

透水型枠によるコンクリート表層改質効果の長期材齢評価

長岡工業高等専門学校 ○稲田 大地
長岡工業高等専門学校 正会員 陽田 修
長岡工業高等専門学校 学生会員 中川 直人
長岡工業高等専門学校 正会員 井林 康

1. はじめに

コンクリートの表層品質を向上することはコンクリート構造物の耐久性を向上する重要な対策となる。しかし、コンクリートの表層部は、ブリーディング水が集まりやすく脆弱層が形成され易い問題がある。本研究では、使用する骨材によって細骨材率が異なることでブリーディング水の発生量に差があると考え、細骨材率が異なるコンクリートに対し、透水型枠によるブリーディング水の排水によってコンクリートの表層が改質される効果を長期材齢期間の表層透気試験と表面吸水試験の測定結果から評価を行った。

2. 実験概要

試験体は、幅 3.6m×高さ 1.8m×壁厚 60 cmの垂直壁を 2 体製作した。試験体の幅 1/4 (90 cm) の表裏両面に、透水型枠を配置した。実験に使用した透水型枠は、透水シート（織布）と排水シート（不織布）を二層接着した一枚仕様のシートを型枠に貼り、型枠継ぎ目から排水する構造とした。表-1 に実験に使用したコンクリートの示方配合を示す。

表-1 コンクリート示方配合

試験体 No.	呼び強度 (N/mm ²)	組骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	水セメント比 (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
							水 W	セメント C	細骨材① S	細骨材② S	粗骨材 G	混和剤 A
1号	24	25	8	53.5	4.5 ±1.5	53.4	156	292 (高炉 B)	491	479	876	2.92
2号						40.0			365	361	1127	
JIS						46.7			428	420	1001	

ブリーディング水の発生量を変化させることを目的として、工場の JIS 規格配合を基準に細骨材率のみを増減し、単位骨材量が異なる配合とした。表-2 にコンクリート打込み時のフレッシュ性状を示す。

初期養生後試験体は、材齢 314 日まで降雨、風の影響を受けない環境を想定し試験体をシートで覆った。シートは、試験体に密着せず試験体とシートの上に 5 cm程度の通気層を設けた。その後、材齢 314 日以降はシートを外し、降雨、風の影響を受ける環境に置いた。

表-2 コンクリートのフレッシュ性状

細骨材率区分	スランブ (cm)	空気量 (%)	ブリーディング量 (cm ³ /cm ²)
40.0%	8.5	4.0	0.086
53.4%	6.5	5.5	0.067

3. 測定項目と方法

3.1 表面吸水試験 (SWAT)

材齢 132 日経過後、材齢 314 日経過後、材齢 494 日経過後、材齢 644 日経過後の 4 回、表面吸水試験¹⁾により、コンクリート吸水抵抗性の指標とされる表面吸水速度 P_{600} の測定を行った。表面吸水速度は、測定開始か

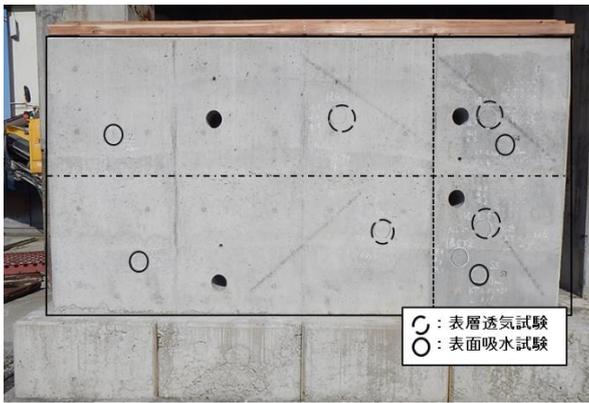


図-1 1号試験体【正面】 $s/a=53.4\%$

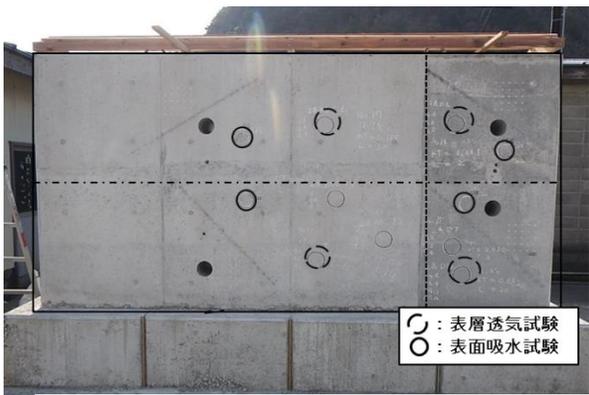


図-2 2号試験体【正面】 $s/a=40.0\%$

ら10分経過した時点で、コンクリート表面が水をどれだけの速度で吸い込んでいるかを示す数値である。また、得られた値より、材齢の経過による表面吸水速度 P_{600} の変化を比較した。図-1と図-2に試験体の正面を例に測定位置を示す。尚、4回の試験は、図に示した同じ箇所で行った。

3.2 表層透気試験（トレント法）

材齢132日経過後、材齢314日経過後、材齢494日経過後、材齢644日経過後の4回、表層透気試験²⁾により、透気係数 kT の測定を行った。

透気試験は、コンクリート表層を真空状態にし、内部の空気が吸引され真空状態が回復するまでの時間から表層コンクリートの透気性を評価する手法である。表面吸水試験と同様に、得られた値より、材齢の経過による表層透気係数 kT の変化を比較した。尚、図-1と図-2に試験体の正面を例に測定位置を示す。尚、4回の試験は、図に示した同じ箇所で行った。

4. 実験結果と考察

4.1 表面吸水試験（SWAT）結果

表面吸水速度 P_{600} の測定結果を細骨材率、型

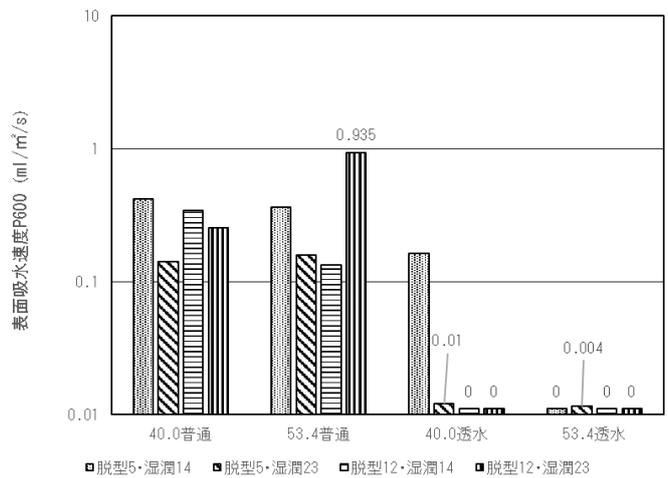


図-3 材齢132日の表面吸水速度 P_{600}

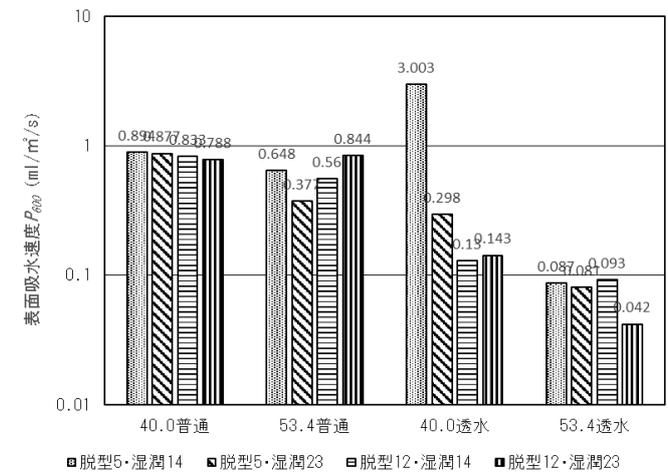


図-4 材齢314日の表面吸水速度 P_{600}

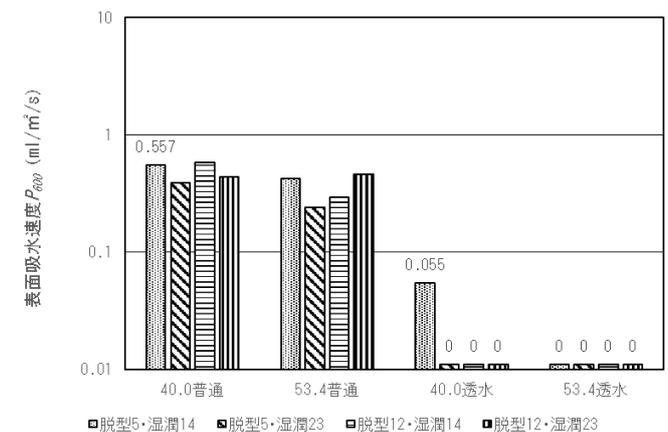


図-5 材齢494日の表面吸水速度 P_{600}

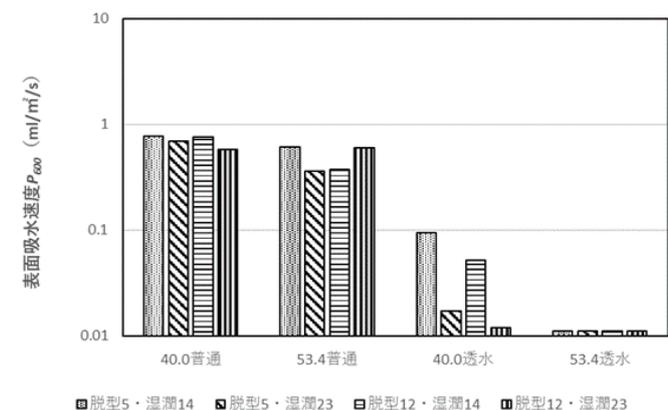


図-6 材齢644日の表面吸水速度 P_{600}

枠仕様, 養生方法で整理したものを材齢期間別に, 図-3~図-6に示す.

材齢 314 日の結果 (図-4) で, 表面吸水速度が全体的に著しく上昇した. これは, 試験体を覆ったシート内の温度と湿度の記録から, 材齢 132 日までは, 表層部の乾燥が進まない環境であったと考えられる. これに対し材齢 314 日までの約 6 か月間は, 外気の温度が高かったことで乾燥が進行して毛細管空隙が大きくなり³⁾, 同時に微細なひび割れも生じたものと推測する.

透水型枠の効果として, 測定値が打ち重ね線に近接した 1 測点を除き, 全てで普通型枠に比べ表面吸水速度が小さい値となった. しかし, 透水型枠は普通型枠に比べ, 材齢 132 日からの吸水速度の上昇が普通型枠と比べて著しく大きく, 透水型枠は乾燥の影響が大きいと考えられる.⁴⁾

材齢 494 日の結果 (図-5) では, 材齢 314 日 (図-4) に対して全ての測点で表面吸水速度が低下した. これは, 材齢 314 日以降から試験体を降雨, 風の影響を受ける環境下に置いたことで, 試験体が水分を吸収し, 微細なひび割れや空隙が埋まったことが要因であると考えられる.

材齢 644 日の結果 (図-6) では, 材齢 494 日 (図-5) と比較して, 普通型枠で値が相対的に増加しているが表面吸水速度に大きな変化は見られなかった.

4.2 表層透気試験 (トレント法) 結果

トレント法により, 透気係数 kT を測定した結果を細骨材率, 型枠仕様, 養生方法で整理したものを材齢期間別に, 図-7~図-10に示す. 材齢 132 日 (図-7) から, 材齢 314 日経過後の結果 (図-8) で透気係数が大きくなった. これは, 表面吸水試験結果と同様に, 材齢 314 日までの約 6 か月間で乾燥が進行して毛細管空隙が大きくなるとともに微細なひび割れが発生し透気係数が大きくなったと推測する.

材齢 494 日の結果 (図-9) では, 材齢 314 日 (図-8) に対して全ての測点で透気係数が小さくなった. これは, 表面吸水試験で得られた結果と同様に材齢 314 日以降から試験体を降雨, 風の影響を受ける環境下に置いたことで, 試験体が水分を吸

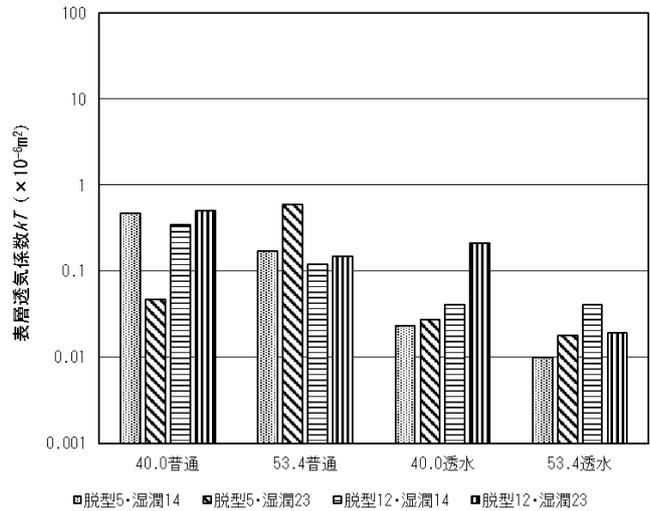


図-7 材齢 132 日の表層透気係数 kT

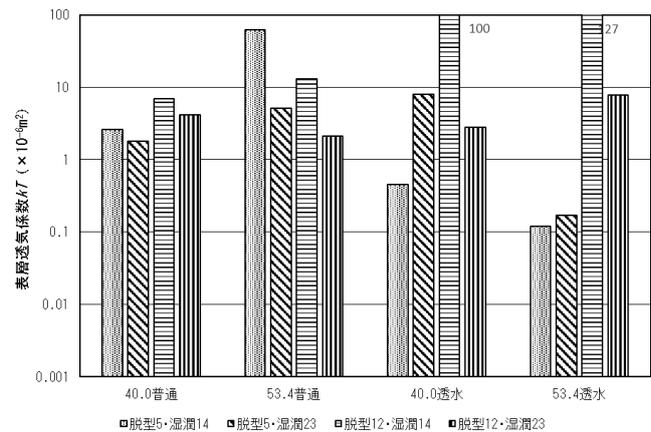


図-8 材齢 314 日の表層透気係数 kT

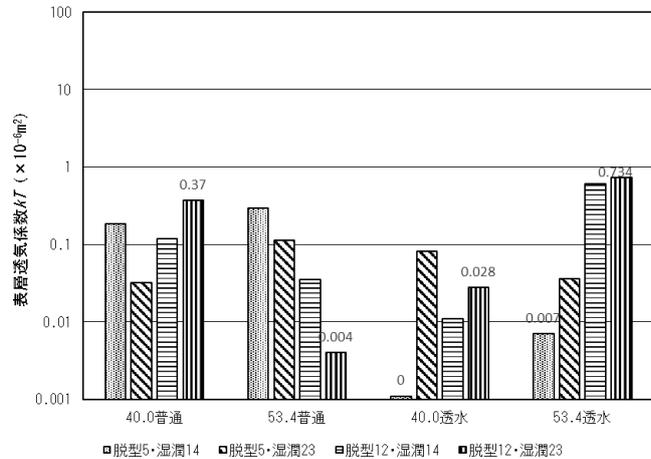


図-9 材齢 494 日の表層透気係数 kT

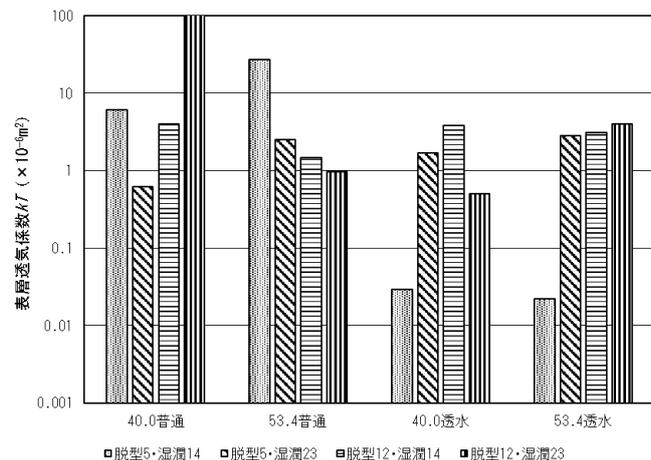


図-10 材齢 644 日の表層透気係数 kT

表-3 材齢 314 日, 材齢 644 日の含水率測定結果

含水率(%)	1号試験体 【正面】	1号試験体 【背面】	2号試験体 【正面】	2号試験体 【背面】	平均
材齢 494 日	4.73	4.88	4.90	4.80	4.83
材齢 644 日	4.38	4.60	4.53	4.38	4.47

収し, 微細なひび割れや空隙が埋まったことが要因であると考えられる。

材齢 644 日の結果(図-10)では, 材齢 494 日(図-9)に対して透気係数が相対的に大きくなった。これは, 材齢 644 日が経過した時点で季節が夏を迎えており, 気温が高く晴天が続いたことにより, 乾燥状態が続き, ひび割れや空隙に存在していた水がなくなったことが要因であると考えられる。これは, 材齢 494 日では平均で 4.83%であった含水率が材齢 644 日では 4.47%まで低下したことからもいえる。尚, 材齢 494 日, 材齢 644 日の試験体表面含水率の測定結果を表-3 に示す。

さらに, 材齢 644 日までの測定結果を比較していくと, 徐々に普通型枠と透水型枠に明確な差がなくなってきている。このことから, 透気係数による評価の観点で, 透水型枠は普通型枠に比べ, 微細なひび割れが進行していると考えられる。

また, 材齢 494 日(図-9)から材齢 644 日までの透気係数の変化を比較すると, 測定値が相対的に上下している測点が見られる。このことから, 透気係数の変化は暴露環境の変化によって, コンクリート表層の含水率に影響を受けると考えられる。

5. まとめ

本研究では, 細骨材率が異なることによりフレッシュ性状が異なるコンクリートの表層品質を確保するために, 透水型枠による表層品質改質効果を実構造物モデルの試験体により, 長期材齢期間の表層透気試験と表面吸水試験の測定結果から評価を行った。以下に本研究の範囲で得られた知見を示す。

(1) 表面吸水速度と表層透気係数の測定結果から, 透水型枠は表層の改質に効果があると考えられる。

しかし, 表層透気係数の結果から, 普通型枠と比べ透水型枠は, 乾燥により生じる微細なひび割れの影響が長期の材齢で大きくなることがわかった。

(2) 長期材齢期間に行った表層透気試験と表面吸水試験の結果から, 表面吸水速度と表層透気係数は, 表面含水率の影響を受けると考えられ, 一定期間置かれたコンクリート構造物の表層部では, 環境条件により測定値が異なる。このため, 表層品質の評価手法として表面吸水試験と表層透気試験を用いる場合, 測定時の材齢期間と環境条件を考慮した評価基準の検討が必要と考える。

参考文献

- 1) 林 和彦, 細田 暁: 表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol. 69, No. 1, pp. 82-97, 2013
- 2) R. J. Torrent: A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site, Material and Structures, Vol. 25, pp. 358-365, 1992
- 3) 氏家 功, 長瀧重義: コンクリートの透気性の定量的評価に関する研究, 土木学会論文集, 第 396 号, V-9, 1998. 8
- 4) 陽田 修, 井林 康・田中泰司・吉原 敬: 細骨材率が異なるコンクリートの表層品質確保のための実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.1269~1274, 2018.