

減圧型表層透気試験の繰返し実施における測定結果の推移

(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 ○石川 弘毅 仲 亮介 下村 和也

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性を左右する表層品質を施工後に評価しより確実に耐久性を検証・確保するシステムの構築が土木学会 335 委員会などで議論されている。その技術的課題として、表層品質の評価に有用な非破壊検査方法が求められており、筆者らは物質移動抵抗性の非破壊検査方法として期待される表層透気試験に着目し、品質検査の適切な実施時期の選定に向けた非破壊評価値の経時推移を調べてきた¹⁾。一方、実際の品質検査に当たっては、複数回の測定により信頼性の高い評価値を得る必要がある。本研究では、前述の品質の経時推移評価研究でも必要となり、実際の品質検査においても重要になるものと考えられる同一箇所を対象にして繰返し実施した場合の測定結果の推移を調べた。

2. 実験概要

表 1 に示す配合にしたがって、15x15x53cm の角柱供試体を作製し、20°C60%RH の環境下で材齢が十分に経過した後(377~552 日)、減圧型表層透気試験を実施した。減圧型表層透気試験には、耐久性との相関が認められている Torrent 法²⁾を採用し、15x53cm 側面に対して測定を行った。

3. 実験結果および考察

図 1 に、N5、N6、H6d 供試体を対象に、同一箇所に対して表層透気試験を概ね 10 回以上連続実施した結果を示す。表層透気係数は、測定を中断した場合を除き、測定回数の増加にともなって低下する傾向が認められた。N5 供試体では、8 回連続して測定した後中断し、18 時間後再開したが、その前後で表層透気係数が約 0.5 から $2 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度まで上昇する結果となった。同様な傾向は、N6、H6d 供試体でも確認できた。特に、中断時間が 1 時間とより短い条件においても、表層透気係数が約 0.2 から $0.6 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度まで上昇する場合があることが明らかとなった(H6d 供試体)。また、表層透気係数は一般的に対数軸で評価されるが³⁾、その様に連続測定や測定中断の影響を見た場合、その低下量や変化量は比較的表面透気係数が小さく緻密な供試体であるほど大きい傾向が示された。

これらの傾向を詳細に調べるため、より広範な条件の供試体を対象に、5 回連続で測定した表層透気係数の推移を図 2 に示すとおり確かめた。その結果、1 回目の表層透気係数測定結果が 0.2 から $4 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度のいずれの供試体においても、連続測定によって測定結果が低下することが認められ、その低下傾向は供試体が緻密であるほど顕著であった。

以上より、同一箇所における試験の連続的繰返しが表層透気係数の漸次低下をもたらすことが明らかとなり、コンクリートの品質評価に対する表層透気試験の適用に当たっては注意が必要であることが分かった。すなわち、特定箇所に対する複数回の測定結果を以ってその平均を評価する場合、連続測定による結果の低下をも包含する可能性があり危険側の評価につながる可能性が高いので、時間間隔など測定値の取得方法を十分に検討しておく必要がある。他方、特定箇所の品質ではなく面的なばらつき把握によってコンクリートの品質を評価する考え方があるが、ここではこれら方法論の比較には踏み込まず、いずれの方法についても有用となる複数データによる評価結果の信頼性向上や特定箇所の品質を対象とし

表 1 コンクリート供試体の種類

略号	セメント	W/C (%)	W (kg/m ³)	s/a (%)	脱型材齢 (日)
N5	N	50	165	48	5
B5	BB				7
F5	FC			30	
N5g	N	36	162		
N3g				48	
N6		60	175		48
H6	167		44	1	
H6d				5 ^{*1}	
H6w				5 ^{*2}	
H6c				5 ^{*2}	

*1 材齢 28 日まで水中養生、以後 20 60%RH 雰囲気中に曝露

*2 材齢 28 日まで促進中性化(20 60%RH-CO₂5.0%)、以後 20 60%RH 雰囲気中に曝露

N:普通ポルトランドセメント, BB:高炉セメント B 種, FC:フライアッシュ C 種, H:早強ポルトランドセメント

キーワード: 表層品質, 非破壊評価, 表層透気試験, 繰返し測定, 測定時間間隔

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

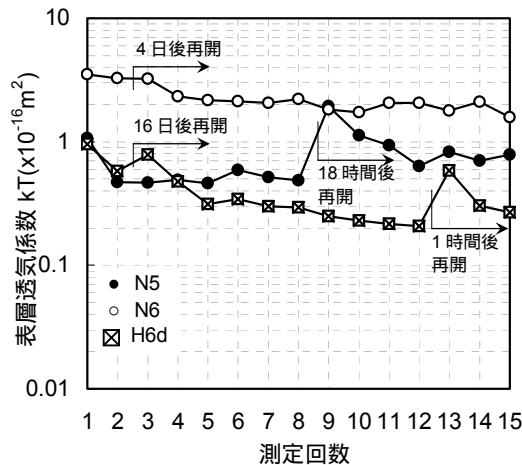


図1 15回連続測定における結果の推移例

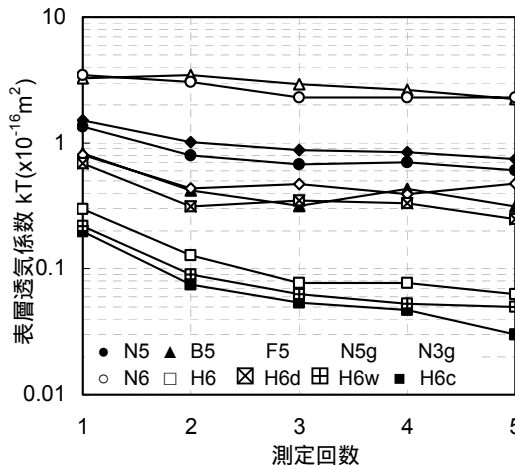


図2 連続測定における結果推移の供試体比較

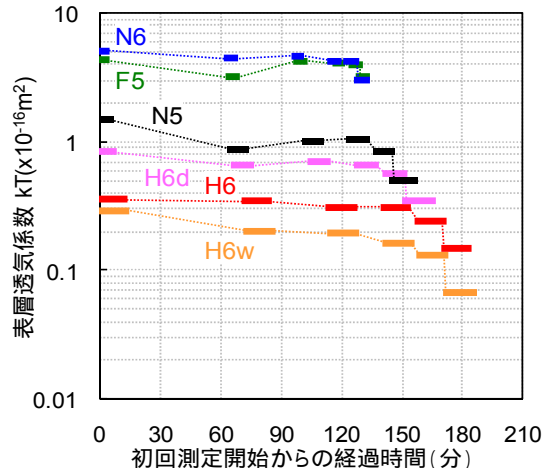


図4 表層透気試験結果に及ぼす測定時間間隔の影響

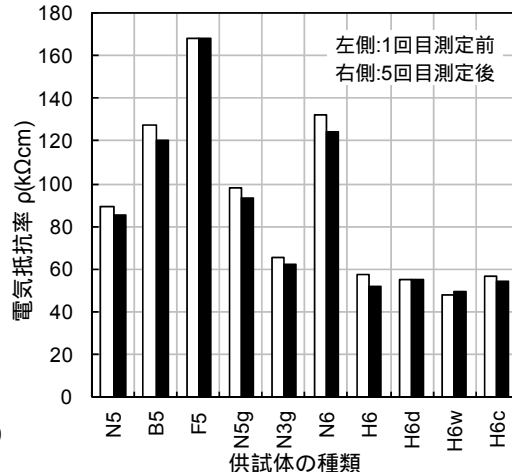
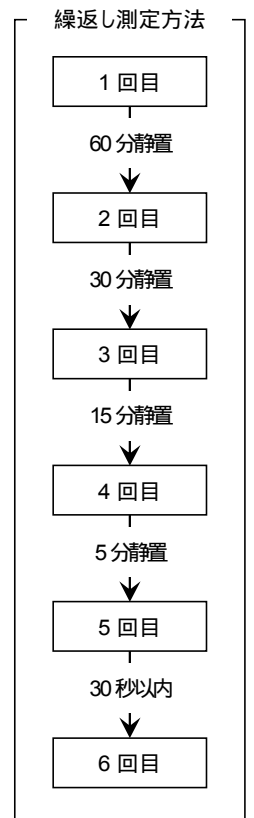


図5 表層透気試験の繰り返し実施による電気抵抗率の変化



1回当たりの測定時間は、
供試体の透気性により異なる。
今回測定した供試体では
180～720秒であった。

図3 測定時間間隔が結果に及ぼす影響の評価実験の概要

た経時変化評価にも寄与すると考えられる表層透気試験の繰返し測定法について検討した。図3は、表層透気試験の繰返し実施における適切な時間間隔を把握するため実施した実験の方法であり、時間間隔を段階的に変化させて表層透気係数を測定するようにした。図4にその実験の結果を示す。図1, 2で示したような連続測定で見られた測定値の漸次低下は、測定時間間隔を5分とした場合でも見られたが、その低下量は比較的小さくなった。一方、本実験の範囲内においては、間隔を15分以上確保した場合、測定結果の低下はほとんど見られなくなった。

連続測定による表層透気係数の漸次低下機構は、減圧透気によって生じた供試体内部の気圧低下が初期状態に戻っていないことが主に影響していると考えられるが、図2で示した連続測定前後におけるコンクリート表層の電気抵抗率を図5で比較した結果、連続測定によって電気抵抗率が低下することが解った。これは、減圧型表層透気試験を連続実施することにより、供試体内部の水分が移動する現象を捉えているものと考えられる。水分移動が電気抵抗率の低下に関与する現象機構の仮説として、供試体深部の水分が表層付近に移動することや、より微小領域の現象として水分がより空隙の狭小部に移動し留まることにより、透気経路を阻害するとともに電気抵抗率の低下に寄与したことが挙げられ、機構解明に関する詳細検討を現在行っている。

今回実験に用いた供試体は限られた範囲であるが、表層透気試験を繰返して実施する場合、適切な測定間隔を確保することでより再現性の高い測定値を取得することが可能になるものと期待できる。本稿で取り扱った現象は、Torrent法に限らず、その他の減圧型表層透気試験でも起こり得るものであり、同様な対策が必要と考えられる。

参考文献: 1) 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能検証」に関するシンポジウム講演概要集, pp.79-84, 2009.

2) R.J. Torrent and L.F. Luco: 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.

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、2009 年度科学研究費補助金(基盤研究(A)実構造物調査によるかぶり品質の実態把握と耐久性照査設計/竣工検査体系の高次融合, 課題番号 21246069, 代表者: 東京大学岸利治教授)の助成を得て実施したことを付記致します。