

屋内外に曝露したコンクリートの反発度と表層透気係数の推移

(財)電力中央研究所 正会員 蔵重 勲 西田 孝弘

(株)セレス 正会員 ○仲 亮介 下村 和也 石川 弘毅

1. はじめに

近年、コンクリートのより確実な耐久性の確保を目的に、設計時に照査・担保された性能が施工プロセスを経ても達成されているかについて検査・確認するシステムの導入議論が活発化している^{1~3)}。システムの導入に当たっては、竣工構造物に対してコンクリートの品質を的確に評価できる有用な非破壊試験が必要視されている。筆者らは、コンクリートの強度特性ならびに物質移動抵抗性の非破壊検査方法としてそれぞれ期待されるテストハンマー試験および表層透気試験に着目し、使用材料、配合、脱型材齢、養生方法が品質に及ぼす影響を評価可能か実験的に調べ、それぞれの有用性を見出してきた。また、品質検査の適切な実施時期を検討するため、それぞれ非破壊評価値の推移を調べる実験検討も行ってきた⁴⁾。しかし、これらは温湿度が制御された室内での検討が主であり、上記非破壊試験の適用性をより詳細に確かめるためには、温湿度の変化や降雨の影響のある実環境に曝されたコンクリートの品質を対象にした評価検討が必要である。以上より、屋内外に曝露した各種供試体の非破壊試験を実施し、品質評価値の経時的な推移を調べた。

2. 実験概要

図1, 2に示すような温湿度条件が異なる3種類の環境(標準(温湿度制御室), 屋内, 屋外(降雨有))を設定し、表1に示す配合の15x15x53cm角柱供試体をそれぞれの環境下で作製した。供試体は材齢7日に脱型後、同様の環境に曝露し、屋内曝露については材齢28日に脱型した供試体も作製した。これらの表層品質の経時的な変化を調べるため、材齢28, 56, 91日において各種非破壊試験を実施した。強度特性評価を目的に実施したテストハンマー試験は、JSCE-G504-2007に示される方法に準拠し、測定は15x53cm側面を対象に床上に定置した状態で鉛直方向に打撃し、打撃方向の補正を行って基準反発度を求めた。なお、測定は各材齢1回とした。物質移動抵抗性評価を目的に実施した表層透気試験は初期圧制御型のTorrent法を採用し、15x53cm両側面に対する測定結果から平均値を求めた。また、乾燥過程の評価や表層透気試験に及ぼす含水の影響の考慮のため、Wenner法(電極間隔5cm)によって電気抵抗率を測定した。

3. 実験結果および考察

各環境に曝露した供試体の基準反発度の推移を図3に示す。材齢7日に脱型した供試体では、標準環境へ曝露した場合、屋内曝露と比較して材齢経過にともなう反発度の増進が大きい結果となった。これは、曝露環境の温度差異に起因するもので、比較的気温の高い標準曝露において水和反応が進行したものと推察される。また、屋外曝露についてはこれらの供試体に比べ反発度の増進がより顕著であり、これは気温の差異よりも降雨の有無の影響が水和反応に及ぼす影響が大きいものと考えられる。なお、脱型までの材齢を確保することが、反発度の増加に寄与する傾向も確認された。一方、図4に示すように表層透気係数の推移に及ぼす曝露環境の影響は反発度への影響と異なる傾向が認められた。すなわち、降雨の作用により水和反応が進行する屋外曝露の供試体は材齢とともに表層透

表1 コンクリート供試体の配合

W/C (%)	s/a (%)	Ac (C+E)×%	単位量 (kg/m ³)					Sl. (cm)	Air (%)
			W	C	E	S	G		
48.8	42.2	1.0	170	319	30	738	1061	10.0	2.0

Ac:AE 減水剤添加率,W:水,C:普通ポルトランドセメント,E:膨張剤,S:陸砂+砕砂,G:砕石

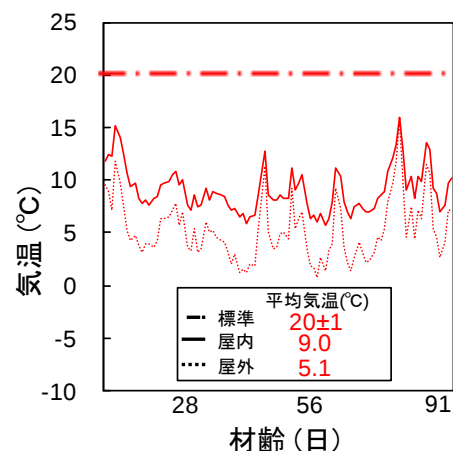


図1 各曝露箇所の温度履歴(日平均)

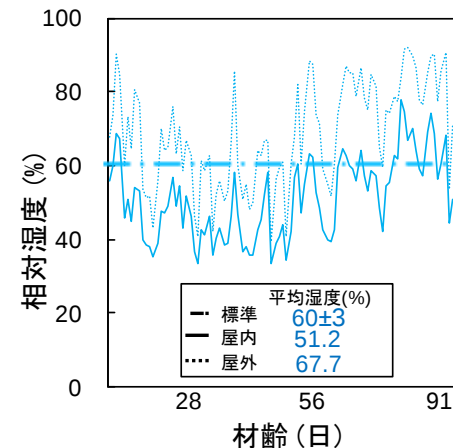


図2 各曝露箇所の湿度履歴(日平均)

キーワード: 表層品質, 品質検査, 非破壊試験, テストハンマー試験, トレント法表層透気試験, 曝露環境
連絡先: 〒270-1166 千葉県我孫子市我孫子 1646 電力中央研究所内, (株)セレス 地質・原燃サイクル部 TEL(04)7179-6211

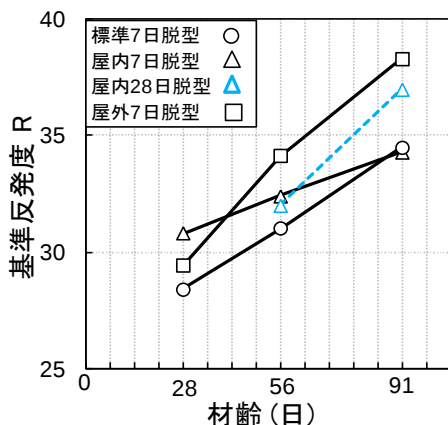


図3 異なる環境に曝露した供試体の基準反発度の推移

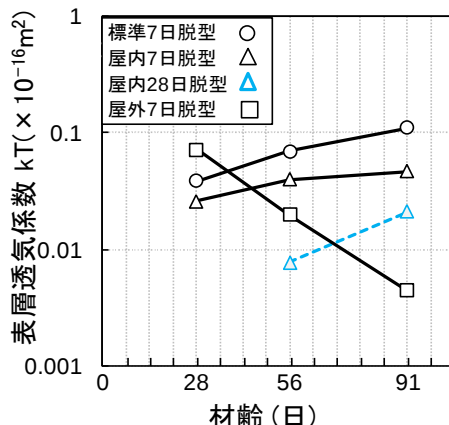


図4 異なる環境に曝露した供試体の表層透気係数の推移

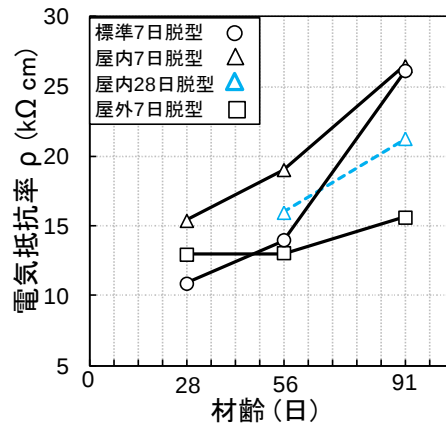


図5 異なる環境に曝露した供試体の電気抵抗率の推移

気係数が低減されるのに対し、降雨の影響が無い環境に曝露した供試体では、徐々に表層透気係数が上昇する傾向を示した。これは、表層透気試験においてコンクリート中の水分の存在が透気経路を阻害することに起因し、材齢初期から乾燥するにつれて測定される表層透気係数が増加したものと考察できる⁴⁾。屋外曝露供試体は、前述のとおり降雨の作用によって水和反応が進んだこと、ならびに比較的高い含水状態にあったことが影響し、表層透気係数が低減したものと考えられる。図5は含水状態の比較のために測定した電気抵抗率の結果である。やはり、屋外曝露供試体では電気抵抗率が低い傾向が認められ、含水率が高い状態にあることが確認された。図6は、Torrent らが提案した電気抵抗率に基づいた表層透気性のグレード評価方法である。今回の測定結果を見ると、降雨の影響が無い供試体では電気抵抗率が上昇し、乾燥にともなって表層透気係数が上昇している傾向が分かる。しかし、電気抵抗率および表層透気係数の変化は、材齢 56～91 日においても収束傾向は見られず、含水の影響を取り除いた表層透気係数評価法の確立が望まれる。他方、屋外曝露供試体については降雨の影響により、材齢によっては評価グレードが変わることも分かった。上記課題の解決とともに、降雨の影響有無などを勘案した検査の箇所および時期の選定が重要になるものと言える。以上のような表層透気試験の測定原理により、図7のとおり曝露環境によっては基準反発度と表層透気係数の測定結果の推移に異なる傾向が認められた。

以上、同配合のコンクリートを用いても環境条件の相違により、幅広い表層品質の非破壊評価結果が得られる可能性があることが示された。実構造物コンクリートの品質検査においては、これらの傾向を十分に勘案し、可否の判定基準を策定する必要があることが分かった。今後の研究課題としては、降雨等によって変化するコンクリートの含水状態、および水和反応による緻密化が表層透気試験に及ぼす影響を分離評価し、それぞれの影響機構を解明すること、ならびにこれら非破壊評価値と中性化抵抗性等の耐久性、あるいは空隙構造等の物性情報との対応関係を明らかにすることが挙げられる。

参考文献:1)R.J. Torrent et.al.: RILEM Report 40 Non-Destructive Evaluation of the Penetrability and Thickness of the Concrete Cover, State of the Art Report of RILEM Technical Committee TC 189-NEC: 'Non-destructive Evaluation of the Concrete Cover', 2007.

2)構造物表面のコンクリート品質と耐久性性能検証システム研究小委員会成果報告書, 土木学会コンクリート技術シリーズ 80, 2008.

3)歴代構造物品質評価/品質検査制度研究小委員会(216 委員会)成果報告書, 土木学会コンクリート技術シリーズ 87, 2009.

4)蔵重勲, 廣永道彦: 脱型材齢や曝露環境がコンクリート表層の強度特性と透気性に及ぼす影響, 土木学会「コンクリート構造物の表層品質評価と耐久性性能検証」に関するシンポジウム講演概要集, pp.79-84, 2009.

謝辞: 本研究は土木学会 335, 216 委員会の活動に関連して実施したものです。委員各位との議論は研究推進にとって大変有益でした。深く感謝申し上げます。また、本研究の一部は、国土交通省建設技術研究開発補助金(実用化研究開発:コンクリート構造物長寿命化に資する品質保証/性能照査統合システムの開発, 代表者:東京大学石田哲也准教授)の助成を得て実施したことを付記致します。

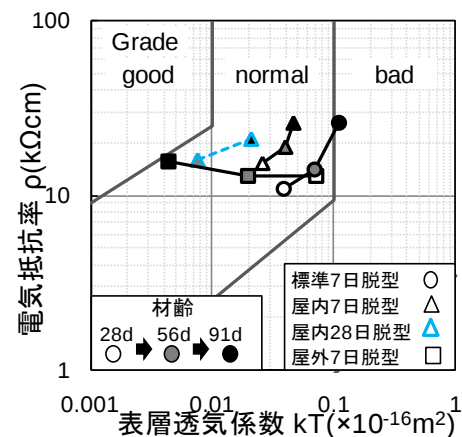


図6 異なる環境に曝露した供試体の表層透気係数と電気抵抗率の関係

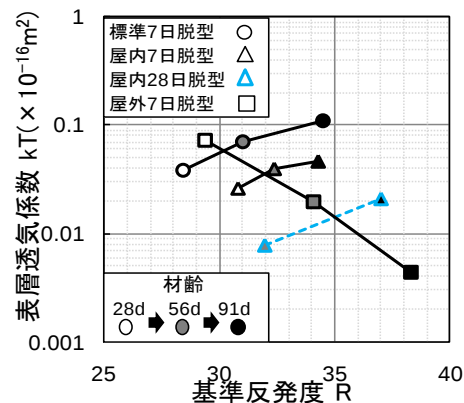


図7 異なる環境に曝露した供試体の基準反発度と表層透気係数の関係