

付属資料2 プレキャストコンクリートを活用した生産性向上の事例集

建設業の技能労働者は、高齢化に伴う大量離職によって、2015年からの10年間で約128万人減少するとされているため、環境の変化を受けて、国土交通省は2015年12月にi-Constructionを打ち立て、主に造成工事とコンクリート工事を対象として生産性の向上に取り組んでいる。この中で、大規模工事におけるプレキャスト部材の適用が例示されている。また、日本建設業連合会（日建連）は、大規模ボックスカルバート、道路の高架橋、高橋脚の3工種で、さらなるプレキャストコンクリートの導入が期待できるとしている。さらに導入にあたり、国等（発注者）による条件整備も必要であることから、規格化・標準化、プレキャストコンクリートの導入の評価規準の確立、設計指針・基準への位置付けを要望事項としてi-Constructionに提案している。

プレキャストコンクリートは、現場で打ち込むコンクリートに比べて品質が安定すること、またその利用により工期の短縮が可能であることから、「品質確保と生産性の向上を両立できるコンクリート技術」として、今後ますます活用が促進されることが期待されている。

プレキャストコンクリートを用いる利点¹⁾²⁾³⁾⁴⁾には、その他にも現場作業の省力化や品質管理や検査の軽減、建設現場における周辺環境への影響の低減、建設現場における安全性の向上等がある。さらに、天候に左右されにくく、夜間等に工事騒音が軽減できる等の利点がある。一方で、直接工事費は、現場打ちと比べて割高になることが多く、個別の工事で要求されるさまざまな施工条件を考慮することで、合理的な利用が可能となっている。

本編は、付属資料として、比較的大型のプレキャストコンクリートを使用して生産性が向上した例を中心に、カルバートや橋梁、河川・護岸、その他に分類し、参考となる特徴的な事例を紹介している。

個別の事例では、以下の項目について簡潔に示した。

- (1) 概要（工事の内容）
- (2) 採用理由（なぜプレキャストコンクリートが採用されたか）
- (3) 実施内容（具体的な方法）
- (4) 効果（要求に対する達成状況）

これらの適用事例を概観すると、工期短縮が最大の採用理由となっている。早期完成による経済活動の活性化や交通移動時間の短縮等社会便益の向上効果が求められている。また、道路構造物の更新工事では、交通規制や迂回路を必要とする場合が多く、早期開放等の必要性から採用された場合も多い。つまり、事例に示す個別の要件は、プレキャストコンクリートの利点が最大に活かされるケースであるといえる。他にも、工事現場の空間的制約や環境条件の制約への対策としてプレキャストコンクリートが採用される場合や、工場製作で特殊な材料を採用し易いため、耐久性の向上、部材寸法や重量の軽減による効率化が採用の理由となっている場合がある。

本編で示す個別の適用事例は、今後の工事において、構造物の計画段階からプレキャストコンクリート部材の適用を視野に入れるための参考とすることで、プレキャストコンクリートの活用の参考になると考える。

なお、付属資料2では、プレキャスト部材をPCa部材、プレキャスト製品をPCa製品と表記した。

参考文献

- 1) コンクリートテクノ：プレキャストコンクリート技術の可能性，臨時増刊号通巻 313 号，2007. 10. 5
- 2) 日本コンクリート工学会：「プレキャストコンクリート製品の課題と展望」に関するシンポジウム報告書，2008. 2
- 3) 日本コンクリート工学会：プレキャストコンクリート製品の性能設計と利用技術研究委員会報告書，2011. 11
- 4) 日本コンクリート工学会：月刊 コンクリート技術 HP，2016. 4 月号

1章 カルバート

1.1 部分プレキャスト工法による斜角を有する大型ボックスカルバートの構築

(1) 概要

道路や河川等で施工される内空幅 5m 以上の大型のボックスカルバートは、橋と比較して経済性の面で有利であるため、橋梁の代替として検討されることが多い。このようなボックスカルバートは、道路または水路の条件等により、現場の多くが斜角のついたボックスカルバートである。工法は施工延長、工期、経済性、施工性等を総合的に勘案して決定されるが、斜角のある条件では、通常は経済性の観点から現場打ちコンクリートが採用される事例が多い。この理由は、P C a 製品を使用する場合、既存型枠を現場の斜角にあわせて改造する必要がある、施工延長が短い場合はその型枠改造費が工事費を高くするためである。このような条件に対応するために、近年、図 1.1.1 および写真 1.1.1 に示すような現場打ちコンクリートと分割された P C a 部材を現場で組み合わせる斜角に対応した部分プレキャスト工法¹⁾が活用されている。

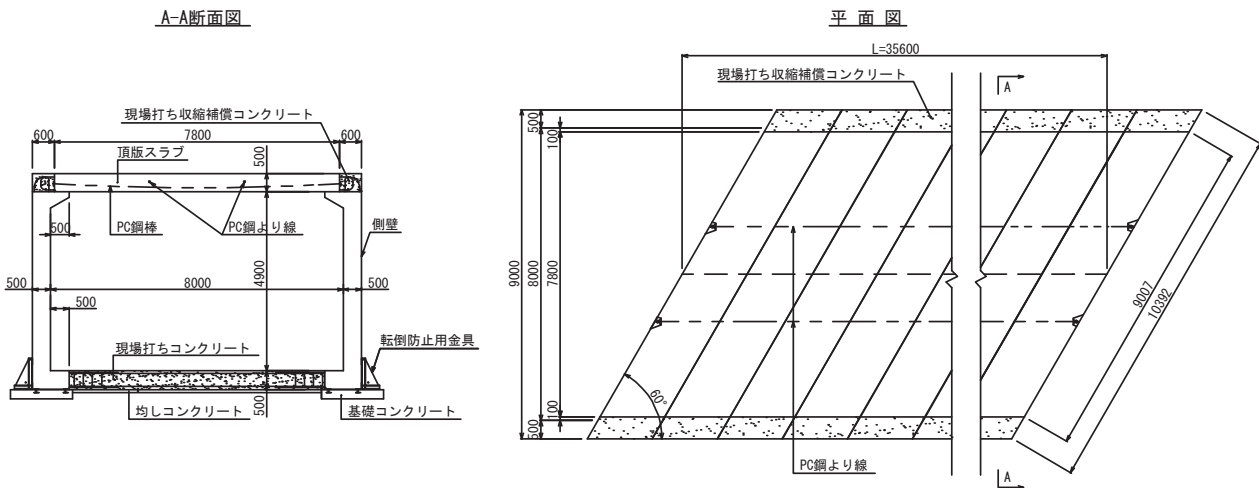


図 1.1.1 部分プレキャスト工法による斜角を有する大型ボックスカルバートの構築事例



写真 1.1.1 部分プレキャスト工法による斜角を有する大型ボックスカルバートの構築事例

(2) 採用理由

本事例では、部分プレキャスト製の斜角大型ボックスカルバートが、以下のような理由により採用されている。

- ・セグメント化された部材を単純な形状、構造にすることにより、課題であった型枠改造費を抑えることができ、フルプレキャスト工法に比べて安価にできる。
- ・現場打ち工法によるひび割れ発生リスクを低減できる。
- ・セグメント化された部材を単純な形状、構造にすることにより、 60° の斜角に容易に対応可能である。
- ・分割されたP C a 部材と現場打ちコンクリートを併用することにより、P C a 製品の一部材の重量や寸法を小さくすることができ、写真 1.1.2 のようなフルプレキャスト工法に比べて運搬が容易である。
- ・現場における設置、組立等の作業が機械化され、工期短縮や省力化施工が可能である。
- ・現場における施工管理（品質管理・写真管理等）の軽減が可能である。
- ・周辺環境への影響低減（騒音・振動）が可能である。

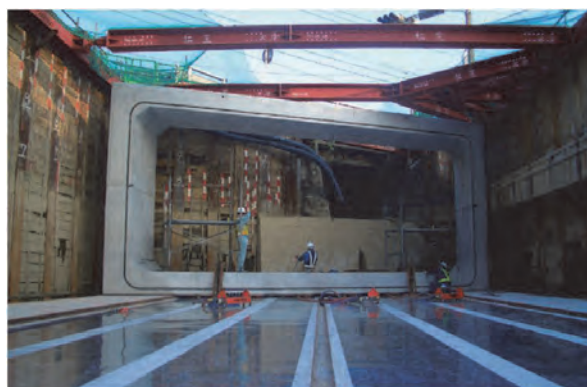


写真 1.1.2 フルプレキャスト工法の事例

(3) 実施内容

写真 1.1.3～写真 1.1.4 に示すように、分割されたP C a 部材を現場で組み立て、現場打ちコンクリートを併用することにより、大断面ボックスを構築できている。また、セグメント化された部材を、単純な形状、構造にすることにより、 60° の斜角にすることに容易に対応することができた。



写真 1.1.3 P C a 部材の組立



写真 1.1.4 底版配筋後-現場打ちコンクリートの打込み・一体化

(4) 効果

- ・現場における設置・組立の作業が機械化されたことにより、60%程度の工期短縮および省人化が図られた。
- ・建設労働災害の危険性の減少が図られた。
- ・現場における施工管理の軽減が図られた。
- ・主部材が天候等に左右されにくい工場製品であるため、品質のばらつきが少なく、ひび割れのない高い品質の構造物が構築された。
- ・斜角を有する大型ボックスカルバートに、セグメント化された部材を単純な形状・構造とした部分プレキャスト工法を活用することにより、斜角に標準対応したより大断面のボックスを構築することができた。
- ・現場打ち工法から部分プレキャスト工法への施工方法の変更承諾であったため、発注金額を変更することなく斜角を有する大型ボックスカルバートを完成させることができている。

また、写真 1.1.5 に示すようなP C a 製ウイングやP C a 製壁高欄を組み合わせて部分プレキャスト工法により構築した事例もある。



写真 1.1.5 部分プレキャスト工法による2連ボックス，P C a 製ウイングおよびP C a 製壁高欄

参考文献

- 1) 佐川康貴，片山強，堤俊人，松下博通：ループ継手構造によるプレキャストコンクリート製斜角大型ボックスカルバートの開発，コンクリート工学，Vol. 49，No. 3，pp. 13～20，2011. 3

1.2 部分プレキャスト製大型アーチカルバートの施工

(1) 概要

高土被りのカルバートでは、アーチ形状にした方が経済的な断面設計となる場合が多い。しかしながら、現場打ちコンクリート工法ではアーチ状の型枠製作等に熟練技術が必要とされる。また、プレキャストコンクリート製品（以下、P C a 製品）を使用する場合、運搬の制限から適用サイズに限界がある。

近年、これらの問題を解決するため、図 1.2.1 に示すように現場打ちコンクリートと分割された P C a 部材を現場で組み合わせる部分プレキャスト工法が開発されているため、事例を紹介する。

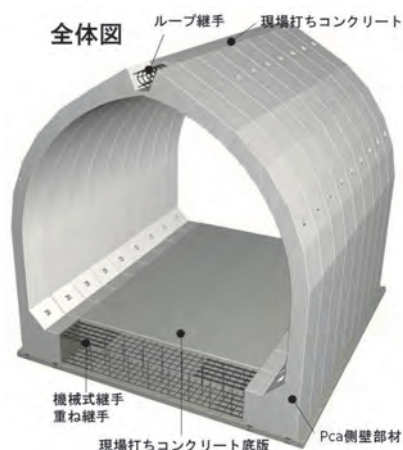


図 1.2.1 部分プレキャスト工法の活用による大断面アーチカルバートの構築

(2) 採用理由

施工現場は宮城県内で高盛土、施工延長 106m のアンダーパスであり、部分プレキャスト製の大型アーチカルバートは、以下の様な理由により採用された。

- ・東日本大震災後の工事であり、レディーミクストコンクリートの不足、労務の不足が顕著であったため P C a 工法が優先的に検討された。
- ・現場打ち大型アーチカルバートは、アーチ状の型枠製作等に熟練技術が必要だが、熟練工不足の問題がある。
- ・分割された P C a 部材と現場打ちコンクリートを併用することにより、P C a 製品の一部材の重量や寸法を小さくすることができるため、フルプレキャスト工法に比べ運搬が容易である。また、現場で組み立てた際に、フルプレキャスト工法より大断面のボックスを構築することができる。

(3) 実施内容

写真 1.2.1 に示すように、施工現場は 4.5% の縦断勾配があったため、スタート部材の転倒防止用の鋼製受け台を製作し、分割された P C a 部材を現場で組み立てている。また、現場打ちコンクリートを併用することにより、大断面のアーチカルバートを構築している。完成直後、および高盛土後の状況を写真 1.2.2 に示す。



写真 1.2.1 (左) スタート部材の転倒防止用の鋼製受け台, (右) P C a 部材の組立て



写真 1.2.2 (左) 完成直後, (右) 盛土後

(4) 効果

60%程度の工期短縮が可能であり, 生産性が向上している. また, アーチ部分にP C a 製品を活用したことにより, 熟練工不足の問題が解消でき, 生産性が向上している.

さらに, 主部材が天候等に左右されにくい工場製品であるため, 品質にばらつきの少ない構造物を構築でき, 品質が向上している. また, 大型アーチカルバートに部分プレキャスト工法を活用することにより, より大断面のアーチカルバートを構築することができている.

1.3 斜角がある部分への標準ボックスカルバート製品の活用

(1) 概要

ボックスカルバートやスラブ等を道路に対して斜め横断に設置する場合、端部に設置するP C a 製品は斜め横断する角度に合わせて斜切製品としたり、全製品を平行四辺形製品としたりすることがある。このような特殊製品による対応を減らし、標準製品のみの対応とすれば、生産性の向上や施工の簡素化が図れる。

(2) 採用理由

端部に設置する製品を斜切製品とした場合、設計においては、標準製品と斜切製品の2種類の構造計算および安定計算が必要となり、設計の生産性が低下する。製造においては、鉄筋加工が煩雑となり生産性が大幅に低下するうえ、仕切材料が別途必要となるため、材料費の高騰や型枠組立の作業性の低下が生じる。施工においては、端部に設置する斜切製品の重心が標準製品と異なるため、吊上げ作業時にバランスを取ることが困難であるうえ、斜角が大きい場合は製品では対応できず、端部のみ現場打ちコンクリートで対応することもある。

本事例では、景観や用地の問題がなかったこと、設計および製造の生産性が向上し、施工が簡素化され工期短縮や原価低減が図れ、トータルコストが安く抑えられたことから採用となった。

(3) 実施内容

道路に対して斜め横断するプレキャストボックスカルバートの施工端部において、斜切製品を使用せず、標準製品を使用した施工事例を写真 1.3.1 から写真 1.3.2 に示す。なお、はみ出し部分を破線で示す。



写真 1.3.1 実施事例（その 1）



写真 1.3.2 実施事例（その 2）

(4) 効果

図 1.3.1 の施工ケースでの標準品と斜切加工品での価格比較を下記の計算式で行う。

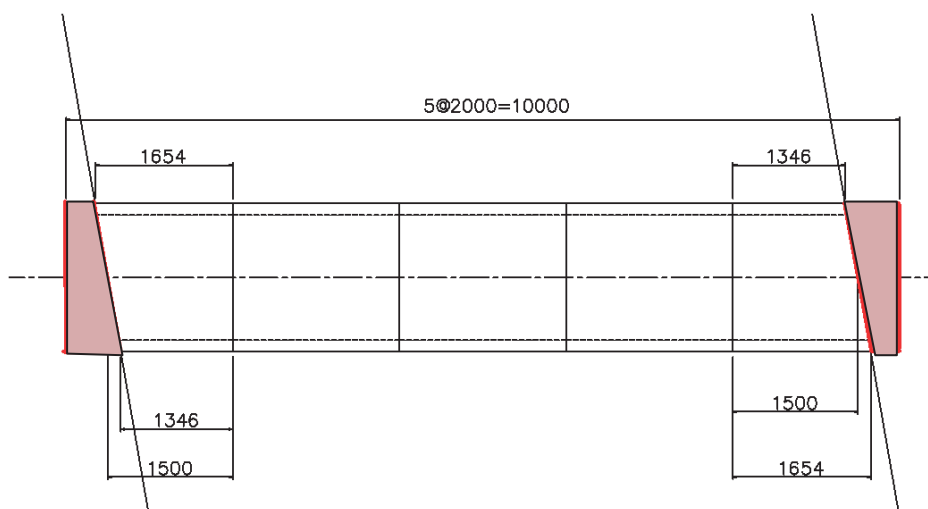


図 1.3.1 P C a ボックスカルバート施工平面図

工場製品の場合の斜切製品単価（建設物価より引用）

斜切製品単価＝（標準寸法価格×実長率）＋（標準寸法価格×0.5）：ここに実長率＝製品長÷標準長
標準長（2m）の製品価格を1.0とすると

標準寸法品だけの場合、 $a = 1.0 \times 5 \text{ 本} = 5.0$

端部斜切製品を使用した場合（実長率＝ $1.5 \div 2.0 = 0.75$ ）

斜切製品単価 $b' = (1.0 \times 1.5) + (1.0 \times 0.5) = 2.0$

斜切製品を使用した場合、 $b = 1.0 \times 3 \text{ 本} + 2.0 \times 2 \text{ 本} = 7.0$

$b/a = 7.0 \div 5.0 = 1.40$

今回のケースでは、標準長の製品を使用することにより4割のコストダウンとなる。

景観や用地等の問題がない場合は、施工端部において斜切製品を使用せず標準製品を使用することで多少の無駄な部分が発生するが、設計および製造の生産性が向上し、施工が簡素化され、工期短縮や原価低減が図れることから、トータルコストを抑えることが可能となる。

1.4 頂版部材を分割したプレキャスト工法による大断面カルバートの施工

(1) 概要

大型のPCaカルバート等では、運搬工程においてPCa部材の大型化による寸法や重量制限により、上下の2分割や側壁部をさらに分割したPCa部材を現場で接合して構築している。しかし、PCa部材の寸法が10mを超えるような場合には、部材製作用の鋼製型枠、型枠から部材を脱型するクレーン、および搬送装置の大型化による製造設備等のコストアップが、製品価格の上昇の原因となっていた。そこで、内空幅15mの門型カルバートの頂版部材を分割化することによりコストアップ要因を解消した。

(2) 採用理由

- ・地元住民の生活道路であり迂回路確保が困難な現場状況であったが、プレキャスト工法を採用することで道路の通行止めを最小限（製品の架設時のみ）とすることができる。
- ・信頼性の高い部材接合方法と判断された。
- ・PCa部材を分割式とすることで、鋼製型枠や脱型用設備の大型化の必要性がなくなり、製造設備のコストアップを抑制できる。

(3) 実施内容

全体の部材構成を、図1.4.1に示す。頂版および側壁部材は、25tトレーラーで2部材を運搬できるように1部材12.5tを最大重量とし、図1.4.2に示すように分割している。隅角部材の運搬状況を写真1.4.1に示す。

頂版部材は、あらかじめ現場の作業ヤードでPC鋼より線によりポストテンション方式により接合し、現場打ちフーチング上に側壁部材を設置した後に、接合した頂版部材を架設し（写真1.4.2）、PC鋼棒により側壁部材と緊張して一体化した。

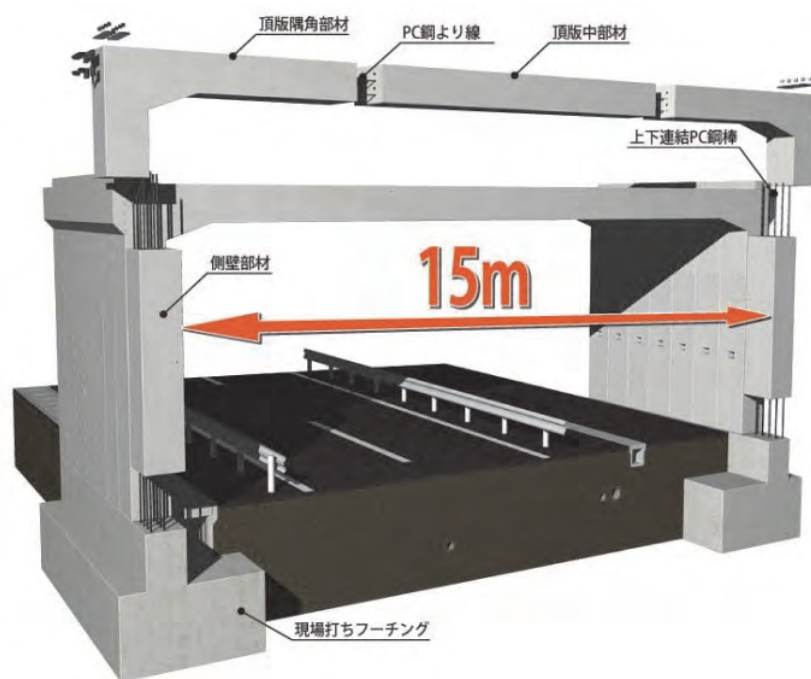


図 1.4.1 PCa部材の分割状態

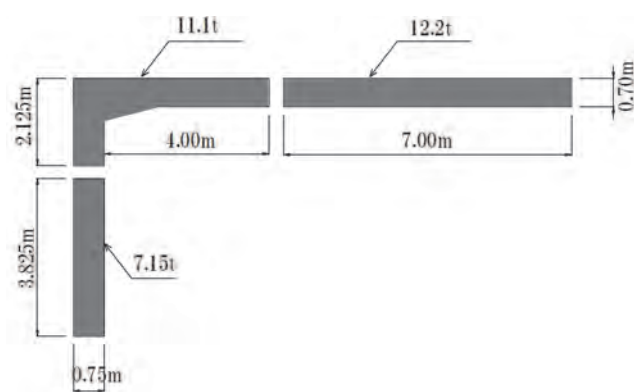


図 1.4.2 PC a 部材の寸法および重量



写真 1.4.1 隅角部材の運搬状況



写真 1.4.2 施工状況

(4) 効果

- ・大断面カルバートのプレキャスト化により，工期は現場打ち工法の工期予定 43 日に対して 7 日となり，84%の短縮となった．
- ・頂版部材を分割式としたことで，鋼製型枠や脱型用設備の大型化を必要とせず，製造工場でのコストアップ要因が解消された．

1.5 河川を横断する橋梁への逆台形ボックスカルバートの活用

(1) 概要

老朽化が進んだ橋梁（写真 1.5.1）の架替えを現場打ちで構築した場合，地元住民の生活道路である河川の側道は長期間の通行止めとなるため，工期短縮ならびに側道の通行確保を目的に，P C a 部材を用いた逆台形ボックスカルバートにより構築した（写真 1.5.2）。



写真 1.5.1 既設橋梁



写真 1.5.2 新設橋梁

(2) 採用理由

- ・ 迂回路の確保が困難な状況において，橋梁の通行止めを最小限の期間とすることができる。
- ・ 河川側道の幅員を最大限に確保できる。
- ・ 図 1.5.1 に示すように河川護岸と同一勾配である側壁を有する逆台形ボックスカルバートのため，カルバート内の側壁に重力式擁壁や護岸ブロックが不要となり，合理的でかつ景観性に優れる。

(3) 実施内容

橋梁は支間長 7200mm，幅員 6200mm であり，内空寸法が上幅 7200mm，下幅 4500mm，高さ 2700mm のプレキャスト製逆台形ボックスカルバートを用いた。図 1.5.2 に示すブロック据付用クレーンの設置場所や作業半径，ならびにブロック搬送車両の最大積載重量等の観点から，P C a 部材を 1 ブロック当りの重量を 10t 以下とするために，上下 2 分割，上下流方向 8 分割とした。

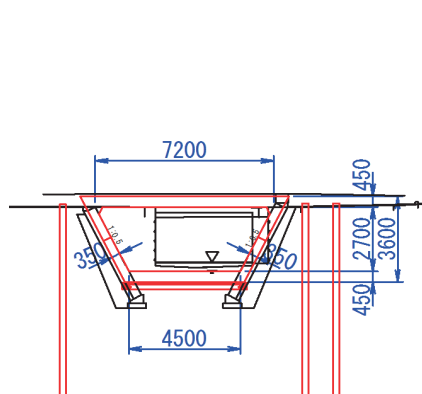


図 1.5.1 横断面図

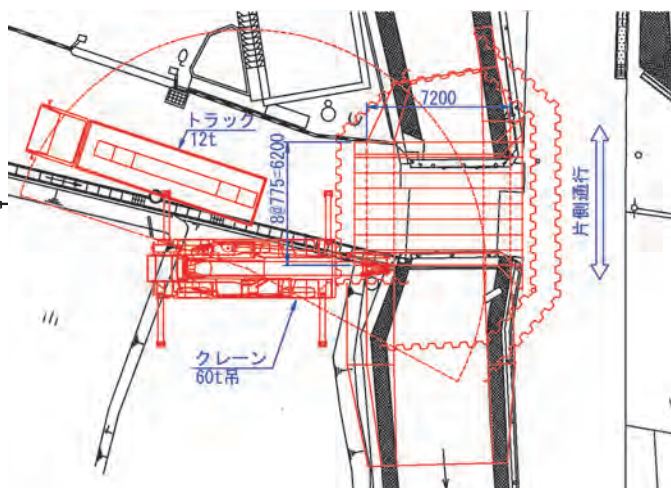


図 1.5.2 施工平面図

施工状況は以下の写真 1.5.3 から写真 1.5.8 のとおりである。



写真 1.5.3 下部ブロック据付け



写真 1.5.4 上部ブロック据付け



写真 1.5.5 据付け完了



写真 1.5.6 地覆工



写真 1.5.7 舗装工



写真 1.5.8 完成状況

(4) 効果

- ・プレキャスト工法を用いることで河川側道は、一般車両程度の幅員を確保することができた。
- ・P C a 部材の据付けは2日で完了でき、工期短縮が図られ、橋梁の通行止めを最小限の期間とすることができた。
- ・逆台形ボックスカルバートの側壁と上下流の護岸ブロックは、同一勾配で施工することができた。

1.6 耐久性の高いコンクリートを用いたプレキャストボックスカルバートの施工

(1) 概要

厳しい塩害環境下において普通コンクリートを使用した場合、鉄筋かぶりの増大やエポキシ樹脂塗装鉄筋等の採用による対策を講ずる必要がある。セメントの一部を高炉スラグ微粉末で置換し、高炉スラグ細骨材を細骨材として100%使用した水結合材比25%のコンクリート（以下、緻密コンクリート）は、内部構造が緻密化され¹⁾、塩害に対する耐久性が大きく向上する。これにより鉄筋のかぶりは、エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用することなく、通常環境で使用されるプレキャストボックスカルバートとすることができる。鉄筋かぶりの増大による新規型枠製作費、およびエポキシ樹脂塗装鉄筋等の採用によるコストアップとなる要因を低減することが可能である。

緻密コンクリートを使用し、構造物の塩害に対する耐久性の確保および長寿命化を図ったプレキャストボックスカルバートを施工した。本技術は国土技術開発賞を受賞した技術である。

(2) 採用理由

以下に示すように、緻密コンクリートを採用することで、普通コンクリートを用いた場合に比べて直接工事費が減少する。

- ・緻密コンクリートを用い塩害抵抗性を高めた場合：約51万円/m（1.0倍）
- ・普通コンクリートを用い鉄筋かぶりを大きくし、塩害抵抗性を高めた場合：約54万円/m（1.1倍）
- ・普通コンクリートを用い鉄筋をエポキシ樹脂塗装鉄筋とし、塩害抵抗性を高めた場合：約59万円/m（1.2倍）

(3) 実施内容

写真1.6.1および写真1.6.2に示すように、プレキャストボックスカルバート（内幅B=2500×内高H=2500×製品長L=1000）7個を海中に設置した。

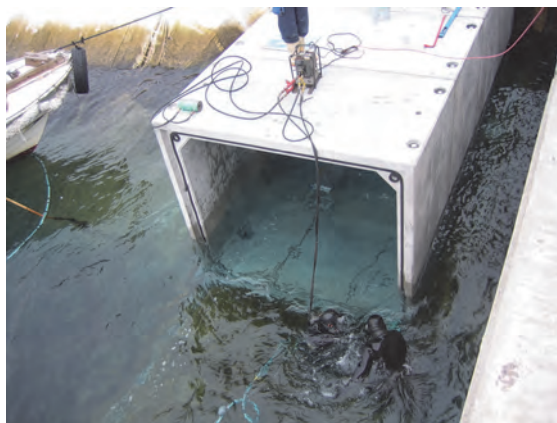


写真1.6.1 緻密コンクリートによるプレキャストボックスカルバートの海中施工事例その1

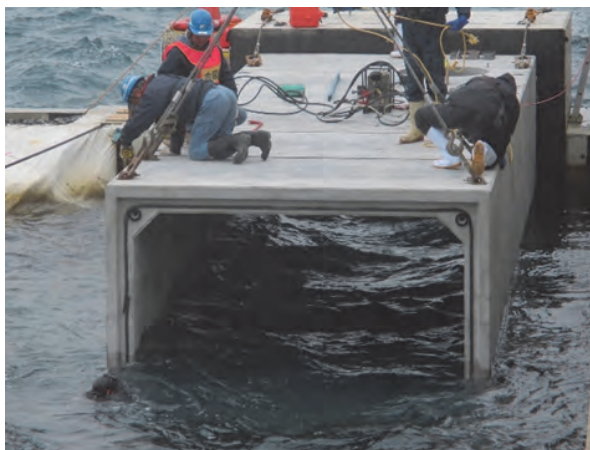


写真 1.6.2 緻密コンクリートによるプレキャストボックスカルバートの海中施工事例その2

(4) 効果

- ・鉄筋かぶりを一般環境下で使用する標準規格品と同等とすることができるため、新規の型枠を製作する必要がない。
 - ・エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用せずに普通鉄筋を用いることができる。
 - ・かぶり厚を大きくする必要がなくなり、一般環境下で使用する標準規格品と同重量とすることができ、施工費の増大を抑制できる。
- 以上により直接工事費が、普通コンクリートを用いた場合に比べ最大 17% 程度の削減となる。

ここで採用した緻密コンクリートの各種性能について以下のように報告されている^{2) 3) 4)}。

- ・耐塩害性：緻密で高強度な素材であるため、塩化物イオンの侵入を抑制することが可能である。
- ・耐凍害性：緻密で高強度な素材であるため、凍結融解に対する高い抵抗性を発揮する。
- ・耐複合劣化：塩害と凍害が同時に発生する環境において、構造物としての強度を維持する。
- ・耐硫酸性：硫酸と反応し、高い浸食抵抗性を有した強固な表面被膜を形成する。
- ・低炭素：高炉スラグを多く使用しているため約 40% の CO₂ 排出量を削減可能である。
- ・資源循環：原材料として約 50% の高炉スラグを使用している。
- ・維持管理：構造物の劣化を抑制でき、構造物の維持管理費用を低減できる。

参考文献

- 1) 細谷多慶：高炉スラグを用いて耐塩害性、耐凍害性、耐硫酸性を向上した緻密コンクリート「ハレーサルト」、中国地方建設技術開発交流会（広島会場）、2013. 11. 8
- 2) Paweena JARIYATHITIPONG, 細谷多慶, 藤井隆史, 綾野克紀：高炉スラグ細骨材によるコンクリートの耐硫酸性改善に関する研究, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol. 69, No. 4, pp. 337-347, 2013. 10
- 3) 綾野克紀, 藤井隆史：高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol. 70, No. 4, pp. 417-427, 2014. 12
- 4) 松岡智, 細谷多慶, 綾野克紀, 川上洵：高炉水砕スラグを用いたセメント硬化体のプレキャスト製品への実用化に関する研究, コンクリートの補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol. 10, pp. 221-228, 2010. 10

1.7 プレキャストボックスカルバートを用いた塩害劣化した橋桁の補強

(1) 概要

対象橋梁は、日本海沿岸の一般国道に設置された橋長 7.3m の、1959 年制定 JISA5313 によるスラブ橋用 P C 橋桁である。本橋は、供用後 40 年を経過し、塩害による損傷が激しく、鉄筋の発錆による錆び汁やコンクリートの表面剥離が生じており、一部 P C 鋼材の破断が確認されている状況であった。プレキャストボックスカルバートを用いて補強を行った¹⁾ (写真 1.7.1, 写真 1.7.2)。



写真 1.7.1 上下組合せ状況



写真 1.7.2 施工中における既設橋梁の車両通行状況

(2) 採用理由

- ・ 交通量が多い中で迂回路がない状況において、通行止めが不要で工期短縮ができる。
- ・ 炭素繊維シートおよび電気防食工法を用いる補修・補強案に比べ初期費用は高いが LCC は小さくなる。

(3) 実施内容

補修前の状況を写真 1.7.3 に示す。



写真 1.7.3 補修前の状況

上下 2 分割された内空幅 4500mm、内高 2600mm、長さ 1000mm のプレキャストボックスカルバートを 9 組使用して道路幅員分の 9 m を確保した。耐久性への性能要求に対し塩害対策として「道路橋示方書・同解説」²⁾ による塩害への対策区分を「S」とし、鉄筋かぶりを確保してエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した。既存の上部橋梁の荷重は、死荷重としてボックスカルバートが受持つ構造としている。プレキャストボックスカル

バートの一般図を図 1.7.1 および図 1.7.2 に示す。

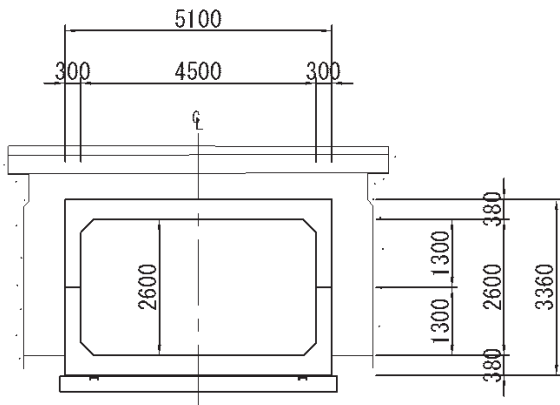


図 1.7.1 横断面図

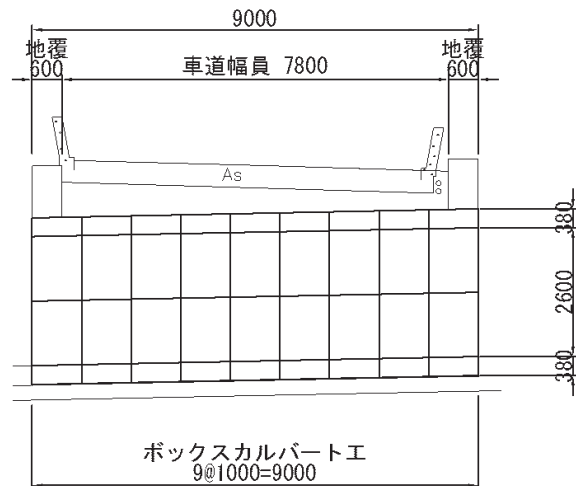


図 1.7.2 縦断面図

既設橋梁の下部にボックスカルバートを設置するため、横引きにより橋梁下に引き込む工法を採用している。上下二分割構造としたのは、運搬車両として普通トラックの使用を想定し、かつ、施工時の吊り上げ重機の規制（120t クレーン使用）より単体として 10t 以下を目標にし、さらに作業性を考慮して 6.65t としたためである。

実際の施工では、橋梁近辺の道路周辺にトラッククレーンの設置場所を確保した。また、図 1.7.3 に示すように P C a 部材の搬入時のみ片側通行として規制した。施工フローを図 1.7.4 に示す。

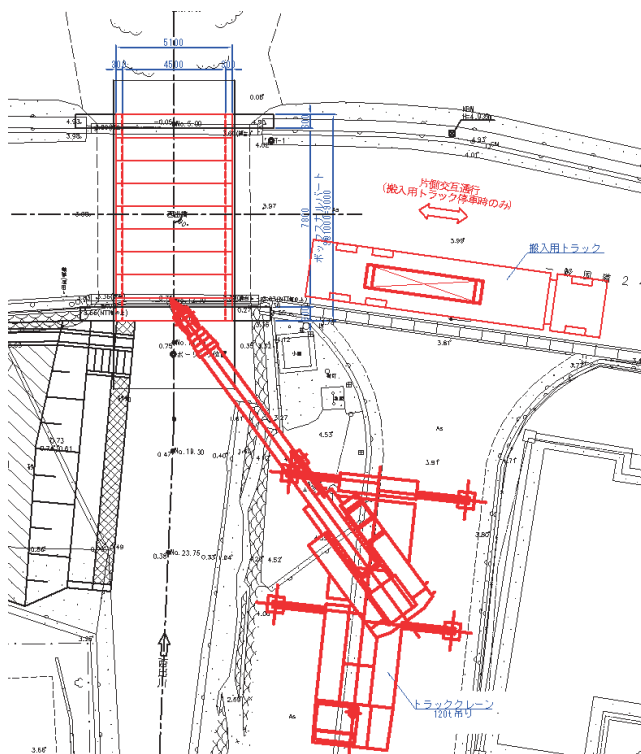


図 1.7.3 平面図

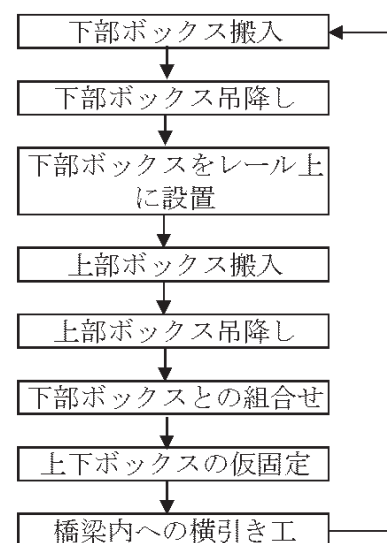


図 1.7.4 施工フロー図

9組のPCa部材の搬入・PCa部材の上下連結・据付けを1日で完了し、上下連結に使用したエポキシ樹脂塗装鉄筋の機械式継手へモルタルを充填した。モルタルの硬化後、縦断方向に9組のPCa部材をPC鋼より線により緊張連結を行い、ボックスカルバート底版に設けた注入孔よりモルタルを注入して基礎コンクリートとの空隙を充填した。最後にボックスカルバートと既設橋梁および橋脚の間にエアモルタルを充填した。実際の施工状況は以下の写真1.7.4から写真1.7.9のとおりである。



写真 1.7.4 クレーン設置状況



写真 1.7.5 組合せ状況



写真 1.7.6 組合せ後



写真 1.7.7 横引き工(1)



写真 1.7.8 横引き工(2)



写真 1.7.9 完成状況

(4) 効果

- ・工事に伴う通行規制は全面通行止めをせず、PCa製品の搬入時の道路片側通行のみで行うことができた。

参考文献

- 1) プレキャストコンクリート製品の性能設計と利用技術研究委員会報告書, 日本コンクリート工学会, 2011.
- 2) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説[Ⅲコンクリート橋編], 2002年3月

1.8 大断面ボックスカルバートのプレキャスト化

(1) 概要

内空高さが7mを超える大断面のボックスカルバート（2車線道路トンネル）を、底版中央部のみを現場打ちとした部分プレキャストで施工した事例である（写真1.8.1）。

プレキャスト化において特に留意した点を以下に示す。

- ・ 運搬可能重量を考慮した部材の分割
- ・ 支保工形式の変更
- ・ 部材据付精度の確保
- ・ 函体の水密性確保



写真 1.8.1 プレキャストボックスカルバート施工状況

(2) 採用理由

大断面ボックスカルバートでは、通常、プレキャスト工法を採用した場合の費用が現場打ちの場合の2～3倍程度となる。このため、プレキャスト工法が採用されるのは、工程が特に逼迫している等の特殊要因がある場合に限られているのが実状である。

本事例も例外ではなく、隣接する他工事へ地上の用地を早期に引き渡すために、ランプトンネルの一部区間をプレキャスト工法により構築したものである。

(3) 実施内容

a) 部材の分割仕様

プレキャスト化した箇所は、縦断方向に一定の勾配を有する延長40mの直線部であり、断面の内空寸法は、幅11.64m、高さ7.15mであった。構造は、原設計を踏襲してRC構造とした。

構造解析の結果、部材厚は頂版・側壁1.1m、底版1.3mとなった。このように大断面かつ部材厚の大きいプレキャストボックスカルバートであったため、運搬可能重量の上限である35トンを超えないように部材を分割することが課題であった。

検討の結果、採用した分割仕様を図1.8.1に示す。ポイントは、

- ・ 1リングの奥行きは1.5mとし、底版中央部には現場打ち部を設けたこと、
- ・ 頂版は奥行き方向に更に2分割したこと（1ピースの奥行きを0.75mとしたこと）、

の2点である。これにより、前記の重量制限を満足しつつ、分割を最小限に留めて施工性を確保することができている。

部材の軽量化という観点から部材の一部のみをプレキャスト化する「ハーフプレキャスト」の採用も考えられるが、本事例では工期短縮を優先してハーフプレキャストは採用されていない。

なお、底版～側壁～頂版の部材間はモルタル充填継手による接合とし、縦断方向はPC緊張により連結一体化している。

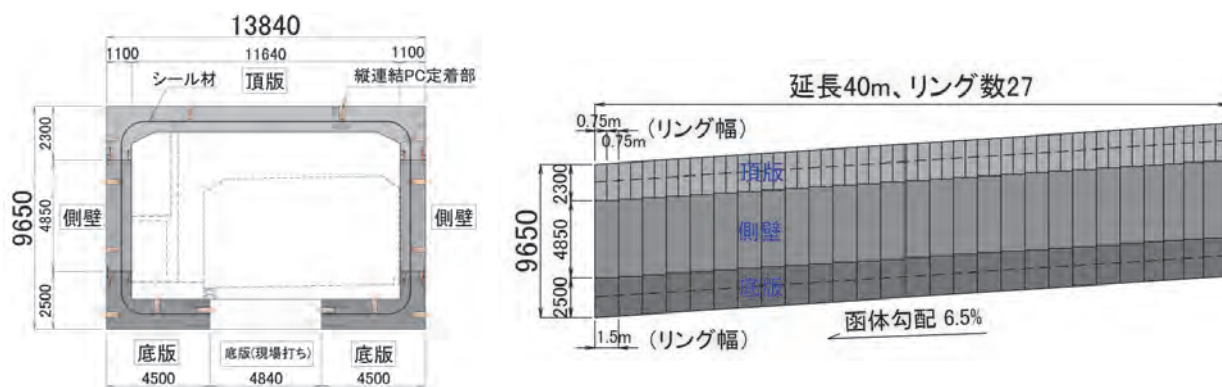


図 1.8.1 横断および縦断の部材分割

b) 支保工形式の変更

原設計では切梁を有した山留支保工であったが、プレキャスト施工の効率性を考慮してアースアンカーに変更している。現場打ちからプレキャスト工法への変更にあたっては、本設函体の変更だけでなく、仮設計画の見直しも必要となることに留意する必要がある。また、本工事では問題になっていないが、現場の条件によってはアースアンカーが施工できない場合もあり、注意が必要である。掘削および支保工施工状況を写真 1.8.2 に示す。

c) 据付け精度の確保

本事例は、部材が大きく重いこと、また部材の分割数が多いことから、据付け精度の確保が大きな課題であった。特に分割して据え付ける底版については、その精度が不十分な場合、最終的に頂版が設置できなくなることも想定され、精度確保が特に重要と考えられた。

対策として、1) 底部地盤の地盤改良、2) 敷モルタル+ライナープレートによるレベルと鉛直度の調整、3) 底版固定架台（図 1.8.2）による部材間の相対位置のずれ防止、の3点を実施することで、底版部材の据付け精度を確保した。



写真 1.8.2 掘削および支保工施工状況



図 1.8.2 底版固定架台

d) 躯体の水密性確保

道路トンネルは、函体に高い水密性が求められる。本事例では、P C a 部材の製作誤差を考慮してリング間に遊間（幅 4mm の隙間）を設ける必要があったため、リング間の水密性確保が特に課題であった。

対策として、リング間に全周連続する水膨張性のシーล材を設置するとともに、函体据付け後に外面から吹付防水を施工する二重の止水構造を採用した（写真 1.8.3）。結果として、復水後も函体内に漏水は見られず、当該止水構造の効果が確認された。



写真 1.8.3 外面吹付防水の施工状況

(4) 効果

- ・当初計画の現場打ちでは、躯体構築の工期が約 11 ヶ月と想定されていた。プレキャスト化によりこれを 5 ヶ月に短縮することができた。
- ・同様に躯体構築に係わる延べ労働者数は、現場打ちでは約 2,800 人工と想定されていたが、プレキャスト化により約 700 人工に削減することができた（ただし、P C a 製品の製造に関わる労務は含まれていない）。

1.9 プレキャスト工法と場所打ちコンクリート工法の積算比較

(1) 概要

構造物構築の生産性向上の事例として、L型擁壁とボックスカルバートを対象としたプレキャスト工法と場所打ちコンクリート工法の比較事例¹⁾を紹介する。

(2) 現状の課題

構造物構築における場所打ち工法とプレキャスト工法の比較においては、直接工事費により全体工事費が決定され、現場の工期短縮による省力化や省人化の効果が反映されず、プレキャスト工法の採用の妨げになっている。

(3) 実施内容

積算基準に基づいた場所打ち構造物とP C a製品を用いた構造物の工期と人員比較を行う。対象構造物は、図 1.9.1 に示すL型擁壁 壁高 H=3m と H=5m の2パターン、図 1.9.2 に示すボックスカルバート内空幅 Bo=2m×内空高さ Ho=2m、および Bo=4.5m×Ho=2.5m の2パターンとする。

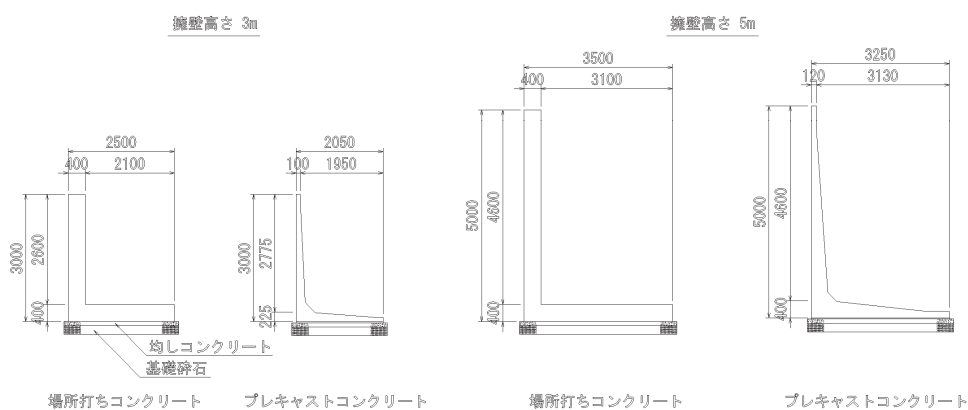


図 1.9.1 L型擁壁比較断面図

表 1.9.1 L型擁壁施工工期比較表

擁壁高	場所打ちコンクリート						プレキャストコンクリート					
3 m						(10m当り)						(10m当り)
	工 種	単位	1日当り 施工量	数 量	日 数		工 種	単位	1日当り 施工量	数 量	日 数	
	コンクリート工	m ³	81.0	20.4	0.25		配 付 工	m	30.0	10.0	0.33	
	型 枠 工	m ²	30.0	60.0	2.00		基 礎 工	m ²	20.0	22.5	1.13	
	鉄 筋 工	kg	3500.0	995.4	0.29							
	足 場 工	掛m ²	75.0	56.0	0.75							
	基 礎 工	m ²	31.0	27.0	0.87							
	合 計				4.15		合 計				1.46	
5 m						(10m当り)						(10m当り)
	工 種	単位	1日当り 施工量	数 量	日 数		工 種	単位	1日当り 施工量	数 量	日 数	
	コンクリート工	m ³	81.0	32.4	0.40		配 付 工	m	24.0	10.0	0.42	
	型 枠 工	m ²	30.0	100.0	3.33		基 礎 工	m ²	20.0	34.5	1.73	
	鉄 筋 工	kg	3500.0	3803.0	1.09							
	足 場 工	掛m ²	75.0	96.0	1.28							
	基 礎 工	m ²	31.0	37.0	1.19							
	合 計				7.29		合 計				2.14	
※)養生工含まず												
	4.15 (日/10m)					1.00	1.46 (日/10m)					0.35
※)養生工含まず												
	7.29 (日/10m)					1.00	2.14 (日/10m)					0.29

表 1.9.2 L型擁壁工の施工人員比較表

擁壁高	場所打ちコンクリート				プレキャストコンクリート			
3 m	(10m当り)				(10m当り)			
	施 工 人 員	単 位	数 量	備 考	施 工 人 員	人	数 量	備 考
	世 話 役	人	4.47	型枠製作・撤去、足場・支保設置、コンクリート打設、養生等を含む	世 話 役	人	1.70	
	特 殊 作 業 員	〃	2.73		特 殊 作 業 員	〃	2.27	
	普 通 作 業 員	〃	14.13		普 通 作 業 員	〃	4.23	
	型 枠 工	〃	3.85					
	と び 工	〃	1.22					
	鉄 筋 工	〃	3.68					
合 計		30.09		合 計		8.20		
30.09 (人/10m)				1.00	8.20 (人/10m)			0.27
5 m	(10m当り)				(10m当り)			
	施 工 人 員	単 位	数 量	備 考	施 工 人 員	人	数 量	備 考
	世 話 役	人	7.67	型枠製作・撤去、足場・支保設置、コンクリート打設、養生等を含む	世 話 役	人	2.52	
	特 殊 作 業 員	〃	3.84		特 殊 作 業 員	〃	3.39	
	普 通 作 業 員	〃	23.66		普 通 作 業 員	〃	6.21	
	型 枠 工	〃	6.16					
	と び 工	〃	1.94					
	鉄 筋 工	〃	9.51					
合 計		52.78		合 計		12.12		
52.78 (人/10m)				1.00	12.12 (人/10m)			0.23

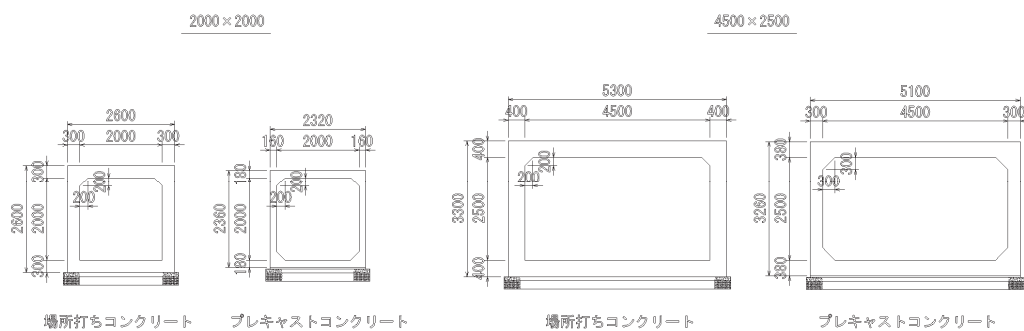


図 1.9.2 ボックスカルバート比較断面図

表 1.9.3 ボックスカルバート施工工期比較表

内空寸法		場所打ちコンクリート					プレキャストコンクリート							
2.0m × 2.0m	(10m当り)						(10m当り)							
	工	種	単位	1日当り 施工量	数 量	工 期	工	種	単位	1日当り 施工量	数 量	工 期		
	コン	クリート	工	m	81.0	28.0	0.35	掘	付	工	m	6.0	10.0	1.67
	型	枠	工	m ²	30.0	109.7	3.66	基	礎	工	m ³	20.0	25.2	1.26
	鉄	筋	工	kg	3500.0	2417.0	0.69							
	足	場	工	掛m ²	75.0	52.0	0.69							
	支	保	工	空m ³	40.0	40.0	1.00							
	基	礎	工	m ³	31.0	28.0	0.90							
	合	計				7.29	合	計				2.93		
	※ 養生工含まず													
7.29 (日/10m)						2.93 (日/10m)						0.40		
4.5m × 2.5m	(10m当り)						(10m当り)							
	工	種	単位	1日当り 施工量	数 量	工 期	工	種	単位	1日当り 施工量	数 量	工 期		
	コン	クリート	工	m ³	81.0	62.8	0.78	掘	付	工	m	2.0	10.0	5.00
	型	枠	工	m ²	30.0	158.7	5.29	基	礎	工	m ³	20.0	53.0	2.65
	鉄	筋	工	kg	3500.0	6930.0	1.98							
	足	場	工	掛m ²	75.0	66.0	0.88							
	支	保	工	空m ³	40.0	112.5	2.81							
	基	礎	工	m ³	31.0	55.0	1.77							
	合	計				13.51	合	計				7.65		
	※ 養生工含まず													
13.51 (日/10m)						7.65 (日/10m)						0.57		

表 1.9.4 ボックスカルバート工施工人員比較表

内空 寸法	場所打ちコンクリート					プレキャストコンクリート				
	(10m当り)					(10m当り)				
2.0m × 2.0m	施 工 人 員	単 位	数 量	備 考		施 工 人 員	人	数 量	備 考	
	世 話 役 人		7.05	型枠製作・撤去、足場・支保設置・コンクリート打設・養生等を含む		世 話 役 人		3.43		
	特 殊 作 業 員	"	2.97			特 殊 作 業 員	"	3.37		
	普 通 作 業 員	"	19.99			普 通 作 業 員	"	7.52		
	型 枠 工	"	14.56							
	と び 工	"	1.96							
	鉄 筋 工	"	7.42							
合 計			53.95			合 計		14.33		
53.95 (人/10m)			1.00		14.33 (人/10m)			0.27		
4.5m × 2.5m	(10m当り)					(10m当り)				
	施 工 人 員	単 位	数 量	備 考		施 工 人 員	人	数 量	備 考	
	世 話 役 人		13.60	型枠製作・撤去、足場・支保設置・コンクリート打設・養生等を含む		世 話 役 人		11.93		
	特 殊 作 業 員	"	6.00			特 殊 作 業 員	"	9.96		
	普 通 作 業 員	"	37.25			普 通 作 業 員	"	26.92		
	型 枠 工	"	21.35							
	と び 工	"	4.40							
鉄 筋 工	"	18.31								
合 計			100.91			合 計		48.81		
100.91 (人/10m)			1.00		48.81 (人/10m)			0.48		

(4) 効果

a) 施工工期の比較

表 1.9.1 に示すように、L型擁壁の擁壁高さ H=3.0m の場合、場所打ち工法では施工延長 10m 当り 4.15 日/10m に対して P C a 製品を用いた場合は 1.46 日/10m で、場所打ち工法の 35%となる。H=5.0m の場合では、場所打ち工法の 7.29 日/10m に対して P C a 製品の場合は 2.14 日/10m となり、場所打ち工法の 29%となる。

表 1.9.3 に示すように、ボックスカルバートの内空寸法 Bo=2.0m×内空高さ Ho=2.0m の場合、場所打ち工法では 7.29 日/10m に対して P C a 製品を用いた場合は 2.93 日/10m で場所打ち工法の 40%となる。Bo=4.5m×Ho=2.5m の場合は場所打ち工法が 13.51 日/10m に対して、P C a 製品の場合は 7.65 日/10m で 57%となる。

b) 施工人員の比較

表 1.9.2 に示すように、L型擁壁の擁壁高さ H=3.0m の場合、場所打ち工法では施工延長 10m 当り 30.09 人/10m に対して P C a 製品を用いた場合は 8.20 人/10m で場所打ち工法の 27%となる。H=5.0m の場合では、場所打ち工法の 52.78 人/10m に対して P C a 製品の場合は 12.12 人/10m となり、場所打ち工法の 23%となる。

表 1.9.4 に示すように、ボックスカルバートの内空寸法 Bo=2.0m×内空高さ Ho=2.0m の場合、場所打ち工法では 53.95 人/10m に対して P C a 製品を用いた場合は 14.33 人/10m で場所打ち工法の 27%となる。Bo=4.5m×Ho=2.5m の場合は、場所打ち工法が 100.91 人/10m に対して P C a 製品の場合は 48.81 人/10m で 48%となる。

以上より、プレキャスト工法の工期短縮効果や人員削減効果は明らかである。しかし、現状の積算方法ではこの効果が反映されていないことが課題である。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本コンクリート工学協会:プレキャストコンクリート製品の設計と利用研究委員会報告書, pp.128-131, 2009.08

2章 橋梁

2.1 橋梁高欄におけるプレキャストコンクリート製品の活用(仮設から本設への転用)

(1) 概要

近年、老朽化したコンクリート製または鋼製の壁高欄の取換え工事が増加している。供用中の道路での取換え工事の場合、通行車両の安全と作業員の安全を確保するために、写真2.1.1に示すような仮設防護柵を設置している。

図2.1.1に示すように新設する壁高欄をP C a製品とし、既設壁高欄撤去時および新設壁高欄施工時に仮設防護柵として使用した事例を紹介する。



写真 2.1.1 一般的な仮設材による防護柵事例

(2) 採用理由

新設壁高欄を仮設壁高欄として使用した後、順次移設して使用することで、仮設部材が省略できるため経済的である。

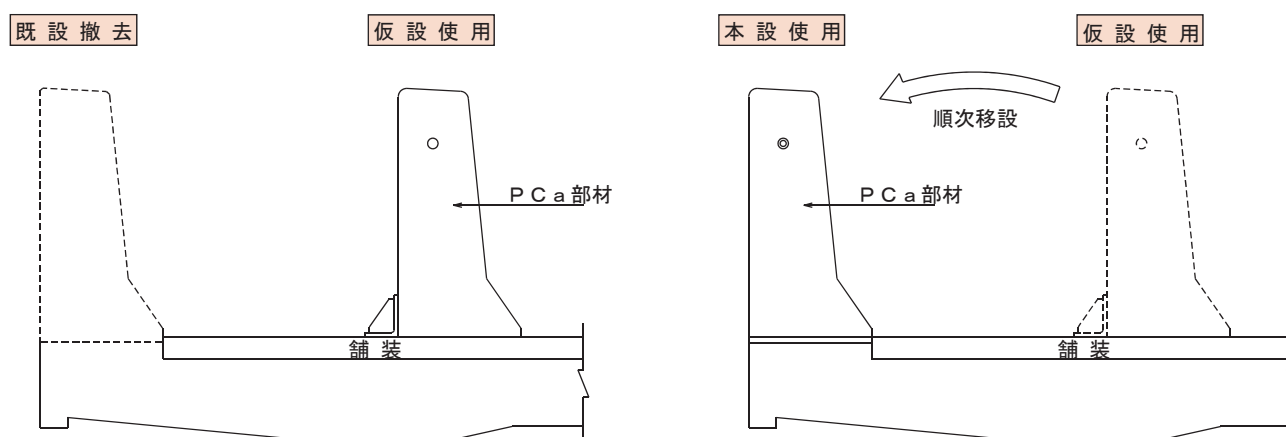


図 2.1.1 P C a 製品による仮設部材を本設部材へ転用

(3) 実施内容

施工状況の一例を写真2.1.2から写真2.1.12に示す。



写真 2.1.2 着工前



写真 2.1.3 仮設防護柵据付状況



写真 2.1.4 仮設防護柵設置完了



写真 2.1.5 仮設ブロック撤去

写真 2.1.6 高さ調整プレート
・シールパッキン設置

写真 2.1.7 ブロック設置状況 1



写真 2.1.8 ブロック設置状況 2

写真 2.1.9 無収縮モルタル
練混ぜ状況写真 2.1.10 無収縮モルタル
グラウト状況

写真 2.1.11 施工完了(背面側)



写真 2.1.12 完成

(4) 効果

- ・ 仮設部材が不要となるため、従来工法と比較して経費が節減された。
- ・ 本設構造物を用いる事により、仮設作業時の安全面での信頼性が向上した。

2.2 超高強度繊維補強コンクリートによる歩道用プレキャストコンクリート床版の施工

(1) 概要

超高強度繊維補強コンクリートを用いたPCa床版による歩道橋床版の取替え工事の事例（写真2.2.1および写真2.2.2）を紹介する。

対象構造物は、国道10号砂田橋歩道橋であり、設置後数十年が経過した橋長約19mの人道橋である。本橋の架設位置は日豊海岸に面しており、塩害と長年の風雨により一部の床版部から錆び汁が発生する等の劣化現象が顕在化していた。



写真 2.2.1 床版施工状況



写真 2.2.2 完成後の状況

(2) 採用理由

- ・本橋は通学路として利用されているため、できるだけ早期に開放することが求められたが、本工法によれば、現場における既設床版の撤去工事とプレキャスト工場での新設床版の製作を並行して実施でき、工期短縮が可能である。
- ・本橋は重塩害地域に位置しているため、普通コンクリート製や鋼製と比較して、超高強度繊維補強コンクリート製とした方が長期耐久性に優れると判断された。
- ・既設の普通コンクリート製床版は厚さ240mmであるが、超高強度繊維補強コンクリート製のPCa床版とすることで中央部の床版厚さが60mmとなり、大幅な薄肉化により死荷重が低減される。

(3) 実施内容

施工前の状態を写真2.2.3に示す。

超高強度繊維補強コンクリート床版の諸元は、幅員2,650mm（有効幅員2,000mm）、延長18,780mmであり、延長方向に6分割したPCa床版を現地で接合する構造とした。超高強度繊維補強コンクリートにはプレミックス材料を用い、鋼繊維混入量は 157 kg/m^3 とした。圧縮強度は 180 N/mm^2 以上、曲げ強度は 22.5 N/mm^2 以上である。設計荷重として、道路橋示方書・同解説に準拠した群集荷重（歩道） 5.0 kN/m^2 と防護柵の設置基準・同解説にある歩行者自動車用柵（SP種）の荷重を考慮した。

また、PCa床版と鋼桁との接合にはスタッドジベルを用い、無収縮モルタルを充填して固定した。製作用型枠を写真2.2.4に、工場製作状況を写真2.2.5に、製品図を図2.2.1にそれぞれ示す。



写真 2.2.3 施工前写真



写真 2.2.4 製作用型枠



写真 2.2.5 工場製作状況

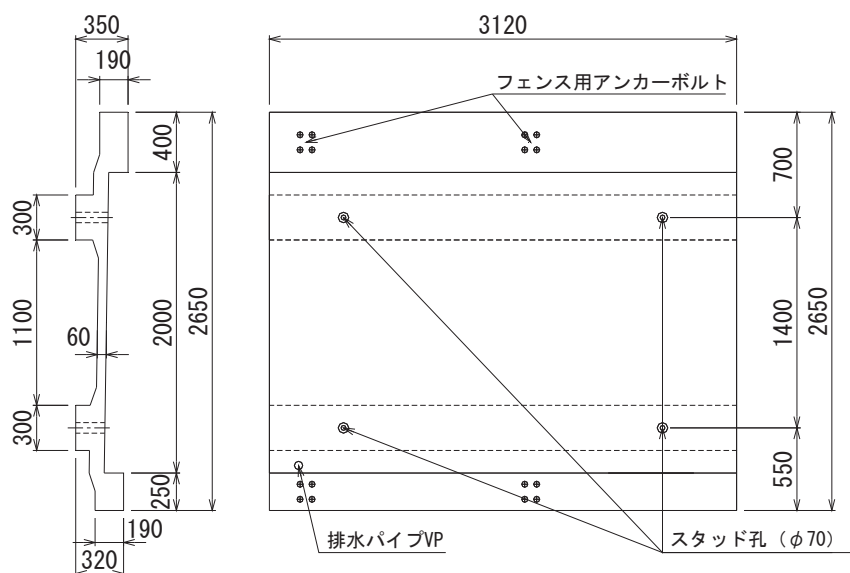


図 2.2.1 製品図

超高強度繊維補強コンクリートにより軽量化したP C a床版は薄肉化され、高じん性、高耐久性といった特徴を有する。特に、耐塩害性については、飛沫帯環境下において塩分浸透深さは普通コンクリートの1/10

～1/20 の値となる。

施工では、超高強度繊維補強コンクリート製のP C a床版が軽量であるという特性により、橋長 19mを一方から架設することが可能となり、並行する車道への影響は全くなかった。また、超高強度繊維補強コンクリート製のP C a床版6枚の施工を1日で完了することができた。施工状況を図 2.2.2 に示す。

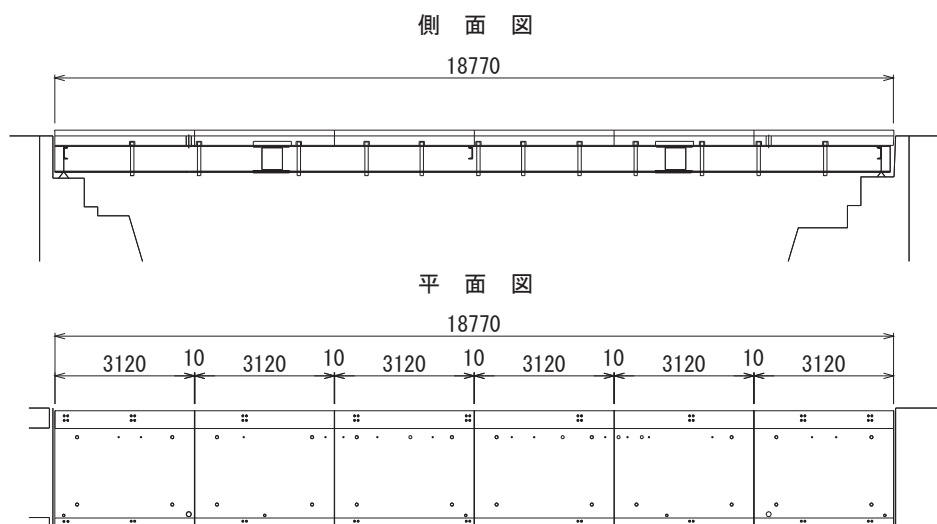


図 2.2.2 施工状況

(4) 効果

今回の砂田橋歩道橋の床版更新工事において、超高強度繊維補強コンクリート製のP C a床版を採用したことで以下に示す効果が得られた。

- ・現場における鉄筋工，型枠工，支保工を不要とすることができた。
- ・塩害に対する耐久性が高いため，歩道床版の品質が向上できた。
- ・床版断面の薄肉化による死荷重の低減により，既設桁を有効利用することができた。
- ・現場における既設桁の補修作業と並行して床版を工場製作することで，早期に供用することができた。
- ・超高強度繊維補強コンクリート床版を用いることで，維持管理コストが低減できる。

2.3 プレキャストセグメント工法による橋梁の施工

(1) 概要

本事例は、高速道路にて建設された全長約 1.5km の連続高架橋であり、この工事は当時の国内の道路建設の中でも最大規模の事業であったため、内外からも多くの注目を集めた。そのような背景から、積極的に新技術・新工法を採用して建設費の節減、省力化、工期の短縮などに配慮して計画、施工された¹⁾。

(2) 採用理由

この事例は、全長 1,519m の高架橋であり、本線橋上下線 6 連、ランプ橋 2 連の連続高架橋で構成されている（図 2.3.1）。このように大規模工事であることから、その事業費が膨大となるため、建設費の節減、省力化、工期の短縮が大きな課題であった。それを踏まえて、従来案の鈑桁橋に対し、①鋼少数鈑桁橋、②PC 箱桁橋の 2 案の構造形式の比較検討が実施された。その結果、本線に近接して大規模なセグメント製作・ストックヤードの確保が可能であり、かつ、大型特殊トレーラーによるセグメントの輸送が可能であったことから、プレキャストセグメント工法による PC 連続箱桁橋が採用された。

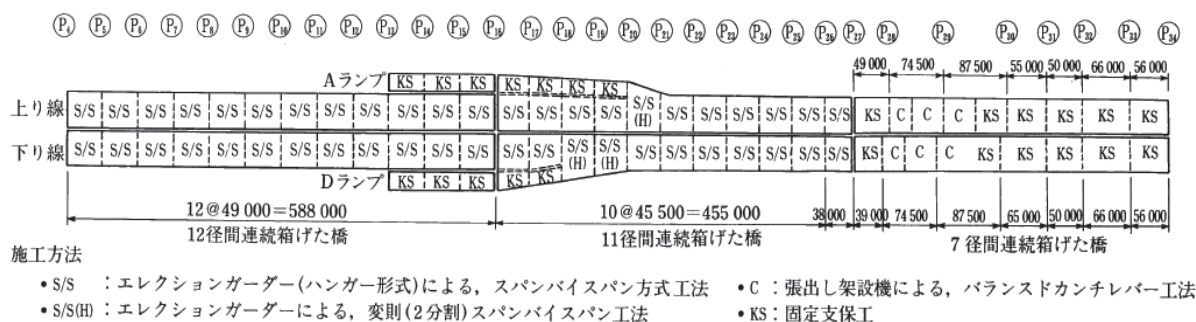


図 2.3.1 全体平面図およびセグメント標準断面図

(3) 実施内容

a) 工期の短縮

セグメントは、架設地点に近接したヤードで製作し、架設地点まで運搬した後（写真 2.3.1）、エレクションガーダーで 1 径間分のセグメントを支持して一括架設・一括緊張を行うスパンバイスパン架設（写真 2.3.2）を採用することで工期の短縮を図った。また、柱頭部セグメントと径間部セグメントとの間には、鋼繊維補強コンクリートを用いた無筋目地を採用し、従来の鉄筋を配置した目地と比べ、施工の簡略化、架設工期の短縮を図った。

b) 省力化・効率化

セグメントの製作では、既設のセグメントを型枠がわりに利用して順次セグメントを製作するショートラ

インマッチキャスト方式（写真 2.3.3）を採用し、形状の異なる柱頭部セグメントと径間部セグメントの製作ラインを分けることにより、製作の合理化・簡略化を図った。また、外ケーブルを配置可能な範囲で最大配置とし、主桁の軽量化、コンクリートの打込み作業の施工性の向上、維持管理における P C 鋼材の点検・交換の効率化を図った。



写真 2.3.1 セグメントの運搬



写真 2.3.2 スパンバイスパン架設



写真 2.3.3 ショートラインマッチキャスト方式

(4) 効果

プレキャストセグメント工法による P C 箱桁橋を採用したことで、工期の短縮や省力化・効率化が図れ、全体工事費で従来案に対して 30%、比較検討された鋼少数鉄桁橋に対して 6%の節減となった（表 2.3.1）。これにより、建設費を大幅に節減することができ、生産性の向上が実現された。

表 2.3.1 構造形式による工費の比較

	従来案	第 1 案	第 2 案
上部工	鋼鉄桁+箱桁 1.00	鋼少数鉄桁+箱桁 0.85	PC箱桁 0.70
下部工 基礎工	RC橋脚 鋼管杭 1.00	PRC橋脚 鋼管杭 0.55	PRC橋脚 鋼管杭 0.70
合 計	1.00	0.76	0.70

参考文献

- 1) 角 昌隆, 森山陽一, 河村直彦, 中島豊茂: 第二名神高速道路 弥富高架橋の設計, プレストレストコンクリート, Vol.39, No.5, p.39~45, P C 工学会, 1997 年

2.4 橋梁上下部工のプレキャスト化

(1) 概要

本事例は、P C 20 径間連続橋および橋脚 14 基の橋梁建設工事である。この工事では、工期短縮、環境負荷低減、使用可能用地の制限など、各種の要求および制約があった。そこで、上下部工に工場で製作した P C a 製品を使用することで、飛躍的な工程短縮を実現するとともに、架設現場における周辺環境への負荷を低減することができた¹⁾。図 2.4.1 に橋梁の概要を示す。

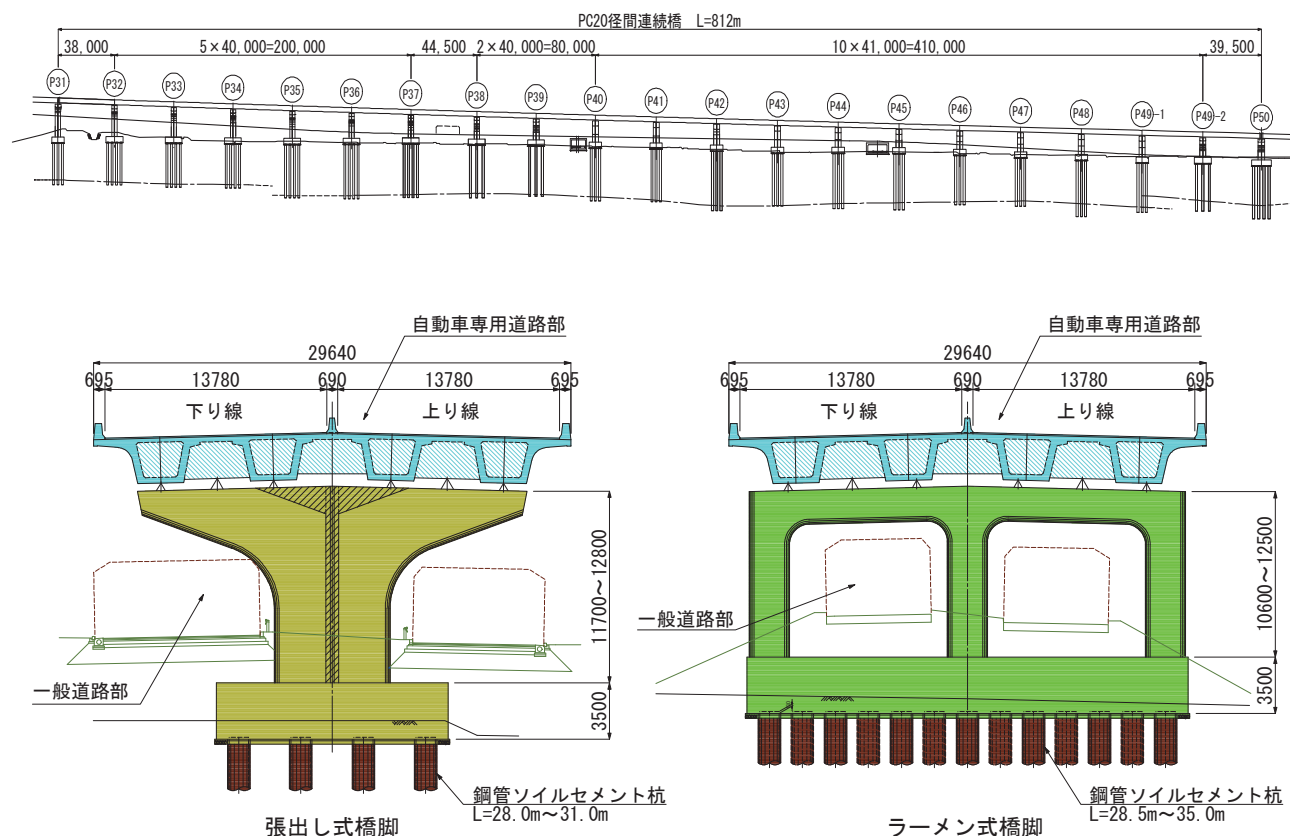


図 2.4.1 橋梁の概要

(2) 採用理由

設計・施工一括方式で発注された本工事では、以下に示す要求および制約を解決するため本工法が採用された。

- ・ 18 ヶ月で工事を完成させる必要があった。
- ・ 民家が密集した閑静な住宅街であり、周辺環境への負荷をできるだけ低減させる必要があった。
- ・ 桁下一般道の改良工事を並行して行う必要があった。
- ・ 工事区域を横断する数本の交差道路があった。
- ・ 工事で使用できるヤード面積に制限があった。

(3) 実施内容

a) 下部工のプレキャスト化

橋脚の施工には、ハーフプレキャスト工法が採用された。箱形の P C a 部材は、工場で製造された後、現

場に運搬された。積み上げられたP C a 部材は、型枠兼用として使用され、中詰めコンクリートが打ち込まれて橋脚として構築された。帯鉄筋がP C a 部材に埋め込まれており、鉄筋組み立ての省力化が図られるとともに、工期は従来工法の約半分に短縮できた。図 2.4.2 にP C a 部材の概要を、図 2.4.3 にハーフプレキャスト工法による橋脚の施工順序の概要を示す。

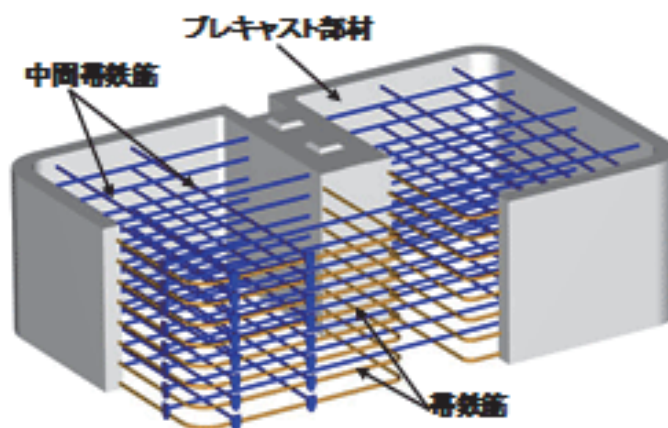


図 2.4.2 P C a 部材の概要 ²⁾

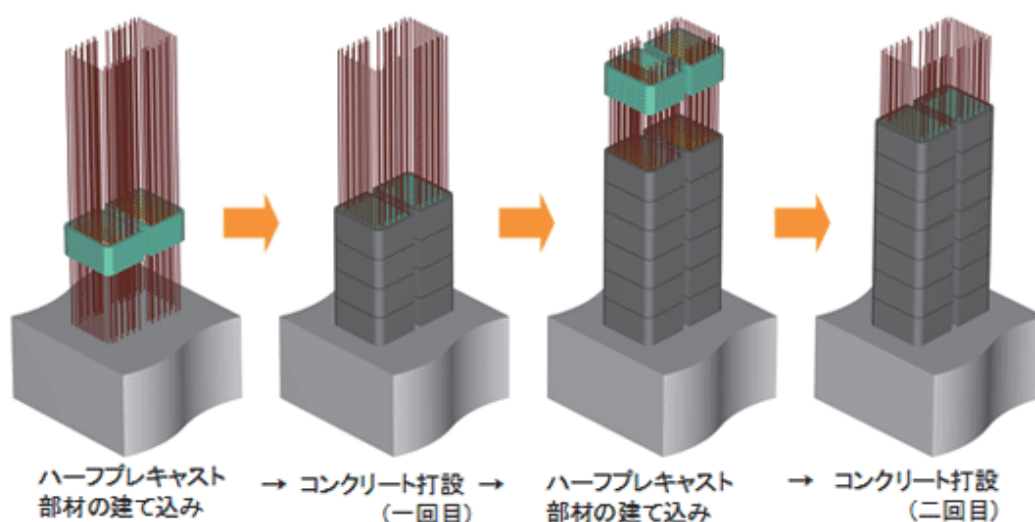


図 2.4.3 ハーフプレキャスト工法による橋脚の施工 ²⁾

b) 上部工のプレキャスト化

上部工の施工には、後方組立方式スパンバイスパン工法が採用された。主桁は、工場で製作するプレキャストセグメントとし、桁下作業の制約があるため橋面上で主桁を組み立て、これを一括架設している。この工法の採用により、施工現場での環境負荷を低減し、騒音および振動も最小限に抑えることが可能となった。また、主桁は、軽量化を図るため張出し床版を省いたコアセグメント方式を採用するとともに、架設では横移動装置の併用により、架設ガーダー基数を削減することで、工期短縮とコストが大幅に縮減された。図 2.4.4 は、後方組立方式スパンバイスパン工法の概要である。また、図 2.4.5 に、工場で製作されたコアセグメントの断面を示す。

(4) 効果

表 2.4.1 は、後方組立方式スパンバイスパン架設工法と従来工法との 4 主桁 1 スパン架設サイクルの工期を比較したものである。表から、橋脚部の施工に関しては、型枠兼用の PC a 部材と中詰めコンクリートを採用することにより、工期が約半分に短縮されることがわかる。また、上部工に関しては、後方組立方式スパンバイスパン架設工法を採用することにより、従来工法に比べ工期が約 1/2~1/3 に短縮された。これらのことから、プレキャスト化を行うことにより、工事現場の生産性が向上しているといえる。さらに、架設現場の工期が短縮されることにより、騒音など周辺環境への負荷が低減された。

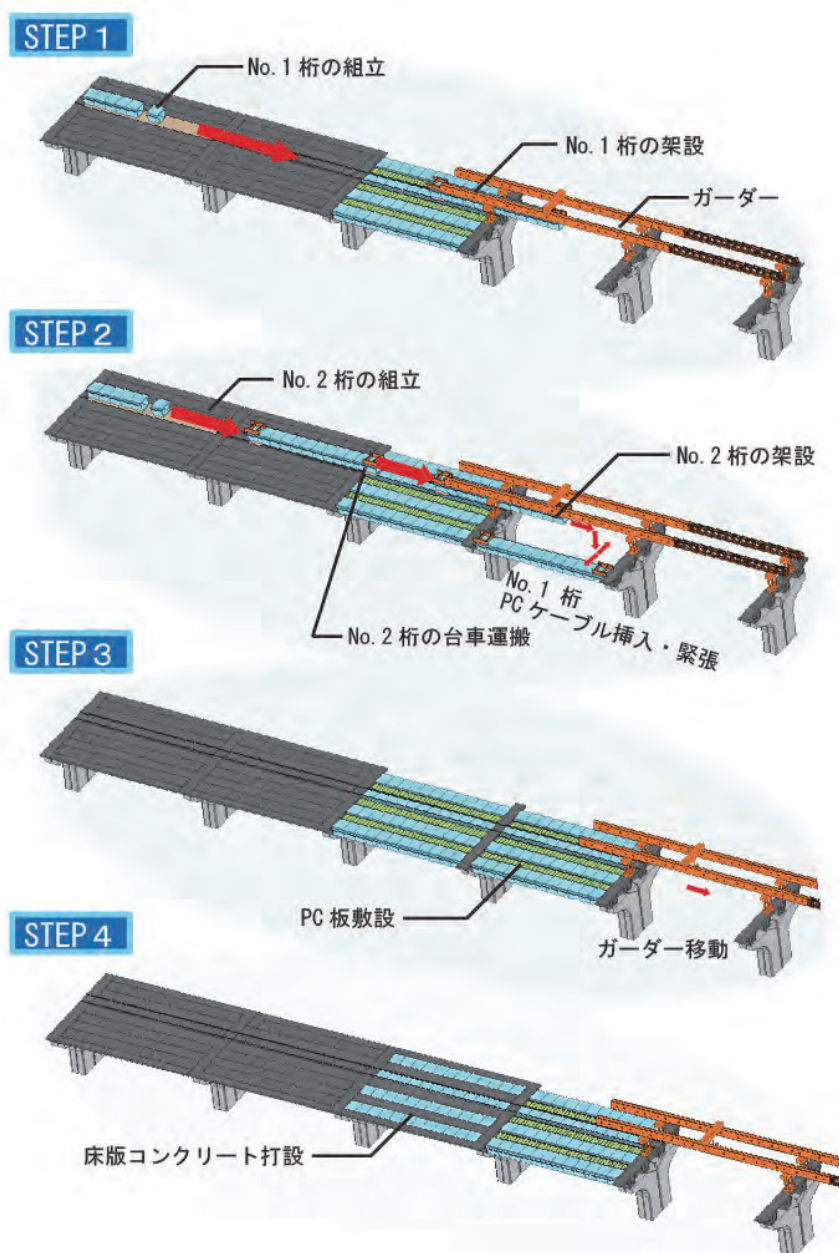


図 2.4.4 後方組立方式スパンバイスパン工法の概要

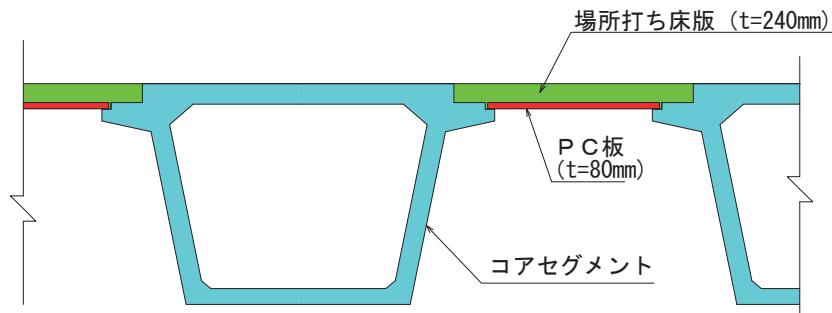


図 2.4.5 コアセグメント方式の断面

表 2.4.1 後方組立方式スパンバイスパン架設工法と従来工法との比較

	後方組立方式スパンバイスパン工法	従来工法	
		桁下空間の制約がある場合	桁下空間の制約がない場合
架設要領図			
備考	桁下空間 → 制約あり (使用機械設備) ・エレクションガードー1基 ・セグメント荷上げ用クレーン ・橋面運搬設備 ・橋移動装置 (4主桁1スパン架設サイクル) 1.0	桁下空間 → 制約あり (使用機械設備) ・エレクションガードー1基 ・セグメント荷上げ用クレーン ・橋面運搬設備 エレクションガードー 基数を同条件として 比較 (4主桁1スパン架設サイクル) 2.5~3倍 ※サイクル日数短縮のためには ガードー基数を増やす必要あり	桁下空間 → 制約なし (使用機械設備) ・エレクションガードー1基 エレクションガードー 基数を同条件として 比較 (4主桁1スパン架設サイクル) 2~2.5倍 ※サイクル日数短縮のためには ガードー基数を増やす必要あり

参考文献

- 1) 水野浩次，畠山則一，小室弥一郎，滝山浩，諸橋明，村尾光則：第二京阪道路 青山地区高架橋の設計と施工 ―上下部工事においてプレキャスト工法を採用した大規模P C高架橋の急速施工―，橋梁と基礎 2010-2，pp. 5-11，2010
- 2) 三井住友建設株式会社ホームページ，<http://www.smcon.co.jp/service/sper/>

2.5 P C床版橋における場所打ち工法とプレキャスト工法の比較

(1) 概要

ここでは、橋長 25m の単純 P C 床版橋を場所打ち工法で施工した場合と、プレキャスト工法で施工した場合について、工期や工費などに関する比較例を示す。検討の結果、プレキャスト工法で施工した場合、現場工期は大幅に短縮されるものの、工費は若干増加する結果となった。今後、プレキャスト工法が積極的に採用されるためには、工期短縮や省力化の効果を積算に反映できる仕組みが必要である。

(2) 現状の課題

建設工事の諸条件にもよるが、一般には同じ構造物で場所打ち工法による施工と、プレキャスト工法による施工を比較した場合、建設費はプレキャスト工法のほうが大きくなる傾向にある。プレキャスト工法は、現場工期の短縮やそれに伴う社会便益の向上、現場施工の省力化や省人化、環境負荷低減、周辺環境への影響低減、および安全性の向上など、工費に反映されないメリットが多く、これらのメリットを総合的に評価できれば、場所打ち工法より有利となることも考えられる。しかしながら、実際には、経済性のみの評価によって判断され、場所打ち工法が選択されるケースが少なくない。すなわち、プレキャスト工法の採用が進まない大きな要因は、経済性のみならず、工期短縮、省力化、社会便益向上、環境負荷低減などを総合的に評価する手法がないことが挙げられる。

(3) 課題解決のための方策

a) 総合評価方式の積算方法の導入

L C C による評価方法の導入や、工期短縮、省力化、社会便益向上、環境負荷低減などを総合的に評価できる積算方法を確立し導入することによって、プレキャスト化が普及すると考えられる。

b) 比較事例

ある施工条件の仮定のもとに、橋長 25m、総幅員 10.5m の単純 P C 床版橋を場所打ち工法（場所打ち中空床版橋）とプレキャスト工法（プレテンション方式 P C 床版橋）で施工した場合について、工期と工費を比較した結果を表 2.5.1 に示す¹⁾。なお、プレキャスト工法で使用する P C 桁は、JIS A 5373 道路橋用 P C 橋げたのスラブ橋げたである。図 2.5.1 および図 2.5.2 に、ここで比較した場所打ち工法とプレキャスト工法のイメージを示す。

表 2.5.1 工期および工費の比較

工種	現場工期	工費（単位：百万円）					
		現場 労務費	現場 材料費	製作 運搬費	機械費	管理費等	計
場所打ち工法	4 ヶ月	10.7	12.7	—	0.2	18.2	41.8 (1.00)
プレキャスト工 法	2 ヶ月	1.8	4.6	22.4	0.7	16.6	46.1 (1.10)

(4) 効果

上記の比較の例では、場所打ち工法をプレキャスト工法に変更することで、全体の工費は 1 割程度増加することがわかる。一方、工期に着目すると、現場における工期は、場所打ち工法をプレキャスト工法に変更することで、4 ヶ月から 2 ヶ月と約半分に短縮され、省力化が可能となることがわかる。さらには、おそら

くこの橋梁が完成することにより交通の便が改善されるであろうことから、社会便益の向上が図れることも想像される。また、プレテンション方式PC橋げたは、天候に左右されることなく環境の整った工場内で生産されるため、品質の確保も容易であるといえる。

すなわち、プレキャスト化を行うことで、工期短縮および省人化の観点から生産性が向上し、コンクリート構造物の品質の確保あるいは向上も期待できる。これらのことから、構造物の計画時に、コストだけでなく総合的な評価方法が導入されれば、プレキャスト技術の活用が促進されることが考えられる。

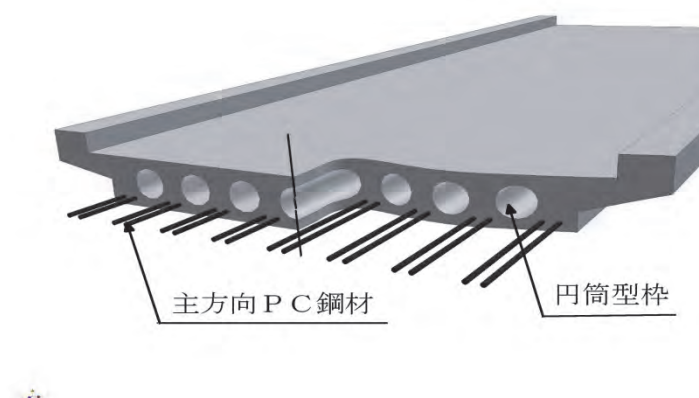


図 2.5.1 場所打ち中空床版橋²⁾

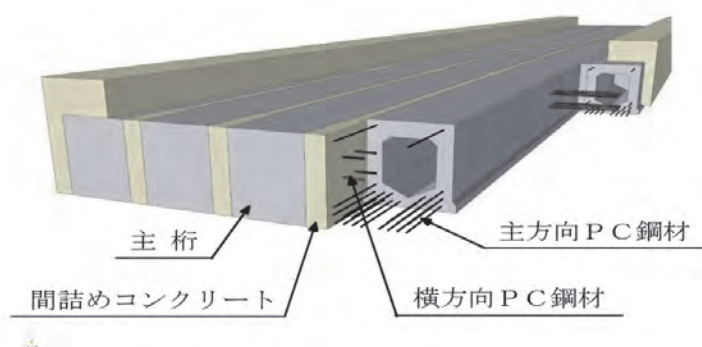


図 2.5.2 プレテンション方式PC床版橋²⁾

参考文献

- 1) プレストレスト・コンクリート建設業協会：国土交通省地方整備局意見交換会資料，2015
- 2) プレストレストコンクリート工学会：コンクリート構造診断技術，2016. 4

3章 河川・護岸

3.1 残存型枠式根固めブロック工の施工

(1) 概要

写真 3.1.1 に示すような、コンクリートの打込み・養生後の型枠の撤去を必要としない P C a 製残存型枠式の根固めブロック工法の事例を紹介する。残存型枠式の根固めブロック工法は、P C a 製品を残存型枠として現地に設置し、現地にて中詰めコンクリートを打ち込む工法である。



(a) 中詰めコンクリート充填前



(b) 中詰めコンクリート充填後

写真 3.1.1 残存型枠式の根固めブロック

(2) 採用理由

- ・施工区域にてクレーンが届かない場所があったため、吊上げ作業が可能なバックホウで設置する必要があった。このため、従来の根固めブロックに比べ、吊上げ時に軽量となる残存型枠式の根固めブロック工法が本現場に適していた。
- ・従来のサイトプレキャスト工法に比べて型枠の組立、脱型作業がないため、省力化が図られ、施工期間が短縮できる。また、工事費は従来のサイトプレキャスト工法と同等であった。
- ・軽量化された P C a 製品を工場から施工現場まで運搬するため、フルプレキャスト製の根固めブロックに比べて運送費が安価となる。
- ・工場製作においては、超硬練り(ゼロスランプ)コンクリートを専用機械で打込み、即時脱型が可能のため、1日100個程度の製作が可能であり、短期間で大量の残存型枠を現場に供給できる。

(3) 実施内容

写真 3.1.2 に示すように、P C a 製品を残存型枠として現地に設置し、現地にて中詰めコンクリートを打ち込み、根固めブロックを構築した。



写真 3.1.2 残存型枠へのコンクリートの打込み状況

(4) 効果

表 3.1.1 に各種根固めブロック工法の比較を示す。ここで採用された残存型枠式では、施工期間はサイトプレキャスト工法に比べて 77%程度短縮できた。また、脱型が不要である等、省力化が図られた。なお、経済性に関しては、20%程度のコストダウンとなった。

表 3.1.1 各種根固めブロック工法の比較

	残存型枠式	サイトプレキャスト式	フルプレキャスト式
工法概要	プレキャストコンクリート製品を残存型枠として現地に設置し、現地にて中詰めコンクリートを打ち込むことにより、護床・根固めブロックを形作る工法。	リース品の鋼製型枠を現場近くのヤードに持ち込み、ヤードで鋼製型枠にコンクリートを打ち込むことにより、護床・根固めブロックを形作る工法。	プレキャストコンクリート製品工場で予め護床・根固めブロックを形作り、現地まで運搬して設置する工法。
経済性	0.80 (20%向上)	1.00	1.11
工期	1.9 日/100 m ² (77%短縮)	8.3 日/100 m ²	1.0 日/100 m ²
現場条件	ブロック仮置ヤードが必要、大型クレーンが設置できるスペースが必要。バックホウでの設置も可。	ブロック製作ヤードが必要、大型クレーンが設置できるスペースが必要。	ブロック仮置きヤードが必要、大型クレーンが設置できるスペースが必要。
施工性	型枠組立・脱型作業が不要。	横取り、積み込み、荷卸が必要。また、重量によりクレーンの制約を受ける場合がある。	そのまま設置できるが、重量によりクレーンの制約を受ける場合がある。

3.2 残存型枠による河川・海岸堤防の護岸基礎の施工

(1) 概要

河川および海岸堤防の護岸基礎工事において、図 3.2.1 に示すように P C a 部材を残存型枠として用いた事例を示す。

従来、現場施工にて構築されていた河川・海岸堤防の基礎工は、河川からの湧水や海象条件等の影響を受け型枠設置および撤去等に長期間の工期を要することや、軟弱地盤等では鋼矢板やタイロッドを使用する場合があります。型枠の設置作業が煩雑である等の課題があった。課題を解決する手段として残存型枠を使用する工法が採用された。

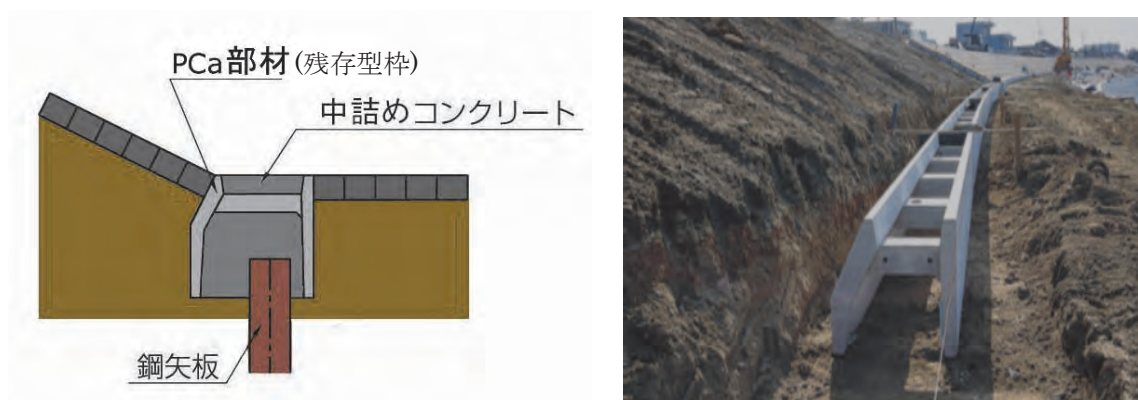


図 3.2.1 残存型枠（P C a 部材）による護岸基礎工

(2) 採用理由

- ・残存型枠を外型枠とし中詰めコンクリートを打設することにより、現場での型枠設置および撤去作業を省略することができる。
- ・中詰めコンクリートの代わりに、中詰め材として現地で発生するコンクリート塊を使用することにより、省資源化が図れる。
- ・現場における作業を機械化することにより人力作業が減り、建設労働災害のリスクが軽減できる。
- ・現場における施工管理（品質管理・写真管理等）が軽減できる。

(3) 実施内容

河川・海岸堤防の護岸基礎工を、以下の手順により構築した。

- ・残存型枠の据付け（写真 3.2.1）
- ・中詰め材の充填

コンクリートの打込み（写真 3.2.2）、または、コンクリート塊の充填（写真 3.2.3）



(a) 河川堤防



(b) 海岸堤防

写真 3.2.1 残存型枠の据付け



写真 3.2.2 中詰めコンクリートの打込み



写真 3.2.3 コンクリート塊の使用

(4) 効果

護岸基礎工にP C a 部材を残存型枠として採用することにより，省力化・省人化・建設労働災害の軽減および現場における施工管理が軽減された．また，残存型枠を使用しない場合と比較して，工期が約 70%短縮された．

3.3 残存型枠による海岸の波返しの施工

(1) 概要

海岸の波返し構築工事において、図 3.3.1 に示すように P C a 部材を残存型枠として用いた事例を示す。

従来、現場施工にて構築されていた海岸の波返しは、海象条件等の影響を受け長期間の工期を要すること、海側の足場の設置が困難なこと、円形型枠の設置等に熟練作業が必要である等の課題があった。課題を解決する手段として残存型枠を使用する工法が採用された。



図 3.3.1 残存型枠により施工した海岸の波返し

(2) 採用理由

- ・残存型枠を外型枠とし中詰めコンクリートを打ち込むことにより、現場での型枠設置および撤去作業を低減することができる。
- ・波返し部の円形型枠が不要となるため、熟練作業を必要としない。
- ・残存型枠を陸側から据え付けることができ、海象条件の影響を受けにくいいため、工期短縮が可能である。
- ・現場における作業を機械化することにより人力作業が減り、建設労働災害のリスクが軽減できる。
- ・現場における施工管理（品質管理・写真管理等）が軽減できる。

(3) 実施内容

海岸の波返しを以下の手順により構築した。

- ・基礎の施工（写真 3.3.1）
- ・残存型枠の据付け（写真 3.3.2）
- ・陸側型枠の設置
- ・中詰めコンクリートの打込み
- ・陸側型枠の撤去（写真 3.3.3）



写真 3.3.1 基礎の施工



写真 3.3.2 残存型枠の据付け



写真 3.3.3 陸側型枠の撤去

(4) 効果

P C a 部材を残存型枠として使用することにより，省力化・省人化・建設労働災害の軽減および現場における施工管理が軽減された．また，残存型枠を使用しない場合と比較して，工期が約 20%短縮された．

3.4 残存型枠による漁港岸壁および海岸岸壁の腹付け工の施工

(1) 概要

漁港岸壁および海岸岸壁の腹付け工事において、図 3.4.1 に示すように PCa 部材を残存型枠として用いた事例を示す。

従来、現場施工にて鋼製型枠等により構築されていた漁港岸壁および海岸岸壁の腹付け工は、海象条件等の影響を受け長期間の工期を有することや、写真 3.4.1 に示すように波浪による型枠の損壊や、型枠設置および解体において大きな作業ヤードが必要となる等の課題があった。さらに、写真 3.4.2 に示すような閉塞空間での作業となり、作業効率および安全性にも課題があった。課題を解決する手段として残存型枠を使用する工法が採用された。

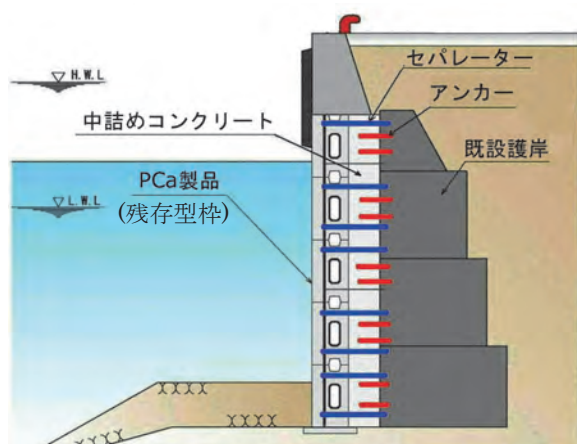


図 3.4.1 残存型枠による岸壁の構築



写真 3.4.1 波浪による型枠損壊事例



写真 3.4.2 閉塞空間での作業状況

(2) 採用理由

- ・残存型枠を外型枠とし中詰めコンクリートを打ち込むことにより、現場での型枠設置および撤去作業を省略することができる。
- ・鋼製型枠より小さな残存型枠を使用することで、波浪の影響を受けにくくなるとともに、陸側から据え付けることにより、海象条件の影響を受けにくいいため、工期短縮が可能である。
- ・残存型枠を1段毎に据え付けることにより閉塞空間を少なくし、現場における作業性が改善されるとともに、建設労働災害が軽減できる。
- ・現場における施工管理（品質管理・写真管理等）が軽減できる。

(3) 実施内容

漁港岸壁および海岸岸壁の腹付け工を、以下の手順により構築した。

- ・基礎の施工
- ・残存型枠の据付け（写真 3.4.3）
- ・セパレータによる既設護岸との連結（写真 3.4.4）
- ・中詰めコンクリートの打込み
- ・現場施工による上部工の施工（写真 3.4.5）



写真 3.4.3 残存型枠の据付け



写真 3.4.4 セパレータによる連結

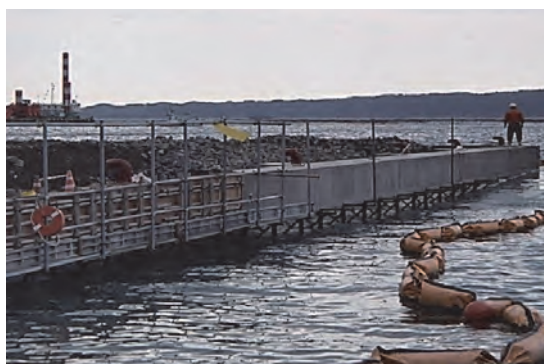


写真 3.4.5 上部工の施工

(4) 効果

P C a 部材を残存型枠として使用することにより、省力化・省人化・建設労働災害の軽減および現場における施工管理が軽減された。また、残存型枠を使用しない場合と比較して、工期が約 30%短縮された。

3.5 残存型枠による矢板および鋼管の上部コーピング工の施工

(1) 概要

矢板または鋼管の上部コーピング構築工事において、図 3.5.1 に示すように、PCa 部材を残存型枠として用いた事例を示す。

従来、図 3.5.2 に示すように現場施工にて構築されていた矢板および鋼管の上部コーピング工は、河川や海象条件等の影響を受け長期間の工期を有することや、型枠組立・撤去および鉄筋配置において河川側や海側からの施工が必要となり、安全性の問題、および、型枠工・潜水夫等の熟練作業者が必要となる課題があった。また、ドライワークとするためには、図 3.5.3 に示すように仮締切等の仮設費が増大する課題があった。課題を解決する手段として残存型枠を使用する工法が採用された。

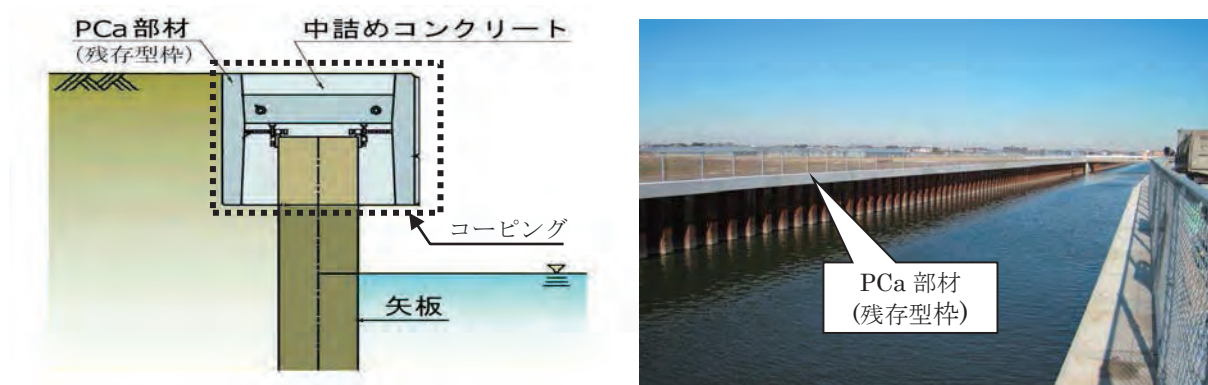


図 3.5.1 残存型枠によるコーピング工

(2) 採用理由

- ・残存型枠を外型枠とし中詰めコンクリートを打ち込むことにより、現場での型枠設置および撤去作業を省略することができる。
- ・陸側から残存型枠を据え付けることにより、気象条件や海象条件の影響を受けにくいいため、工期短縮が可能である。
- ・現場における作業を機械化することにより人力作業が減り、建設労働災害のリスクが軽減できる。
- ・現場における施工管理（品質管理・写真管理等）が軽減できる。

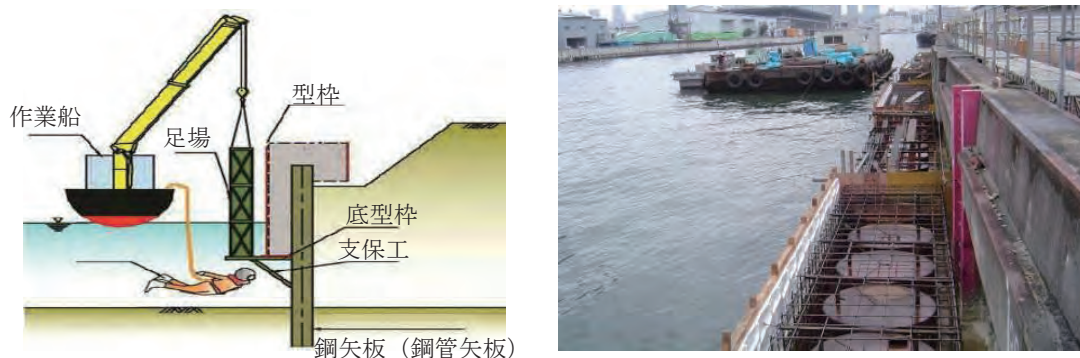


図 3.5.2 河川側からの施工事例

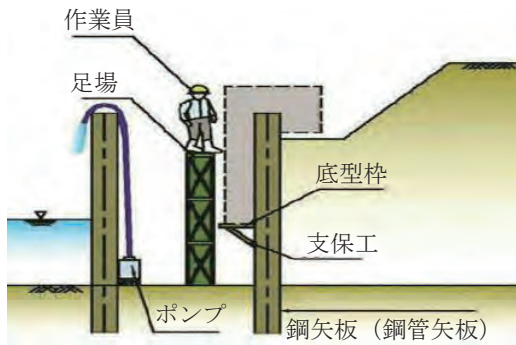


図 3.5.3 仮締切りを採用した施工事例

(3) 実施内容

コーピング工を以下の手順により構築した。

- ・残存型枠の据付け (写真 3.5.1)
- ・中詰めコンクリートの打込み (写真 3.5.2)



写真 3.5.1 残存型枠の据付け



写真 3.5.2 中詰めコンクリートの打込み

(4) 効果

コーピング工に P C a 部材を残存型枠として採用することにより、省力化・省人化・建設労働災害の軽減および現場における施工管理が軽減された。また、残存型枠を使用しない場合と比較して、工期が約 40～60% 短縮できた。

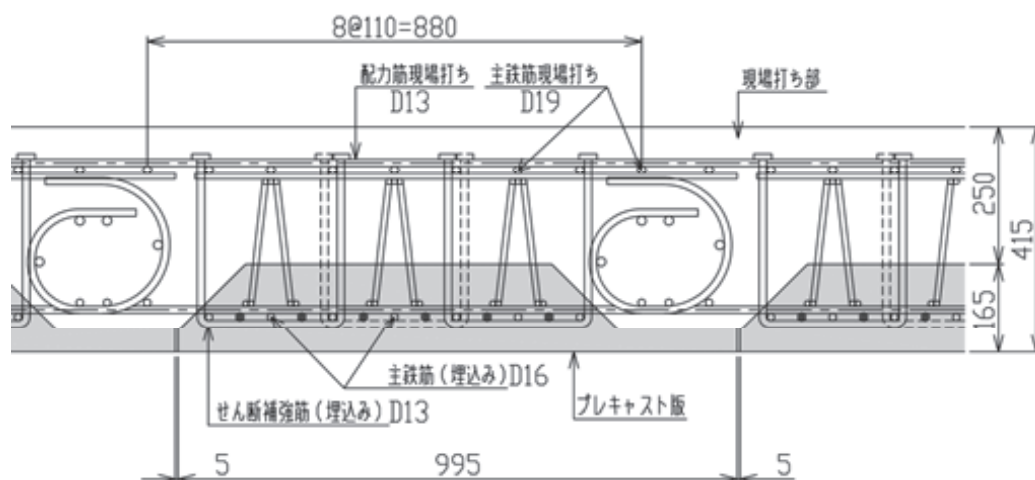


図 4.1.2 ハーフP C a 床版の断面図

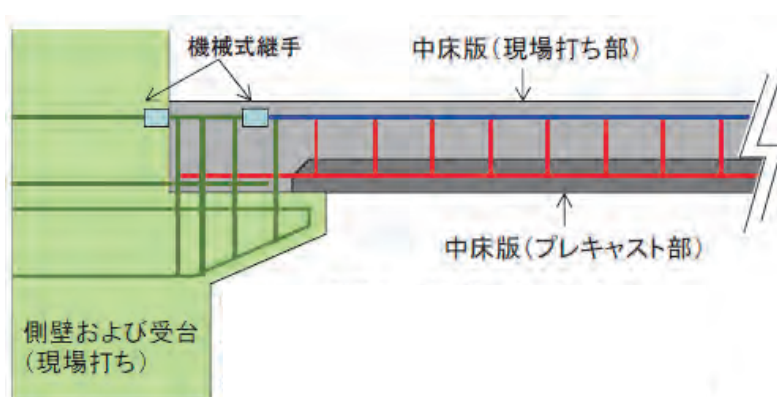


図 4.1.3 ハーフP C a 床版の接続部 (イメージ)

b) 部材止水対策

営業線直上でコンクリートを打ち込むため、漏出対策が必要となる。本事例では、ハーフP C a 床版の設置に先立ち、支承部に弾性緩衝目地材を設置している。同材はハーフP C a 床版の設置時の不陸調整を目的とするとともに、支承部からのコンクリートの漏出を防止するものである。また、ハーフP C a 床版間の目地部にも同様にコンクリート漏出防止と、目地幅調整を目的とした目地材を貼り付けている。いずれの部材ともクロロプレンゴム製の目地材を使用している。目地材はハーフP C a 床版棲部に予め貼付し、版架設時に作用する引寄せ力により、ゴム体を圧縮して、止水性を確保することとしている (図 4.1.4)。

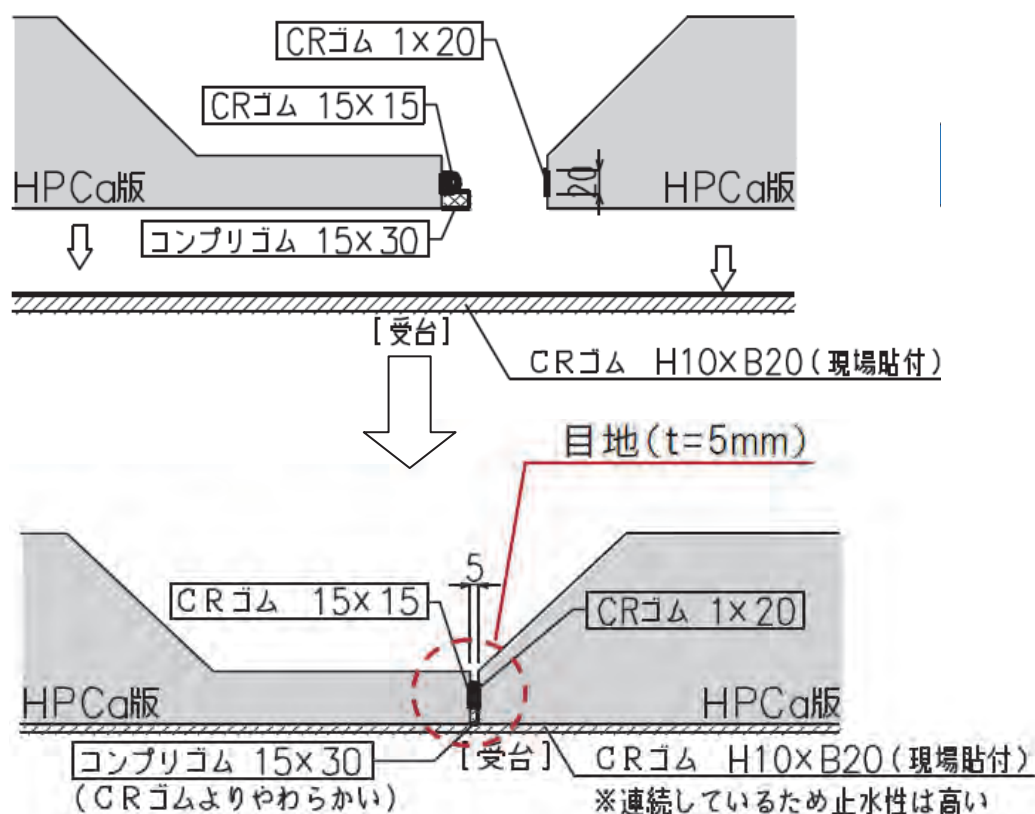


図 4.1.4 ハーフ P C a 床版のゴム設置図

c) ハーフ P C a 床版の設置および固定

ハーフ P C a 床版の設置および固定については、その施工精度が止水性のみならず、鉄筋の配置精度にも影響するため、部材として必要な耐力を確保するためにも高い精度が必要となっている。ハーフ P C a 床版の設置は、架設方向を一方向に限定したうえで、1基の床版を架設するごとに緊張機を用いて引き寄せ、目地材を調整し所定の位置に架設している（図 4.1.4）。床版間および床版と支承部は、固定具を用いてハーフ P C a 床版を連結している。このような設置・固定方法により、精度の向上を図っている（図 4.1.5）。



図 4.1.4 ハーフ P C a 床版設置状況

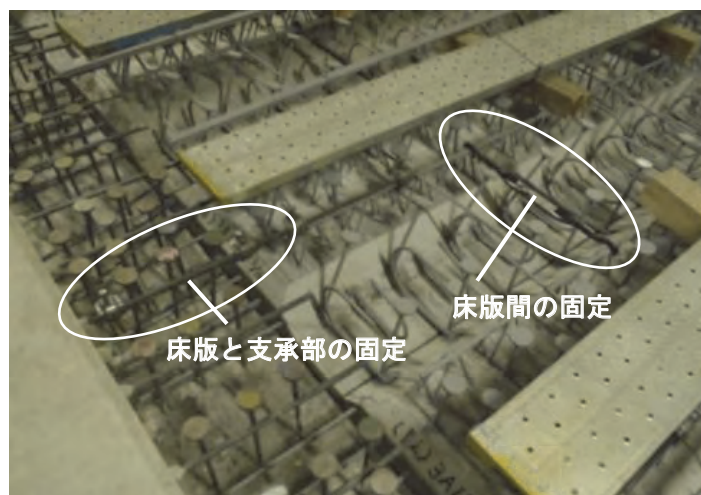


図 4.1.5 ハーフ P C a 床版固定状況

(4) 効果

本事例におけるプレキャスト化の効果は以下のとおりである。

- ・ 鉄道への安全性確保：施工中の漏水がなく，列車運行に支障なく施工することができた。
- ・ 低コスト化：すべてを場所打ちコンクリートで施工した場合と比べて，型枠支保工および防護工が不要となったことで，コストが1割低減された。
- ・ 工期短縮：すべてを場所打ちコンクリートで施工した場合と比べて工期が短縮された。

参考文献

- 1) 坪内雅嗣, 西井忠士, 佐藤清, 田中浩一, 岡直彦: 地下鉄営業線の大規模改良 (その2) - ハーフプレキャスト中床版の性能検証試験 -, 土木学会第 67 回年次学術講演会概要集, VI-585, pp. 1169~1170, 2012.
- 2) 増見雅臣, 角谷雄大, 福井孝夫, 一本松新: 地下鉄営業線の大規模改良 (その3) - 地下函体内での中床直上高架の施工 -, 土木学会第 67 回年次学術講演会概要集, VI-586, pp. 1171~1172, 2012.

4.2 ダム堤体におけるプレキャスト部材の活用

(1) 概要

大分県日田市に位置する大山ダムでは、以下のような様々なP C a 製品が採用された¹⁾。ダム堤体の洪水吐や高欄のコンクリート打込み工事で、型枠の設置、解体が困難な部分にP C a 製の残存型枠を使用した事例を紹介する。

・ダム堤体のP C a 製品採用箇所

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1) 堤体内通廊水平部 | 5) 常用洪水吐スラブ部分 |
| 2) エレベーターシャフト (写真 4.2.1) | 6) 下流勾配変化部分 |
| 3) 常用洪水吐呑口張出部 | 7) 天端道路地覆張出部分および高欄 (写真 4.2.2) |
| 4) 非常用洪水吐呑口張出部 | 8) 天端橋梁 |



写真 4.2.1 エレベーターシャフト（P C a 製品）



写真 4.2.2 天端道路高欄（P C a 製品）

(2) 採用理由

大山ダムでは、早期の供用開始が求められる状況下において、ダム特有の張出構造物や形状変化部での高所作業を軽減させる安全管理が最重要事項であった。このような背景のもと、工程確保、および高所の型枠解体作業の軽減対策として、P C a 製品の採用は有効な手段の一つであった。

(3) 実施内容

ダム堤体の洪水吐や高欄のコンクリート打込み工事で、現場打ち工法において型枠の設置、解体が困難な部分に写真 4. 2. 3 に示すような P C a 製の残存型枠を用いた。



写真 4. 2. 3 洪水吐部に P C a 製の残存型枠を利用

(4) 効果

ダム堤体工事で P C a 製の残存型枠等を利用することにより、工期短縮、型枠設置・解体作業の省力化や熟練工が不要になる等の効果があった。さらに、外足場が不要となり、内側からの作業のみとなるため、安全性の大幅な向上も図れた。

参考文献

- 1) 岡本弾, 小林太, 鈴木敦, 片山強: 大山ダム建設工事におけるプレキャストコンクリート製品採用事例, コンクリート工学, Vol. 50, No. 6, pp. 534~539, 2012

4.3 地上式PCLNGタンク構築における埋設型枠の活用による工程短縮

(1) 概要

近年、LNGの需要増加に対応するため、全国でLNG基地の早期運用開始が要求されており、大幅な工期短縮が求められることが多い。しかし、建設会社と機械メーカーが共同で建設をするPCLNGタンクでは、土木工事のみ工程短縮をしても、機械工事の工程がクリティカルパスとなり、全体工程の大幅な短縮が難しいという課題があった。そこで、この課題を解決するために「多目的ポスト」、「埋設型枠」を用いた地上式PCLNGタンクの防液堤の新たな構築方法（図4.3.1）が採用された。その結果、機械工事の着手を4ヶ月程度早めることが可能となった¹⁾。

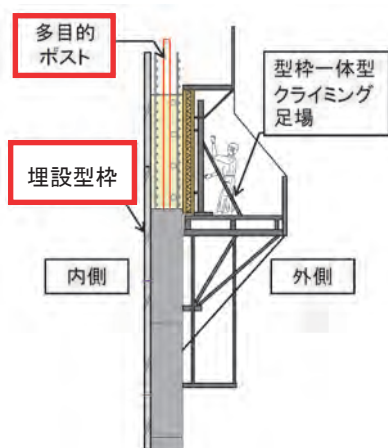


図 4.3.1 埋設型枠を利用した防液堤の構築方法

(2) 採用理由

地上式PCLNGタンクの構造概要図を図4.3.2に示す。各部位のうち①外槽屋根、②内槽タンク、③保冷材および④外槽ライナの工事は機械メーカーの所掌（以下、機械工事）、⑤PC防液堤、⑥基礎版および⑦基礎杭の工事はゼネコンの所掌（以下、土木工事）である。

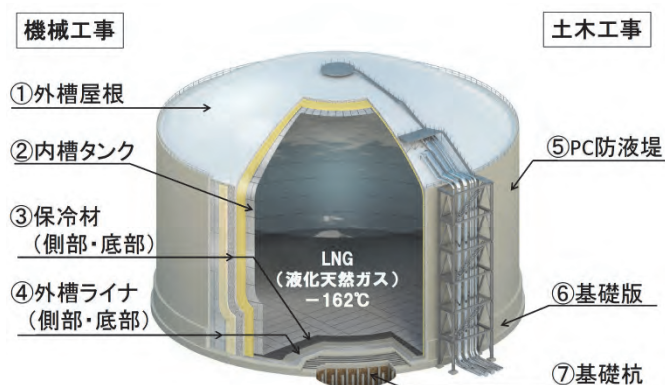


図 4.3.2 地上式PCLNGタンク構造概要

従来の地上式PCLNGタンクにおける構築順序の一例を図4.3.3(a)に示す。まず、土木工事において基礎杭の打込み、基礎版の構築（Step1）、枠組足場を用いた防液堤下部の構築（Step2）を行う。その後、ブラケット足場等に切り替え防液堤上部の構築（Step3）を行う。一方、機械メーカーは、最初に基礎版上面の外

槽ライナ工事を行うため、基礎版上面の土木の資材が完全に撤去された後、すなわち、ブラケット足場等に切り替えた後（Step3）に工事着手する。機械工事の着手後は、土木工事と機械工事が同時並行で行われることになる。

このように、従来のPCLNGタンクの構築順序では、土木工事において防液堤下部を構築し、内側足場を枠組足場からブラケット足場等に切り替えるまで、基礎版上面を機械工事へ引き渡すことができなかった。

そこで、防液堤構築時の内側足場を完全になくすことができれば、機械工事の早期着工が可能になるとの考えから、防液堤内側に埋設型枠が採用された（図4.3.3(b)）。

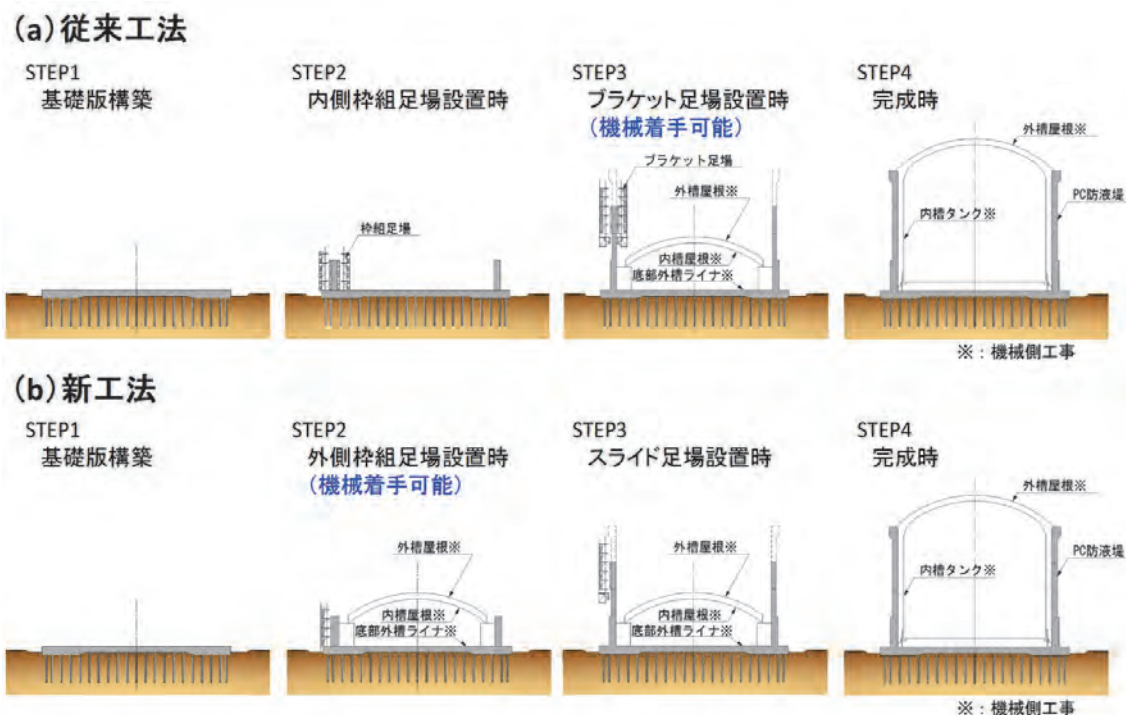


図 4. 3. 3 PCLNGタンクの構築順序と機械工事の着手時期

(3) 実施内容

防液堤内面側に「埋設型枠」およびその固定に「多目的ポスト」を採用した新しい工法¹⁾が適用された（図4.3.1）。各部位の構造とその特徴を以下に示す。

a) 多目的ポスト

多目的ポストは、PC防液堤の中央部に配置する仮設の形鋼（H形鋼等）である。この仮設鋼材を、埋設型枠を設置する際の足場用支柱、および仮固定・反力架台として使用している。また、多目的ポストは埋込み金物やPCシース管の設置用架台、コンクリート打込み配管架台として使用することができ、さらに、機械工事にも利用できるものとなっている。

b) 埋設型枠

防液堤の内側に設置する埋設型枠は、躯体内に残置する鉄筋コンクリート製のPCa部材である。埋設型枠の概要と仮置き状況を図4.3.4と写真4.3.1にそれぞれ示す。地上に仮置きした埋設型枠をクレーンで揚重し、隣接する埋設型枠同士をボルトにより接続固定する構造である。設置作業は全てPC防液堤の外側から行うことができ、一般的な型枠資材や、型枠設置および撤去用の内側足場は不要となっている。なお、この埋設型枠は有効断面としては考慮されておらず、かぶりとしても考慮されていない。

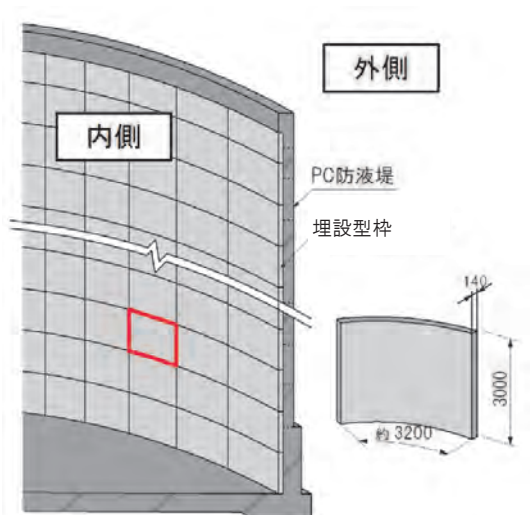


図 4.3.4 埋設型枠

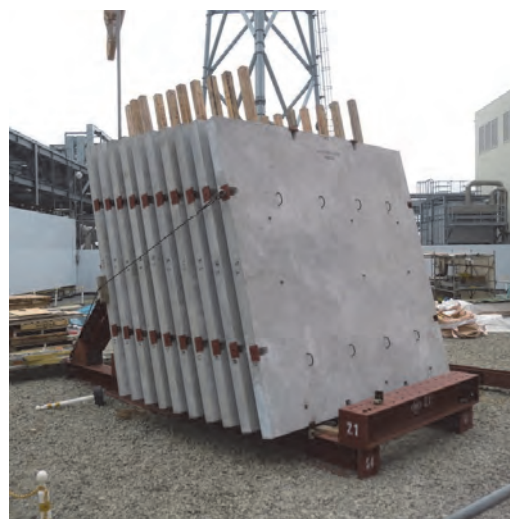


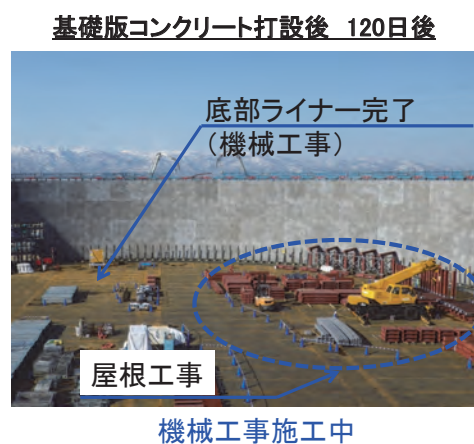
写真 4.3.1 埋設型枠の仮置き状況

(4) 効果

従来工法により建設された地上式PCLNGタンク（18万kL）と、新工法を適用した地上式PCLNGタンク（20万kL）の構築状況を図4.3.5に示す。基礎版打設後120日目の状況を比較すると、従来工法は、この時点でブラケット足場への切替えが完了し、機械工事が着手可能となるが、新工法では基礎版コンクリート打込み後の2週間後には上下作業のリスクがない状態で機械工事が着手でき、120日後には機械工事の底部ライナーの設置工事が完了して屋根工事が開始されている。このようにして、安全性を向上させながら全体工期3年程度の中で、従来工法のタンクよりも4ヶ月程度の工期短縮が可能となった。また、防液堤の真円度、鉛直精度および内面平滑性が向上した。



(a) 従来工法



(b) 埋設型枠を利用した新工法

図 4.3.5 従来工法との比較（基礎版構築後120日）

参考文献

- 1) 北郷徳久, 香山治彦, 仁井田将人, 西宮 暁, 小林祐樹: PCLNG 貯槽の建設工期を大幅に短縮する新工法 - Dual PC Speed Erection 工法の開発 -, 配管技術, Vol. 57, No. 2, pp. 29-35, 2015. 02

4.4 プレキャスト製品の搬送・据付け工法の活用

(1) 概要

図 4.4.1 に示すような P C a 製品の搬送・据付け工法の事例を示す。

通常 P C a 製品は、写真 4.4.1 に示すようにラフテレーンクレーンなどにより吊り上げて据付けられる。しかし、高架下・電線下・住宅密集地・仮設材密集現場等でのクレーンによる据付けが困難な現場条件の場合は、現場施工にて対応しなければならなかった。また、このような場所では資材搬入も困難であり、現場施工における生産性が低下する課題があった。上記の課題を解決するために、P C a 製品の搬送・据付け工法が採用された。

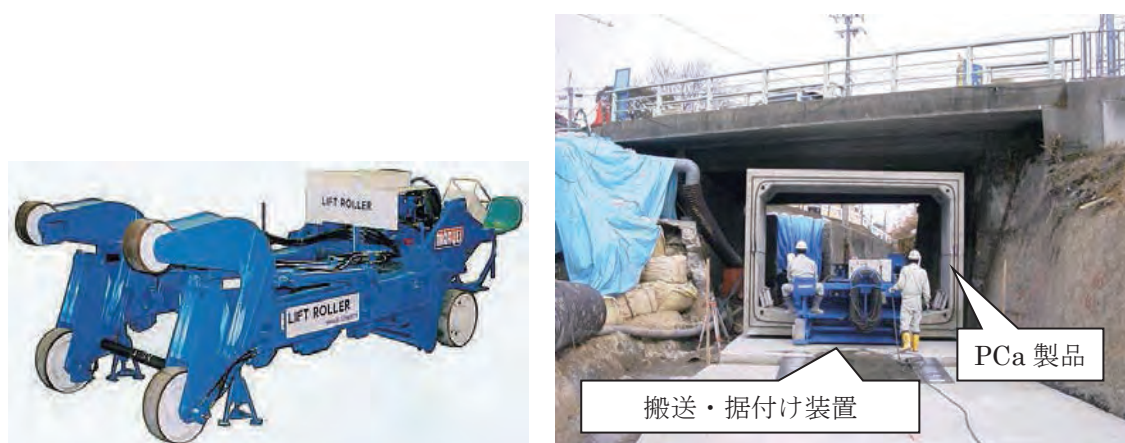


図 4.4.1 P C a 製品の搬送・据付け工法



写真 4.4.1 クレーンによる P C a 製品の据付け事例

(2) 採用理由

クレーンでの施工が困難な現場において採用される。

(3) 実施内容

プレキャスト製品搬送据付け工法は以下に示す 2 通りがある。ボックスカルバート・L 型擁壁・三面水路等の様々な P C a 製品に対応できる。

- 1) 製品搬送据付け専用装置（写真 4.4.2）による P C a 製品の搬送および据付け
- 2) P C a 製品のベアリング（鋼球）による搬送（図 4.4.2），または，エア浮上による搬送（図 4.4.3）および据付け

P C a 製品の搬送・据付け工法での施工例を写真 4.4.3～写真 4.4.6 に示す。また、写真 4.4.7, 写真 4.4.8 に示すように、曲線部や勾配部における搬送・据付けも可能である。

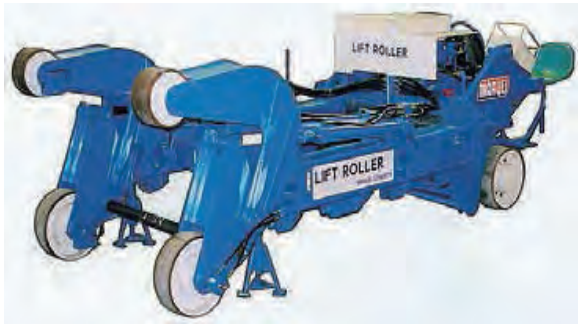


写真 4.4.2 製品搬送据付け専用装置

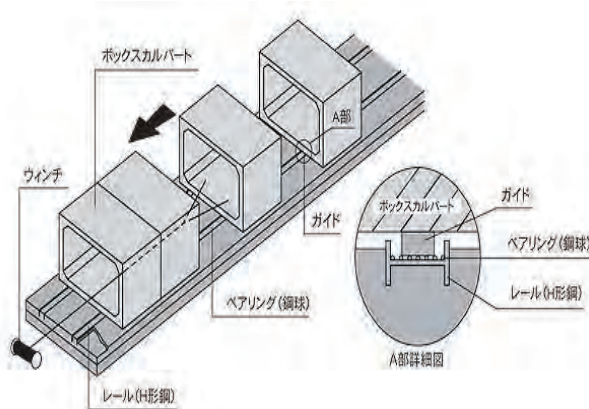


図 4.4.2 ベアリング（鋼球）による搬送

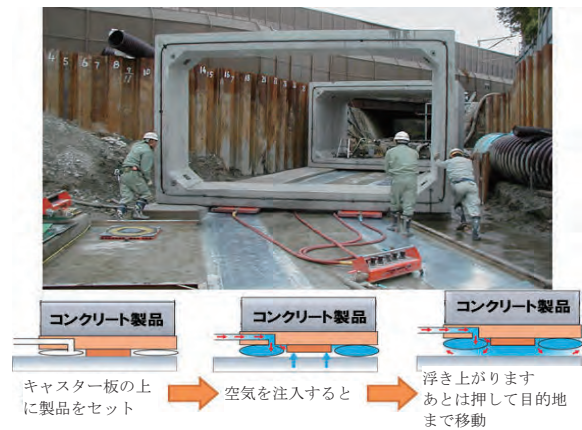


図 4.4.3 エアー浮上による搬送



写真 4.4.3 高架下の場合



写真 4.4.4 住宅密集地の場合



写真 4.4.5 仮設材密集現場の場合



写真 4.4.6 樹木の伐採が困難な場合



写真 4.4.7 曲線対応



写真 4.4.8 勾配対応

(4) 効果

クレーン施工の困難な現場条件において、P C a 製品の搬送・据付け工法を採用することにより、省力化・省人化が可能となった。また、本工法を採用しない場合と比較して、工期が約 20%短縮できた。

4.5 防護柵基礎等が一体化されたプレキャスト製品による早期交通解放

(1) 概要

道路拡幅工事で防護柵がある場合には、P C a 製品により施工される事例が増加している。現状では図 4.5.1 に示すように、いくつかの部材を現地で組み立てて施工されている。また、工事期間中は、全面通行止めや片側通行等の交通規制のため、住民生活または緊急車両の通行に支障があり、早期交通解放や通行車両への支障の軽減が求められている。ここでは、道路拡幅工事等において、さらなる早期交通解放のために採用された防護柵基礎等が一体化された P C a 製品の事例を紹介する。

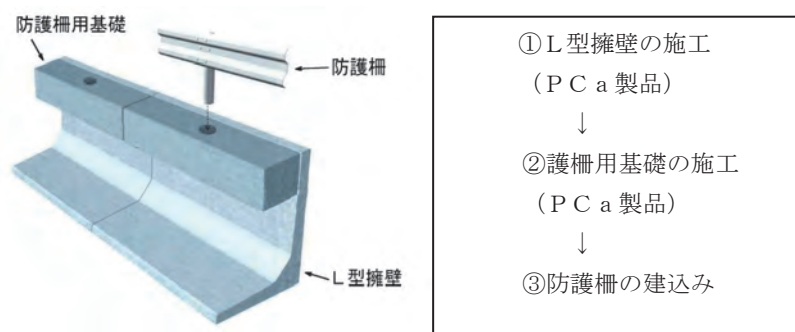


図 4.5.1 L 型擁壁による道路拡幅工事の事例

(2) 採用理由

道路拡幅工事で P C a 製品が採用される一般的な理由は以下のとおりである。

- ・ 工期中の交通規制および緊急車両の通行の支障を軽減できる。
- ・ 道路谷側を拡幅する場合は、足場工および支保工等の仮設が削減できる。
- ・ 現場における施工管理（品質管理・写真管理等）が軽減できる。

代表的な個別事例の採用理由を以下に述べる。

a) 防護柵建込用 L 型擁壁

図 4.5.2 に示した防護柵建込用 L 型擁壁は、道路幅員を最大限に確保でき、据付け後すぐに防護柵の建込みが可能となり、交通解放が早期に行える。



図 4.5.2 防護柵建込用 L 型擁壁

b) 剛性防護柵一体型 L 型擁壁

図 4.5.3 に示した剛性防護柵一体型 L 型擁壁は、高速道路や幹線道路のランプ・インターチェンジ等を使用することにより、交通解放が早期に行える。



図 4.5.3 剛性防護柵一体型 L 型擁壁

c) 張出車道（張出歩道）

図 4.5.4 に示した張出車道（張出歩道）は、道路側から据付けが可能で、谷側の足場工および支保工等が不要なため、交通解放が早期に行える。



図 4.5.4 張出車道（張出歩道）

(3) 実施内容

一例として、防護柵建込用 L 型擁壁の施工手順を以下に示す。

基礎の施工 → P C a 製品の据付け（写真 4.5.1）→ 埋め戻し、舗装→防護柵の建込み（写真 4.5.2）



写真 4.5.1 P C a 製品の据付け



写真 4.5.2 防護柵の建込み

(4) 効果

道路拡幅工事において防護柵基礎等が一体化された P C a 製品を採用することにより、省力化・省人化・建設労働災害の軽減および現場における施工管理が軽減された。また、P C a 製品を採用しない場合と比較して、工期が約 40% 短縮された。

4.6 鉄筋コンクリート製階段のプレキャスト化

(1) 概要

鉄筋コンクリート製の階段は現場打ちによる施工も可能であるが、立上り部の浮き型枠等の煩雑な作業が多く、品質（寸法精度や出来映え）の確保も容易ではない。一般的にプレキャスト工法は現場打ち工法に比べコストアップとなるが、品質確保の観点では非常に有利であり、同時に現場における工期や労務の削減にも効果がある。

ここでは、雨水貯留施設のポンプ棟建設工事において、避難階段をP C a 部材により施工した事例を示す（写真 4.6.1）。

(2) 採用理由

本事例におけるプレキャスト化の主目的は工期短縮である。下水道施設をニューマチックケーソン工法で施工するにあたり、躯体工程の短縮が重要な課題であった。そのため、施工日数が掛かる階段のP C a 部材が採用された。

(3) 実施内容

a) P C a 製階段の概要

階段用途：ポンプ井の避難階段

階段形状：幅 1,240mm 段数 9 段

製作基数：18 基

b) 施工概要

工場で製作した階段を現場に搬入し（写真 4.6.2）、50t クローラクレーンにより所定の位置に据え付けている。踊り場部を現場打ちにより接続・固定している。この繰返しにより、躯体の進捗に合わせて順次階段部を構築した。

(4) 効果

P C a 製階段の採用により、現場での作業時間は、階段 1 基あたり 10 日間（現場打ち 11.5 日、プレキャスト 1.5 日）の短縮効果があった。

また、下記の観点で品質も向上した。

- ・同一型枠で工場生産したため、寸法精度が良好である。
- ・仕上り面（美観）において、現場打ちに比べ格段に良い結果が得られている。



写真 4.6.1 P C a 製階段



写真 4.6.2 P C a 製階段の搬入状況