

コンクリート表面における散水時の明度変化の飽和度による表層品質の簡易検査

鉄道総合技術研究所 正会員 ○西尾 壮平

鉄道総合技術研究所 正会員 上田 洋

東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治

1. はじめに

コンクリート表層部における水や塩化物イオンなどの透過性は、鉄筋コンクリート(RC)構造物の耐久性に大きく影響する。近年、主にコンクリート表層の物質透過性を指し示す「表層品質」というキーワードが一般化しつつあり、非破壊評価手法に関する研究が活発化している。著者らは、構造物検査への適用性を重視した簡便な手法を検討し、コンクリート表面に少量の散水を行うことで得られる水分逸散性に関する情報に着目した「散水試験」を提案している¹⁾。散水試験では、手動の散水スプレーとバッテリー駆動の小型機器を使う程度の軽微な作業での評価が可能である。本稿では、散水試験における明度変化特性に基づく表層品質の簡易検査方法について検討した結果を報告する。

2. 散水試験の概要

例えば雨滴に見られるように、乾燥したコンクリートが濡れて暗色化することは周知の現象である。本手法ではこれを測色機器で定量化し、表層品質と関連付けた評価を行う。具体的には、コンクリート表面にスプレーで所定量の水を散水し、測色機器で表面の明度変化の計測を行う。図1に、本手法の概要を示す。なお、本稿では言及しないが、鉛直面への適用時に観測される余剰な水の流下現象は、表層品質の簡易評価に活用できる可能性がある¹⁾。散水による明度変化は、ハンディタイプの測色機器を用いて $L^*a^*b^*$ 表色系の明度 L^* で定量化した。表1および表2に、散水方法と測色条件を示す。測色と散水の中心位置は位置決め用の器具で一致させた。測定手順は、明度 L^* の初期値を計測した後で約 0.3ml の散水を行い、散水 10 秒後から明度 L^* を経時的に計測する。これを同一箇所に対して 2 分間隔で最大 10 回まで繰り返す。散水と測色を繰り返す行う点は本手法の大きな特徴の一つとなっている。

3. 散水試験の簡易化の検討

実環境下で施工・曝露された RC 高架橋試験体の柱

(以下、柱試験体とする)を対象とした散水試験の測定データに基づいて、散水試験における簡易な測定手順および評価指標を検討した。

柱試験体は配合および養生条件で品質の差異化が図られ、形状は $300 \times 400\text{mm}$ の矩形断面で、高さは 2,350mm、上部にはスラブが施工されている。柱試験体の作製には実施工が模擬され、レディーミクストコンクリートを用いた上でコンクリート標準示方書施工編の施工標準に準拠して、ポンプ圧送、打込み、振動締固めが行われた。表3および表4に、使用されたコンクリートおよび測定対象とした2本の柱試験体の概要を示す。散水試験は、柱試験体の材齢約1年から2年で天候等の測定環境が異なる複数の時季に実施した。降雨の影響を避けるため、測定位置は高架橋の内面側で地上高は約 1,000mm、幅 400mm の面の中央付近とした。各柱試験体の測定点数は1点である。一方、柱試験体の物質透過性を評価するため、材齢約1年で採取したコア試験体による塩水浸漬実験を JSCE-G572 に準

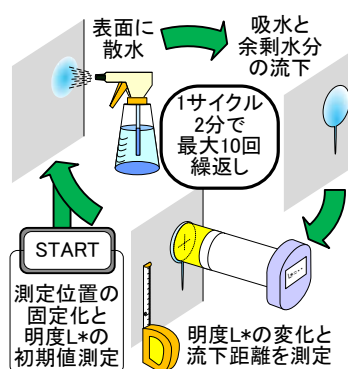


図1 試験手法の概要

表1 散水方法

散水器具	手動式スプレー
散水量	0.25 ml/回
散水領域	φ 60 mm
繰返し回数	10 回
繰返し間隔	2 min

表2 測色条件

表色系	$L^*a^*b^*$
測色方式	刺激値直読式
測定径	φ 50mm
観察光源	標準イルミナント C
視野角度	CIE 2°

表3 配合およびフレッシュ性状

配合名	セメント	呼び強度(MPa)	スランプ(cm)	空気量(%)
N24	普通	24	13.0	4.5
N60	普通	60	57.5 (フロー)	4.9

表4 柱試験体の概要

番号	配合	養生条件	脱型材齢	試験体の設定
S1	N60	早期脱型	1 日	高強度で養生不足
S5	N24	標準養生	5 日	材料不具合 ^{*1}

*1: 打設直前に約 20kg/m³ 加水

キーワード 散水試験, 測色, 表層品質, 物質移動抵抗性, 明度, $L^*a^*b^*$ 表色系

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総研 コンクリート材料 TEL 042-573-7338

抛して行った。塩水浸漬期間は約7箇月とした。

図2に、散水試験による明度変化の測定例を示す。コンクリート表面の明度 L^* は、散水前の初期値が最高値をとり、1回目の散水で急激に低下する。散水で付与した水分は時間の経過とともに表面から徐々に消失し、明度変化の主要因は水の存在であるため、明度 L^* は表面の水分の消失状況と対応して経時的に初期値へと復元していく。一方、散水の繰返しで明度 L^* はさらに低下するが、繰返し回数の増加に伴って明度 L^* は底打ちとなり、時間あたりの変化も鈍化する。これらは表層における含水状態の飽和を捉えた挙動と考えられ、繰返し散水時の明度変化特性がコンクリートの品質によって大きく異なることがわかっている¹⁾。

著者らのこれまでの検討では、図2に示したような明度 L^* の詳細な経時変化データに基づく評価指標を提案してきた¹⁾ものの、本手法の開発目的は簡便性に重点を置いている。検査現場への適用性、手法の普及やデータ蓄積の容易さを考慮し、測定手順は可能な限り簡易化したい。そこで、明度 L^* の詳細な経時変化データから所定の経過時間における測定値を選択的に抽出し、測定データ量の削減と、明度変化を代表する評価指標の検討を行った。検討の結果、明度変化の測定は、図3に示すとおり散水の直後である10秒後、次の散水直前である90秒後の2回とし、次式(1)で表される明度変化の飽和度 S_B によって評価できることがわかった。

$$S_B = (L_I - L_E) / (L_I - L_{MIN}) \quad \text{式(1)}$$

ここに、 L_I : 明度 L^* の初期値、 L_E : 散水90秒後の測定値、 L_{MIN} : 測定箇所における明度 L^* の最低値である。

図4に、柱試験体S1およびS5における明度変化飽和度 S_B と繰返し回数 n の関係を示す。図中の凡例には、見掛けの拡散係数 D_{ap} を併記した。物質透過性の大きく異なるコンクリートでは、測定環境によらず、 S_B と n

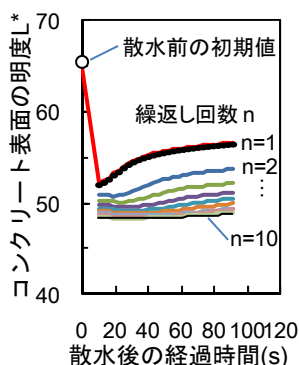


図2 明度変化の測定例

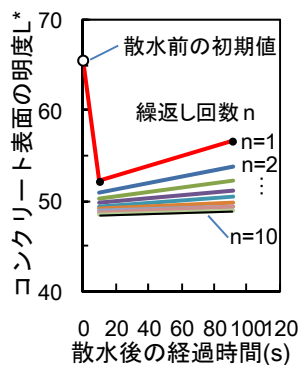


図3 測定データの減量化

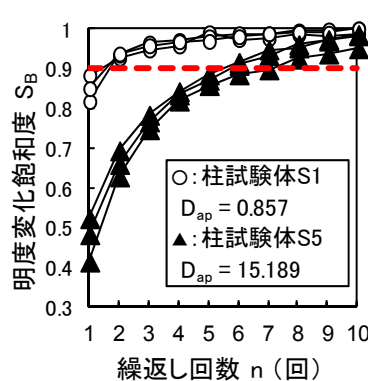


図4 明度変化飽和度と繰返し回数の関係

の関係が大きく異なることがわかる。図4中に破線で示したように、例えば S_B の閾値を0.90とし、閾値を超過するまでの繰返し回数 n の大小によって品質が判定できる。すなわち、高品質のS1試験体では n が2回となり、低品質のS5試験体では n が6~8回となった。ここでの S_B の閾値0.90は検証データ数が些少であるため参考値となるが、低品質のコンクリートでは所定の S_B の値に到達するための繰返し回数 n が大きくなることは確実と考えられる。散水試験における繰返し回数 n の値は、数値の算出方法が土質の分野で一般的な標準貫入試験の N 値と類似した評価値となっており、数値の根拠が比較的容易に理解できると考えられる。

図5に、散水試験の測定手順を示す。測定データの減量により測定手順は大幅に簡略化され、明度に関する測定項目は3項目となる。散水試験では、軽装かつ軽微な作業で測定が可能である。また、評価値である明度変化飽和度 S_B の算出と繰返し回数 n による判定に特殊な技能を必要としない。これらの特長を有する散水試験には簡易判定への幅広い活用が期待できる。

4. まとめ

測定手順を簡易化した散水試験における評価指標として明度変化の飽和度 S_B を考案し、品質の大きく異なるコンクリートの評価に適用できることを確認した。表層品質に対する S_B の閾値を設定することで、閾値を超過する繰返し回数 n による簡易判定が可能となる。

参考文献: 1) 西尾壮平, 上田洋, 岸利治: コンクリート表面における散水時の明度変化特性および水の流下特性による表層品質の非破壊評価, セメント・コンクリート論文集, No.66, pp.303-310, 2013

謝辞: 本研究は、吉田研究奨励賞を授与された研究計画に基づいて実施した。ここに記して謝意を表する。

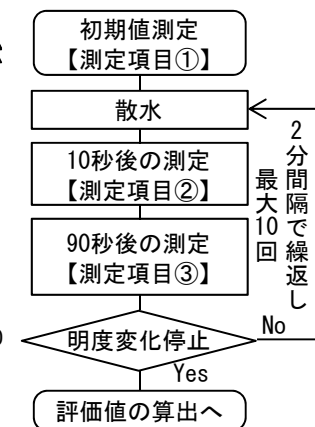


図5 散水試験の測定手順