

表面保護工の性能確認試験について

岐阜県土木施工管理技士会
株式会社松野組
工務部課長
牧 村 佳 幸
Yoshiyuki Makimura

1. はじめに

工事概要

- (1) 工 事 名：平成24年度東海環状福井高架橋南
下部工事
- (2) 発 注 者：国土交通省中部地方整備局岐阜国
道事務所
- (3) 工事場所：岐阜県安八郡神戸町福井地内
- (4) 工 期：平成25年3月29日～
平成26年9月29日
- (5) 工事内容
橋梁下部：橋台工4基（場所打杭φ1000N＝
16本）
RC 橋脚工3基
（場所打杭φ1200N＝26本）
仮設工1式
道路改良：1式
舗装：1式
コンクリート橋上部：1式

本工事は、東海環状自動車道の橋梁下部新設工事である。重要構造物である橋脚などコンクリート構造物は、新設時に高耐久を追及して様々な方法が試行されている。その方法の1つとして、コンクリート表面を保護する「表面保護工」がある。このコンクリート表面保護工は、水分浸透の抑制、

塩害及び中性化等によるコンクリート構造物の劣化進行を抑制し、耐久性を向上させることを目的に、表面含浸材をコンクリート表面に塗布するものである。

当現場においては、冬季に散布される凍結防止剤による塩害の影響が懸念される、桁のジョイント部にあたる橋脚に表面保護工が設計されていた。現在、市場にはシラン系やケイ酸塩系など様々な表面保護材がある。その中で当現場では、反応型のケイ酸塩系表面含浸材を選択し表面保護工を行った。この反応型のケイ酸塩系表面含浸材を選択したのは、発注者の要求性能を満足することは勿論、コンクリート中の水酸化カルシウムと反応して、セメント水和物に近い組成のカルシウムシリケート水和物（C-S-H ゲル）を形成し、表面の緻密さが増すことと、反応を繰り返すことによって長期的に空隙を充填することを期待できるからである。

2. 現場における問題点

表面保護工の要求性能として、塩化物イオンの進入抑制や凍結融解抵抗性、防水性など様々あるが、これまでそれらは材料の室内試験による品質試験結果として証明されてきた。

表面保護工による効果の確認には、土木学会のコンクリートライブラリー137『けい酸塩系表面

含浸工法の設計施工指針（案）』P69に「…設計時に設定した性能が確保されていることを試験によって直接確認することを原則とする。」とある。

しかし現場においては、設計された塗布量を管理するのみで、実際に性能が確保されていることを確認する方法が確立されていなかった。

そこで含浸された実構造物でいかに改質効果を証明するか、性能確認試験方法と判定基準の決定が今後の課題であると考えられた。

3. 対応策と適用結果

当現場では、今後の事後試験方法の確立の礎につながると考え、表面の緻密さの評価と硬度について確認試験を行なった。緻密さの確認試験には透水試験があるが、定期時間観測による水の浸透を計測するため、数日から1週間程度時間を要することになる。事後試験の際は、構造物には足場がなく高所作業車を使用しての計測となるため、1個所当り40分程度で測定できる「透気試験」（パーマツール（トレント法））を採用した。この透気試験は、セル内の空気を真空ポンプにて吸い上げた状態の圧力をゼロとして、その圧力が一

パーマツール(トレント法)の仕組み

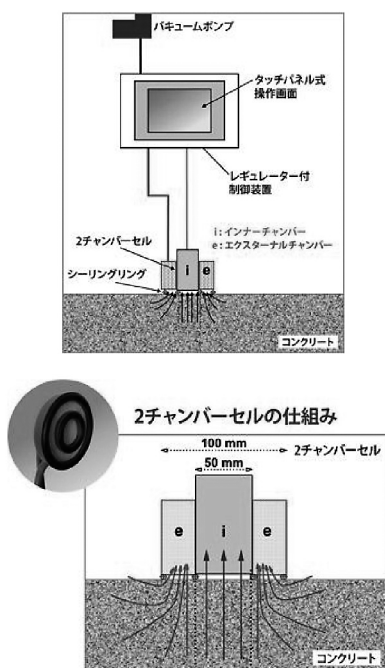


図-1 パーマツール（トレント法）

Class	KT(10^{-16}m^2)	Permeability
PK1	<0.01	Very Low
PK2	0.01-0.1	Low
PK3	0.1-1.0	Moderate
PK4	1.0-10	High
PK5	10-100	Very High
PK6	>100	Ultra High

緻密
↑
疎

図-2 透気係数の値

定時間でどれだけ上昇するかを測定し、空気を通しにくさを表す透気係数 kT 値を求める試験方法である（図-1）。

透気係数 kT 値は (10^{-16}m^2) で表され、値が低ければ低いほど測定したコンクリートの表層部がより緻密であることを示す（図-2）。

なお、含浸前と含浸後に試験を行ったが、コンクリートの材齢進行による各種試験値の向上も考えられたため、無含浸部でも試験を実施し測定結果を事前事後で比較した（図-3, 4, 5）。（設計含浸箇所：橋脚梁天端より1mまで）

また現場での工程の詳細は以下の通りである。

- ① 梁部コンクリート打設日：
平成26年1月22日
- ② 含浸前試験
平成26年2月11日（材齢20日）
- ③ 表面保護工施工日：
平成26年2月12日（材齢21日）

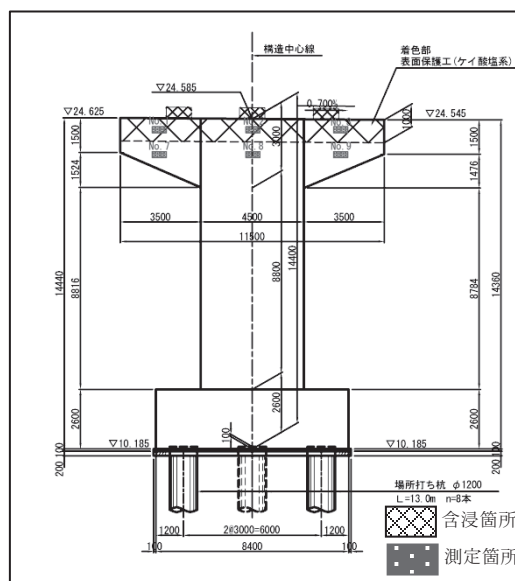


図-3 設計図面



図-4 表面保護工施工状況



図-5 事後試験状況

- ④ 含浸後試験日：
平成26年4月5日（材齢73日）
（含浸日より52日後）
透気試験結果を表-1、図-6に示す。

表-1 透気試験結果

(6測点の平均値)	無含浸部	含浸部
含浸前(σ_{20})	0.0268	0.0322
含浸後(σ_{73})	0.0226	0.0117
係数改善率	15.6%	63.7%

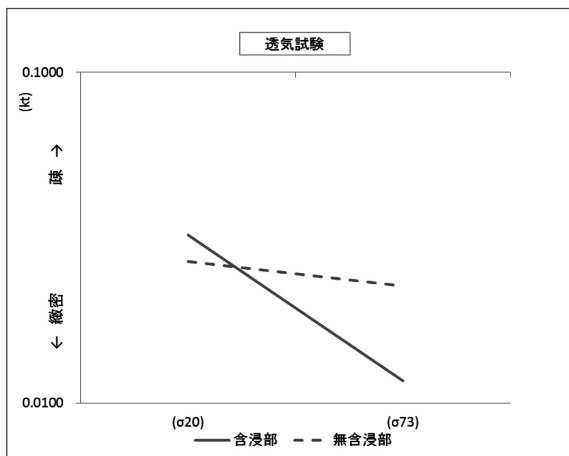


図-6 透気試験結果

これらの結果から、表面含浸させることで透気係数が減少しており、コンクリート表層部の緻密さが向上したといえる。

なお、無含浸部で同様の試験を行った結果から、通常のコンクリートの水和反応による改善よりも、含浸させたほうが透気係数の改善率が高いことも確認できた。

次に表面反発度による硬度試験結果を表-2、図-7に示す。

表-2 硬度試験結果

(6測点の平均値)	無含浸部	含浸部
含浸前(σ_{20})	24.1	23.4
含浸後(σ_{73})	30.2	30.5
反発度向上率	25.3%	30.4%

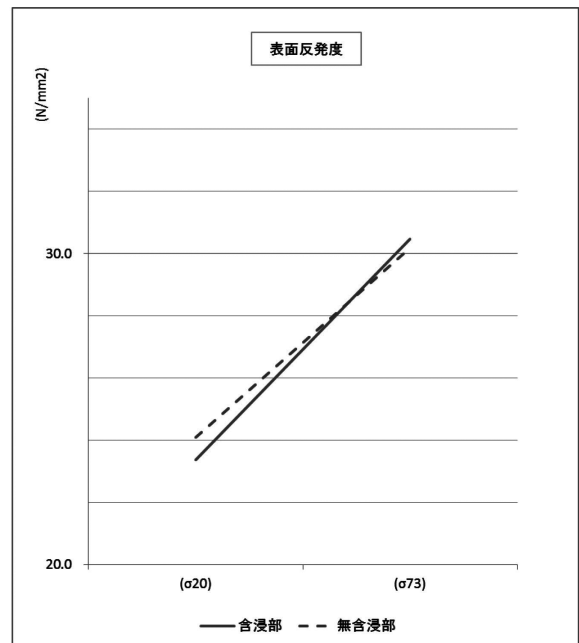


図-7 硬度試験結果

シュミットハンマーにより表面反発度を測定し含浸前と含浸後で強度の比較を行なった。

結果はすべての箇所において表面反発度が向上していた。これは、コンクリートの材齢が経過することでの水和反応の進展により強度が増したものであると考えられる。しかし、無含浸部と比較し含浸部のほうがわずかではあるが、表面反発度の向上率が高い結果となった。

よって含浸させることで、表面の緻密さが増し、表面硬度の向上にもつながることが期待できるこ

とが分かった。

また、同箇所において振動の伝搬速度から強度を推定する超音波法も併せて行った。その結果が図-8である。(事後試験のみ実施)

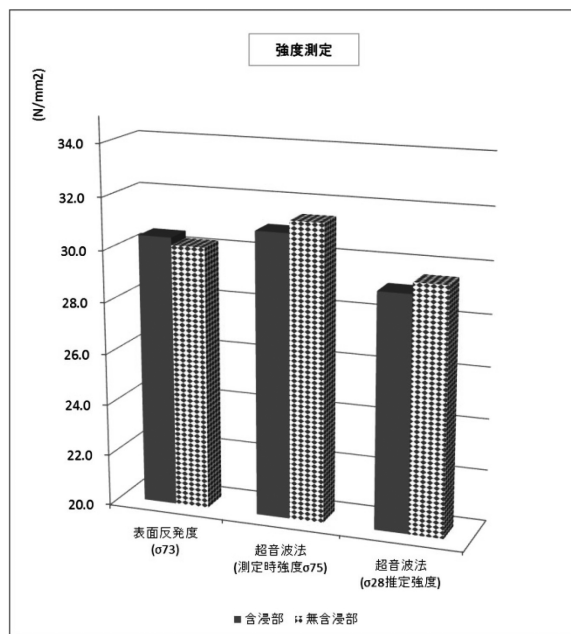


図-8 超音波法による強度推定

超音波法による強度の推定調査は、超音波の伝搬速度が一定となる深さでの音速（コンクリート表層から50mm前後）により評価する。

含浸による表面の改質効果は一般的に表層から数ミリ程度である。そのため表面反発度の測定による強度と比較し、超音波による推定強度は向上の影響が見られない結果になったと考えられる。

4. おわりに

今回、表面保護工の性能確認試験を透気試験及

び表面反発度により実施した。含浸部と無含浸部を測定することにより、コンクリートの水和反応の材齢経過による進展と比較することができた。

いずれの試験結果も表面保護工を施すことで、表面の緻密さや硬度が向上したといえる結果であった。

しかし、透気係数の個々の値を見ると最大で0.1、最小で0.0068を示しており、かなりばらつきが大きい結果であった。それは表面の含水率や状態（気泡等）により、測定値がばらついたと考えられる。よって表面保護工の性能確認試験として、例えば「表面保護工施工後の透気係数が0.05以下になれば合格」というような絶対的な数値の決定にはならないと思われた。ただ、同一箇所ですべて事前事後を計測することで、改質効果を検証するには有効であると感じられた。

しかし、表面状態を透気試験等で数値的に定量化することは、コンクリートとしての出来栄（緻密さ）の評価にはつながると思われる。

以上のことから、今回の試験は表面保護工の性能確認試験方法と判定基準の確立につながるものとは言えなかったが、ケイ酸塩系表面含浸材がもたらす効果の一つの検証になったと考えられる。

表面保護工の要求性能を設計時に定量化し、設定した性能を確保しているかを直接確認する試験方法の確立には、更に試験方法を模索し、データの蓄積が必要であると考え、今後担当する現場でも機会があればさまざまな方法で検証していきたい。