

既設橋梁の全体系を考慮した耐震補強事例について

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○井尾 伸太郎
パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 荒木 誠司
パシフィックコンサルタンツ株式会社 佐藤 喬

1. はじめに

政府の地震調査委員会より新たな巨大地震発生確率が公表された中、安全で確実な道路防災ネットワークの早期構築を目指した橋梁の耐震補強が鋭意実施されている。本稿で取り上げる橋梁は、一級河川を渡河する橋梁として第一次緊急輸送道路に架かる8径間の鋼連続鈑桁橋であり、本橋のP1及びP7橋脚周辺は、過去の地震により液状化が発生し地盤定数の低下が認められ、耐震性能の低下が懸念されていた。

本稿では、過去の地震を受けて竣工時よりも耐震性能が低下している橋梁において、全体系を考慮した耐震補強事例について報告する。

2. 対照橋梁の橋梁諸元

対象橋梁は、図1に示すような橋梁諸元を有する橋長287.2m、全幅員19.5mの橋梁形式であり、供用後45年程度経過した橋梁である。

- 上部工：2連4径間連続
鋼連続鈑桁
- 下部工：橋台：逆L式
橋脚：張出し式
- 基礎工：橋台：鋼管杭基礎
橋脚：ケーソン基礎
- 支承条件：P1、P7橋脚（固定）
A1、A2橋台、P2～P6橋脚（可動）
- その他：施工可能時期：12月中旬～3月

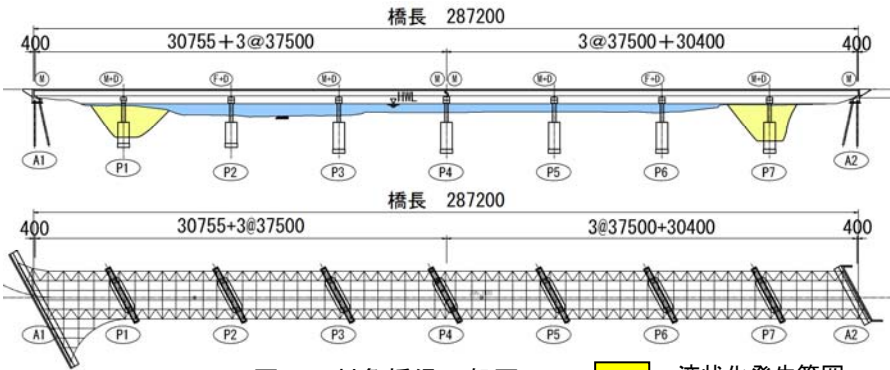


図1 対象橋梁一般図

黄色：液状化発生範囲

3. 耐震性能の照査方法と耐震性能照査結果

(1) 耐震性能の照査方法

橋脚の耐震診断は、道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編に示されている「地震時の挙動が複雑でない橋」に該当し、静的解析での解析が適応できるが、既設構造物の地震時の挙動を精度良く把握するため非線形動的解析の時刻歴応答解析法を用いて実施した。

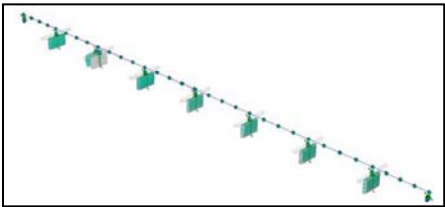


図2 解析モデル図

(2) 耐震性能照査結果

本橋の耐震性能評価結果を表1に示す。本橋は、古い基準にて構築されていることから、全ての橋脚において橋脚柱・ケーソン基礎に応力と変位の超過が認められた。特に、P1及びP7橋脚は、過去の地震により周辺地盤が液状化し地盤定数が低下していることから、ケーソン基礎の側壁において著しい応力超過であった。

表1 現橋橋脚の耐震性能一覧表

下部工名			P1、P7橋脚			P2～P6橋脚		
補強要否判定			柱	補強必要		柱	補強必要	
			頂版	補強必要		頂版	補強必要	
			基礎	補強必要		基礎	補強不要	
	項目	方向	計算値	許容値	超過率	計算値	許容値	超過率
橋脚柱	段落とし	橋軸	0.751	1.200	—	0.742	1.200	—
		直角	0.801	1.200	—	0.799	1.200	—
	破壊形態	橋軸	曲げ破壊型			曲げ破壊型		
		直角	せん断破壊型			せん断破壊型		
	回転角	橋軸	15.483	6.580	+135%	15.833	6.760	+134%
		直角	70	800	—	163	800	—
	残留変位	橋軸	0.146	0.087	+67%	0.148	0.087	+70%
		直角	0.000	0.087	—	0.000	0.087	—
	頂版	橋軸	11,900	25,264	—	11,581	25,264	—
		直角	3,142	1,650	+90%	3,603	1,650	+118%
側壁	側壁水平	橋軸	598	420	+42%	239	368	—
		直角	322	436	—	243	418	—
	側壁水平	橋軸	680	270	+152%	277	286	—
		せん断力	359	436	—	343	436	—

4. 耐震補強方法

(1) 既設支承の取替え

キーワード：耐震補強設計、橋梁基礎、基礎補強、液状化、地盤改良

連絡先 〒060-0807 札幌市北区北7条西1丁目1-2-6 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL011-700-5224 FAX011-709-0628

P1～P3, P5～P7 橋脚の既設支承はダンパー支承が設置されていた。しかし、ダンパー支承のオイルダンパーが油切れしており再注入が困難であるため、荷重分担や制振効果が期待できないことから全て取替る計画とした。

また、支承条件を既設と同様の1点固定支持とした場合、橋脚耐震補強として採用する鉄筋コンクリート巻立ての巻立て厚が500mm必要となり、河川構造令の阻害率を満足しないことから採用不可とした。また、支承条件としては、表2に示す各案にて比較検討し、構造的、経済性よりCASE3の3点固定支持を採用した。

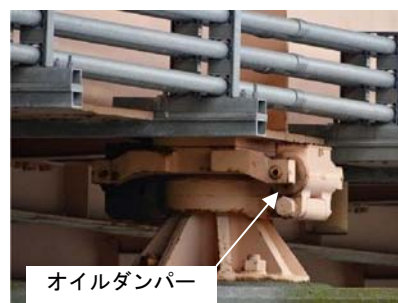


図3 現橋の支承構造

表3 支承支持条件の比較検討案

検討ケース	A1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	A2
CASE1 P1・P7 1点固定案	M	F	M	M	M-M	M	M	F	M
CASE2 P1-P2・P6-P7 2点固定案	M	F	F	M	M-M	M	F	F	M
CASE3 P1-P3・P5-P7 3点固定案	M	F	F	F	M-M	F	F	F	M
CASE4 P1-P3・P5-P7 免震案	M	LRB	LRB	LRB	M-M	LRB	LRB	LRB	M
CASE5 P1-P3・P5-P7 分散案	M	RB	RB	RB	M-M	RB	RB	RB	M

尚、落橋防止構造は、過年度に設置された落橋防止装置を照査したところ、現行示方書を満足することが確認できたため、再利用する計画とした。

(2) 橋脚耐震補強工法

P1～P7 橋脚の全ての橋脚において耐震性能不足のため、橋脚耐震補強工法として鉄筋コンクリート巻立て工法、鋼板巻き立て工法、ポリマーセメントモルタル巻立て工法にて最適案を検討した。その結果、橋軸直角方向において鉄筋コンクリート巻立て工法のテーパー角度を調整し、下端の巻立て厚を750mm確保することにより、ケーソン基礎の頂版補強を不用とすることができ、経済性、耐久性、施工性、維持管理性に優れた鉄筋コンクリート巻立て工法を採用した。

(3) 橋脚基礎の補強工法

地質調査の結果より、過去の地震において液状化が発生したP1, 7橋脚のケーソン基礎側面の変形係数は、 $E=2,300\sim 2,800\text{kN/m}^2$ 程度と低く、液状化が発生しなかった他の橋脚の同程度の深さの変形係数の1/3～1/4程度の値であった。

P1, 7橋脚のケーソン基礎側面の耐力不足は、この地盤定数の低下が原因である。

また、P1, P7橋脚の耐震性能を把握するため、上部工重量を $W=0.0\text{kN}$ としてケーソン基礎の耐震性能を評価した。その結果、両橋脚ともにケーソン基礎側壁部の水平方向にてせん断耐力が満足しない結果となり、液状化対策だけではケーソン基礎の耐震性能が満足できないことが判明した。

このため、P1, P7橋脚は高水敷に位置し、改良深度もGL-6～11m程度であり、一般的なロータリーパーカッションドリルにて施工可能である浸透固化処理工法を採用し、液状化対策に加え、地盤定数を改善できる地盤改良を影響範囲内に実施し、ケーソン基礎の耐震性能を満足させた。

5. おわりに

基礎を含めた橋梁全体系にて現行基準の耐震性能を満足させるための耐震補強方法としては、一般的には支承取替えによる免震化やダンパー設置による制震化による地震力のエネルギー吸収方法が採用されている。

本橋のような、地盤が比較的軟弱な場合には、前記のエネルギー吸収方法では地震時の移動量が現況の主桁遊間より大きくなり採用が困難であった。このため、地盤改良による基礎補強を採用したが、基礎補強は施工時の制約も多く、高価かつ工期も比較的長いため、対象橋梁の特徴を考慮した最良な補強方法を選定する必要がある。

参考文献

- ・(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，2012.3

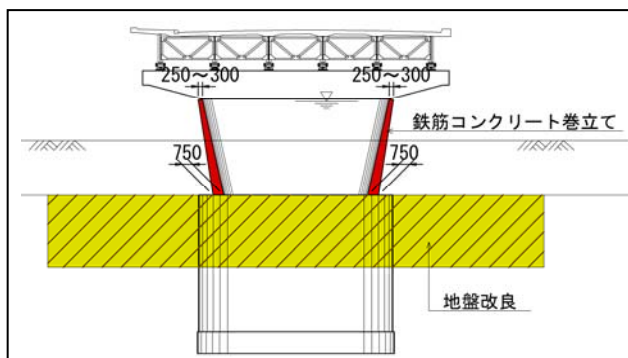


図4 橋脚・基礎の耐震補強概要図