

吸水させたコンクリート表面の輝度の時間変化に基づく広域な表層品質評価法の実装

長岡工業高等専門学校
長岡工業高等専門学校
長岡工業高等専門学校

学生会員 ○宮 翼 五十嵐 優太 笠井 倫 小宮 陸
正会員 陽田 修 村上 祐貴 井林 康
山岸 遼平 上村 健二

1. はじめに

コンクリート構造物の表層部の密実性は、構造物の劣化を防ぐための重要な品質要素である。表層部の品質（以下、表層品質）を定量的に評価する手法として、表面吸水試験と表層透気試験が実用化されているが、これらの手法は評価できる領域が狭小であり、面的な表層品質評価は困難である。このような背景から、中川らは広範囲の表層品質の評価を可能とする新たな評価手法を検討したり、コンクリートを吸水させ、乾燥によって生じる反射輝度の時間変化をカメラで撮影することで表層品質を評価することが可能である。また、先行研究では、この評価手法に安価な RGB カメラを用いて、屋外環境での適用性が確認されている。しかし、実際に供用されている実構造物を対象とした計測は行われていない。本研究では、本手法の実装に向け、ボックスカルバートを対象に測定を行ない、本手法の妥当性を検証することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 反射輝度測定試験

測定は新潟県長岡市内にある国道下のボックスカルバート壁面を対象とした。対象の全景を図-1 に示す。同一壁面に測点 A, B, C の3測点を設定した。1測点の測定範囲は図-2 に示すように3200mm(W)×1600mm(H)とし測定は1測点毎に行った。散水した水を壁面に確実に吸水させるため、測定面と同じ大きさの不織布を測定面に密着させ、10分間の散水を行った。散水後余剰水を取り除くため10分間静置した後、不織布を取り除いた。その後、測定中の照度変化を補正するため後述するセラミックパネルを測定面の四隅に貼り、測定面を RGB カメラにより撮影間隔10秒で1時間撮影した。RGB カメラは測定範囲が画角に収まるよう設置し、定点で撮影した。測定完了後、撮影した写真から反射輝度の時間変化を抽出する領域を測定範囲内に指定した。この時、指定する領域は同じような表層品質に偏らないように留意した。地点 A, B では28箇所、地点 C では30箇所の領域に識別番号を割り振り、その領域について反射輝度の時間変化を分析した。再現性の確保のため、測定は各測点で3回行い、同一地点の測定では反射輝度の時間変化を分析する領域を同一とした。



図-1 ボックスカルバート全景

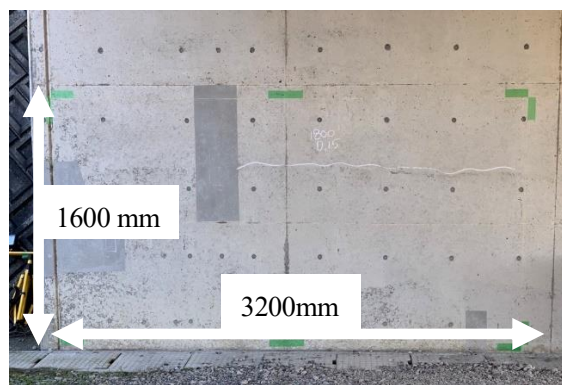


図-2 1測点の測定対象範囲

2.2 表面吸水試験(SWAT 法)

実構造物を対象に本手法の妥当性を検証するため、各測点で表面吸水試験を行った。表面吸水試験はコンクリート表面に固定した吸水カップに水を注水して行う試験であり、10分間の注水で表面吸水速度が得られ、表層品質の良否を判断するものである²⁾。本研究では、各測点であらかじめ測定した数箇所の表面吸水速度実測値と同領域の輝度の時間変化から算定した算定表面吸水速度との比較により評価手法の妥当性を検証した。

2.3 補正用パネル概要

屋外環境で試験を行う際は太陽高度の変化等による照度の変化を無視できない。測定対象範囲を2分割し、それぞれの4隅にセラミックパネル(以下補正用パネルとする)を設置し、双線形補完を用いて4隅の補正用パネルの輝度値と測定対象の座標関係から補正値を算出し、後述する式(1)を用いて補正を行った。なお、補正用パネルの寸法は150mm(W)×150mm(H)である。

キーワード 表層品質, 吸水速度, 反射輝度, RGB カメラ

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9273

3. 実験結果

3.1 ボックスカルパート壁面の反射輝度時間変化

測定中の日光による照度変化を除去するため、式(1)を用いて反射輝度の補正を行った。

$$Y't = \frac{Y_t}{Y_{t1}} / \frac{B_t}{B_{t1}} - 1 \quad (1)$$

ここで、 Y_t : 測定対象の時刻 t における輝度値、 Y_{t1} : 測定対象の測定開始直後の輝度値、 B_t : 補正用パネルから算出した時刻 t における輝度値、 B_{t1} : 補正用パネルから算出した測定開始直後の輝度値、 $Y't$: 補正した測定対象の時刻 t における輝度値である。

図-3 は測点 A の 1 回目の測定結果、図-4 は測点 C の 2 回目の測定における反射輝度の時間変化を示す。凡例は各測点内の指定領域を示す。先行研究から、屋内環境でのコンクリート表面の反射輝度の時間変化は乾燥に伴い放物的に増加することが確認されているが、屋外環境では測定中の照度変化により反射輝度は複雑な挙動を示す。一方、図-3 及び図-4 に示す照度の影響を補正した反射輝度は放物的な時間変化を示し、屋内実験の結果と同様な傾向が確認された。よって、屋外環境で実構造物を対象とした場合であっても本手法により照度変化を補正し反射輝度の時間変化を得ることができる。

3.2 妥当性の検証

表面吸水試験で求められる表面吸水速度と反射輝度から算定した算定表面吸水速度を比較し、実構造物を対象に本手法の妥当性を検証した。表面吸水試験を行った領域に対し、目的変数を表面吸水速度、説明変数を反射輝度-時間グラフの 10 分ごとのグラフの傾きとして重回帰分析を行った。これにより表面吸水速度と反射輝度の時間変化との回帰式(2)を導き出した。

$$S [\text{ml}/\text{m}^2/\text{s}] = \sum a_n \Delta Y_n + b \quad (2)$$

ここで、 S : 表面吸水速度、 ΔY_n : 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60 分の反射輝度-時間グラフの傾き、 a_n : 各時間に対応する係数、 b : 切片である。

なお、測定日によって気温、湿度等、測定環境は異なることから、測定時の条件における最適な説明変数を使用するため、増減法により P 値が 0.2 を下回る説明変数のみを用いた。

測点 C の 2 回目測定結果から式(2)を用いて算定した算定表面吸水速度と実測値との関係を図-5 に示す。測点 C のグラフの近似式は正比例し相関も非常に高い。反射輝度から算定した算定表面吸水速度は実測値と高い相関性を示しているため、屋外環境かつ実構造物を対象に本手

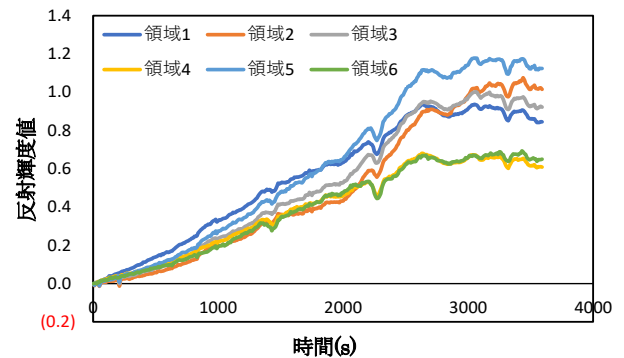


図-3 反射輝度の時間変化(測点 A_1 回目)

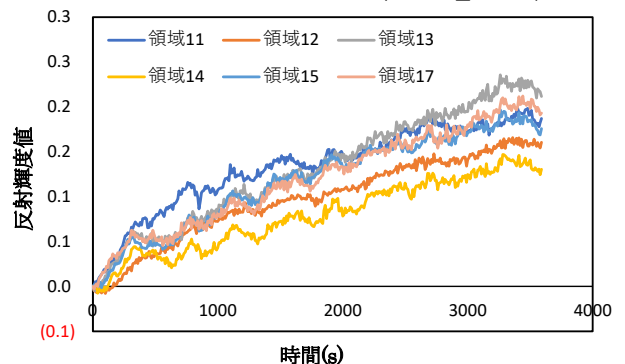


図-4 反射輝度の時間変化(測点 C_2 回目)

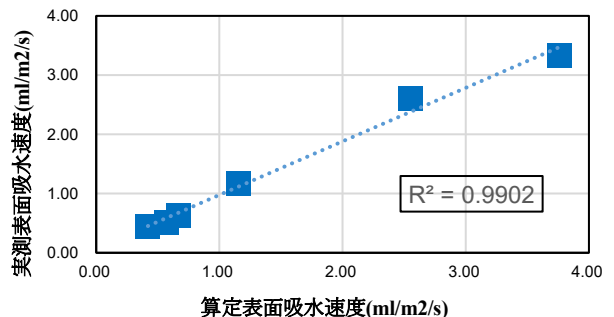


図-5 表面吸水速度の実測値と算定値の相関
(測点 C_2 回目)

法の妥当性が確認された。

4. まとめ

- (1) 実構造物を対象とし、本手法により照度の影響を補正することで反射輝度の正確な時間変化が得られた。
- (2) 表面吸水速度の実測値と算定値の関係から、実構造物を対象とした場合での本手法の妥当性が確認された。

本研究の一部は、長岡市ものづくり未来支援補助金及び一般社団法人新潟県コンクリートメンテナンス研究会の協力により行った。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- (1) 中川直人, 他: 吸水させたコンクリート表面の輝度の時間変化に基づく表層品質評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.1695-pp.1700, 2018年7月
- (2) 井川倫宏, 他: 表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価基準に関する基礎的研究, コンクリート工学論文集, 第29巻, pp.101-pp.109, 2018年7月