

プレキャスト部材を用いた組立式 PC 栈橋

— 開発および実施例について —

前 嘉昭*1・青木 治子*2・松本 正之*3

本稿は、プレキャスト部材を用いた PC 組立式栈橋の構築・改修方法の報告である。

特徴は、通常のプレキャスト PC 栈橋では場所打ちとなり施工時に水がかりとなりやすい杭頭外周部および受け梁を含め、すべての主要構造部をプレキャスト部材で構築していることである。これにより、潮位変動の影響による施工不能や施工中断による施工期間の長期化を回避でき、さらに、現場施工期間の短縮も可能とした。また、耐塩性の高い高強度・高品質のプレキャスト部材を PC 鋼材の緊張により一体化することで、ひび割れの発生を制御し、高耐久性を実現した。

本構造の適用にあたっては、既設栈橋の形式が多様多様であることから、現場条件に合わせて最適なプレキャスト形状を模索し、構築している。このフレキシビリティの高さも特徴の1つである。本稿では、さまざまな現場条件に応じて適用・実施した事例も併せて報告する。

キーワード：栈橋，プレキャスト化，工期短縮，高耐久性

1. はじめに

現場打ちの鉄筋コンクリート（以下、RC）栈橋では、一般的に次の問題点があげられる。

- 1) 満潮時に水がかりとなる部位については、満潮時に施工を続けることが困難なため（写真 - 1）、施工期間が長期化する。
- 2) 海水と潮風の影響が大きい塩害環境下であることから、耐久性への影響が懸念される。
- 3) 近年、型枠工・鉄筋工などの熟練作業員が不足傾向であり、省力化が求められる。



写真 - 1 場所打ち RC 栈橋施工状況 (例)

これらの問題点を克服するため、施工時に水がかりとなる主要構造部をプレキャスト部材で構築し、PC 鋼材の緊張により一体化する方法を開発した。本稿では、本構造の特徴と現場条件に合わせて適用・実施した事例を報告する。

2. 特徴

本構造の最大の特徴は、通常のプレキャスト PC 栈橋では場所打ちとなる杭頭外周部および受け梁をプレキャスト化していることである（図 - 1）。栈橋の構築・改修において、本構造を採用した場合の特徴を以下に述べる。

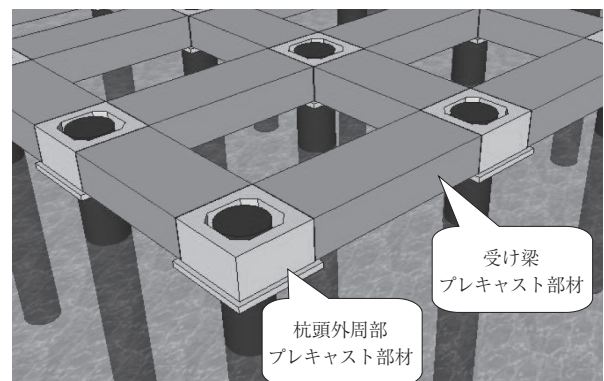


図 - 1 構造概要図

2.1 施工上の特徴

- 1) 潮位変動の影響を受けずに施工できるため、潮位が高い時の作業中断を回避できる。
- 2) 主要構造部をプレキャスト化することで現地作業の省力化が図れ、施工期間を大幅に短縮できる。
- 3) 型枠の組立て・解体と支保工の設置が不要となる。
- 4) 不安定な海上作業の減少により安全性が向上する。

2.2 品質上の特徴

- 1) PC 構造の採用によりひび割れの発生が抑制され、耐塩害性が向上する。

*1 Yoshiaki MAE : (株) 日本ピーエス 本社技術本部 設計グループ

*2 Haruko AOKI : (株) 日本ピーエス 中部支店 技術グループ

*3 Masayuki MATSUMOTO : (株) 日本ピーエス 中国支店 技術グループ

- 2) 高強度コンクリートの使用によりコンクリートが緻密化され、耐塩害性が向上する。
 - 3) 海水混入などによる塩害や初期欠陥を防止できる。
 - 4) PC 構造による断面の最適化により、躯体重量が軽減でき、杭の負担を軽減できる。
 - 5) 品質管理の行き届いた工場での製作により高品質となる。
- なお、現場条件に合わせて適用した場合の構造上の特徴については、以下の各実施例にて記載する。

3. 新設の耐震バースについて

3.1 構造概要

栈橋の構造概要を以下に示す。

- ・ 構造形式 : 直杭式栈橋
- ・ 計画水深 : DL - 5.50 m
- ・ 栈橋天端高 : DL + 1.90 m
- ・ 栈橋延長 : 120 m (20 m × 6 ブロック)
- ・ 栈橋幅 : 15 m
- ・ 杭の配置 : 法線平行方向 4 列 (5 m 間隔)
法線直角方向 3 列 (5 m 間隔)
- ・ 設計満潮位 : HWL DL + 0.50 m

1 ブロックあたりの標準平面図を図 - 2 に示す。

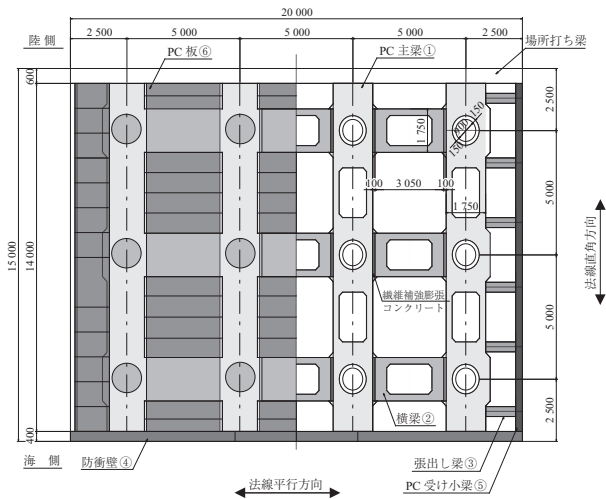


図 - 2 上部工詳細平面図

3.2 栈橋固有の条件および特徴

当初この耐震バースは、RC 構造による栈橋形式で計画されていたが、満潮時の水面高さ +0.50 m に対して梁下面高さが +0.30 m と海面より低く、海水の影響が懸念されたため、本構造を採用した。

本栈橋は、鋼管杭上に配置された法線直角方向プレキャスト梁 (PC 主梁 ①) とその間の法線平行方向プレキャスト梁 (横梁 ②) で構成された格子梁の上に、RC 床版を有する合成梁構造とした。また、床版自体もプレキャスト PC 板 (PC 板 ⑥) を埋設型枠として使用した合成床版とした。

なお、本栈橋は対岸で製作した梁を海上輸送・海上架設できることから、法線直角方向を 1 本の大型の PC 主梁で構成する構造とした。

3.3 施工概要

施工概要を以下に示す。また、施工順序を図 - 3 に示す。

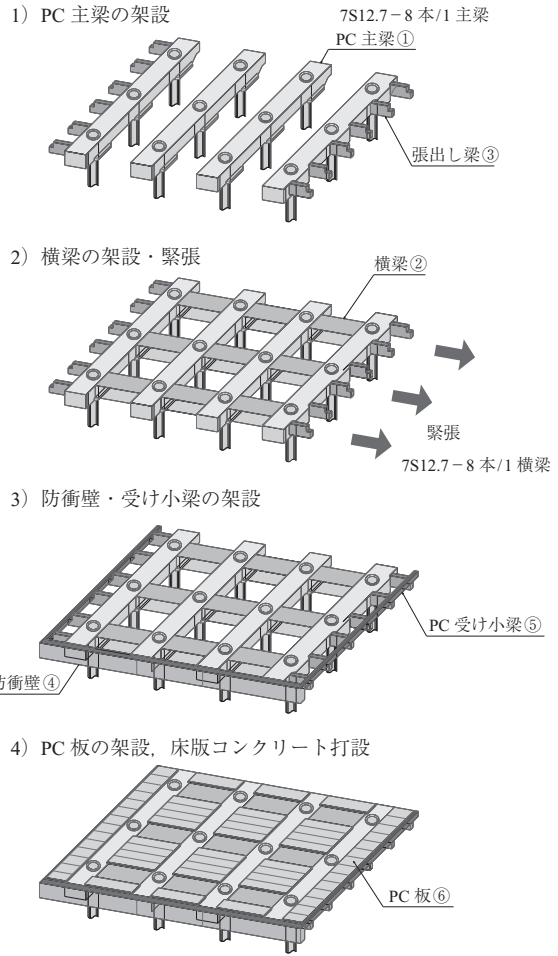


図 - 3 施工順序

- 1) PC 主梁 ① を鋼管杭上に 4 本架設する。なお、鋼管杭と梁の接合部には、ずれ止めプレート¹⁾ を 2 段配置する。また、張出し梁 ③ は、あらかじめ主梁の架設前に PC 鋼棒で主梁と結合する。ずれ止めプレートを写真 - 2 に、主梁架設状況を写真 - 3 に示す。

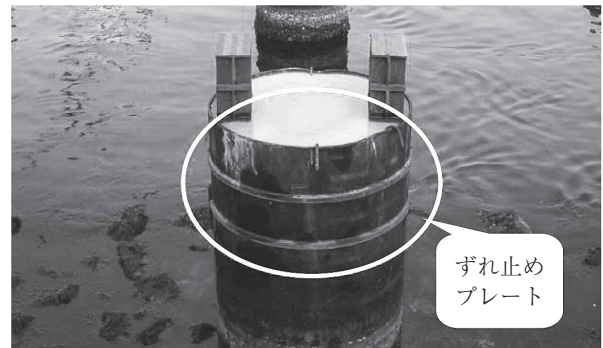


写真 - 2 ずれ止めプレート

- 2) PC 主梁間に横梁 ② を 9 本架設する。鋼管杭と PC 主梁の間詰、PC 主梁と横梁の継目部には、繊維補強膨張コンクリートを打設し、強度発現後にプレストレスを導

入して格子状の梁を構成する。横梁架設状況を写真 - 4 に示す。

- 3) 防衝壁 ④ および PC 板受け小梁 ⑤ を設置する。
- 4) 各梁間に PC 板 ⑥ を敷設し、床版コンクリートを打設して合成床版とする。

PC 板架設完了状況を写真 - 5 に示す。



写真 - 3 PC 主梁架設完了状況



写真 - 4 横梁架設状況



写真 - 5 PC 板架設完了状況

3.4 プレキャスト目地部の安全性の検証

PC 主梁と横梁の接合部は PC 鋼材の緊張による圧着接合であり、鉄筋は配置されていないため、接合部の耐力評価に懸念があった。そこで、有限要素法（以下、FEM）解析を用いて一体構造と分割構造の挙動の比較検証を行った。一体構造では完全弾性体としてモデル化した線形解析を、分割構造ではプレキャスト目地部を引張りに抵抗しない部材（Gap 要素）としてモデル化した非線形解析を行った。解析モデルに載荷する荷重は地震時杭頭曲げモーメン

トとしたが、安全側の評価とするため杭頭の保有曲げ耐力に相当する荷重（曲げモーメント）を載荷荷重とした。

解析結果を図 - 4 に示す。また、発生応力度より曲げモーメントとせん断力を算出し、一体構造および分割構造を比較した結果を表 - 1 に示す。

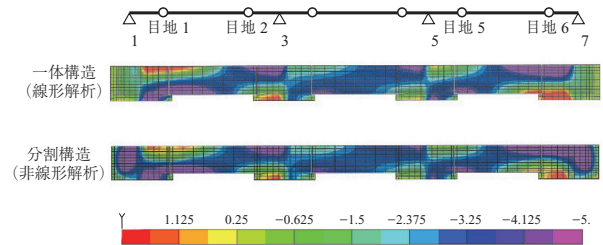


図 - 4 FEM 解析結果

断面力を比較した場合、分割構造では、曲げモーメントで最大 6% 程度、せん断力で最大 3% 程度、一体構造より大きくなった。しかし、地震時の安全率を考慮すると大きな差ではなく、耐力上問題ないことが確認された。

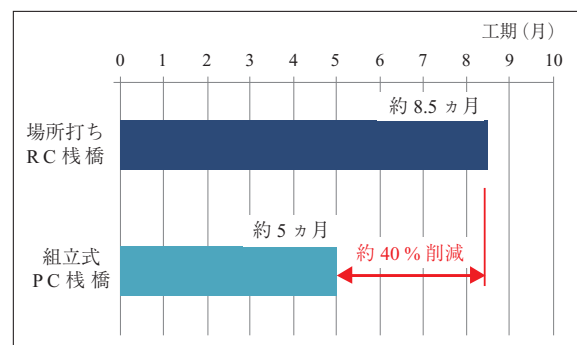
表 - 1 断面力比較表

	曲げモーメント (kN・m)			せん断力 (kN)		
	一体構造	分割構造	比	一体構造	分割構造	比
	線形	非線形		線形	非線形	
支点 1	-2 270	-2 269	100.0%	966	984	101.9%
目地 1	-1 486	-1 472	99.1%	956	983	102.8%
目地 2	1 550	1 544	99.6%	965	988	102.4%
支点 3	2 328	2 422	104.0%	966	988	102.3%
支点 5	-1 345	-1 390	103.3%	966	973	100.7%
目地 5	-570	-604	106.0%	951	971	102.1%
目地 6	2 442	2 432	99.6%	965	971	100.6%
支点 7	3 216	3 215	100.0%	966	970	100.4%

3.5 プレキャスト化による効果

本構造の採用により、海水流入による施工不良や品質低下を生じずに、場所打ち RC 栈橋で 8.5 ヶ月とされた工期を 5 ヶ月に短縮することができた（表 - 2）。

表 - 2 工程比較（6 ブロック、120 m 分）



4. 特殊な杭形式を有する栈橋の改修について

4.1 構造概要

栈橋の構造概要を以下に示す。

- ・構造形式 : 前方斜め支え杭矢板壁形式
- ・計画水深 : DL - 7.50 m

- ・ 棧橋天端高：DL + 3.40 m
- ・ 棧橋延長：400 m (24 m × 16 ブロック + 16 m)
- ・ 棧橋幅：7 m
- ・ 杭の配置：矢板杭 (30 本/24 m)
 - 斜杭 (6 本/24 m, 4 m 間隔)
 - 直杭 (3 本/24 m, 8 m 間隔)
- ・ 設計満潮位：HWL DL + 2.102 m

本棧橋は特殊な杭形状となっている。構造形式を図 - 5 に示す。この形式は、陸側の杭が床版基礎と土留め壁を兼ねた鋼管矢板杭であり、それを斜杭で支える形となっている。また、海側は直杭であり、その上部を格子梁で繋いでいる形状となっている。

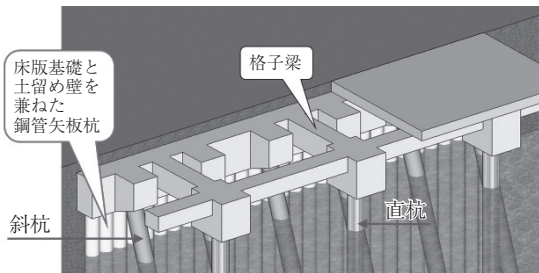


図 - 5 前方斜め支え杭矢板壁形式図

4.2 棧橋固有の条件および特徴

当初この改修工事は、既設棧橋の杭以外を場所打ち RC 構造で再構築する形式で発注されていたが、満潮時に杭頭部が水没するため施工不能となり (写真 - 6)、本構造に設計変更された。

プレキャスト化を行ううえでの課題として、矢板杭および斜杭を有すること、杭位置の設計値からのずれが大きいたことがあげられた。そこで解決策として、矢板杭および斜杭上は、板状のプレキャスト部材を埋設型枠として使用すること、杭位置のずれに対しては、杭頭部材全体を通して杭位置の変動を包括できる余裕の大きな形状にすることで対応した。採用した標準平面図を図 - 6 に示す。



写真 - 6 杭頭部水没状況

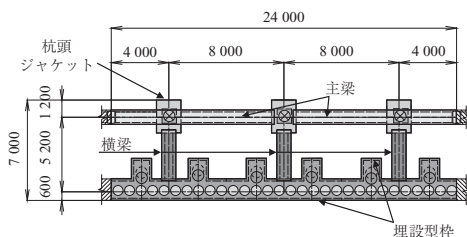
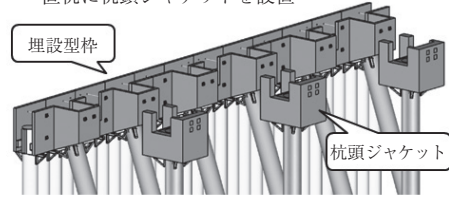


図 - 6 上部工詳細平面図

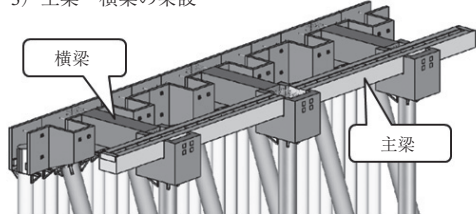
4.3 施工概要

施工概要を以下に示す。また、施工順序を図 - 7 に示す。

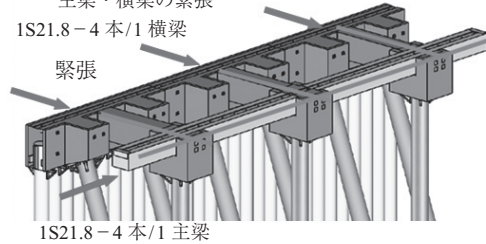
- 1) 既設 RC 棧橋の撤去
- 2) 矢板杭・斜杭部に埋設型枠、直杭に杭頭ジャケットを設置



- 3) 主梁・横梁の架設



- 4) 杭頭部コンクリート打設
主梁・横梁の緊張



- 5) PC 床版の架設、躯体完成

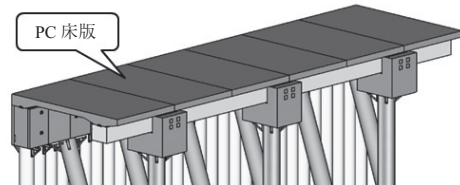


図 - 7 施工順序

- 1) 杭を残して既設 RC 棧橋を撤去する。
- 2) 杭頭部にプレキャスト埋設型枠と杭頭ジャケットを設置する。
- 3) 杭頭ジャケット上に主梁を、プレキャスト埋設型枠と杭頭ジャケットの間に横梁を架設する。
- 4) プレキャスト埋設型枠と杭頭ジャケット内側の杭頭部に配筋・シース設置を行い、コンクリートを打設する。コンクリート強度発現後、主梁・横梁内の PC 鋼材を緊張し、一体化する。
- 5) PC 床版を架設する。なお床版と梁部材は、支承アンカーを用いた接合としている。また、床版にはあらかじめ、コーナー保護材や車止め用アンカーを取り付け、さらなる工期短縮を図っている。

主梁部材架設状況を写真 - 7 に、骨組部材 (PC 床版を除く、主梁・横梁・杭頭ジャケット・プレキャスト埋設型枠) 架設完了状況を写真 - 8 に、PC 床版架設状況を写真 - 9 に示す。

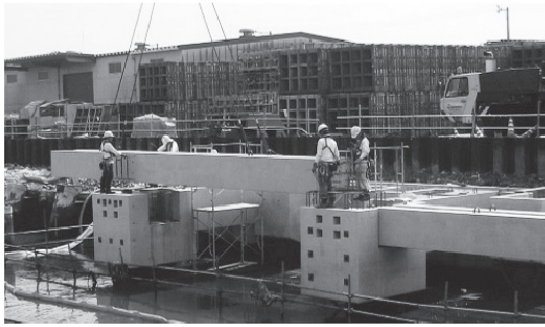


写真 - 7 主梁部材架設状況



写真 - 8 骨組部材架設完了状況



写真 - 9 PC床版架設状況

5. 架設条件の厳しい栈橋の改修について

5.1 構造概要

栈橋の構造概要を以下に示す。

- ・ 構造形式 : 直杭式栈橋
- ・ 計画水深 : DL - 2.50 m
- ・ 栈橋天端高 : DL + 1.25 m
- ・ 栈橋延長 : 約 95 m (16 m × 6 ブロック, 台形隅角部有り)
- ・ 栈橋幅 : 10 m
- ・ 杭の配置 : 法線平行方向 5 列 (3.5 m 間隔)
法線直角方向 3 列 (3.5 m 間隔)
- ・ 設計満潮位 : HWL DL + 0.40 m

5.2 栈橋固有の条件および特徴

この改修工事についても、既設栈橋の杭以外を場所打ち RC 構造で再構築する形式で発注されていたが、本栈橋が地域住民の生活道路を兼ねるため、早期復旧の要望があり、本構造が採用された。

設計にあたり、栈橋が非常に小規模であったため、当初は第 3 章に示す新設耐震バースと同様に、杭 3 本を包括する大型の梁を架ける計画とした (図 - 8)。しかし搬入路と架設クレーンの制限により、各部材重量を 5t 未満に抑える必要があったため、各部材を 5t 未満に細分化し、架設後に PC 鋼材の緊張により一体化する構造とした。

採用した 1 ブロックあたりの標準平面図を図 - 9 に示す。

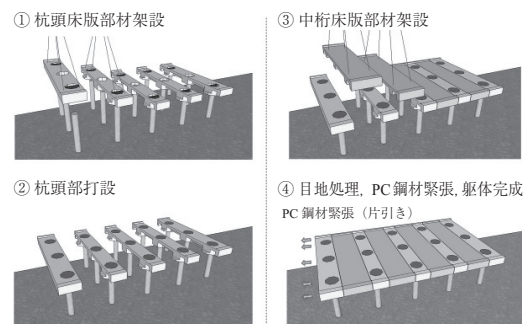


図 - 8 プレキャスト分割概要図 (当初案)

4.4 プレキャスト化による効果

本栈橋は特殊な形状であったが、条件に合わせて部材を形成することで対応可能となった。

さらに、本構造の採用により、高潮による施工中断を生じることなく施工することができ、施工中断がない場合でも場所打ち RC 栈橋で 13 ヶ月とされた工期を 8.3 ヶ月に短縮することができた (表 - 3)。

表 - 3 工程比較 (100 m あたり)

場所打ち RC 栈橋		現場施工期間: 13 ヶ月												
工種		1ヵ月	2ヵ月	3ヵ月	4ヵ月	5ヵ月	6ヵ月	7ヵ月	8ヵ月	9ヵ月	10ヵ月	11ヵ月	12ヵ月	13ヵ月
支保工組立														
型枠工														
鉄筋工														
コンクリート打設														
PC床版工														
舗装・付帯工														

PC 組立方式栈橋		現場施工期間: 8.3 ヶ月									
工種		1ヵ月	2ヵ月	3ヵ月	4ヵ月	5ヵ月	6ヵ月	7ヵ月	8ヵ月	9ヵ月	10ヵ月
プレキャスト部材製作工											
架設工											
鉄筋工											
コンクリート打設											
緊張工											
PC床版工											
舗装・付帯工											

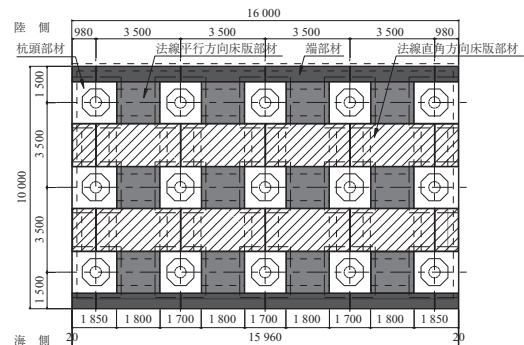


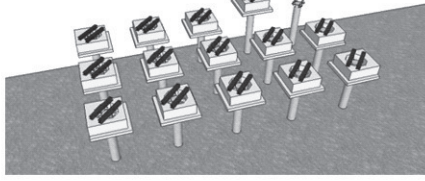
図 - 9 上部工標準平面図 (採用案)

なお、部材の分割数を減らすため、床版部材は梁部材を兼ねている。また、梁となる部位は杭をかわして PC 鋼材を通す必要があることから、法線平行方向の床版はコの字形状、法線直角方向の床版は π 形状とした。

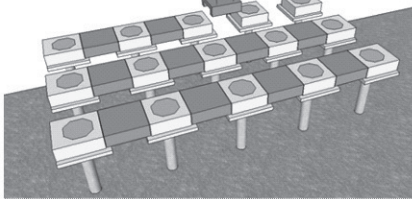
5.3 施工概要

施工概要を以下に示す。また、施工順序を図 - 10 に示す。

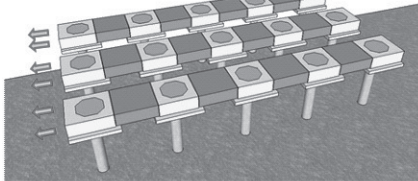
- 1) 既設 RC 栈橋の撤去
杭頭部材架設



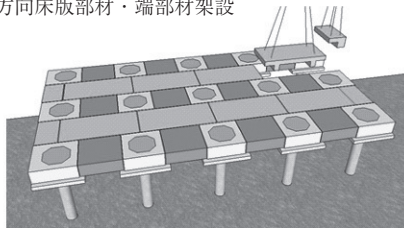
- 2) 杭頭部打設
法線平行方向床版部材架設



- 3) PC 鋼材緊張（法線平行方向部材一体化）
緊張 1S17.8-4 本/1 梁



- 4) 法線直角方向床版部材・端部材架設



- 5) PC 鋼材緊張（全部材一体化）、躯体完成
1S17.8-2 本/1 端部材
緊張

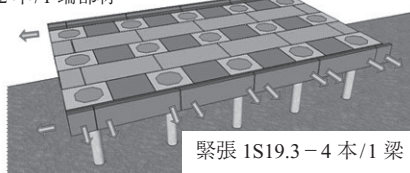


図 - 10 施工順序

- 1) 杭を残して既設 RC 栈橋を撤去したのち、杭頭部材を架設する。
 - 2) 杭頭部に配筋完了後、コンクリートを打設し、法線平行方向床版部材を架設する。
 - 3) 目地に無収縮モルタルを充填する。無収縮モルタルの強度発現確認後、PC 鋼材を緊張し、法線平行方向の部材を一体化する。
 - 4) 法線直角方向床版部材・端部材を架設する。
 - 5) 目地に無収縮モルタルを充填する。同様に強度発現確認後 PC 鋼材を緊張し、全部材を一体化する。
- 杭頭部配筋状況を写真 - 10、法線平行方向床版架設状況を写真 - 11 に示す。

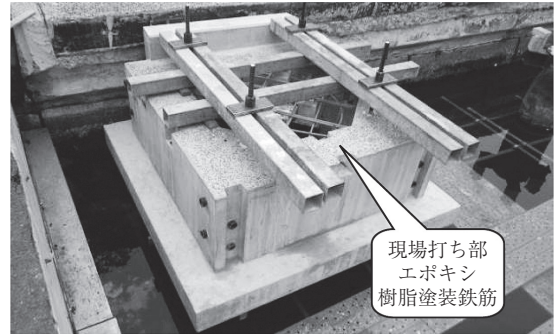


写真 - 10 杭頭部配筋状況



写真 - 11 法線平行方向床版架設状況

5.4 プレキャスト化による効果

本構造の採用により、1ブロックあたり場所打ち RC 栈橋で 3.5 ヶ月とされた工期を 2.5 ヶ月（工場製作 1 ヶ月 + 現場施工 1.5 ヶ月）に短縮することができた（図 - 11）。

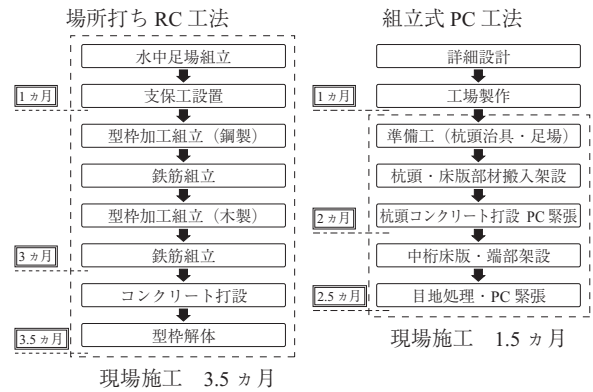


図 - 11 工程比較

6. おわりに

今回、プレキャスト化とプレストレスによる圧着接合の利点を生かし、施工性および工程短縮を目的として、さまざまな条件に対応する提案を行うことができた。今後は、経済性の向上や、供用後に部材の取外しや交換が可能なりプレイサブル栈橋への対応などを行っていきたい。本報告が同種工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編，pp.424-428, 2012.

【2018年2月22日受付】