

長大PC鉄道橋の支承交換を中心とした耐震補強工事

鉄建建設(株)		○大野 俊平
鉄建建設(株)	正会員	藤ノ木 勉
四国旅客鉄道(株)		菊地 佳誉
四国旅客鉄道(株)		笹岡 良治

キーワード：PC橋梁，鉄道橋梁，耐震補強，支承交換

1. はじめに

現在、橋梁も含めたさまざまな構造物において今後発生が予想される巨大地震に備えた耐震補強が進められている。橋梁の耐震補強は、補強の目的に応じて、増し杭などによる基礎部の補強、橋脚部材の巻立て補強、そのほか、桁の落橋防止工の設置が一般的な工法として採用されている。

JR本四備讃線(瀬戸大橋線)北浦港橋りょうは、陸上橋脚3基および海上橋脚3基で構成されている。耐震診断により、従来の補強工法では施工性、経済性に課題があったことから、支承免震化を主とした補強を行った。本稿では、その支承交換を中心とした橋梁の耐震補強について報告する。

2. 橋梁の概要

北浦川橋りょうはPC鉄道橋として国内最大級の橋長450m，最大支間長120mを有する橋梁である。上部構造は、5径間のPC連続箱桁，下部構造は、中間橋脚が連続地中壁基礎(以下、連壁基礎)，端部橋脚は杭基礎構造となっており、いずれの基礎長も50m前後である。既設支承は、全支点が鋼製ローラー構造である。支承部における、水平力に対する抵抗は、可動域に粘性体を封入したダンパータイプの鋼角ストッパーにより地震時の水平力を分散支持している。

3. 補強方法

南海トラフ，中央構造線および伏在断層による地震を想定した耐震診断の結果，橋脚躯体や段落とし部でのせん断破壊，支承部の損傷が生じることが分かった。また，せん断破壊や支承部の損傷を防止できたとしても，海上橋脚3基の連壁基礎が先行降伏し，過大な変形が生じることとなり，連壁基礎の曲げ補強が必要とされたが，連壁基礎に対する曲げ補強の確立された工法がないことから，構造物の損傷を低減するため，既設鋼製支承の交換を主とした補強方法とした。具体的な方法として，中間橋脚は鋼製支承を免震ゴム支承に交換，端部橋脚は鋼製支承をすべり支承に交換し，制震ダンパーおよび移動制限装置を新設する方法を採用した¹⁾。各橋脚の補強概要を図-1に示す。

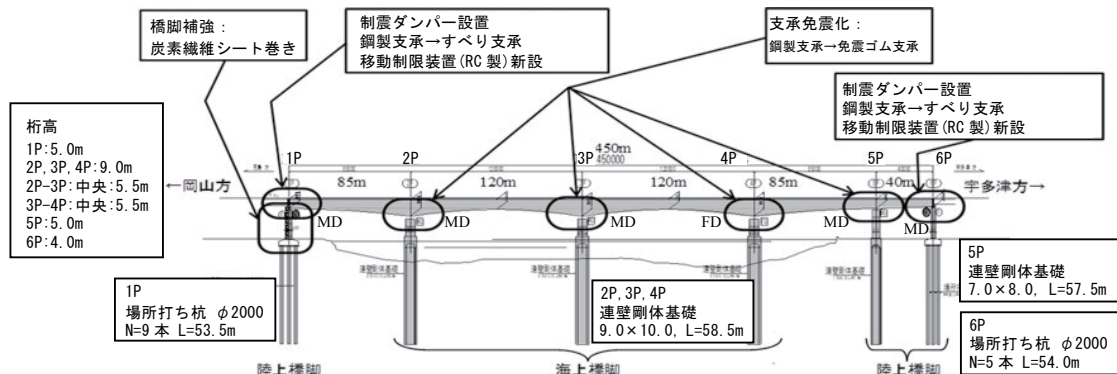


図-1 北浦港橋りょう 耐震補強概要図

4. 施工概要

4.1 支承交換

(1) 施工方法

使用するジャッキについては、交換作業を行う間、単独で鉛直反力を受けるため、ロック機構を有する大容量の補修用ジャッキを用いた。本橋の設計反力は極めて大きいため、ジャッキ反力による橋脚および橋梁への影響を考慮してジャッキの受圧面積、台座高さおよび設置位置を検討し、表-1に示すようにジャッキの能力と台数を設定した。また、既設の鋼角ストッパーは支承交換後も移動制限装置として存置となるが、交換中についても落橋防止構造として機能を保持させた。

支承交換は支承交換用ジャッキにより、一時的に上部構造と列車の荷重を受けながら既設支承の撤去と新支承の設置を行った。そこで、軌道に変位が生じる可能性のあるジャッキ作業は、夜間線路閉鎖間合い作業において、設計荷重の10%ずつを段階的に載荷・除荷し、仮受け時の列車運行は無徐行とした。

支承は、海上1橋脚、陸上1橋脚を1組として同時期に交換することとして、2P+5P → 3P+6P → 1P+4Pの施工順で2橋脚を挟む組合せとした。仮受けジャッキの設置状況を写真-1に示す。

(2) 中間橋脚 (2P~5P)

海上橋脚は、支承交換用ジャッキを支承1基あたり4台設置するが、橋脚上のジャッキ設置可能範囲はかぎられており、ジャッキ位置は橋脚線路方向の縁端となった。また、作業構台は張出し式ブラケットにより橋脚側面部に構築した。

海上橋脚の施工順序を図-2に示す。既設上沓の一部は桁内の既設アンカーが撤去できないこと、また、新支承のアンカーが既設支承と干渉しないことから存置した。それでも既設支承の撤去重量は約22tあり一括撤去が不可能であるため、ローラー、下沓などを部位ごとに解体して撤去した。

新支承の高さは既設支承の高さに対し約0.4mと小さくなるため、高さ調整として台座コンクリートを新支承の上下部に施工した。また、台座コンクリートは既設構造物および新設支承の間隙への打設となることから逆打ちとなる。台座コンクリートの鉄筋は高密度配筋となっており、十分な締固めが困難であることから、高流動コンクリートを使用し、さらに充填が困難となる既設構造物と新設支承の接続箇所については無収縮モルタルを充填した。海上橋脚の施工状況を写真-2に示す。

(3) 端部橋脚 (1P, 6P)

端部橋脚は、橋脚上に所定能力のジャッキを据えるスペースがなく、また、橋脚上面にジャッキ反力に耐える受圧面が確保できないことから、橋脚前面の基礎上に支承交換用ジャッキを設置するためのベントを仮設した。ジャッキ設置用ベントを写真-3に示す。

4.2 ダンパー設置 (1P, 6P)

制震ダンパーはシリンダー型の摩擦型履歴ダンパーを採用している。端部橋脚と桁とを連結することで免震機構を担っており、変位制限として線路方向・線路直角方向の両方に機能するよう、斜角を付けて配置した。

表-1 既設支承重量および使用ジャッキの詳細

	支承1基あたり(各橋脚支承2基)			
	既設支承 総重量 (tf)	設計反力 (死荷重+列車) (kN)	仮受けジャッキ	
			能力 (kN)	基数
1P	2.8	8,750.0	10,000	2
2P	29.3	40,296.0	15,000	4
3P	29.1	40,296.0	15,000	4
4P	28.9	40,296.0	15,000 ※	4
5P	5.0	18,132.0	10,000	4
6P	1.4	6,188.0	10,000	1

※ 4Pが固定点

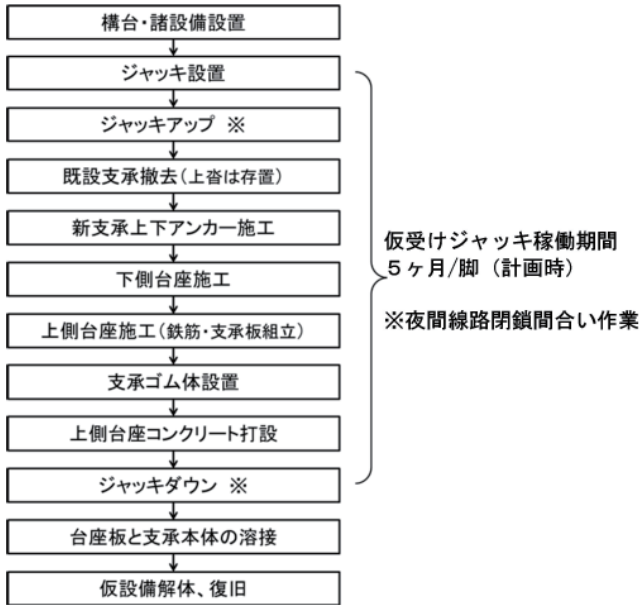


図-2 海上橋脚施工フロー



写真-1 仮受けジャッキ設置状況



写真-2 海上橋脚施工状況



写真-3 ジャッキ設置用ベント

5. 施工検討

(1) 中間橋脚 (2P~5P)

橋脚上の施工スペースの制約から、ジャッキ設置位置が橋脚縁端側となり、押抜きせん断に似た圧縮せん断破壊(欠落ち)の可能性が懸念された(図-3)。橋脚の安全性確保のため、既往の研究事例²⁾を用いてせん断耐力を算定し、ジャッキ反力に対し安全性を確保できるジャッキ架台形状および配置箇所を決定した。また、せん断耐力には、橋脚天端の既設鉄筋も考慮しており、既設支承の撤去解体と新支承のアンカー削孔作業において、橋脚鉄筋を切断しないように慎重な施工を行った。

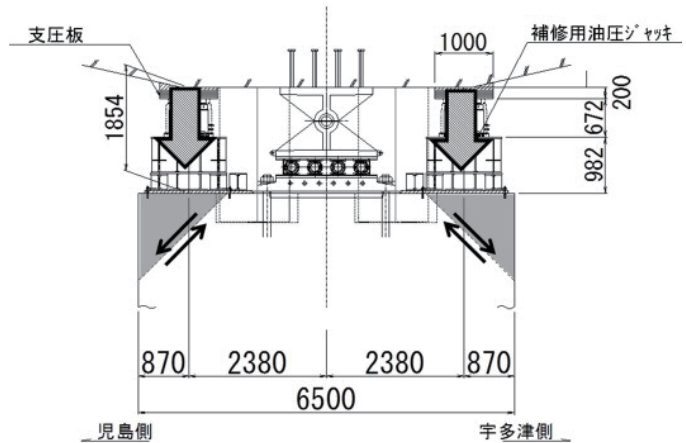


図-3 橋脚縁端部のせん断破壊詳細図

(2) 端部橋脚 (1P, 6P)

端部橋脚の仮受けベントは橋脚に対し、偏心配置となるため、ジャッキアップ時の偏心荷重による基礎の回転変位が軌道へ影響する可能性が懸念された。実際に橋脚天端の変位を試算すると鉛直方向で約20mmとなり、軌道管理値を超えることが分かった。対策としては、偏心荷重が極力小さくなるように、橋脚とベントの離れを施工に影響しない最小間隔 (1P橋脚：現支点から2.8m, 6P橋脚：現支点から1.4m) とし、さらに、軌道の鉛直変位が管理値以内となるように、変位抑制コンクリートブロックをフーチング前面に打設した。また、このコンクリートブロックは、免震設計において考慮されていないため、支承交換後に撤去した。仮ベントおよび変位抑制コンクリートブロックの詳細図を図-4に示す。

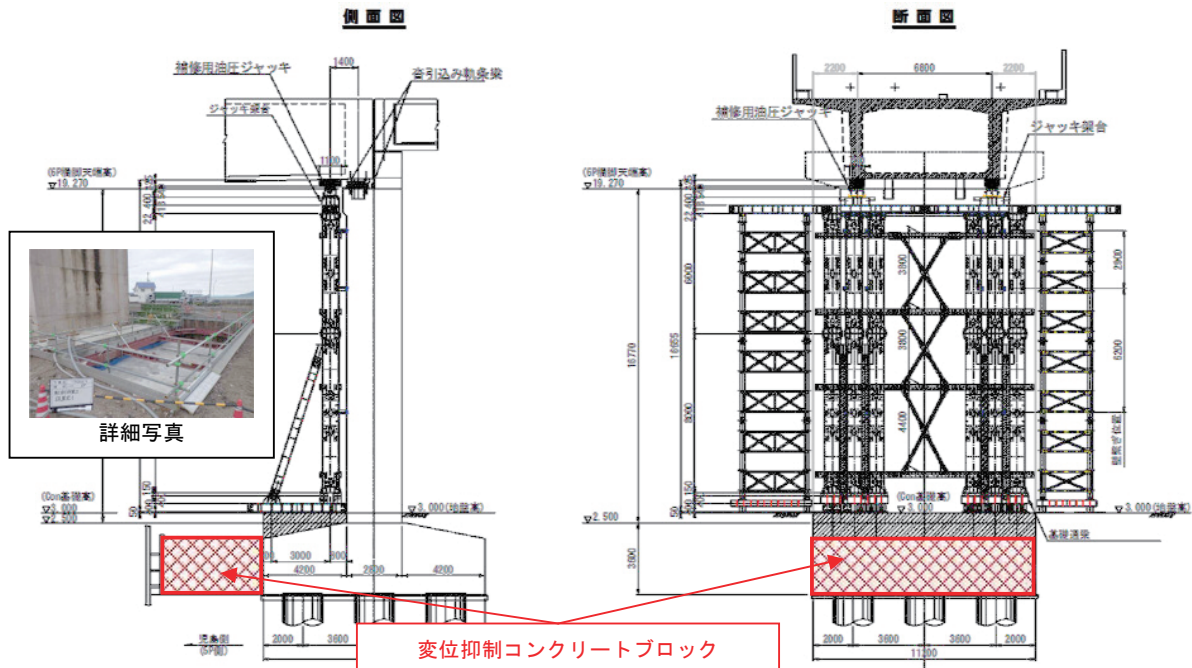


図-4 仮ベントおよび変位制限コンクリートブロック詳細図 (6P 橋脚)

6. ジャッキアップ施工実績

4 基の中間橋脚ジャッキアップにおける、ジャッキ圧から推定される最大荷重 (支点反力) の実測値は耐震設計の設計値の 90%前後と最大荷重は設計値以下の値が示された。一方、端部橋脚 1P では 103%, 6P では 110%を超え中間橋脚とは異なる傾向を示した。1P~6P の反力の集計値についても設計値に対し 90%程度となっており、設計荷重が安全側に評価されていたと考えられる。

7. おわりに

本橋の支承交換を含む耐震補強工事は本稿発表時の 2019 年 9 月時点で完了している。

長大橋の支承交換は鉄道構造物では前例がないと思われることから、今回の施工で得られた知見を今後の類似現場の施工管理に生かせるよう、データの精査を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 笹岡良治:免震ゴム支承を適用した大規模 PC 連続箱桁橋りょうの耐震補強, 日本鉄道施設協会誌, pp. 747~748, 一般社団法人 日本鉄道施設協会, 2018. 11
- 2) 余田善紀, 宮原みか子, 幸左賢二, 萩原隆朗: 支承取替えに伴う RC 梁端部の押抜きせん断照査法, 橋梁と基礎, pp. 21~26, (株)建設図書, 2003. 11