

屋外環境下における吸水させたコンクリート表面の反射輝度の時間変化に基づく表層品質評価

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○小宮 陸
 長岡工業高等専門学校 正会員 陽田 修
 長岡工業高等専門学校 非会員 上村健二
 長岡工業高等専門学校 正会員 井林 康
 長岡工業高等専門学校 正会員 村上祐貴

1. はじめに

現在、コンクリート構造物の表層品質を定量的に評価する代表的手法としては、表面吸水試験と表層透気試験が挙げられる。これら既存の手法は、一回の測定で計測可能な領域が 50~80mm 程度と狭小であり、広範囲の表層品質評価は困難である。このような背景から、著者らは、従来手法に比べて、一回の測定で広範囲の表層品質評価を可能とする新たな評価手法を提案した¹⁾。しかしながら、先行研究においては照度、温度、湿度が安定した屋内環境下での評価に留まっており、屋外環境下での検討は不十分であった。そこで本研究では、屋外環境下における照度の時間変化が本測定手法に及ぼす影響評価とその補正方法を検討した。

2. 提案する表層品質評価

図-1 に示すように、乾燥時と吸水時のコンクリート表面の色合いは明らかに異なる。コンクリートは無彩色なため、この違いは反射輝度に起因しており、コンクリートの表層の凹凸が水で充填され乱反射が起こりにくくなるためである。コンクリート表面は、表層部が緻密であるほど水が内部まで浸透しづらく、表面が乾きやすい。提案手法では吸水させたコンクリート表面の反射輝度値の時間変化の違いを利用して表層品質評価を行っている。

3. 実験概要

3.1 試験体

試験体は、150mm (W) ×150mm (D) ×100mm (H) の小型角柱試験体である。セメントは早強ポルトランドセメントを使用した。水セメント比は 3 水準 (45%, 55%, 65%) であり、養生方法は 4 水準 (気中 30°C,

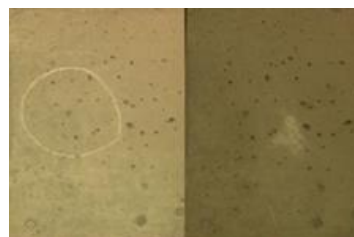


図-1 コンクリートの色合い乾燥時(左)と吸水時(右)

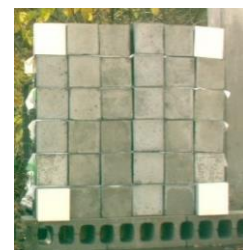


図-2 試験体設置状況

15°C, 5°C, 水中) とした。試験体は各パラメータにつき 3 体作製した。なお、水セメント比 65% の気中養生 (5°C)、水セメント比 55% の水中養生で作製した試験体は測定面に損傷があり、検証用の表面吸水試験を実施できなかったため、検討対象外とした。

実験は屋外環境で実施した。小型試験体を 6 行 × 6 列に並べて静置し、測定面と同じ大きさの不織布を測定面に密着させ、不織布上から 10 分間の散水を行った。散水後 10 分間静置した後、不織布を取り除き、測定中の照度変化を補正するため、150mm × 150mm のセラミック板 (以降、補正用パネルと称す) を 4 隅に設置した (図-2 参照)。その後、測定面の反射輝度を 10 秒間隔で 1 時間取得した。なお、補正用パネルの寸法は小型試験体と同様である。再現性を確認するため、実験は測定日を変えて 3 回行った。

3.2 照度の補正

屋内環境下において、散水によって吸水したコンクリート表面の反射輝度は、乾燥に従い放物的に増加し、一定値になることが分かっている¹⁾。一方、屋外環境下においては、反射輝度の時間変化にはコンクリート表層の乾燥に起因するものと太陽光の照度の変化に起因するものが混在するため、後者による反射輝度の変化を取り除く必要がある。そこで著者らは、双線形補

キーワード 表層品質, 反射輝度, 表面吸水試験

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 0258-34-9276

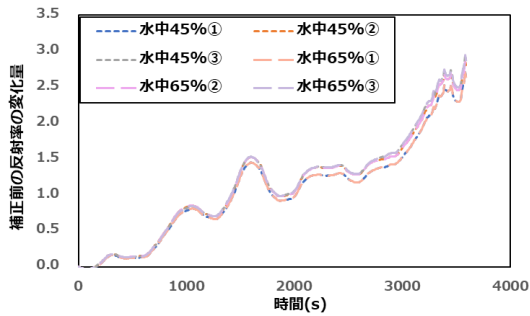


図-3 補正前の反射率の変化量

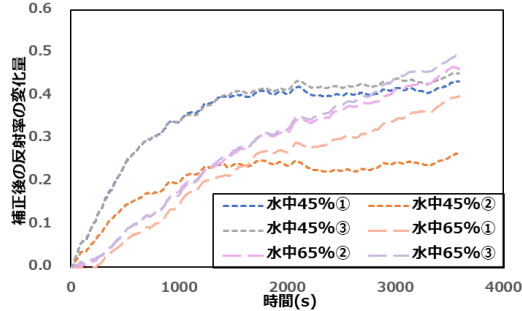


図-4 補正後の反射率の変化量

間を用いて式 (1) より照度変化の影響を低減した。

$$Y_{at} = \frac{Y_t}{Y_{t1}} / \frac{B_t}{B_{t1}} - 1 \quad (1)$$

ここで、 Y_{at} ：試験体の時刻 t における反射率の変化量（補正後）、 Y_t ：試験体の時刻 t における反射輝度、 Y_{t1} ：試験体の測定開始直後の反射輝度、 B_t ：双線形補間から算出された対象領域の補正用パネルの時刻 t における反射輝度、 B_{t1} ：双線形補間から算出された対象領域の補正用パネルの測定開始直後の反射輝度である。

4. 実験概要

4.1 照度の補正

図-3 に R3 年 12 月 22 日に行われた試験の補正前の反射率の変化量 ($Y_t / Y_{t1} - 1$)、図-4 に補正後の反射率の変化量の一例を示す。図中の凡例は養生方法と水セメント比を示している。反射率の変化量は、照度一定の屋内環境における反射輝度と同様に放物線状に増加していることから、測定中の照度の変化の影響を低減出来たと考えられる。

4.2 反射輝度に基づく表層品質評価

本研究では各試験体の表面吸水速度を式 (2) より算出することとし、式 (2) の係数を、重回帰分析を用いて決定することとした。目的変数の表面吸水速度は、事前に実施した表面吸水試験で得られた表面吸水速度である。

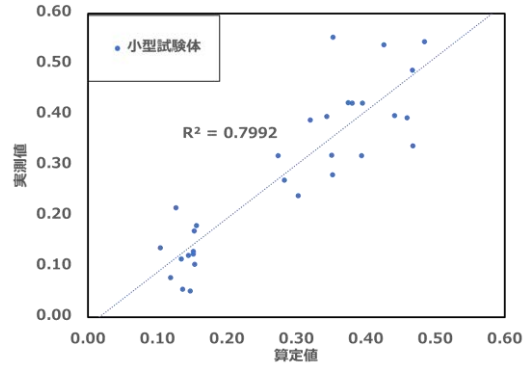


図-5 表面吸水速度の算定値と実測値の比較

$$Z = a_1 \Delta Y_a + a_2 \Delta Y_b + a_3 \Delta Y_c + a_4 \Delta Y_d + a_5 \Delta Y_e + a_6 \Delta Y_f + b \quad (2)$$

ここで、 Z ：表面吸水速度 ($\text{ml}/\text{m}^2/\text{S}$)、 ΔY_a ：測定開始から 10 分の補正後の反射率の回帰直線の傾き、 ΔY_b ：10～20 分の補正後の反射率の回帰直線の傾き、 ΔY_c ：20～30 分の補正後の反射率の回帰直線の傾き、 ΔY_d ：30～40 分の補正後の反射率の回帰直線の傾き、 ΔY_e ：40～50 分の補正後の反射率の回帰直線の傾き、 ΔY_f ：50～60 分の補正後の反射率の回帰直線の傾き、 $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ ：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、増減法を用いて P 値が 0.2 を下回る説明変数のみを用いることとした。図-5 に、式 (2) より算定した表面吸水速度（算定値）と表面吸水試験より得られた表面吸水速度（実測値）の比較を示す。表面吸水速度の算定値は 3 回の測定の平均値である。図に示すように、実測値と算定値の自由度調整済み決定係数 (R^2 値) は 0.80 程度であり、非常に高い相関が確認できたことから、本研究で提案した照度の補正方法の妥当性が示された。

5. まとめ

- (1) 本研究で提示した補正を行うことで照度の影響を低減することが出来た。
- (2) 補正した反射率に基づき算定した表面吸水速度と実測値は比較的良好な一致を示し、屋外環境下での本手法の評価の妥当性が示された。

参考文献

- 1) 中澤文香, 村上祐貴, 上村健二, 井林康：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に及ぼす諸要因の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, pp.1877-1882, 2019.7