

技術開発賞 その後

ポリマー含浸コンクリートによる高耐久性埋設型枠の開発

DEVELOPMENT OF HIGHLY DURABLE PERMANENT FORMWORK BY POLYMER IMPREGNATED CONCRETE SYSTEM

内藤隆史*・松岡康訓**・新藤竹文***

小沢満三****・鶴田 健*****

Takafumi NAITO, Yasunori MATSUOKA, Takefumi SHINDO,
Mitsuzou OZAWA and Ken TSURUTA

* 正会員 工博 大成建設(株) 技術研究所副所長, 土木構造・水理研究グループリーダー (〒245 横浜市戸塚区名瀬町 344-1)

** 正会員 工博 大成建設(株) 技術研究所土木構造・水理研究グループチームリーダー

*** 正会員 大成建設(株) 技術研究所土木構造・水理研究グループ副主任研究員

**** 正会員 小沢コンクリート工業(株) 代表取締役社長

***** 正会員 工修 小沢コンクリート工業(株) 新製品開発室副部長

Key Words : polymer impregnation, polymer impregnated concrete, precast concrete, formwork, high durability

1. はじめに

コンクリート構造物は耐久性の大きい構造物と考えられていたが、近年、塩害やアルカリ骨材反応などによる早期劣化や中性化による劣化が問題となって以来、それらの劣化のメカニズムの解明とともに防食技術や耐久性向上技術の開発が急務になってきている。

このような背景をもとに開発されたのが、ポリマー含浸コンクリート製の高耐久性埋設型枠である。ポリマー含浸コンクリート（以下、PIC と称す）は、硬化コンクリート中の微細な空隙にビニルモノマーに代表される低粘度の樹脂を含浸・重合させて樹脂とコンクリートを一体化した複合材料であり、高強度・高水密性・高耐久性などの優れた性能を有している。PIC の研究は約 25 年前に始められ現在までにその優れた性能を有効に利用すべく多くの実用化の試みがなされてきたが、実構造物や大型プレキャスト部材への直接的な含浸処理は安全性や効果の面で難点があることや経済的にも高価であること等の理由により一般的な工法として普及しなかった。

著者らは、この PIC の優れた性能をコンクリート構造物に確実に付与して防食性能の飛躍的な向上を図ることを目的に、ポリマー含浸コンクリート製の厚さ数十 mm の薄いプレキャスト版を特殊な方法で製造し、埋設型枠（以下、PIC フォームと称す）として用いる工法を開発し、耐久性を要求される種々の構造物に適用してきた。この技術開発の成果に対して 1990 年度土木学会技術開発賞を受賞し、これを契機に大型海洋構造物や劣化した既設構造物の補修への使用など、社会資本の長期にわたる健全な維持のために積極的な貢献を行ってきた。

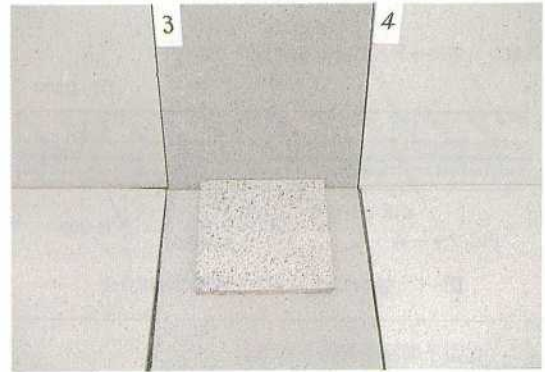


写真-1 PIC フォームの外観（凹凸の表面）

2. PIC フォームの概要

PIC フォームの製造方法ならびに標準タイプの形状・寸法および強度特性等については前報 [1] で報告した。形状は、平板あるいは曲板が一般的であるが、プレキャスト製品であるので構造物の形状に応じて任意に製造可能である。また、写真-1 に示すように白セメントなどのカラーセメントや顔料を用いて従来のコンクリートとは色調を変えたり表面に凹凸をつけること等も可能であり、デザインや美観を考慮した様々な要求にも対応可能である。

PIC フォームの 2 大特徴とそれにより期待できる代表的な効果は以下に示す通りである。

- ① 金属繊維で補強したコンクリート中の微細な空隙に耐久性の大きいアクリル樹脂を含浸していることにより得られる効果
 - ①-1 高強度で高い伸び能力を有するため、取り扱い時の破損やひび割れ抵抗が大きい
 - ①-2 塩分、二酸化炭素、硫酸塩、水、酸素などの腐

表-1 PIC フォームの使用実績

主要な使用目的	件数	使用数量 (m ²)	備 考	
摩耗対策	3	90		
塩害・摩耗対策	3	758		
補修	塩害	2	330	
	水路トンネル	10	11 136	リフレッシュ
新設水路トンネル	1	7 065	急速施工・耐酸性	
凍害対策	6	379	防波堤干満帯	
橋梁埋設型枠	3	1 616		
海上橋梁基礎の耐久性向上	5	5 735	美観向上	
急速施工	4	5 295	耐久性向上	
その他	3	35		
合 計	40	32 440		

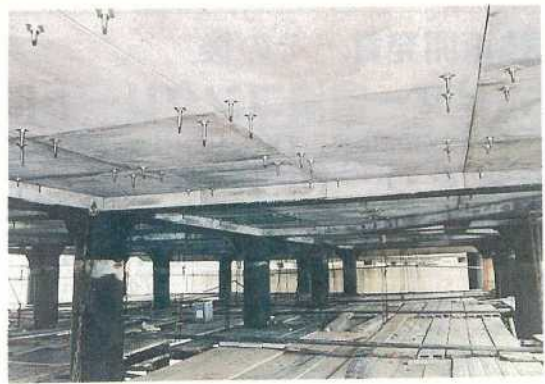


写真-2 塩害により劣化した栈橋の補修状況

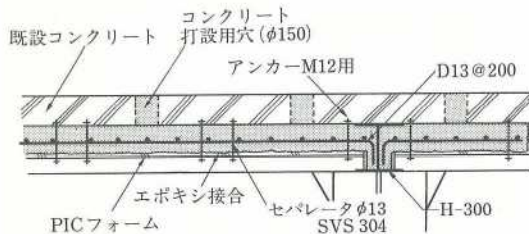


図-1 塩害により劣化した栈橋の補修方法

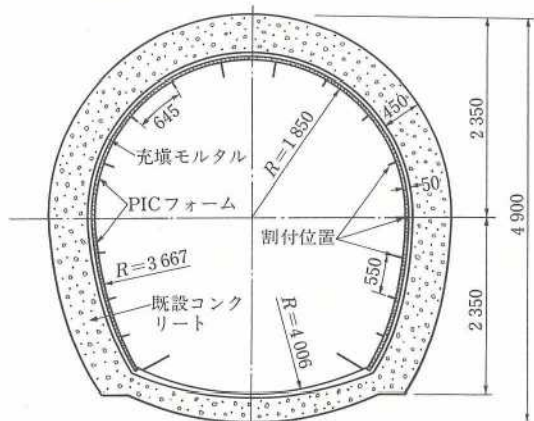


図-2 劣化した水路トンネルの補修方法（標準断面）

食因子の浸透を防止する

- ①-3 凍結融解作用による表面劣化が起こらない
- ①-4 乾燥収縮や温度変化などに起因する表面ひび割れは発生しない
- ①-5 型枠面からの水の逸散がないため内部コンクリートの水和組織の緻密化が図られる
- ①-6 化学抵抗性ならびに摩耗抵抗性が大きい
- ①-7 表面が平滑である（粗度係数が小さい）
- ①-8 表面が汚れにくいため、美観に優れる
- ①-9 軽量で取扱いが容易である
- ② PICフォームの裏面が粗骨材を付着させた粗面構造となっていることによる効果
- ②-1 打設コンクリートとの一体化が可能のため、単なる捨て型枠ではなく有効断面として考慮できる

3. 施工実績および施工例

PICフォームが実構造物に初めて適用されたのは1985年で、砂防ダムの越流堤の表面の耐摩耗対策に試験的に用いられた。現在までの施工実績を使用目的別に分類して表-1に示す。開発当初は、寒冷地における防波堤の凍害対策、水路トンネルの劣化部の補修・急速施工などが主要な用途であったが、本技術が一般に知られ

るようになるにつれ、橋梁や橋梁基礎等の重要構造物の塩害・摩耗対策、防食、耐久性向上、急速施工・施工の合理化を目的とした埋設型枠ならびに劣化した水路トンネルの補修・急速施工など、本来の用途である防食や耐久性向上の他に施工の合理化や急速施工を目的とするなど使用形態が多様化・多重化してきている。特に、水路トンネルの補修や大規模海上橋梁基礎の耐久性向上あるいは急速施工を目的とした使用実績が拡大してきていることに大きな特徴がある。

(1) 塩害により劣化した栈橋の補修

図-1に示すように、塩害により劣化した鉄筋およびコンクリート部分を取り除いて新しく配筋し、型枠にPICフォームを用いてスラブ上面に設けた貫通孔からコンクリートを打設し一体化した。施工時の状況は写真-2に示すようであり、PICフォームによって新設同様に修復されており、現在までに約5年が経過している。

(2) 水路トンネルの補修

使用中の水路トンネルの多くは、その建設年代の古さや過酷な使用条件からコンクリート表面の損傷がひどいため何らかの補修あるいは補強が必要とされているよう



写真-3 セントルに取り付けたPICフォーム



写真-4 補修の完了した水路トンネルの外観

であるが、有効な補修方法がないことや補修期間の確保の点などで難しい問題を抱えている。現実的な対応としては、地山が自立して安定している現状を考慮してトンネル表面の劣化部の一部補強を兼ねたりフレッシュが行われている。具体的には、既設の水路トンネルはそのままにしてその内側にモルタル注入用の50mm程度の間隔を保持してPICフォームをセントルにより組み立てジョイント処理後背面の隙間にモルタルを注入して既設部との一体化を図る補修法が多く採用されている。

PICフォームによる水路トンネルの補修方法、セントルを用いた施工状況ならびに完成状況をそれぞれ図-2および写真-3, 4に示す。補修によって断面は若干小さくなるが、補修前の凹凸がなくなり、かつ面が平滑で粗度係数が小さいため流量の確保は問題ないようである。

水路トンネルの補修にPICフォームを用いる利点は安全であること、良好な施工環境の確保および大きな施

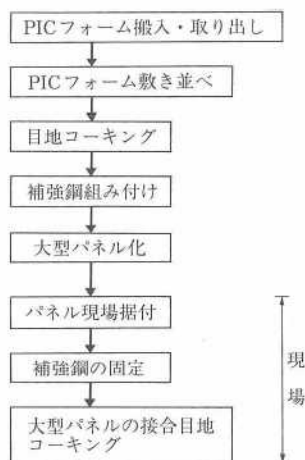


図-3 PICフォームの大型パネル化作業手順

工スピードによる工期の短縮である。

(3) 大規模海上橋梁基礎

近年、明石海峡大橋や名港中央大橋などに代表される大規模な海上橋梁基礎が多数施工されている。これらの基礎はいずれも厳しい海洋環境下に晒されるため、ひび割れやコールドジョイントなどによる耐久性の低下を防止するとともに塩分の浸透や中性化などを防止して構造物自体の防食性能や美観を向上させることが必要となる。また、海上工事であるため施工の安全性や省力性、作業スペースの確保も要求される。このような要求性能を満足するプレキャスト型枠として軽量・高強度のPICフォームは最適である。大規模構造物にPICフォームを使用する場合、一般に大パネル方式を採用するが、その作業手順の一例は図-3および写真-5~7に示す通りであり、現場での組み立て作業を最少にすることができる。写真-8および写真-9はそれぞれ海洋に建設中の橋梁基礎本体および橋梁基礎の緩衝工に用いられた例で、この型枠を構造物基礎の周囲に取り付けた後内部にコンクリートを打設して完成させたものである。

(4) 橋梁への適用

写真-10はPC斜張橋の主塔に用いた例である。この主塔は5角形の断面を有し、鉛直方向に曲線を保ちながら徐々に細くなる3次元的な複雑な形状である。また、写真-11は吊床版橋への適用例である。PC斜張橋の主塔では、型枠作業や脱型作業を省略して施工の省力化を図るとともに耐久性の向上および美観の向上を目的にPICフォームが用いられた。なお、本橋は平成4年度の土木学会田中賞を受賞した。吊床版橋ではプレキャストブロックの代わりに軽量で取扱いの容易なPICフォーム(写真-12)をユニット化して組み立て、主桁を一度に場所打ちするなどして施工の省力化が達成された。



写真一五 PICフォームの大パネル化



写真一六 PICフォームの設置状況



写真一七 大型海上橋梁基礎完成状況



写真一八 大型海上橋梁基礎への設置状況



写真一九 海上橋梁基礎の緩衝工の組み立て状況



写真一〇 PC斜張橋の主塔への適用



写真一一 吊床版橋への適用

4. おわりに

コンクリート構造物の耐久性向上を目的としてポリマー含浸コンクリート製の高耐久性埋設型枠を開発した。この埋設型枠の実構造物への適用を通じて、コンクリート工事の安全性、省力化、急速施工、補修の効率化、



写真-12 ユニット化による施工状況

美観の向上および良好な施工環境の確保など、PICフォームの付加価値が極めて大きいことが明らかになり、様々な用途への適用が期待できるようになってきたことは開発に携わってきた者として望外の喜びであり、実施にご協力いただいた多くの関係者に深甚なる感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 内藤隆史ほか：ポリマー含浸コンクリートによる高耐久性埋設型枠の開発，土木学会論文集 No. 435/VI-15, pp. 21-23, 1991.9

(1993.7.26 受付)