脱型時期およびその後の曝露環境が異なるコンクリートの反発度と表層透気性の関係

(財)電力中央研究所　正会員　蔵重 勲
(株)セレス　正会員　○下村 和也　関口 陽　仲 亮介

1. はじめに

一般に，コンクリート構造物の耐久性は，鉄筋を腐食因子より防護するためのかぶり品質(≒表層品質)の影響を多大に受け，その表層品質は施工時の養生によって良くもなり悪くもなることが知られている。すなわち，施工時における養生の管理・検査が大切であるとともに，竣工時のコンクリート品質検査，特に非破壊検査技術を整え，構造物が保有する耐久性をより確実に検証するシステムの必要性が指摘されている [1)]。本研究では表層品質の検査手法として，強度特性評価で実績が豊富なテストハンマー試験，ならびに物質移動抵抗性の評価手法として期待される表層透気試験に着目し，脱型時期およびその後の曝露環境が異なるコンクリートの品質評価に適用した。さらに，両試験方法より得られた測定値を，促進中性化試験の結果と比較し，耐久性と非破壊評価値の関連性を分析した。

2. 実験概要

表 1 に示す配合に従って 15x15x53cm(反発度，表層透気係数測定用)，10x10x40cm(中性化促進試験用)の供試体を打設した。供試体は，**図 1** に示すように脱型時期(1, 5, 14 日)，およびその後の曝露環境(40%RH，60%RH，湿空，水中)が異なる 9 種類の条件を設定し，材齢 56, 91 日において非破壊試験を実施した。テストハンマー試験は土木学会規準 JSCE-G504-2007 の方法に従って実施した。なお，測定は供試体の打設両側面を対象に，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。表層透気試験としては Torrent 法 [2)]を採用し，含水の影響を考慮するため電気抵抗率も測定した。測定箇所はテストハンマー試験と同様である。さらに，材齢 91 日より促進中性化試験(20℃，60%RH，$CO_2$5%)を実施し，促進中性化期間 7 日までの結果を得た。

表 1　コンクリート供試体の配合

W/C (%)	s/a (%)	Ac ml/kg-C	単位量 (kg/m³) W	C	S	G	Sl. (cm)	Air (%)
50	48	3.0	165	330	859	956	7.5	5.7

Ac:AE 減水剤添加率，W:水(Ac 含む)，
C:普通ポルトランドセメント，S:陸砂，G:砕石

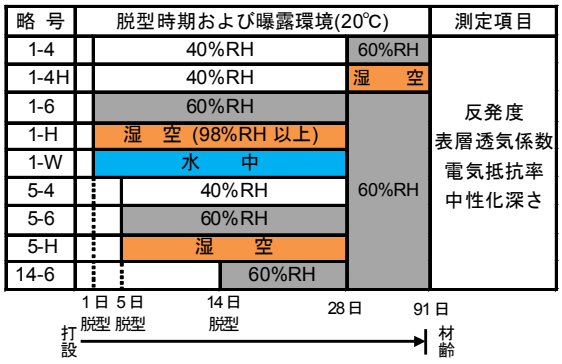

図 1　脱型時期および曝露環境と測定項目

3. 実験結果および考察

コンクリート標準示方書施工編では，普通ポルトランドセメントコンクリートの湿潤養生として，15℃以上の環境で 5 日間を標準としている。**図 2** に示す材齢 5 日に脱型した供試体の表層透気係数は，本実験で設定したいずれの環境に曝露しても

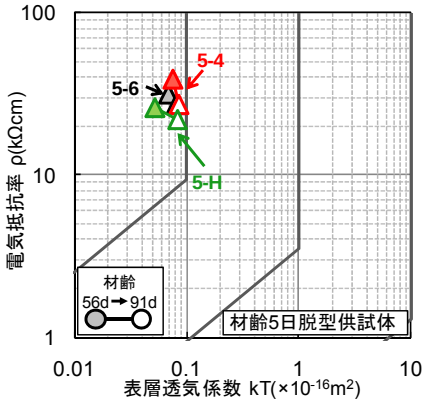

図 2　材齢 5 日脱型供試体の表層透気係数と電気抵抗率の関係

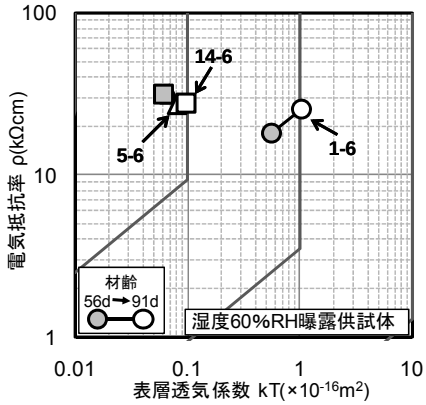

図 3　脱型時期が表層透気係数と電気抵抗率の関係に及ぼす影響

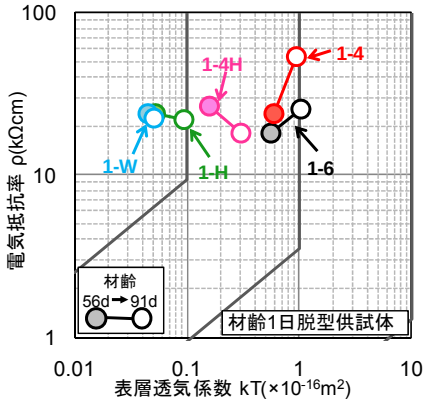

図 4　曝露環境が表層透気係数と電気抵抗率の関係に及ぼす影響

キーワード:品質検査，養生，非破壊試験，反発度，表層透気性,中性化
連絡先:〒270-1166 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)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

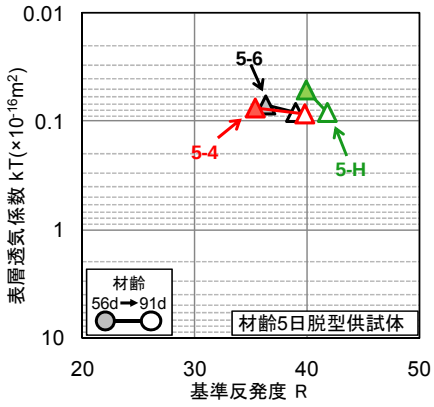

図 5 材齢 5 日脱型供試体の
基準反発度と表層透気係数の関係

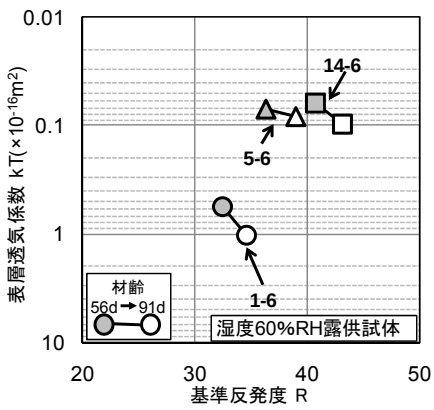

図 6 脱型時期が基準反発度と
表層透気係数の関係に及ぼす影響

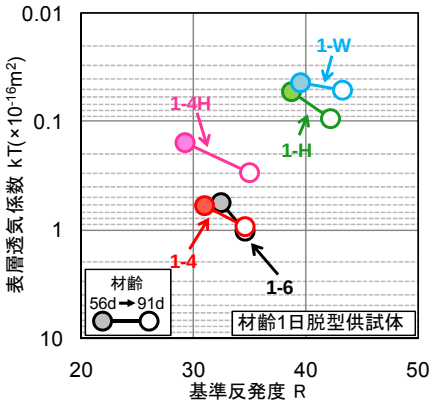

図 7 曝露環境が基準反発度と
表層透気係数の関係に及ぼす影響

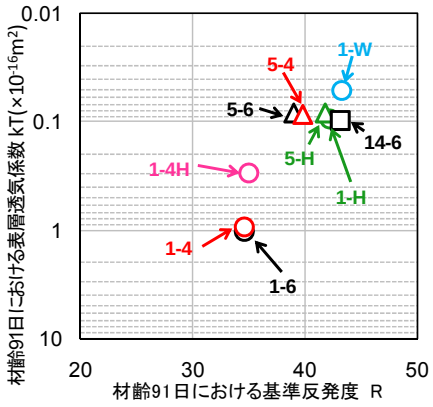

図 8 材齢 91 日における
基準反発度と表層透気係数の関係

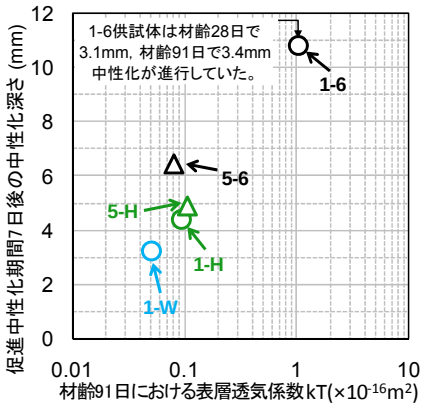

図 9 材齢 91 日における
表層透気係数と促進中性化深さの関係

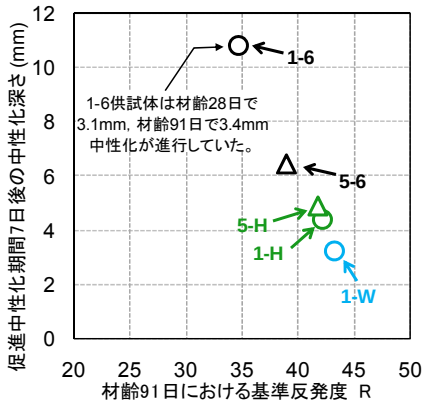

図 10 材齢 91 日における
基準反発度と促進中性化深さの関係

材齢 91 日で 0.08x10^{-16}m^2 程度と測定された。一方，我が国の一般的な湿度環境（60%RH）に曝露した供試体において脱型時期の影響を比較してみると，**図 3** の通り材齢 1 日脱型では 5，14 日に脱型した供試体と比べ透気係数が 1 オーダー大きくなってしまった。さらに，**図 4** で材齢 1 日で脱型した供試体においてその後の曝露環境の影響をまとめたところ，湿空や水中の比較的水分供給が豊富な条件では，5 日脱型供試体と同等の表層透気係数が得られることが分かった。また，1 日脱型後 40%RH に曝露された供試体でも，その後湿空環境に置かれることにより，ある程度表層透気係数が小さくなることが明らかとなった。なお，測定された電気抵抗率はどの供試体も 10kΩcm 以上であり，Torrent らの提案ノモグラムによる透気性のグレード評価 [3]において電気抵抗率による補正を受けない範囲にあった。

図 5～7 では，テストハンマー試験で得られた基準反発度を表層透気係数と比較した。5 日脱型供試体はいずれの環境に曝露した場合も同等な基準反発度が得られることが確かめられ，1 日脱型後，60%RH の環境に曝露した供試体では， 5 日脱型に比べ基準反発度も大きく低下した。これは，乾燥環境下に曝露されたことにより供試体表面から水分が逸散し，水和が阻害され，表層の組織が多孔化したことが原因と考えられる。また，1 日脱型後 40%RH に曝露された供試体でも，曝露後湿空環境に置かれることにより，表層透気係数と同様にある程度基準反発度が高くなることが確認された。

図 8 は，全供試体の材齢 91 日における基準反発度と表層透気係数の関係を表したものであり，正の相関が認められた。これら非破壊評価値と促進中性化試験結果を**図 9** および**図 10** でそれぞれ比較した。基準反発度および表層透気係数ともに，促進中性化期間 7 日後の中性化深さと強い相関が認められ，非破壊試験による品質評価によってコンクリート構造物の中性化抵抗性を判定できる可能性が示された。

参考文献：1)構造物表面のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会（335 委員会）成果報告書，土木学会コンクリート技術シリーズ 80，2007
2)R.J. Torrent, "A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site", Materials and Structures, Vol.25, No.6, pp.358-365, 1992
3)R.J. Torrent and G. Frenzer, "A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of the covercrete", Proceedings of the International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE), pp.985-992, 1995
謝辞：本研究を実施するに当たり，ご助言，ご意見を頂きました土木学会コンクリート委員会 216 委員会，ならびに 335 委員会の皆様に御礼申し上げます。