

技術紹介

坂部高架橋支承取替工事の概要

～免震支承を用いた反力分散構造と ICR 処理によるき裂対策～

Shoe Replacement for Vibration Damping and Application of ICR Anti-Crack Method at Sakabe Viaduct

小松 一明*1
Kazuaki KOMATSU

加藤 謹生*2
Norio KATO

花本 実 *3
Minoru HANAMOTO

1. はじめに

本工事は高速自動車国道 第一東海自動車道の吉田 I.C. ～相良牧之原 I.C.間に位置する坂部高架橋（鋼 3 径間連続非合成 I 桁橋 9 連）および勝間田高架橋（鋼 3 径間連続非合成 I 桁橋 1 連）の支承取替と疲労き裂対策を行う工事です。既設橋脚と基礎は支承取替により耐震基準を満足させる必要がありました。そこで坂部高架橋は「免震支承を使用した反力分散構造」を採用して現行耐震基準を満足させました。また疲労き裂対策はき裂が発生していない箇所についても予防保全として対策を行う必要があり、「ICR 処理」を採用しました。本報告では支承選定と疲労き裂対策について報告します。

2. 支承選定

支承取替にあたり、支承形式の選定は以下の条件で実施しました。

- ①橋脚と基礎は支承取替により耐震基準を満足させる。
- ②維持管理面より「すべり支承」を使用しない。
- ③免震支承に取り替えることを基本とする。

(1) 現況

坂部高架橋の橋脚は、支承条件 1 点固定で設計された RC 巻立工で補強されていました（図 1）。

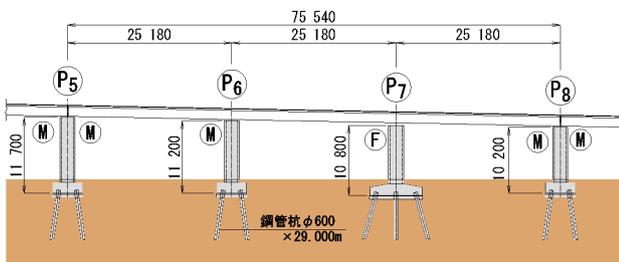


図-1 側面図

(2) 免震構造と反力分散構造

免震支承に取替えて免震構造に変更した場合、L2 地震時において、P5 橋脚の脚柱（塑性ヒンジ部の回転角）と P7 橋脚の基礎（押込力）が耐震性能を満足しない結果となりました（表 1）。

基礎杭押込力は橋脚基部の耐力に応じた荷重を基礎に作用させて照査しますので、応答値を改善することはできません。ただし橋脚を塑性化させない（弾性域）場合は、基礎杭押込力の照査を省略し、地震時水平力を作用させた際の応答塑性率で照査することができます。

減衰力が大きい免震構造は、反力分散構造に比べ地震時応答値が 5%～10%小さくなりますが、許容塑性率の安全率 α を非免震構造の 2 倍とする必要があり、橋脚基部塑性ヒンジの回転角の許容値が小さくなります。このため各橋脚に余裕が少なく、支承剛性を調整する自由度がありませんでした。

そこで非免震構造の「免震支承を使用した反力分散構造」を採用し、支承剛性を調整した結果、P7 橋脚基部を弾性域に留めることができました。また応答塑性率の照査を行った結果、許容値を満足しましたので、全ての橋脚と基礎の耐震性能を満足させることができました（表 2）。

表 1 下部工照査結果（免震構造）

項目	P5 橋脚	P6 橋脚	P7 橋脚	P8 橋脚	
水平力分担率	9%	19%	62%	10%	
橋脚基部塑性ヒンジの回転角 (μ Rad)	応答値	6675	3271	2580 塑性化	5283
	許容値	5804	5015	5863	5911
	判定	(1.150)	(0.652)	(0.440)	(0.894)
基礎杭押込力 (kN)	応答値	3011	3039	塑性化	2496
	許容値	5147	5147	3420	5147
	判定	(0.585)	(0.590)	NG	(0.485)

表 2 下部工照査結果（反力分散構造）

項目	P5 橋脚	P6 橋脚	P7 橋脚	P8 橋脚	
水平力分担率	11%	23%	52%	14%	
橋脚基部塑性ヒンジの回転角 (μ Rad)	応答値	7460	5423	1370 弾性域	6307
	許容値	10961	9280	10504	11330
	判定	(0.681)	(0.584)	(0.130)	(0.557)
基礎杭押込力 (kN)	応答値	3031	3039	省略	2496
	許容値	5147	5147		5147
	判定	(0.585)	(0.590)		(0.485)
応答塑性率	—	—	1.76 < 3.00	—	

*1 川田建設(株)東日本統括支店事業推進部 次長

*2 川田建設(株)東日本統括支店事業推進部技術課 課長

*3 川田建設(株)東日本統括支店名古屋支店事業推進部工事課 総括工事長

3. 疲労き裂対策

(1) 現況

当該橋梁では対傾構取付部、主桁面外ガセット部、中間垂直補剛材の溶接止端部に「き裂」が発生していました（図2、写真1）。

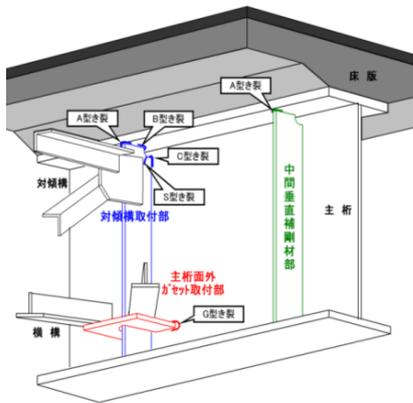


図2 き裂箇所図

●対傾構取付部（S型き裂）

目視



磁粉探傷試験

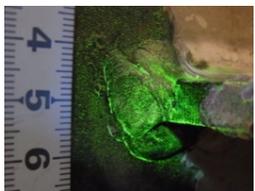


●主桁面外ガセット取付部（G型き裂）

目視



磁粉探傷試験



●中間垂直補剛材（A型き裂）

目視



磁粉探傷試験



写真1 き裂状況

また「き裂発生箇所」に加え「き裂未発生箇所」についても予防保全としての対策が求められました。

(2) 対策工

既設鋼道路橋の疲労き裂補強は当て板補強による事後保全が一般的ですが、工法検討の結果、打撃により母材を塑性流動させ圧縮応力を与える衝撃き裂閉口処理（Impact Crack Closure Retrofit Treatment, 以下、ICR処理と呼ぶ）を採用しました。

（図3、写真2、写真3、写真4）

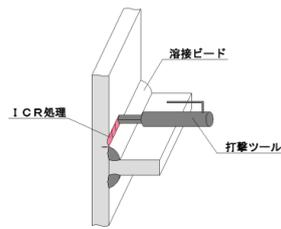


図3 ICR処理概要図



写真2 ICR処理状況



写真3 ICR処理前



写真4 ICR処理後

(3) 効果の確認

ICR処理による効果は、施工後1年経過した時点で、X線残留応力測定装置を用いて検証しました（表3）。

また測定位置は面外ガセット部としました。計測の結果、全ての計測箇所ですべて引張残留応力（赤色）が処理後に圧縮応力（青色）に移行しました。最も効果が大きかった箇所（表中③）では、110.3 MPaの引張応力が-168.7 MPaの圧縮応力となり、279.0 MPa改善しました。

表3 垂直方向残留応力

位置	処理前		処理後		改善応力
	残留応力	半価幅	残留応力	半価幅	
①	7.7	2.69	-180.0	2.62	-187.7
②	54.7	2.69	-105.3	2.64	-160.0
③	110.3	2.74	-168.7	2.85	-279.0

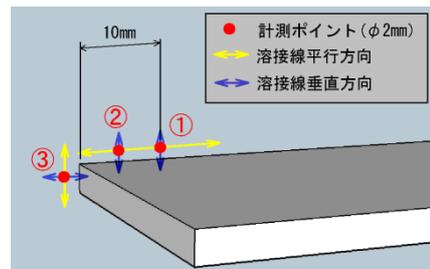


図4 残留応力計測位置

4. まとめ

本稿では、免震支承を用いた反力分散構造が耐震設計上有利となる場合があることとICR処理が疲労き裂に対する予防保全として有効であることをご紹介しました。

ICR処理の今後の課題は、導入された圧縮応力の経年変化を計測し、継続的な有効性を立証することです。

5. おわりに

本工事の実施にあたり、中日本高速道路株式会社東京支社の皆様、名古屋大学の山田健太郎名誉教授にご指導ご協力を賜りました。心より御礼申し上げます。