏まえ、落橋・倒壊の防止対策に加え、路面に大きな段差が生じないように、支承の補強や交換等を行う耐震補強対策を進めている。

既設橋において、補強対象の橋脚が河川内や池内にある等の架橋条件ではRC巻立て補強が困難な場合がある。本稿では、ため池内の二柱式RC橋脚を対象としてRC巻立て補強に代わる耐震補強対策を検討した。

## 2. 対象橋梁の概要

図-1 に対象橋梁の一般図を示す。RC6 径間連続中空床版橋（支間長17.5m）の2連からなる橋長210mの既設橋梁である。このうちP6からP11橋脚が池の中に位置しており（図-2参照）、本稿では掛違い部（P6）より終点側の連（P6～A2）に着目することとする。当該連の上部構造はRC中空床版、下部構造は二柱式RC橋脚、橋台は逆T式橋台、基礎構造は直接基礎である。地盤条件はI種地盤であり、平成2年の道路橋示方書により耐震設計が行われている。支承構造は、中間橋脚はメナーゼヒンジ、橋台及び掛違い橋脚ではゴム支承である。支承条件は、橋軸方向に対して、中間橋脚はヒンジ構造で、橋台及び掛け違い部の橋脚では可動構造であり、橋軸直角方向に対しては、全支承が固定構造である。

## 3. 現況の耐震性能照査結果

現況の橋梁に対してL2地震に対する耐震性能照査を行った。具体的には下部構造の曲げ耐力、せん断耐力、最大応答変位及び残留変位を照査した。解析モデルは、橋全体系のフレームモデルを用いた。橋脚柱部は2本モデルとし、トリリニア型の曲げモーメント-曲率関係を有する非線形バネ要素を設け、その履歴特性は武田モデルを用いた。また、支承部は各支承位置に2つの節点を設けて、それらをばね要素で結合した。各構造要素の等価減衰定数として、上部構造は3%、橋脚は2%、基礎は10%とした。性能照査方法は動的照査法とし、道路橋示方書・同解説V耐震設計編<sup>2)</sup>に示される解析手法に準じて時刻歴応答解析を実施した。なお、固有値解析により1次の固有周期は、橋軸方向が0.616sec、橋軸直角方向は0.298secであり、粘性減衰としてRayleigh減衰を用いている。

動的照査結果の一例（P7）を表-1に示す。橋軸方向に対しては何れも要求性能を満足する結果が得られたが、橋軸直角方向では橋脚基部及び段落し位置での曲げ照査と最大応答変位について許容値を満足しない結果となった。

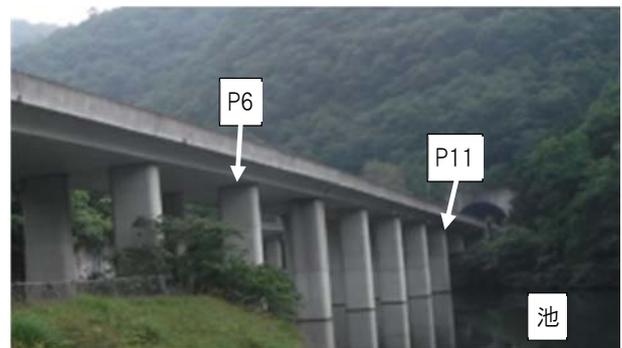


図-2 対象橋梁の遠景

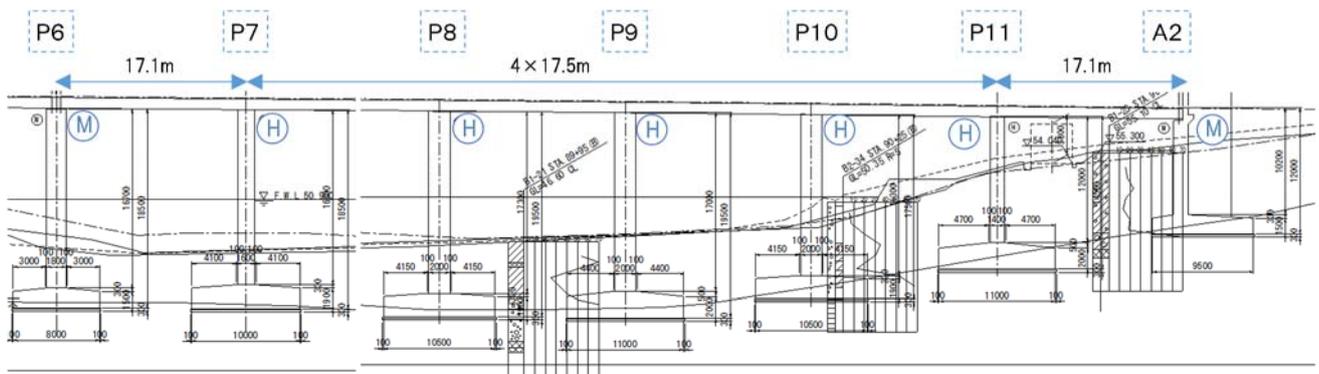


図-1 対象橋梁一般図

キーワード 二柱式RC橋脚, RC横梁構造, 耐震補強, 施工性

連絡先 〒731-0103 広島市安佐南区緑井2-26-1 NEXCO西日本 中国支社 構造技術課 TEL082-831-4111

P7を含めた全橋脚(P6~P11)の照査結果(橋軸直角方向)を纏めたものを表-2に示す。全ての橋脚においてせん断照査と残留変位の許容値は満足しているが、一部の橋脚で橋脚基部及び段落し位置での曲げ照査では満足せず、全橋脚における最大応答変位の照査でも許容値を満足しない結果が得られた。

4. 耐震補強対策検討

前述の照査結果を踏まえ、本橋では橋軸直角方向における橋脚基部の曲げ耐力と最大応答変位に対する補強対策が必要となる。橋脚基部の曲げ耐力を確保するためには、一般的には図-3に示すRC巻立て工法が選定されるが、前述のように、本橋は橋脚が池の中に位置しており、巻立て補強が困難な現地条件となっている。このことから、橋脚の巻立て補強に代わる対策として、二柱式の橋脚天端部を連結して柱の回転変位を拘束することにより、所要の耐震性能を満足させる方法を検討した。

図-4にはRC横梁構造を示す。これにより直角方向の橋脚の剛性が大きくなるため、表-1のとおり橋脚基部の曲げ耐力は満足することが確認された。また、図-5にはせん断パネルダンパー構造を示す。この構造を橋脚2基に設置することで照査結果は満足するが、表-3に示す経済比較により本橋では前者を採用することとした。ここで、せん断耐力にある程度の余裕が無い(本橋とは異なる)場合には、横梁設置の影響により橋脚のせん断照査で耐力不足となり、別途部分的な補強(炭素繊維巻立て等)が必要となる可能性があることに注意を要する。

5. まとめ

今回の設計検討により、池内に位置する二柱式RC橋脚に対して、柱天端部にRC横梁構造を設置することで橋脚のRC巻立て補強を回避できる場合があることが分かった。今後は詳細な施工計画等を検討し、本橋と同様の橋梁形式や架橋条件における合理的かつ効率的な耐震補強方法の確立を目指したい。

参考文献

- 1) 国土交通省 HP:「道路における震災対策」, <http://www.mlit.go.jp/road/bosai/measures/index1.html>
- 2) 道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 平成24年3月

表-1 動的照査結果の例 (P7 橋脚)

補強前・後 方向	補強前(現況)				補強後	
	橋軸		橋軸直角		橋軸直角	
地震動(タイプ)	I	II	I	II	I	II
曲げ照査						
段落し部 (単位)						
最大応答曲率 $\mu/m$	1472	1619	1819	2663	915	960
初降伏曲率 $\mu/m$	1715	1715	1109	1109	1109	1109
比率	0.858	0.944	1.640	2.401	0.825	0.866
判定	OK	OK	NG	NG	OK	OK
橋脚基部						
最大応答曲率 $\mu/m$	2827	6283	3671	4472	2689	3184
初降伏曲率 $\mu/m$	1778	1778	1153	1153	1153	1153
許容曲率 $\mu/m$	8698	8698	4425	4425	4425	4425
比率	0.325	0.722	0.830	1.011	0.608	0.720
判定	OK	OK	OK	NG	OK	OK
せん断照査						
最大応答値 kN	1362	1593	1285	1366	1903	1991
せん断耐力 kN	2182	2507	2009	2246	2009	2246
比率	0.624	0.635	0.640	0.608	0.947	0.886
判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK
最大応答変位 (補強後はラーメン構造となるため「-」とする)						
最大応答変位 m	0.159	0.208	0.179	0.231	-	-
降伏変位 m	0.204	0.204	0.153	0.153	-	-
許容変位 m	0.293	0.293	0.211	0.211	-	-
比率	0.543	0.710	0.848	1.095	-	-
判定	OK	OK	OK	NG	-	-
残留変位						
応答塑性率	0.781	1.020	1.169	1.506	0.611	0.682
残留変位 m	0.000	0.003	0.016	0.047	0.000	0.000
許容残留変位 m	0.169	0.169	0.169	0.169	0.169	0.169
比率	0.000	0.018	0.095	0.278	0.000	0.000
判定	OK	OK	OK	OK	OK	OK

表-2 動的照査結果一覧

	P6	P7	P8	P9	P10	P11
曲げ照査(段落し部)	NG	NG	NG	OK	OK	OK
曲げ照査(基部)	NG	NG	OK	OK	OK	OK
せん断照査	OK	OK	OK	OK	OK	OK
最大応答変位	NG	NG	OK	OK	OK	OK
残留変位	OK	OK	OK	OK	OK	OK

表-3 概算工事費の比較

対策案	工種	単位	数量	工事費(比率)	判定
①RC横梁構造	RC横梁	m3	8	1.00	○
	アンカー削孔	m	96		
	鋼製支保工	箇所	5		
②せん断パネルダンパー	せん断パネル	箇所	2	1.09	△
	コンクリート受台	m3	2		
	アンカー削孔	m	38		
③RC巻立て	RC巻立て	m3	41	4.46	×
	仮締切	壁m2	447		

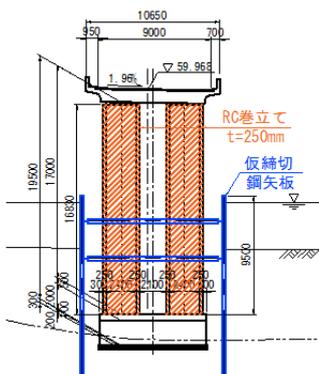


図-3 RC巻立て構造

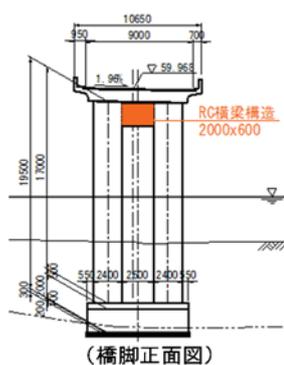


図-4 RC横梁構造

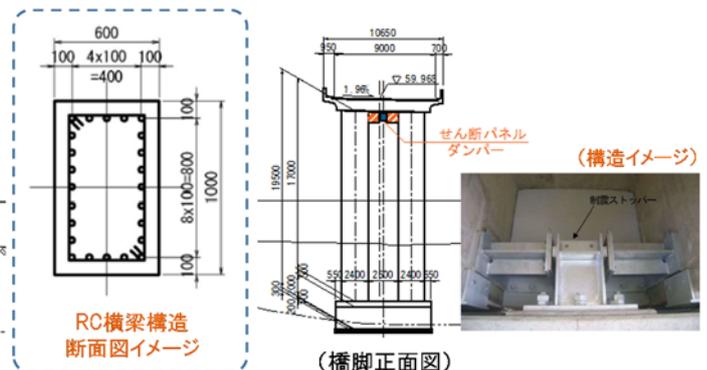


図-5 せん断パネルダンパー