

## 水中施工における榎浦大橋の耐震補強

(株) ピーエス三菱 正会員 ○岩崎 大輔  
同上 正会員 藤岡 靖  
同上 正会員 土井 政治  
同上 正会員 石田 邦洋

### 1. はじめに

榎浦大橋は、広島県廿日市市の木材港に位置し、昭和50年前後に竣工した橋長176.0mの4径間単純鋼桁橋である。本橋脚は、平成8年版の道路橋示方書による照査により、耐震性能を満足しない結果となったため、橋脚の耐震補強が必要と判断された。本橋脚の耐震補強を行うにあたっての特徴は、橋脚が海中部に位置し、アルカリ骨材反応による劣化を生じていることが挙げられる。そこで各種検討の結果、補強工法には、アルカリ骨材反応の抑制効果が期待でき、仮締切りを行わずに水中施工が可能であり、他工法よりも経済的となるPCコンファインド工法による水中施工法が採用された。本報告では、PCコンファインド工法による橋脚補強の設計および水中施工について報告する。

### 2. 工事概要

工事概要を以下に示す。

- ・工事場所：廿日市市 木材港南地内
- ・発注者：広島県広島港湾振興局
- ・工期：P1橋脚 H13年8月22日～H14年3月20日  
P2橋脚 H14年10月8日～H15年6月27日
- ・橋脚断面形状：P1、P2橋脚 既設橋脚—小判型（円形部直径  $\phi$ 2.200m、直線部幅 7.800m）  
補強後—小判型（円形部直径  $\phi$ 2.700m、直線部幅 7.800m）
- ・橋脚高さ：P1橋脚 4.050m  
P2橋脚 4.700m

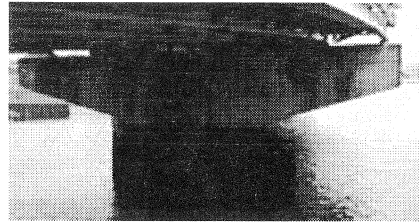


写真-1 施工前状況 (P1橋脚)

### 3. 橋脚補強工法の選定

橋脚の耐震補強工法の選定は、①鋼板巻立て工法、②RC巻立て工法、③PCコンファインド工法を対象とした。しかし、鋼板巻立て工法は、鋼板の熱伝導率が高く、干潮時等に日射を受けた場合には、アルカリ骨材反応を促進する可能性があり<sup>1)</sup>、また橋脚が海中部に位置していることから、補強後の維持管理がコンクリートによる補強に比較すると難しいと考え、本橋脚の場合は比較対象外とした。したがって、表-1に示すようにRC巻立て工法とPCコンファインド工法について構造的および施工性、経済性の比較検討を行った。

比較検討の結果、両工法ともに耐震性能の向上は同程度であるが、PCコンファインド工法を適用することにより、補強部ではアルカリ骨材反応の抑制効果が期待でき<sup>1)</sup>、また補強工事費が経済的となる結果となった。

ここで、PCコンファインド工法は、横拘束筋として降伏点強度の高いPC鋼材をスパイラル状に配置し、PC鋼材を緊張することで橋脚のじん性を向上させ、更にプレキャストパネルを用いることで現場作業の省力化および高品質化が図れる工法である。プレキャストパネルを型枠の代わりとすることで、RC巻立て工法で必要となる大規模な仮締切りを必要とせず、潜水士による水中施工が可能である。また、PC鋼材にプレストレスが導入されているので、内向力が作用し、アルカリ骨材反応の抑制効果が期待できる工法である。

表-1 補強工法の比較表

|      | RC巻立て工法  |   | PCコンファインド工法   |   |
|------|--|---|---|---|
| 構造的性 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・帯鉄筋とアンカー筋によりPCコンファインド工法と同程度の耐震性能を確保</li> <li>・アルカリ骨材反応による既設コンクリートの残存膨張により補強部にひび割れが発生する可能性あり</li> </ul>                     | △ | <ul style="list-style-type: none"> <li>・横拘束筋としてのPC鋼材とアンカー筋によりRC巻立て工法と同程度の耐震性能を確保</li> <li>・PC鋼材にプレストレスを導入することによりアルカリ骨材反応による既設コンクリートの膨張を拘束し、補強部のひび割れ発生を抑制可能</li> </ul>             | ○ |
| 施工性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・補強部全てに水中不分離コンクリートを用いるのは、施工及び強度管理が困難であるため、仮締切りによるドライ状態での施工が必要</li> <li>・鋼矢板による大規模な仮締切りが必要</li> <li>・現場工期は、約7.7ヶ月</li> </ul> | △ | <ul style="list-style-type: none"> <li>・補強部の大部分をプレキャストパネルが占め、水中不分離コンクリートの打設量を抑えることが出来るため、水中での施工が可能</li> <li>・水中施工で行うため仮締切りが不必要となり、小規模な仮設備で施工が可能</li> <li>・現場工期は、約6.7ヶ月</li> </ul> | ○ |
| 経済性  | 1.52   | △ | 1.00  | ○ |

#### 4. 耐震補強設計

##### 4.1 目的および方法

本橋脚の耐震補強は、じん性と曲げ耐力の向上を目的として行った。横拘束筋としてPC鋼材を配置することでじん性の向上を図り、軸方向鉄筋をケーソン基礎へアンカー定着することにより曲げ耐力の向上を図った。

また、本橋脚断面形状は、橋軸直角方向の幅 a と橋軸方向の幅 b の比 a/b が 3 を超える小判型断面であるため、長辺部のはらみだしを拘束するために中間貫通 PC 鋼棒を基部より補強後の壁厚程度の区間に配置した。なお、P1、P2 橋脚はほぼ同条件での設計となるため、次項より P1 橋脚について述べる。

##### 4.2 計算上の仮定

既設橋脚は、外観目視調査及び円柱供試体の試験結果より、アルカリ骨材反応による劣化が認められた。アルカリ骨材反応により生じたひび割れから塩分が浸透し、既設部鉄筋の腐食が進行している可能性が考えられたため、以下に示す仮定により補強設計を行った。

- ① 既設橋脚の鉄筋を無視する。
- ② 設計に用いる既設橋脚のコンクリート強度は、円柱供試体の圧縮強度試験より 16.0N/mm<sup>2</sup>とする。
- ③ アルカリ骨材反応によるコンクリートの弾性係数の低下は、圧縮強度低下と比較して一般的に顕著であると報告されており、既設コンクリートの弾性係数は、健全なコンクリートの弾性係数/圧縮強度比の半分程度に低下しているもの<sup>2)</sup>とする。

##### 4.3 検討結果

表-2 に本工法における使用材料および特性値、表-3 に検討結果を、図-1 に補強形状図を示す。

表-2 使用材料および特性値 (P1 橋脚)

|          |                             | 既設部                    | 補強部                     |
|----------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
| コンクリート   | 設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 16.0                   | 30.0                    |
|          | 弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )   | 0.90 × 10 <sup>4</sup> | 2.80 × 10 <sup>4</sup>  |
| 軸方向鉄筋    | 直線部                         | —                      | SD345 D38-42本(定着)       |
|          | 円形部                         | —                      | SD345 D32-14本(非定着)      |
| 横拘束筋     |                             | —                      | SWPR7B 1S15.2 ctc150    |
| 中間貫通PC鋼棒 |                             | —                      | SBPR930/1080 φ26 ctc300 |

表-3 検討結果一覧 (P1 橋脚)

|  | 橋軸方向   |        | 橋軸直角方向         |         |
|--|--------|--------|----------------|---------|
|  | タイプ I  | タイプ II | タイプ I          | タイプ II  |
| 破壊形態   | 曲げ破壊型  |        | 曲げ損傷からせん断破壊移行型 |         |
| 地震時保有水平耐力 (kN)                                 | 3540.2 | 3539.8 | 14298.7        | 14403.4 |
| 慣性力 (kN)                                       | 3427.7 | 3427.7 | 8943.2         | 13467.4 |
| せん断耐力 $C_c=1.0$ (kN)                           | 8188.9 | 8188.9 | 14795.0        | 14795.0 |
| せん断耐力 $C_c=0.6$ (タイプ I)<br>$0.8$ (タイプ II) (kN) | 6386.3 | 7287.6 | 13634.9        | 14215.0 |
| 許容塑性率  | 11.850 | 40.284 | 1.000          | 1.000   |
| 許容残留変位 (mm)                                    | 92.50  | 92.50  | 92.50          | 92.50   |
| 残留変位 (mm)                                      | 14.90  | 37.35  | —              | —       |

5. 施工

ここでは、本工事の施工手順を図-2 に示し、これらの工種について簡単に述べる。

(1) 軸方向鉄筋建込

軸方向鉄筋は、水中硬化型のエポキシ樹脂により橋脚ケーソン基礎に定着した。本工事では、軸方向鉄筋建て込みから一次コンクリート打設までの期間、水中に放置した状態のままとなるため、防錆対策としてエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した。

(2) プレキャストパネル架設

プレキャストパネルの架設に先立ち、パネルを所定の位置に引き込むための横桁ビームを鋼桁の下フランジに取り付け、

5 t 吊り手動チェーンブロックを 2 台設置した。工場から搬入したパネルを橋面上に据え付けた 25 t 吊りラフタークレーンにて橋脚部分まで吊り降ろし、5 t 吊り手動チェーンブロックに盛り替え、チェーンブロックにより所定の位置まで移動させ、建て込む方法により行った。

(3) 一次・二次コンクリート

一次 (プレキャストパネルと既設橋脚の間)、二次 (プレキャストパネル同士の間) コンクリートの打設は水中での潜水土による施工となり、それぞれに水中不分離コンクリートを使用した。水中不分離コンクリートの打設は、一次コンクリートはプレキャストパネル、二次コンクリートは型枠の下端付近に設けた打設孔にシャッターバルブを配管し、圧入方式により施工した。

(4) PC 鋼より線の緊張

PC 鋼より線は、防錆対策としてエポキシ樹脂被膜を施したものを使用し、緊張作業は、2 台の双胴ジャッキを盛り替えながら導入緊張力を 98.7kN とし、半周毎に行った。しかしながら、カプラーによりエポキシ樹脂被膜した PC 鋼より線を接続する場合には、確実に接続させるために、カプラー位置の鋼材に、プレストレス中の許容引張応力度の 90% にあたる 180.3kN を導入する必要があるため、カプラー接続に必要な緊張力を導入後に、所定緊張力まで張力を解放した。

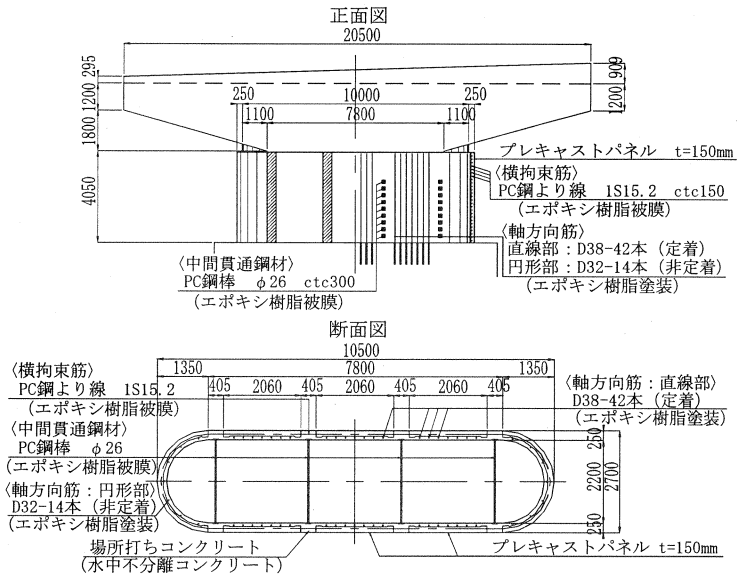


図-1 補強形状図 (P1 橋脚)

### (5) 鋼製ピット設置

ピット内で PC 鋼より線の定着具及び接続具内に残留する海水を真水で洗浄し、エポキシ樹脂接着剤により定着具等への遮水を施す作業のために、PC 鋼より線緊張後に、各プレキャストパネル間の間詰め部分に直径 2.0mの半円形鋼製ピット（ステンレス板 SUS304 t=6mm）を設置した。設置は、プレキャストパネル製作段階で配置しておいたインサートと鋼製ピット底板部分に取り付けた浮き上り防止ブラケットにより固定した。写真-2 に鋼製ピットの設置状況を示す。

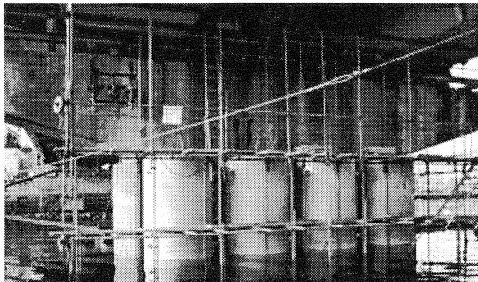


写真-2 鋼製ピット設置状況

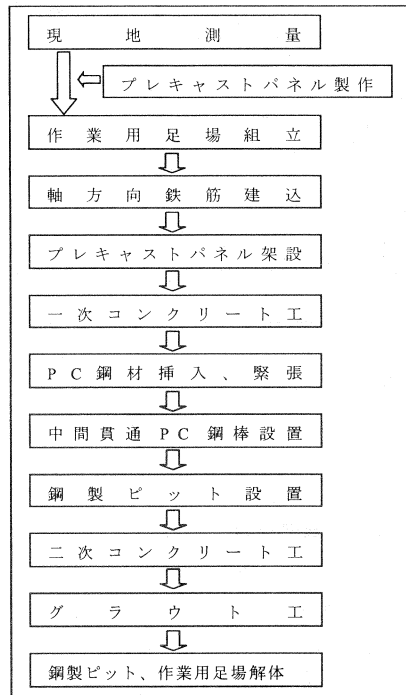


図-2 施工手順

### (6) グラウト工

プレキャストパネル内シースへのグラウト注入は、鋼製ピット内の海水をポンプにより排出した後に、シース内に真水を通し、シース内に残留する海水を真水と置換して行った。

写真-3 に完成後の写真を示す。



写真-3 完成後 (P1 橋脚)

### 6. まとめ

本稿では水中に位置する橋脚の水中施工での PC コンファインド工法による耐震補強について紹介した。

本工法は、耐震補強の一例であるが、今後同種の補強に用いられ、社会資本整備の一翼を担うことができれば幸いと考える。

最後に、本工事の設計・施工にあたりご支援を頂いた関係者の皆様に深謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 奥田、石井、鳥居、松田：ASR 損傷コンクリート橋脚の補修・補強に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 20、No. 1、pp371-376、1998
- 2) 鳥居、奥田、松田、川村：凍結防止剤の影響を受けた ASR 損傷コンクリート橋脚の調査、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 20、No. 1、pp173-178、1998