

コンクリート表面における散水時の明度変化および水の流下特性

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

鉄筋コンクリート構造物の耐久性は、コンクリート表層部における水や塩化物イオンなどの物質移動に対する抵抗性に大きく左右されるため、コンクリートの表層品質に関する非破壊評価の重要性が高まっている。著者らは、構造物検査への適用性を重視した簡便な表層品質の非破壊試験手法を検討し、コンクリート表面に少量の散水を行うことで得られる情報に着目した手法を考案した¹⁾。本稿では、散水時の明度変化特性および水の流下特性について検討した結果を報告する。

2. 非破壊試験手法の概要

例えば降雨時に見られるように、乾燥したコンクリート表面が濡れて黒く変色することは、周知の現象である。また、コンクリート表面に接した水分は徐々に内部へ吸収されるが、鉛直面では、瞬間的に吸収されない余剰の水分が表面を流下する。本手法はコンクリート表面への散水時に観察されるこれらの現象に着目したものである。具体的には、コンクリートの鉛直面にスプレーで所定量の水を散水し、散水前後およびその後の吸水乾燥過程の表面色変化を測色機器で計測すると同時に、鉛直面を流下した水の流下状況を観測するものである。図1に、試験手法の概要を示す。

コンクリートの表面色は水分の付与により変化し、色の三属性のうち明度が大きく低下する。本研究では、ハンディタイプの測色機器を用い、コンクリート表面への散水に伴う明度変化を $L^*a^*b^*$ 表色系における明度 L^* により定量的に評価した。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治具でおおむね一致させた。散水前の明度 L^* を初期値として計測したのち散水を行い、散水の10秒後から3秒間隔で明度 L^* を経時的に測定した。一方、散水後に鉛直面を流下した水に関して、流下が止まった時点で、散水領域の中心からの流下長さ（以下、流下距離とする）を計測した。散水・明度測定・流下距離測定の一連の

流れを2分間隔で10回繰返して行った。

3. 柱状中規模試験体による検討

本稿で示す測定結果は、千葉市内に実環境下で施工・曝露された中規模のラーメン高架橋試験体の20本の柱（以下、柱試験体とする）のうち5本に関するものである。柱試験体は、いずれも $300 \times 400 \text{ mm}$ の矩形断面で、地上部の高さが $2,350 \text{ mm}$ で、上部にスラブが施工されている。試験体の作製にはレディーミクストコンクリートが用いられ、コンクリート標準示方書施工編の施工標準に準拠した施工手順により、ポンプ圧送、打込み、振動締固めが行われた。測定時の材齢は約2年である。表3に、柱試験体の概要を示す。測定面は降雨の影響を避けた高架橋の内面側とした。測定位置は、地上高が約 $1,000 \text{ mm}$ で、幅 400 mm の面の中央付近とし、各柱試験体の測定点数は1点とした。

図2に、明度 L^* の経時変化の一例として S1 および

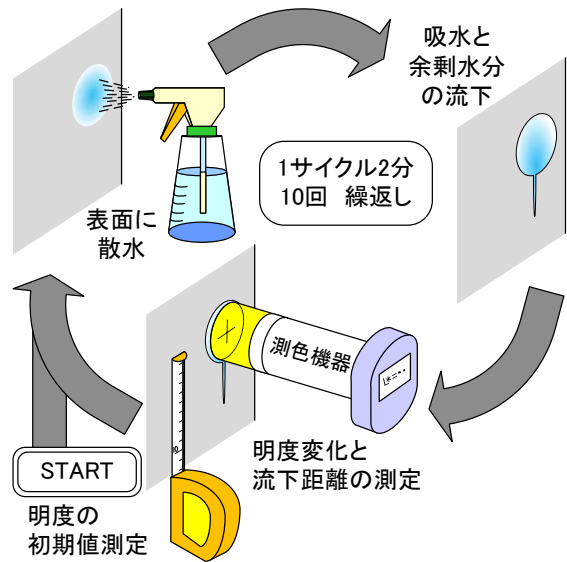


図1 試験手法の概要

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°

キーワード 散水、測色、表層品質、物質移動抵抗性、明度、 $L^*a^*b^*$ 表色系、水の流下

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

S3の測定結果を示す。明度 L^* は、初期値である散水前の測定値が最高値をとり、散水によって急激に低下する。散水で付与した水分は、内部への拡散あるいは表面からの蒸散により、時間の経過とともに表面からは徐々に消失する。本手法で明度が変動する主要因は水分の存在であるため、散水後の明度 L^* は表面の水分の消失状況と対応し、経時的に初期値へと復元していく。一方、散水の繰返しにより明度 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は、コンクリートの品質により大きく異なる。ここで、明度変化に関する指標として、単位時間あたりの明度変化の最大値（以下、明度変化速度最大値 V_H とする）に着目する。各種品質の小型供試体を用いた検討¹⁾において、明度変化速度最大値 V_H は吸

水抵抗性と相関があることを確認しており、吸水抵抗性が高いコンクリートでは V_H が小さくなる（図3）。図4に、柱試験体の明度変化速度最大値 V_H を示す。散水の繰返しで V_H は低下し、高強度配合のS1や密封養生を行ったN3では2～4回の散水で $V_H \approx 0$ となった。一方、材料不具合として約 20kg/m^3 の加水を行ったS5や1日脱型のS3では、散水の繰返しで V_H は0に漸近するものの、10回の散水では収束しなかった。 V_H の収束に要する散水回数が評価指標となる可能性がある。

図5に、各試験体の流下距離を示す。散水繰返し回数3回以降の流下距離と比較すると、S1とS5で明確な差が現れている。しかし、標準養生のS4と密封養生を追加したN3では、S4の流下距離が大きい。流下距離は、瞬間的に吸収されない余剰水分の量、すなわち吸水抵抗性の高さともある程度の関連性を有すると考えられるが、特に、比較的高品質あるいは劣悪な品質のコンクリートの判別に適している可能性がある。

4. まとめ

乾燥したコンクリート表面における散水時の明度変化および余剰水の流下距離は、各種品質のコンクリートで大きく異なることを示した。なお、本稿では示していないが、本手法ではコンクリートの含水状態の影響を受けることが確認されており、検討課題となっている。本手法における明度変化および流下距離は、実構造物での測定が非常に容易であるため、実構造物を対象とした検査指標としての活用を今後も検討する。

参考文献

- 1) 西尾壮平, 上田洋, 岸利治: 散水時の明度変化によるコンクリート表層品質の非破壊評価に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, 2012 (投稿中)

表3 柱試験体の概要

試験体名	呼び強度	養生条件	脱型材齢	試験体の設定
S1	60	早期脱型	1日	高強度配合
N3	24	密封養生*2	5日	追加養生*2
S3	24	早期脱型	1日	養生不足
S4	24	標準養生	5日	標準
S5	24*1	標準養生	5日	材料不具合*1

*1: 打設直前に約 20kg/m^3 加水, *2: 材齢28日まで

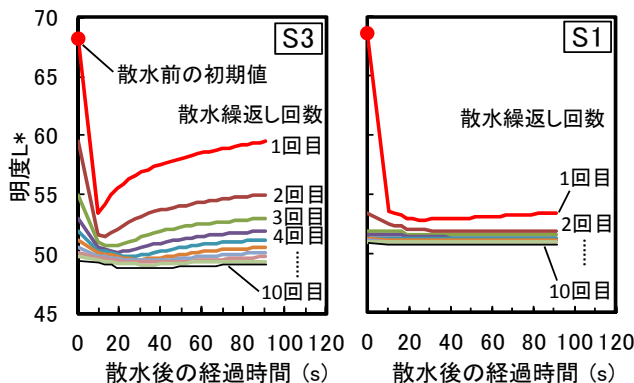


図2 繰返し散水時の明度 L^* の経時変化測定例

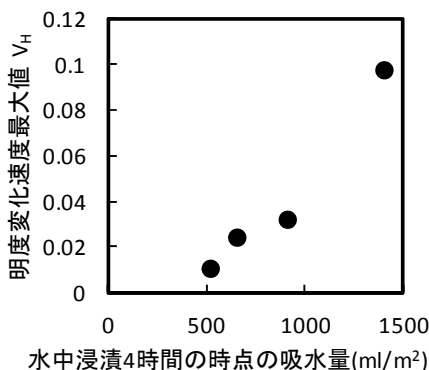


図3 明度変化速度最大値 V_H と吸水特性の関係¹⁾

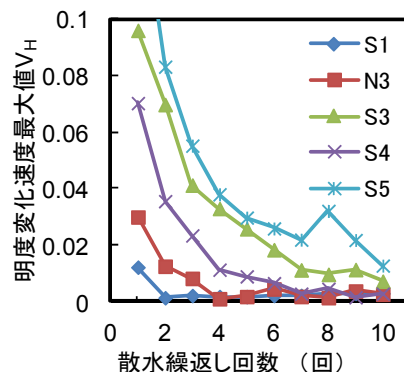


図4 明度変化速度最大値 V_H と散水繰返し回数の関係

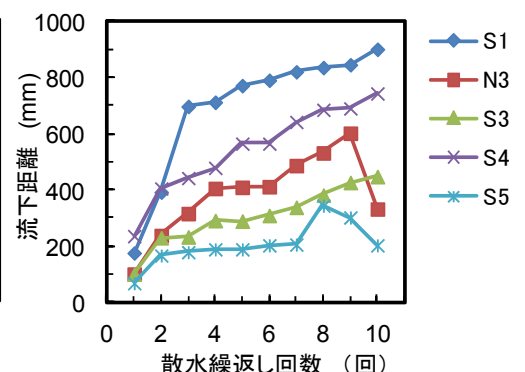


図5 流下距離と散水繰返し回数の関係