

表層品質向上を目的とした透水型枠による養生方法

長岡工業高等専門学校 南海渡
長岡工業高等専門学校 正会員 陽田 修
株式会社 前田工織 辻 総一郎

1. はじめに

コンクリート構造物は、海岸の飛来塩分など、劣化因子がコンクリート表層部から侵入し耐久性が低下する。このため、コンクリート表層部の品質（以下、表層品質とする）が向上すれば、耐久性が向上し長期的な安全性を維持することができる。また、コンクリートの表層品質の向上には水中養生が有効とされている¹⁾が大きな構造物を水中で養生することは不可能である。そこで、実構造物において水中養生と同等の表層品質を確保する養生方法の提案を目的とし、透水型枠の通水性を利用した養生方法の検討を行った。在来の型枠に透水シートを貼り付けた透水型枠は、型枠面に集まる余剰水を排水することで、コンクリート表層部を緻密な組織構造とし、表層品質を向上する効果がある。一方、乾燥の進行により微細なひび割れなどが生じ、物質移動抵抗性が低下する問題がある²⁾。

本研究では、実構造物への適用を念頭に、実構造物規模のコンクリート試験体を実際の工事と同等の品質管理基準に基づき製作し、雨のかからない環境で長期暴露を行った。また、表層透気試験により表層品質の経時変化から養生方法の評価を行った。

2. 実験方法

2.1 試験体概要

試験体は、横 1800mm、縦 900mm、厚さ 300mm の直方体を表-1 の配合で 2 体製作した。実験パラメータとして、試験体の型枠種別、コンクリート打込み後の養生方法を表-2 に示す 4 水準とした。

型枠種別は、図-1 に示すように、1 試験体の半分を透水型枠（PF）、残りの半分を普通型枠（NF）とした。

養生方法は、試験体のコンクリート打込みが日平均気温 12°C 程度の時期となったことから、コンクリート標準示方書³⁾に示される、日平均気温 10°C 以上の湿潤養生日数 7 日を基準として試験体毎に養生日数を設定した。

試験体 T1 は、コンクリート露出面となる試験体上面に、水深 10cm 程度の水道水を 7 日間湛水した。湛水状況を図-2 に示す。透水型枠（PF）では、湛水した水が透水シートを通りコンクリート表面に通水された。尚、透水シートの通水状況は型枠下端の排水状況から確認した。また、図-3 に示す型枠外面の湿潤状況から、コンクリート表面が湿潤状態となっていることが確認できる。7 日間の湛水養生後、急激な乾燥を防ぐ目的から、5 日間（材齢 12 日まで）型枠を存置した。

試験体 T2 は、コンクリート露出面と型枠が乾燥しない程度の湿潤状態を確保するために、材齢 12 日まで型枠を存置した。その後は試験体を小屋で囲い、雨がかからない環境とした。

表-1 配合表

スランプ cm	呼び強度	最大骨材寸法 mm	水セメント比 %	細骨材率 %	単用量(kg/m ³)				
					セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
8	24	25	53	41.2	265	140	783	1161	2.82

表-2 養生、型枠種別

No	型枠	養生
T1	透水	7 日間湛水
	普通	型枠存置 5 日
T2	透水	型枠存置 12 日
	普通	

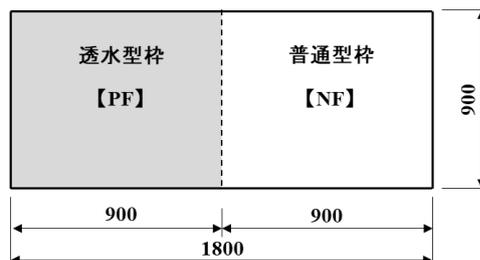


図-1 型枠概要



図-2 湛水状況



図-3 型枠外面の湿潤状況

2.2 実験方法

表層透気試験（トレント法）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、コンクリート表層の透気性を評価する手法である⁴⁾。

表層透気試験は、材齢 28 日の段階で、型枠が接する面を 1 辺 30cm となる区画に区分し、型枠・養生の種別毎に片面 9 測点で透気係数 kT 値の測定を行なった。

その後、乾燥が進むにつれ養生方法の違いによって透気係数の変化が異なると予想し、材齢 91 日、材齢 180 日、材齢 360 日の段階で、それぞれ材齢 28 日と同じ測点で透気係数 kT 値の測定を行なった。

3. 実験結果

図-4 に材齢 28 日、材齢 91 日、材齢 180 日、材齢 360 日における各測点の測定値を示す。

図-4 は、2 つの試験体で測定した 2 面を表し、表層透気係数を測点毎に示したもので、図の上側が試験体の上部を表している。また、色の濃淡は、表-3 に示す評価指標⁵⁾の閾値で区分した。

2 つの試験体の各測点において、いずれも材齢の経過とともに透気係数 kT 値が増加している。これは、既往の研究²⁾と同様に、雨のかからない環境で、コンクリート表層部の乾燥が進行することで変化しているものといえる。

一方、養生方法が異なる点に着目すると、湛水養生を行った試験体 T1 と、型枠存置のみの試験体 T2 では、透気係数の経時変化に、表-3 に示す評価指標の閾値で 1 ランク程度の差が見られる。これは、湛水養生によりコンクリート表層部の湿潤状態が確保され、コンクリート表層部の緻密性が向上したものと考えられる。特に、透水型枠を使用した面は、透水型枠の通水性によって、湛水した養生水がコンクリート表面に行き渡り、緻密性が向上したものと考えられる。

また、各試験体の上部は、中間部、下部と比較して透気係数が大きな値を示している。これは、コンクリート打込み時のブリーディング水や打ち重ねによる圧密作用の違いが影響していると考えられ、その結果、上部の表層部は緻密性が低い状態になったと思われる。その中でも、養生方法が異なる試験体を比較すると、湛水養生を行った試験体 T1 と、型枠存置のみの試験体 T2 では、評価指標の閾値で 1 ランク程度の差が見られることから、同一の打込み条件で製作した試験体において、湛水養生の効果が確認されたといえる。

表-3 表層透気係数によるグレーディングの目安⁵⁾

	優	良	一般	劣	極劣
表層透気係数 kT ($10^{-16}m^2$)	0.001 ~ 0.01	0.01 ~ 0.1	0.1 ~ 1.0	1.0 ~ 10	10 ~ 100

T1 (湛水養生あり)					
PF			NF		
0.0003	0.0089	0.0002	0.0048	0.0026	0.0073
0.0002	0.0003	0.0002	0.0033	0.0073	0.0051
0.0004	0.0004	0.0003	0.0031	0.0042	0.0019

T2 (湛水養生なし)					
PF			NF		
0.1481	0.0187	0.1800	0.0021	0.0031	0.0241
0.0000	0.0000	0.0000	0.0099	0.0169	0.0099
0.0002	0.0001	0.0003	0.0062	0.6787	0.0213

(a) 材齢 28 日

T1 (湛水養生あり)					
PF			NF		
0.0001	0.0103	0.0003	0.0043	0.0037	0.0087
0.0000	0.0001	0.0000	0.0029	0.0046	0.0059
0.0004	0.0001	0.0001	0.0034	0.0049	0.0026

T2 (湛水養生なし)					
PF			NF		
0.6266	0.0463	0.4055	0.0204	0.1281	0.1581
0.0001	0.0000	0.0001	0.0106	0.0210	0.0121
0.0014	0.0001	0.0004	0.0121	0.8960	0.0148

(b) 材齢 91 日

T1 (湛水養生あり)					
PF			NF		
0.1221	0.3071	0.0768	0.0862	0.0176	0.0587
0.0043	0.0029	0.0003	0.0768	0.0229	0.1442
0.0011	0.0014	0.0059	0.0244	0.0141	0.0479

T2 (湛水養生なし)					
PF			NF		
1.5273	1.5662	1.7934	0.245	0.0659	0.5539
0.0139	0.0037	0.0009	0.0866	0.1281	0.1025
0.0064	0.0093	0.0050	0.1198	5.5488	0.1281

(c) 材齢 180 日

T1 (湛水養生あり)					
PF			NF		
0.4857	0.7467	0.5795	0.321	0.1215	0.4042
0.0086	0.0036	0.0003	0.4904	0.1828	0.6623
0.0036	0.0017	0.0228	0.0777	0.0702	0.4246

T2 (湛水養生なし)					
PF			NF		
2.3107	2.2469	5.2194	1.1329	1.2729	1.4753
0.0258	0.0121	0.0010	0.3256	0.5099	0.5532
0.0280	0.0250	0.0153	0.5150	3.1556	0.3620

(d) 材齢 360 日

図-4 表層透気係数の経時変化

4. まとめ

本研究では、コンクリートを形成する型枠に透水型枠を使用することで、コンクリート表層部を緻密な組織構造とすることができると考えた。さらに、透水型枠の通水性を利用した湛水養生を行うことでコンクリート表層部の湿潤状態を維持し、水中養生と同等の表層品質を確保する養生方法の提案を目的として検討を行った。

また、コンクリート表層部は、乾燥の進行により微細なひび割れなどが生じ、物質移動抵抗性が低下する問題があり、特に、透水型枠はその影響が大きいことが既往の研究²⁾で示されたため、雨のかからない環境で試験体を長期暴露し表層品質の経時変化を確認した。

透水型枠を使用することで、コンクリート表層部を緻密にすることが、同じ条件で打込まれた普通型枠との透気係数の比較から、改めて確認された。また、透水型枠の通水性を利用した湛水養生は、一般的な湿潤養生よりも表層部の緻密化に効果があることを、長期材齢期間の透気係数の経時変化から確認した。さらに、透水型枠の欠点とされる乾燥による微細なひび割れの発生は、湛水し表層部に通水することで湿潤状態を維持し、これを防止する効果が示唆された。

参考文献

- 1) 岡崎慎一郎, 八木翼, 岸利治, 矢島哲司: 養生が強度と物質移動抵抗性に及ぼす影響感度の相違に関する研究
Cement Science and Concrete Technology No.60 pp227-234 2006
- 2) 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, pp1269-1274, 2018
- 3) コンクリート標準示方書-2017 [施工編]: 土木学会, pp125-126
- 4) 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
- 5) コンクリート構造物の品質確保の手引き: 国土交通省東北地方整備局, pp28, 2015.12