

論文・報告

城崎大橋の施工

～河川内での複数台船を使用した施工について～

Bridge Construction on Rivers Using Barges

平田 法丈 *1
HIRATA Noritake

柳田 隼巳 *2
YANAGIDA Hayami

城崎大橋は、兵庫県北部にある川幅約 400 m の 1 級河川円山川に架かる橋台 2 基、橋脚 5 基からなる橋長 561.5 m の PC6 径間連続箱桁橋である。施工は、陸上施工とは異なり全ての作業が河川上で台船を使用する必要があった。一般的に河川での施工は、渇水期と出水期に分かれるが、本工事では一部通年施工が可能であった。出水期においては、計画高水位（以下、HWL）よりも高い位置での施工であること、加えて左岸側の中州内の施工ヤードには大型車両の乗入れができない条件であった。これらの条件のもと、河川内にある橋脚へのアプローチ方法、コンクリート打設方法、それらを実施するための必要な機材等について報告する。

キーワード：台船を使用した施工、昇降設備、コンクリート打設方法

1. はじめに

本工事は、兵庫県北部にある川幅約 400 m の 1 級河川円山川に架かる橋台 2 基、橋脚 5 基からなる橋長 561.5 m の PC6 径間連続箱桁橋である。橋梁諸元を表 1 に、縦断面図を図 1 に、工事全景写真を写真 1 に示す。

表 1 橋梁諸元

橋梁諸元 (m)	
橋 長	561.500
径 間 数	88.800+4@96.000+88.700
有効幅員	11.250

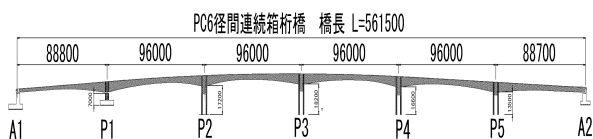


図 1 縦断面図

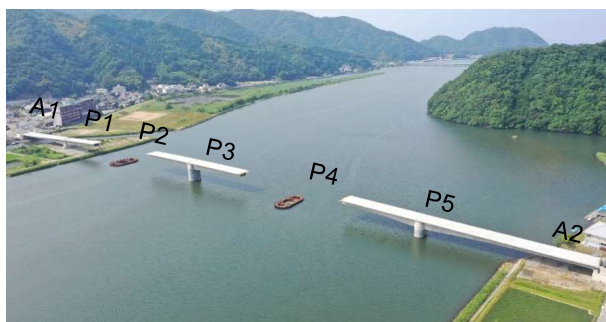


写真 1 城崎大橋上部工事全景

当初設計では、河川内にある P3・P5 橋脚の施工は標準積算（陸上）に台船が付与されていた。その標準積算では、25 t ラフタークレーンが計上されているが、安衛則上、台船上での使用が禁止されていることから 65 t クローラクレーンに変更し台船による施工とした。また、支持層の想定が違い工程に遅れが生じている P2・P4 橋脚の施工は、それぞれ両側の側径間が完成した後、橋面上に軌条設備を設置しガーダーを設置しその上に資材を載せて施工箇所まで運び施工する計画であった。このガーダー使用については、荷を揚重するための設備がないことと、荷物を積載したガーダー移動、据付が未計上であったことから、P3・P5 橋脚と同様に台船による施工に変更した。変更内容表を表 2 に示す。

表 2 変更内容表

箇所	P3・P5橋脚	P2・P4橋脚
当初	標準積算（陸上）+台船	ガーダー使用
理由	標準積算に25tラフタークレーン込み 規制上積載不可	荷揚げ作業設備が未計上 ガーダー移動・据付が未計上
変更	65tクローラクレーンに変更 台船施工（水上施工）	P3・P5同様、 台船施工（水上施工）

なお、「函体ヤード」と呼ばれる下部工施工用の岸壁が、橋梁架設箇所より上流 600 m 付近に整備されていたため、そこを船舶関係の発着場の基地とした（写真 2）。

また、隣接工区の下部工別途工事も、同様の船舶を同時期に使用していたため使用船舶の確保や運搬経路についても制約を受け調整が必要であった。

*1 川田建設株式会社大阪支店工事部工事課 担当工事長
*2 川田建設株式会社大阪支店工事部工事課 上席工事長



写真2 函体ヤード（岸壁）

2. 橋脚へのアプローチ方法

橋脚へ渡るには、常に交通船が必要となった。乗船場所も必要となるが、本工事箇所隣接する城崎ポートセンターがあり、そこにはボート競技のための常設の浮き棧橋が設置されていたため、城崎ポートセンターのご厚意により漕艇競技がない場合に限り、日常の乗船場所とした。橋脚への昇降用ブラケットの設置は、台船の上に枠組み足場を組み立て、それを用いて鋼製ブラケット足場を設置したのち、足場板を敷き作業床を確保した。昇降設備の設置位置について、以降の条件を加味し橋脚の下流側に設置した（図2、図3、写真4）。



写真3 仮設足場設置状況

- ① 作業船の配置をする際に支障とならない場所に設置する必要がある。
- ② 常に流れがあるため直接昇降設備へのアプローチも困難である。
- ③ 悪天候時のことも考えると別途、昇降スペース（浮き棧橋）の確保も必要である。
- ④ クレーン付き台船は、水の流れを受けにくい方向で配置するため流れと平行に配船する必要がある。
- ⑤ 配船時、船舶の固定用アンカーが干渉しない位置に設置する必要がある。
- ⑥ 流木等の漂流物がひっかかりにくい位置にする必要がある。

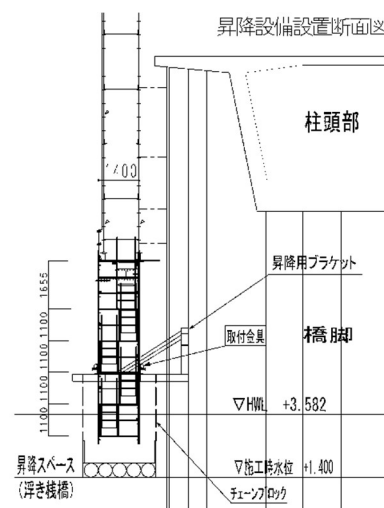


図2 昇降設備設置断面図

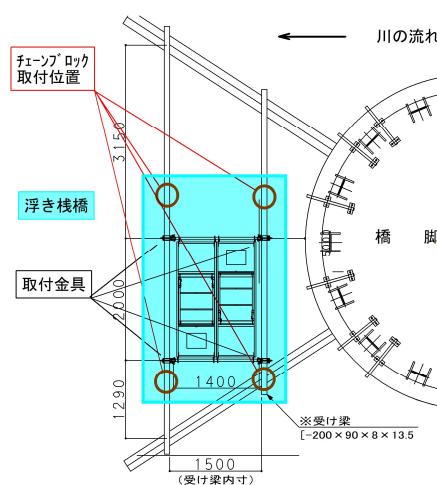


図3 昇降設備設置平面図

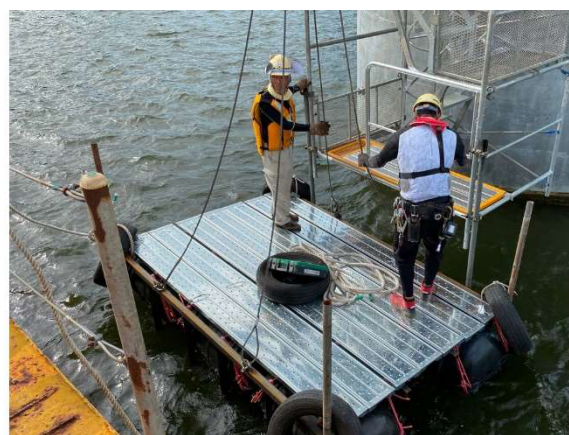


写真4 昇降設備（浮き棧橋）

写真5 昇降階段（全景）



昇降階段は、作業期間中設置したままであるが、出水期の緊急時には、HWL まで水位が上昇するため、直ちに撤去できる構造としなければならなかった。そのため、HWL より上側に昇降用ブラケットを橋脚に取り付け、そこに取付け金具で吊下げ式の昇降階段を設置した（写真5）。なお、脱着が難しいこともあり必要最小限の段数をブラケットの下側に取り付ける構造とした。そのため、階段の最下段から昇降スペースの浮き栈橋までは、はしごを使用することとした。施工場所が河口から近いこともあり、浮き栈橋の4隅には直接、昇降設備に重量がかからないようチェンブロックを設置し、干満の変化（30 cm 程度）に対応する構造とすることで水面に浮いている状態を確保した。

3. コンクリート打設

コンクリート打設について、どうしても避けられない事象として、湧水期、出水期ともにコンクリート打設 1 日に対し、ポンプ車を準備の前日と当日の 2 日間拘束しなければならないということ、さらに、下記に示す問題点が 2 点挙げられた。

- ① 湧水期におけるコンクリート打設方法
- ② 出水期におけるコンクリート打設方法



写真6 ポンプ車搭載状況（函体ヤードにて）

(1) P3 コンクリート打設

a) 湧水期におけるコンクリート打設方法

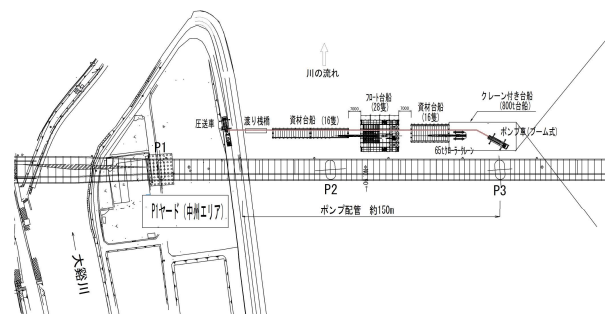


図4 湧水期コンクリート打設方法

湧水期は、P1 ヤード（中州エリア）への工所用道路を使用できることから、中州エリアにポンプ車を設置し P3 橋脚まで配管による打設とした（図4、写真7）。約 150 m の長尺配管による打設は、前例がなかったために施工開始前の準備段階で同じ長さの配管を設置し、圧送試験を行い所定の品質が得られることを確認した。

配合は、50-60-20H とした。強度 50 N/mm²、フロー 60 cm のコンクリートは、セメント量が多く粘性の大きい流動性の高い性状をもったコンクリートであるが、長尺配管を考慮し、フローによる配合を設定した。

打設時は、現場で使用している船舶を並べその上に配管することで打設を行う方法としたが、長尺配管が原因でポンプ車の吐出圧力が高くなり、配管のジョイントや、曲がり部で破裂する危険性があった。また、川を横断する方向に台船を並べることから、台船の動揺により配管のジョイントが外れることも懸念された。そのため、各台船を 3 t のチルホールを使用し、タスキ掛けして引き寄せることで動揺がないような措置を取った。圧送管は、すべて耐久性の高い高圧用を使用した。



写真7 コンクリート打設状況（中州エリアより）

b) 出水期のコンクリート打設方法

出水期中は、P1 中州エリアにポンプ車等の大型車両の乗入れができないことから、函体ヤードからコンクリートを土運船のコンクリートバケットに積み込み、運搬し、橋脚下の台船上に配置したポンプ車により直接打設する方法を採用した（図 5、写真 8、写真 9）。

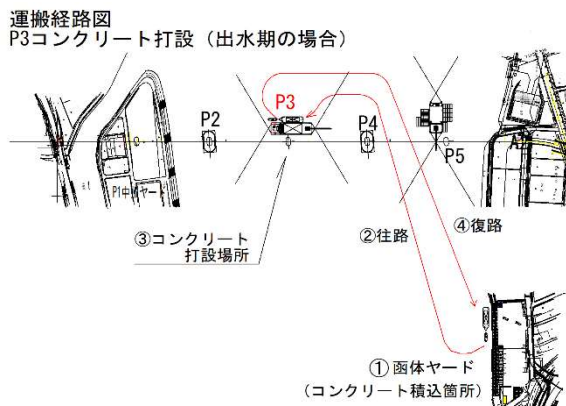


写真 8 コンクリート積込状況（函体ヤード）

コンクリートの練混ぜ完了から打設完了までが 90 分を超えないようにタイムスケジュールを計画した（外気温 25℃以下）。土運船 1 隻当りコンクリートバケット（容量 2 m³）を 4 個積載し、約 20 分かけて水上輸送し打設箇所まで供給する方法でコンクリートを搬入した。土運船は、ピストン輸送を行うために 2 隻使用し、練混ぜから打設完了までの所要時間を厳守できた。



写真 9 P3 コンクリート打設状況

土運船の船倉には、船底の保護の目的として養生砂を薄層に敷いた。コンクリート打設直後、船倉に戻したコンクリートバケットに付着したコンクリートをハイウォッシャーにより洗浄する（写真 10）。何度も洗浄することで船底に洗浄水が溜まり洗浄時に開閉部の動きの妨げにならないよう H 型鋼（300H）を並べ、コンクリートバケットを船倉から嵩上げた。

打設箇所から函体ヤードへの戻り航行中（約 20 分間）に洗浄することで時間短縮を図った。

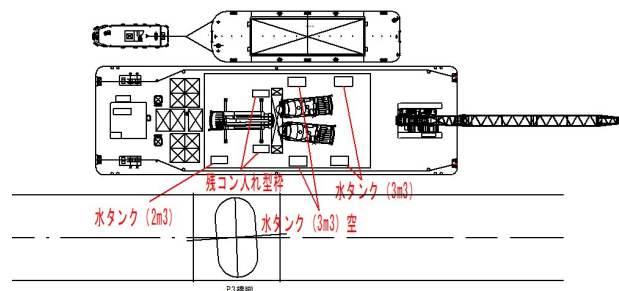


図 6 台船設備配置



写真 11 ポンプ車配置（台船上）

流動性の高いコンクリートであるため、水上を運搬中に骨材の沈下が想定されたため、橋脚下の台船上にアジテータ車を 2 台配置し練直しを行ったのち、ポンプ車の

ホッパーに投入する計画とした。そのため、アジテータ車の上部ホッパー内にコンクリートを投入するための作業台（支柱式ベントとH型鋼により構成）を組み立てた（写真11）。

また、打設時に必要な設備として、アジテータ車のシュートを洗う洗浄水の入った水タンク（3 m³×2 個）、洗浄後、発生する汚濁水を受ける水タンク（3 m³×2 個）、ポンプ車の洗浄水の入った水タンク（2 m³×1 個）およびポンプ車配管の洗浄後濁水・残コン入れが必要であった（図6）。コンクリート打設後、函体ヤードに戻り毎回、台船からそれらの設備を下ろし、適正処理し片付ける作業が発生した。

（2） P5 コンクリート打設

P5 コンクリート打設についても P3 同様、条件付きの通年施工であるが A2 橋台側陸上に圧送車を配置し、渡り栈橋-資材台船-バックハウ台船-資材台船-ポンプ車搭載の台船を並べることで配管が可能であった。配管長は、約 80 m であった。並べる台船に仕様による高低差が生じることから曲管を使用した調整が必要となった（写真12）。また、コンクリート打設中には、船体の動揺による圧送管の外れが発生し漏洩しないよう各台船を 3 t のチルホールを使用し、タスキ掛けすることで引き寄せ、監視を行った。



写真12 配管状況（段差部）

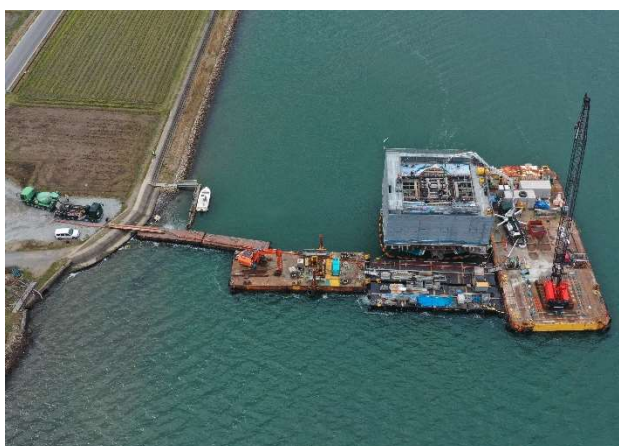


写真13 コンクリート打設状況（濁水期）



写真14 コンクリート打設状況（出水期）

濁水期（写真13）と出水期（写真14）の上記写真を比較しても配船上は大きな違いはない。

しかし、出水期の打設については突発的なゲリラ豪雨が発生しないか等の気象状況に細心の注意を払っておく必要があり、天気予報から悪天候予報の時は打設を見送ることも重要な判断となった。

4. 資機材の調達・運搬

本工事で常時使用した台船と各種船舶を以下に記載する。

- | | |
|---------------|-----|
| ・クレーン付き台船 | 2 隻 |
| ・作業船（引船） | 4 隻 |
| ・資材台船（箱型フロート） | 4 隻 |
| ・土運船（出水期のみ使用） | 2 隻 |
| ・交通船 | 1 隻 |
| ・警戒船 | 4 隻 |

今回の工事では、P3 橋脚と P5 橋脚が同時進行なので、この台船と各種船舶による船団構成を採った。



写真15 資材台船・作業船

通常、クレーンが装備されているクレーン付き台船ならばそのまま使用できるが、施工位置の北側に港大橋という高さ制限のある橋梁があり海洋から現場まで船が入ってくるができなかった。そのため、函体ヤードで台船にクローラークレーンを搭載する方法となったが、そこで問題となったのが、岸壁に車両の乗入れができる

設備がないこと、また、車両本体（クローラークレーン本体、ポンプ車、アジテータ車）を吊込むには、200 t級のクレーンが必要になり、コンクリート打設毎に使用するのは費用的にも無理・無駄が多くなることが挙げられた。そこで、今回は岸壁から自走し乗船できるよう乗入れ台を製作した。これは、岸壁と船の甲板の高低差に対応できるよう敷鉄板にヒンジ構造の加工を施した（写真16）。



写真16 乗船措置

クレーン付き台船に搭載したクローラークレーンは転倒防止措置として前後左右のキャタピラ部を溝型鋼により溶接し固縛する必要があった（写真17）。そして、労働基準監督署のクレーン検査を経て、安全性を確認し運用を開始した。



写真17 クレーン固縛状況

もう1隻のクレーン付き台船は、フロート台船という仕様で1個の箱型フロート（L×B=5.5 m×2.5 m）を28個（4×7）組み合わせて、一つの台船（L×B=17.5 m×22.0 m）を組み合わせる。その上に、65 tクローラークレーンを搭載するのだが、本クレーンは自走ができないため220 tオールテレーンクレーンにより積み込んだ（写真18）。クローラークレーン本体を吊り込み、ブームを台船上で組み立てた後に、クレーン検査を受けて使用した。

資材台船については、近隣の在籍台船の使用状況によるが、今回は他工事が同時期に稼働しているため通常の

台船は必要な隻数が準備出来なかった。そこで、上述した箱型フロートを組み合わせて必要な大きさに組立てて使用した。この箱型フロートは、陸上輸送により函体ヤードへ搬入し、現地で組み立てた（写真18）。



写真18 資材台船組立完了

5. おわりに

台船と各種作業船で構成する作業船団を用いた施工は、船の艀装、資材の積込作業、船の配置・移動に伴う投錨作業等が発生しその都度、多くの作業時間が必要となった。また、ゲリラ豪雨・台風等の悪天候による待機や船舶の避難が発生した場合も、通常施工への復旧までに1週間程度の時間を要した。

さらに、隣接工区があった場合、投錨作業や配置位置決定についても調整が必要となったが、今回の工事では、すべて同じ協力会社で施工できたことからスムーズに工事を進めることができた。

水上施工を行う場合、これらの事項を念頭に置き工程管理を行っていくことと、資機材の不足が生じた場合にすぐに供給することが難しいという点にも注意を要した。

今後、同様の工種があった場合これらのことが参考になれば幸いである。