

早岐瀬戸大橋橋脚補強工事報告

(PC コンファインド工法の水中橋脚への適用)

国土交通省長崎工事事務所

山口 格

(株)ピー・エス 九州支店 正会員 蛭原 教友

(株)ピー・エス 九州支店 正会員 加藤 友紀

(株)ピー・エス 九州支店 正会員 ○ 本山 靖弘

1. はじめに

早岐瀬戸大橋は、一般国道 205 号針尾バイパスの起点に位置し早岐瀬戸を渡る橋長 385m の橋梁である。本工事は、平成 8 年の耐震基準見直しに伴い 7 基の橋脚の耐震補強を行うものであり、本年度は、瀬戸中央部に位置する P3・P4 橋脚の施工を行う。

従来、水中に位置する橋脚の耐震補強は、鋼矢板などを用いて仮締切を行い、排水後に気中状態において RC 巻き立て工法などで補強する事例が多かった。この場合、仮設工事が大掛かりとなり、仮設費の工事費に占める割合が非常に大きくなる懸念がある。

本工事では、各種の工法を比較し、仮設工事を小規模とする事ができ、工期短縮・コスト削減の可能なプレキャストパネルを用いた PC コンファインド工法を採用した。

2. 工事概要・設計諸元

工事名 : 長崎 205 号 早岐瀬戸大橋橋脚補強 (P3~P4) 工事

発注者 : 国土交通省 九州地方整備局 長崎工事事務所

工事場所 : 長崎県佐世保市有福町地内

補強方法 : PC 巻立工法 (PC コンファインド工法)

施工方法 : 水中施工 (一部気中)

既設下部工 : 小判形壁式コンクリート橋脚

既設基礎工 : 鋼管矢板併筒基礎

既設橋脚

コンクリート $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$

鉄筋 SD295A

橋脚補強

補強高 11.9m~12.6m

コンクリート $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$

鉄筋 SD345 (海中部エポキシ塗装鉄筋)

横拘束 PC 鋼材 SWPR19 $\phi 17.8\text{mm}$ (海中部 ポリエチレン被覆鋼材)

中間貫通 PC 鋼材 SWPR7B $7\times\phi 11.1\text{mm}$ (SEEE F100)

海象条件

水深 最大 5.8m

潮位 塑望平均満潮 TP+1.60

潮流 1.0m/sec

波高 1.0m

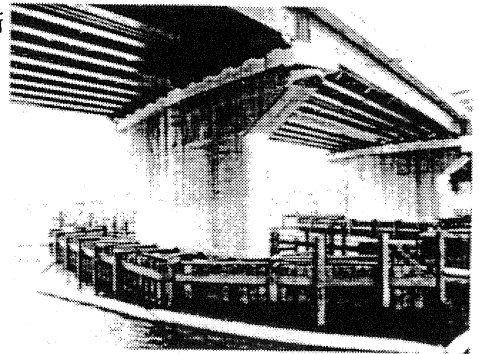


写真 1 仮締切施工状況

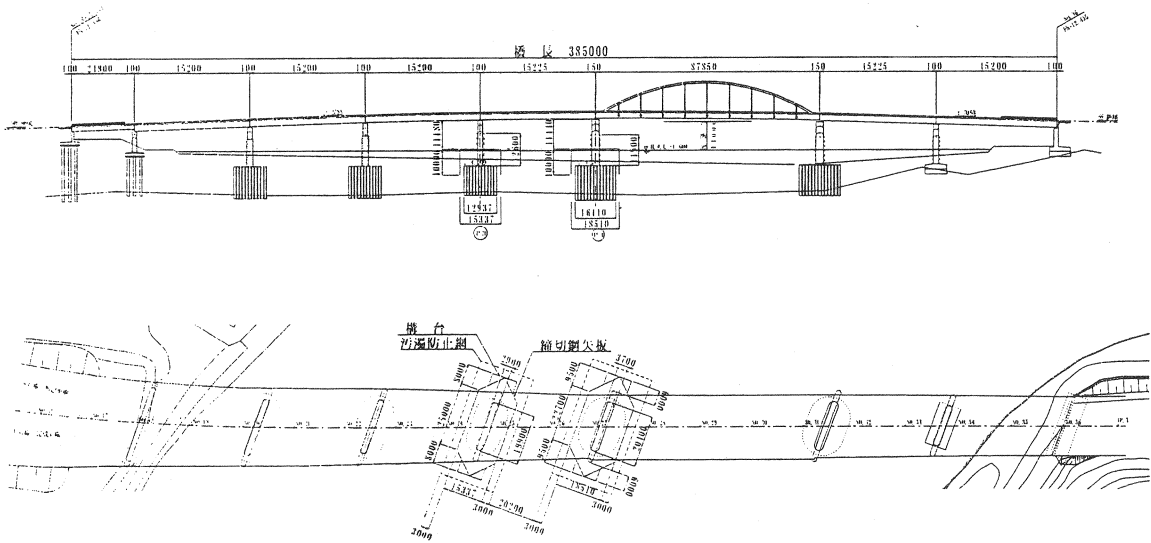


図-1 一般図

3. 工事の特徴

本工事の特徴として、PC 巻立工法 (PC コンファインド工法) を採用した事が揚げられます。

PC コンファインド工法は、

- ① PC 鋼材をスパイラル状に配置しプレストレスを導入する事により、既設橋脚との一体化が図られる。
- ② 強度の高い PC 鋼材を帯鉄筋として使用する事により「じん性」を高める事ができる。
- ③ プレキャストパネル (工場製品) を使用する事により現場作業の省力化が図れ工期も短縮できる。
- ④ 完成後は、既設橋脚がコンクリートであるためよくなじみ、表面も美しく仕上がる。

また、現場条件を加味して、下記の工夫を実施した。

- ① 塩害対策区分 I であることから、所定のかぶり 7cm を確保できないプレキャストパネル内の鉄筋は、球状塗装鉄筋とした。
- ② 軸方向鉄筋のうち、下段鉄筋は、一時的に海水に浸かるため、この部分のみ耐食性に優れた球状塗装鉄筋とし、横拘束 PC 鋼材についても同様に海中部は、耐食性に優れたポリエチレン被覆 PC 鋼材とした。
- ③ 中間貫通鋼材は、半円形のコルゲート立坑内で、削孔や取付作業を行う事となるので、狭い空間でも鋼材配置が容易で、かつ削孔のズレや曲がりの誤差に対応可能な SEEE ケーブルとした。
- ④ 既設橋脚と、プレキャストパネルの間に打設する一次コンクリートは、海中施工となる事から、水中不分離性コンクリートを使用した。
- ⑤ 海中部のプレキャストパネルの組立は、作業構台上にてリング状に仮組立を行い一括沈設を行う事により、パネル接合の精度を上げ、PC 鋼材の挿入等も気中作業とする事とした。
- ⑥ PC 鋼材の緊張作業等の重要な部分は、コルゲート立坑を利用する事で、気中作業を可能とし、十分な施工管理が行える様にした。

4. 設計計算結果

4-1 設計上の仮定

以下に示すような仮定により地震保有耐力法による耐震設計を行った。

- ① PC 鋼材を帯鉄筋に用いた場合のコンクリート応力度-ひずみ曲線については、基本的に道路橋示方書 V 耐震設計編に準ずる。ただし、横拘束筋で拘束されたコンクリートの強度 σ_{cc} および、最大圧縮応力時ひずみ ϵ_{cc} の算出は、PC 鋼材の応力度 $\sigma_l = 3000 + \sigma_{pe}$ を用いる。(注 σ_{pe} は、一般に $1/3 \sigma_{py}$ とする。) 注) 鉛直載荷実験結果に基づく。
- ② 既設橋脚の軸方向鉄筋の段落し部については、道路橋示方書 IV 編 4.4.2 に規程される鉄筋の重ね継手長に相当する長さだけ下がった位置まで有効とみなし計算を行う。
- ③ 本既設橋脚は、帯鉄筋が内部コンクリートにフックで定着されていないと仮定しコンクリートの終局ひずみ ϵ_{cu} は、タイプ I ならびにタイプ II のいずれの地震動に対しても最大圧縮応力時のひずみ ϵ_{cc} とする。また、補強設計では、既設断面内の内部コンクリートに定着されていない帯鉄筋も横拘束筋として有効に機能することが期待できるため、道路橋示方書 V 耐震設計編にしたがって既設断面内の帯鉄筋を横拘束筋として考慮する。
- ④ 補強設計では、終局変位を求める場合における塑性ヒンジ長 L_p は、道路橋示方書 V 耐震設計編式 (9.3.2) で算出される値に補正係数 Cl_p ($=0.80$) を乗じた値とする。

4-2 設計計算結果 (例)

表-1 設計計算結果 (P3 橋脚)

計算方向	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
地震動タイプ	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	曲げ破壊型	せん断破壊型	せん断破壊型
許容塑性率	1.694	3.340	1.000	1.000
固有周期 (sec)	1.135		0.773	
等価荷重 (kN)	27307.8		38365.5	
設計水平震度	0.70	1.05	0.70	1.05
等価水平震度	0.45	0.44	0.70	1.05
保有水平耐力 (kN)	12367.20	12420.50	62243.90	62243.90
等価水平力 (kN)	12288.50	12015.40	26855.90	40283.80
残留変位 (mm)	35.240	100.320	0.000	0.000
許容残留変位 (mm)	188.300	188.300	201.800	201.800
判定	O.K	O.K	O.K	O.K
損傷断面の判定	基部損傷		基部損傷	

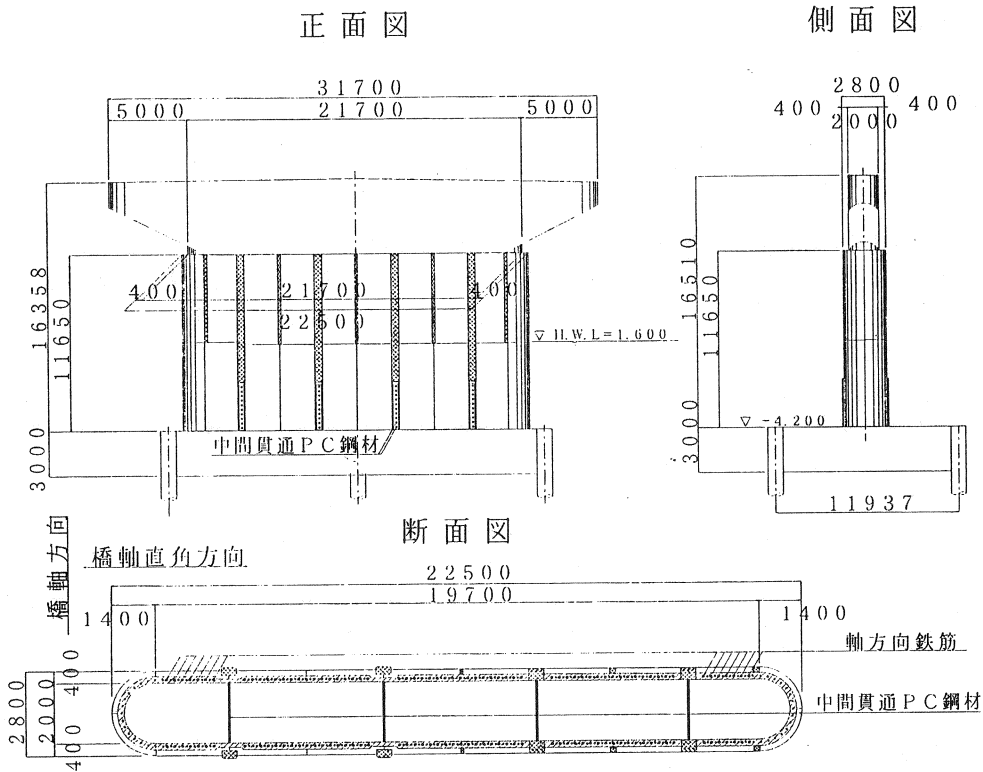


図-2 補強詳細図

5. 施工方法

以下に、施工上の工夫を中心に、施工手順に添って施工方法の説明を行う。

5-1 汚濁防止膜の設置・仮締切工の施工

海上での橋脚の補強工事であるため、海洋汚濁には細心の注意を払った。

汚濁防止膜に加え鋼矢板を鋼管井筒基礎の周囲に配置し、汚濁水の拡散を防止した。

この矢板は、海水のポンプアップは行わないため比較的小規模な仮設で済み、矢板は支持層まで打込む事はせず導梁を介し導杭で吊下げる形式とした。

導杭の施工は、桁下に長尺杭の打設を行うので、継杭とし、継手を減らす目的から、横抱式がイロハマを使用し施工した。

また、導杭は、N値80以上の支持層への根入れが必要な為、ウォータージェット併用法として施工した。

波圧による水平力に対しては、導杭1本ごとに切梁を設け対応した。

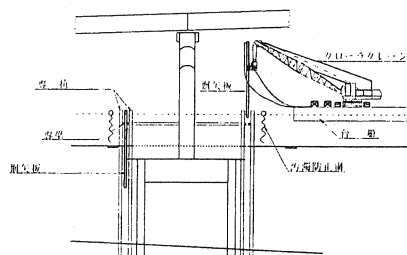


図-3 汚濁防止膜・仮締切

5-2 浚渫工

仮締切内にある土砂を取除く為、ポンプにより浚渫を行った。

浚渫土は、土砂：水が、9：1程度の割合なので、台船に積載した処理装置により凝集・沈殿・分離し、海水はそのまま海へ戻し、海水：土砂が 1：1 程度になったものを、貯留台船に貯留し、投棄船へ移送後、C 海域（領土より 50 海以遠）へ、海洋投棄を行った。

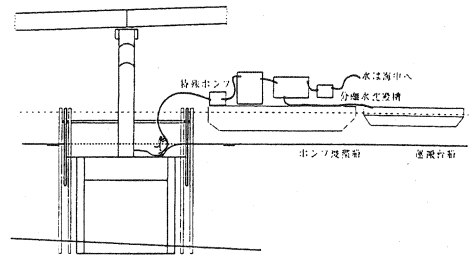


図-4 浚渫工

5-3 足場・横取装置組立、軸鉄筋削孔・定着

浚渫が完了したフーチング上に H 鋼で地組したプレキャスト架台の設置を行い、その上にビティー枠を組立て、作業用の足場とし、プレキャストを架設する際使用する横取装置の設置を行った。

軸方向鉄筋の削孔作業は、鉄筋探査を行わずとも、既設橋脚の鉄筋を傷つける恐れのない SDI 工法とした。

SDI 工法とは、水に珪砂を混ぜスラリー化したものを、高压で噴射し削孔する工法である。

SDI 工法にて削孔された孔は、コアマシンで削孔した孔と比較し粗であり定着効果は大きい。

鉄筋の定着は、水中硬化型エポキシ樹脂を使用した。

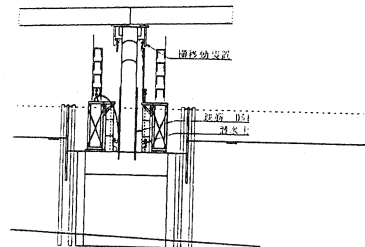


図-5 足場・軸鉄筋施工

5-4 プレキャスト仮組立、一括沈設

プレキャスト仮受台を設置し、その上にクレーン付台船と横移動吊装置を設置し、プレキャストの仮組立を行った。

パネルどうしの接合は、ハイテンションボルトとエポキシ樹脂により行った。

その後 PC 鋼材の挿入を行い、ピットを取付けた。

ピットは、コルゲートパイプを利用し、緊張作業等の重要な作業気中状態で、できる様工夫した。

沈設は、リング状に仮組立したパネルを一括して降ろすので、重量物の揚降状態を一括して管理出来る V S L ベーリフティング工法とした。

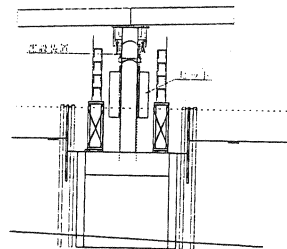


図-6 パネル組立・沈設

5-5 プレキャストパネル固定、1次コンクリート打設

プレキャストパネル沈設後、既設橋脚とプレキャストパネルの隙間に、1次コンクリートの打設を行うが、その際に、1次コンクリートと、外側の海水との比重差により発生する側圧に対抗する為、樹脂アンカーを使用して、潜水士によりパネル固定作業を行う。

1次コンクリートは、水中不分離性コンクリートを使用した。スランプフロー60cmのコンクリートで、充填性確認試験を行った結果、流し込むだけで、充填できる事も確認できた。

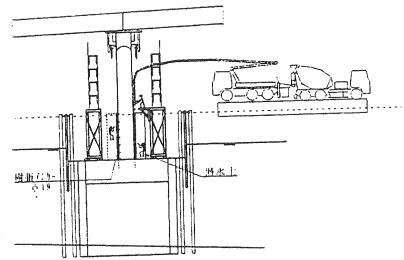


図-7 コンクリート打設

5-6 ピット内作業

1次コンクリート打設後、あらかじめ取付けておいた半円形コルゲートパイプの底にも水中不分離性コンクリートを打設し、硬化後、コルゲート内の水を排水して、気中作業できる空間を確保する。

コルゲート内にて、双胴ジャッキを用いて、PC鋼材の緊張作業を行う。

その後、中間貫通鋼材の削孔及び組立作業、緊張部及び中間貫通鋼材部の跡埋処理となる2次コンクリートの施工を、気中状態で行う。

2次コンクリート部は、PC鋼材によるプレストレスが導入されない部分であるので、膨張材を添加したコンクリートとする。

その後、仮設工の撤去作業等を行い工事を完了させる。

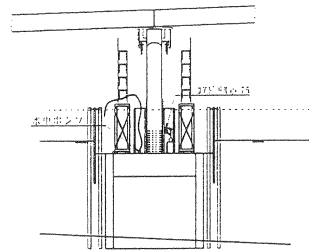


図-8 ピット内作業

6. おわりに

水中部に位置する橋脚の耐震補強は、未着手の部分が数多く残っており、今後、増加していくものと考えられる。

今回の施工により、2重締切等の大規模仮設を行わず、水中施工にて橋脚補強を行える事が実証され、水中部の補強について、プレキャストパネルを用いたPC巻立法が可能である事が解った。

現在、早岐瀬戸大橋の補強工事は、両岸のP0~P2橋脚及び、P5~P6橋脚の施工がおわり、瀬戸中央部のP3~P4橋脚が施工中である。

写真・1は、1重仮締切工の施工状況写真である。今後本工の施工に移り、本年末に完成予定である。

最後に、本工の施工及び本稿の作成にあたり、ご指導、ご協力を頂きました関係各位の方々に深謝申し上げます。