

河川改修に伴う肥薩おれんじ鉄道川内川橋りょう橋脚の補強

J R 九州コンサルタンツ(株) 正会員 ○山下 健二 非会員 挾間 裕
肥薩おれんじ鉄道(株) 非会員 坂本 浩一
(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 佐名川 太亮 正会員 西岡 英俊

1. はじめに

鹿児島県薩摩川内市を流れる川内川については、現況の河道断面が不足しており、河川改修工事(引堤工事)が行われている。肥薩おれんじ鉄道川内川橋りょうは、大正 11 年に設置された橋りょう(平成元年に一部改築)であり、河道拡幅に伴い、橋りょうの長スパン化が必要となった。

2. 川内川橋りょうの改修概要

現況の川内川橋りょうは、デッキガーダー3 連(支間 6.2m+12.9m+12.9m)、鋼下路トラス 4 連(支間 66.7+46.9m+46.9m+46.9m)で構成されており、河川改修に伴い、八代方の 3 径間(デッキガーダー)を 1 径間の橋梁とする必要があったことから、鋼下路トラスで計画した。既設の P3 橋脚については、ケーソン基礎の壁式橋脚であるが、トラス桁への架け替えに伴い荷重が増加すること、また、最新の鉄道基準^{1),2)}に適合させる必要があり、要求性能を満たさないことが想定された。

3. 既設橋脚の評価

しゅん功図の設計条件より、設計水平震度が $K_h=0.16$ であったため、橋脚く体の曲げ耐力の不足が懸念された。そこで、現況の橋脚く体に対して、新設のトラス桁の反力を加味して計算を行ったところ、L1 地震動および L2 地震動に対して所要の安全度が確保されていない結果となった(表 1)。そのため、く体の曲げ補強が必要となるが、く体の震度が上がり、基礎に対する負担も大きくなることから、地震時の基礎の性能不足が想定された。

4. 構造計画

4.1 く体と基礎の補強

く体の曲げ補強については、RC 巻立て補強とし、河川阻害を抑えるため最低の巻立て厚とした。基礎の補強は、荷重規模、河川内の橋脚であること、既設桁直下での施工であることなどを勘案して、鋼管を既設ケーソン外周に打設し、鋼管矢板基礎のような井筒状の基礎となるように補強することとした。ただし、施工上の制約から、鋼管杭先端にビットを設置して、圧入機を用いて回転圧入させる工法(ジャイロプレス工法)を用いることとしたため、鋼管矢板基礎のような継手管で鋼管杭同士を連結させることはできず、単に鋼管杭が小さい杭間隔で並んでいる構造とした。

4.2 既設ケーソンと鋼管杭の接合

鋼管側に配置したスタッドジベルおよび既設ケーソン側に配置したアンカー鉄筋と増しフーチングとの定着により一体化を図るものとした。また、応力伝達を円滑にするために、橋脚基部にハンチを設け、橋脚く体と鋼管杭を H 形鋼で接続する構造とした。

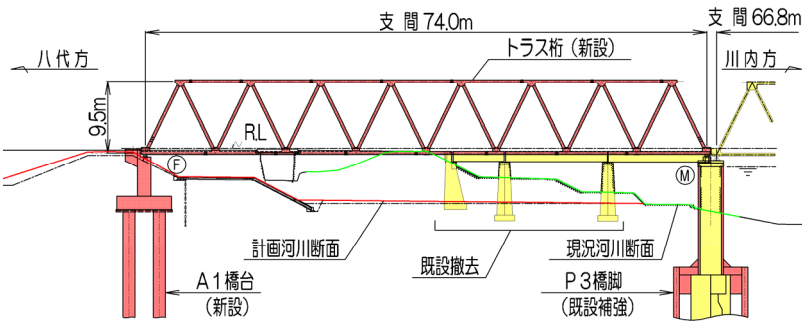


図 1 川内川橋りょう計画断面図

表 1 既設橋脚く体の照査結果(地震時)

L1地震時	設計降伏震度 K_{hy}	0.187
	設計水平震度 K_h	0.378
	安全度 K_h/K_{hy}	$2.021>1.0$
	判定	NG
L2地震時	損傷レベル1 $\gamma_i \cdot \theta_d / \theta_1$	$9.999>1.0$
	損傷レベル2 $\gamma_i \cdot \theta_d / \theta_2$	$2.412>1.0$
	損傷レベル3 $\gamma_i \cdot \theta_d / \theta_3$	$1.622>1.0$
	判定	NG

ここに、 γ_i : 構造物係数(=1.0)
 θ_d : 橋脚く体基部の部材角
 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$: 橋脚く体基部の部材角の制限値

キーワード 基礎補強, ケーソン基礎, 鋼管杭

連絡先 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 1-1-14 J R 九州コンサルタンツ株式会社 TEL 092-413-1035

5. 地盤抵抗の考え方

ケーソン基礎周りに鋼管杭を打設する際、既にケーソン基礎は死荷重(既設桁の上部工反力、橋脚の自重)を受けた状態である。そのため、使用性(長期支持性能)時に鋼管杭に負担される荷重の割合は小さいものと考えられる。一時、地震時と死荷重に対して大きな別の作用が加わったとき、鋼管杭に負担される割合は増加していくものと考えられる。しかしながら、ケーソン基礎と鋼管杭基礎の支持力が発揮されるタイミングがずれると考えられることから、両者を同時に考慮することはできない。そのため、頻度が多く荷重値が小さい作用を受ける性能については、ケーソン基礎のみで安全度を確保し、頻度が少なく大きな作用を受ける性能については内部の既設ケーソンの存在を無視し、死荷重もすべて鋼管杭が負担するものとして、文献1)に準じた設計とした。ただし、継手管が設けられないことを踏まえて、鋼管矢板基礎の継手部の抵抗をゼロとしてモデル化した。

表3に支持力の照査結果を示す。長期支持性能、短期支持性能及び安全性(地震時以外)については既設ケーソンで性能を満足している。地震時(復旧性)に関しては、ケーソン基礎では所要の安全度を確保できないため、鋼管杭に負担させることとした。

6. 接合部の照査

既設ケーソンと鋼管杭の接合は、文献3)に示されている上面増設(く体接合タイプ)として設計した。

鋼管杭頭部に作用するすべりせん断力、曲げモーメントに対して、図3に示す照査位置および照査項目について照査を実施し、スタッドジベルおよびアンカー鉄筋の配置を決定した。また、増しフーチングと頂版の連結については、頂版上部での曲げはがしの照査を行い、安全度を確認した。

7. おわりに

本設計においては、使用性、安全性については、ケーソン基礎で支持性能をもたせ、死荷重に比べて、大きな荷重が作用する地震時については、井筒状の鋼管杭で支持性能をもたせた。また、鋼管杭と既設ケーソン基礎の接合部では応力伝達を円滑にさせるためにH形鋼を配置する等の工夫を行った。

ケーソン基礎の補強については事例が少ないため、今後の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物，2012.1
- 2) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，2012.9
- 3) 鉄道総合技術研究所他：鋼矢板を用いた既設鉄道構造物基礎の耐震補強工法(シートパイル補強工法)設計・施工マニュアル(案)(第3版)，2016.11

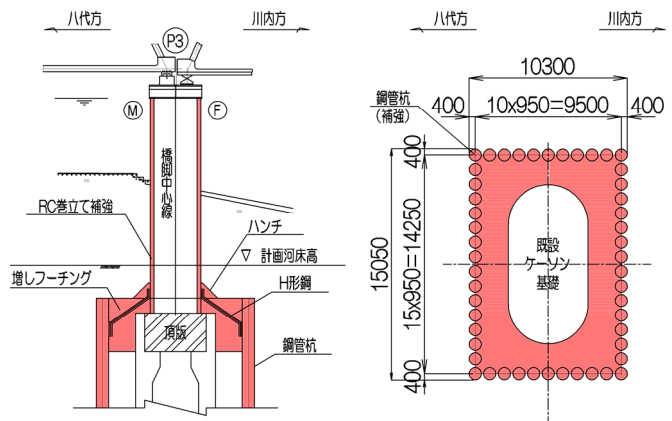


図2 P3橋脚補強計画図

表3 P3橋脚補強後の基礎の安定の照査結果

照査項目	内容	単位	使用性		安全性 (地震時 以外)	地震時 (復旧性)
			長期 支持性能	短期 支持性能		
計算で考慮する基礎構造			ケーソン	ケーソン	ケーソン	鋼管杭
鉛直方向	設計鉛直 荷重	kN	15761.3	19069.1	23431.4	1151.0
	設計 鉛直支持力	kN	49227.0	70282.5	86399.5	1349.0
	照査	安全度	0.32	0.27	0.36	0.85
水平変位	水平変位量	mm	0.0	1.4	19.4	16.1
	水平変位量の 制限値	mm	40.0	40.0	100.0	117.0
	照査	安全度	0.00	0.04	0.26	0.14
回転角	回転角	$\times 10^{-3}$ rad	0.0	0.2	2.2	5.0
	回転角の 制限値	$\times 10^{-3}$ rad	2.0	2.0	6.0	20.0
	照査	安全度	0.00	0.10	0.48	0.25

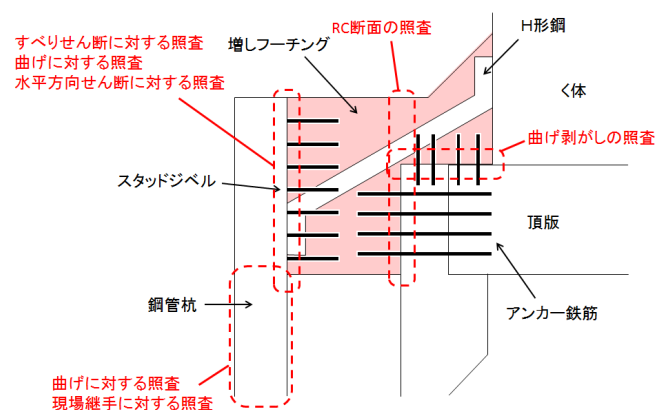


図3 接合部照査概要図