

パイルベント形式RCラーメン橋脚の耐震補強

建設企画コンサルタント*) 正員 井境宏和 建設企画コンサルタント 正員 山本博之
建設企画コンサルタント 正員 武 伸明 建設企画コンサルタント 東野忠雄

1. まえがき

本橋は、急傾斜山岳地に架設された鋼単純合成鈹桁橋（支間割 3@19m：昭和 53 年度竣工）であり、下部工形式は図 - 1 に示すような不平等脚柱のラーメン式橋脚を用いた、深礎基礎と脚柱が一体構造となるパイルベント形式である。耐震設計は昭和 47 年の道路橋耐震設計指針を適用しているため、現道路橋示方書（平成 14 年 3 月）によると、レベル 1 地震動の設計震度は 10% 増加し、更にレベル 2 地震動の照査も必要となる。本稿では、対象としたパイルベント形式 RC ラーメン橋脚の破壊モードを確認し、構造系全体の崩壊を避けるため、既設部材のせん断耐力不足に対して中間梁増設と増杭により補強した耐震構造について述べる。

2. 既設橋脚の耐震性能

下部工は、風化砂岩を支持層とし、不平等脚柱の 2 柱ラーメン式橋脚でフーチングを持たない構造であり、柱と杭の境界が明確ではなく、両者で形状寸法や配筋に差異がない。耐震設計では、標準的な橋脚のように柱と杭の終局部材位置が特定できないので、非線形部材としてモデル化し動的照査法を適用した。¹⁾また、設計活荷重は当時の指針から B 活荷重に変更されているため、上部工床版補強後の荷重を考慮した。その結果、図 - 2 に示すように橋軸方向の杭部で山側・谷側ともにせん断耐力が不足し、ラーメン構造系全体の崩壊になるため補強対策が必要となった。構造系の崩壊の判定（終局状態）は、ラーメン式橋脚の山谷両側に塑性ヒンジが生じた時点とした。²⁾（図 - 3）

3. 耐震補強設計

(1) 対策工法

既設杭は地中部（軟岩層）の補強が困難であるため、谷側杭の補強を避け山側杭へ断面力を偏心させるため脚柱間に中間横梁を設け、増杭で補強する構造を採用した。補強方法は、現地の地形条件や施工性から、杭本体を補強する 補強鋼板巻立てパイルベント工法、橋脚全体を補強する 小口径杭補強（マイクロパイル工法）と 大口径杭補強（増杭深礎杭）を検討した。その結果、経済性・構造性で優位な既設杭と同種同径の 増杭深礎杭による補強工法を採用した。（図 - 4）

(2) 解析手法

既設橋脚に対してモード解析をした後、動的解析を行い、構造系崩壊の判定を行なった。補強構造を検討した後、動的解析を行い、構造部材の耐震性能を照査した。増杭の解析では、既設橋脚と変位を合わせるため、増杭杭頭での変位量 δ_0 が既設

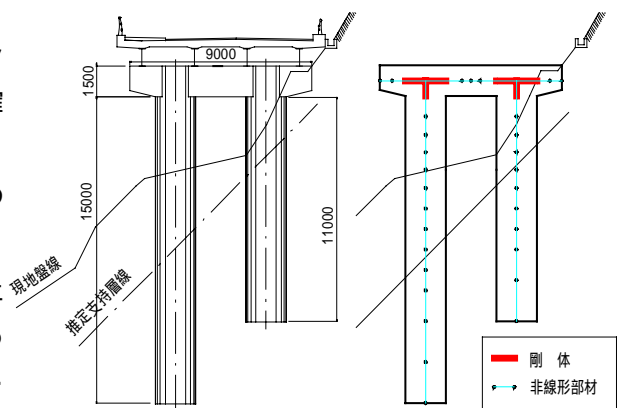


図 - 1 橋脚構造図及び解析モデル

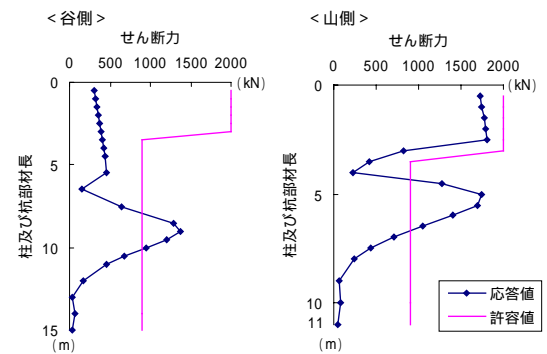


図 - 2 せん断力分布図（レベル 2）

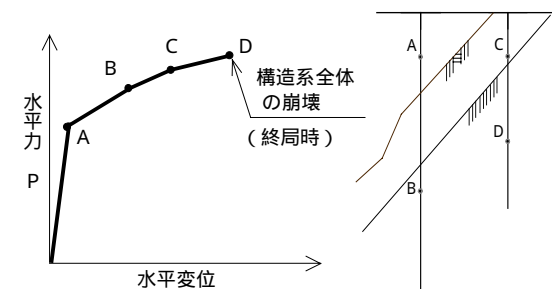


図 - 3 橋脚の終局状態

キーワード：耐震補強、非線形動的解析、増杭、ラーメン式橋脚、パイルベント形式、山岳橋梁
連絡先：*) 〒550-0004 大阪市西区鞆本町 3-5-25 TEL.06-6441-4617 FAX.06-6448-3915

杭の変位量 δ と等しくなるよう杭長と杭の断面を決定した（図 - 5）。既設杭と増杭の荷重分担は、地震時水平荷重は両者で分担し、増杭の鉛直荷重はフーチング自重のみとした。

（3）解析結果

照査項目の補強前の応答値に対する比率と、補強前後の曲げモーメント図とせん断力図を図 - 6 に示す。

- （残留変位の照査） 17%に低減
- （応答塑性率の照査） 70%程度に低減
- （曲げモーメントの照査） 谷側杭を 73%に低減
- （せん断力の照査） 谷側杭を 61%に低減

既設構造は、せん断破壊型の挙動を示しており、山側・谷側ともにせん断耐力が不足していた。本検討での増杭による補強によって、谷側杭が 61%程度 ($S_0=1374\text{kN}$ $S=842\text{kN}<P_s=899\text{kN}$) に低減できた。これは谷側杭に作用する地震時水平力を、増杭で補強することによって、分散できた。図 - 6 に補強後の最大せん断力、曲げモーメントともに横梁付近に移動していること示す。同様に、残留変位、応答塑性率に関しても本補強工法により許容値を満足した。（表 - 1）

表 - 1 補強前・後の解析結果

		補強前	補強後	許容値	判定	
残留変位 (cm)	谷側	0.18	0.03	< 9.00		
	山側	0.17	0.03	< 6.50		
応答塑性率 (cm)	谷側	柱	0.42	0.29	< 4.54	
		くい	1.42	0.72	< 7.81	
	山側	柱	0.47	0.39	< 4.54	
		くい	6.05	4.42	< 8.95	
曲げモーメント (kN・m)	谷側	柱	3313	2299	< 7951	
		くい	4153	3028	< 4181	
	山側	柱	3757	3096	< 7951	
		くい	3528	3607	< 3614	
せん断力 (kN)	谷側	柱	389	964	< 1994	()
		くい	1374	842	< 899	
	山側	柱	1808	1362	< 1994	
		くい	1741	1730	> 899	

谷側の柱・くいが健全であるので、構造系全体の崩壊に至らない。

4. あとがき

小口径の増杭工法等は、基礎の補強工法として実績は増えている。それに対して、深礎杭による増杭補強の報告例は少ない。本報告の補強工法により、レベル2地震動による耐震性能照査における地中部材のせん断耐力不足に対して、中間横梁により断面力分布を改善し、かつ増杭に作用慣性力を分担させることにより、橋脚の残留変形を最小限に留め、作用せん断力を構造系全体の破壊に至らないレベルまで低減できることを確認した。

- 【参考文献】 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，耐震設計編，2002.3
 2) (社)日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1997.3

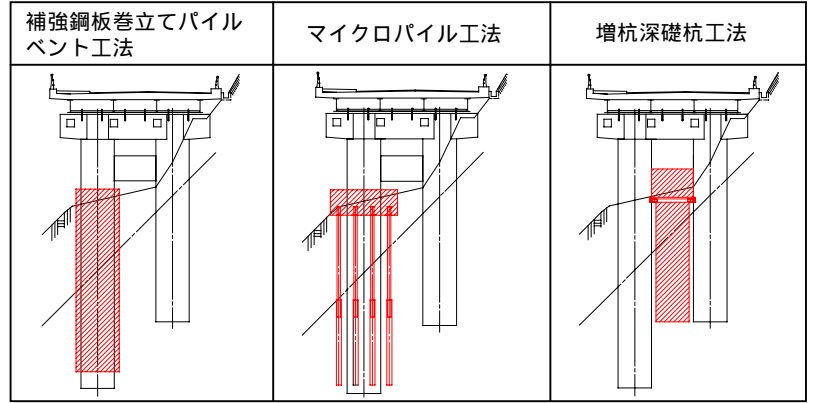


図 - 4 対策工法検討案

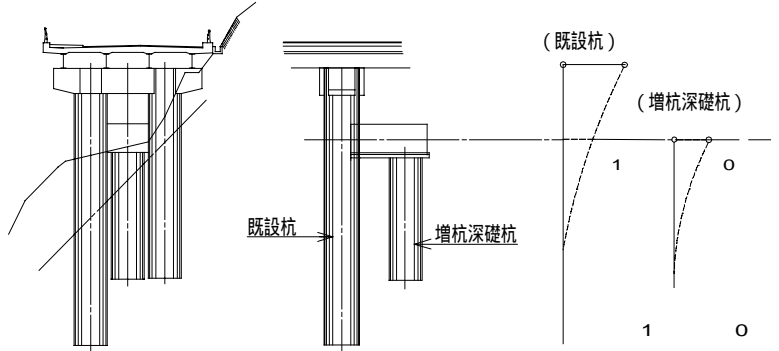


図 - 5 解析手法

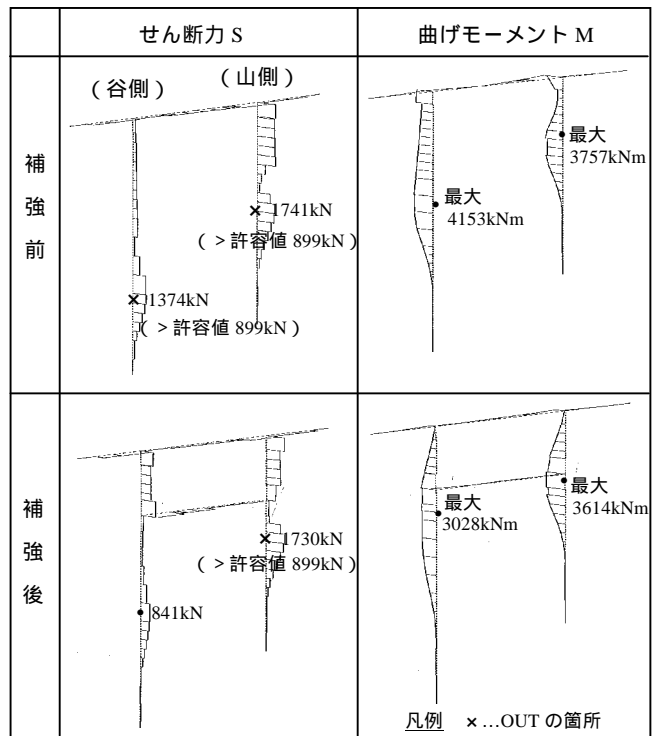


図 - 6 補強前後の M 及び S 図