

環境温湿度変化とコンクリート表面色に関する基礎的研究

Preliminary investigation on the relation between concrete surface color and environmental temperature and humidity change

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 小林 優 (Yu Kobayashi)
北海道大学大学院工学研究院 正 員 松本 高志 (Takashi Matsumoto)

1. はじめに

コンクリートは多孔質材料であり、環境温湿度の変化に伴い吸湿と放湿挙動を示す。吸湿に伴いコンクリート表面は濡れてゆき、表面色は白色から黒色方向に変化する。一方で、放湿では表面が乾いてゆき、表面色は逆方向に変化する¹⁾。コンクリートの平衡含水率と湿度の関係は吸湿時と放湿時で異なる経路をたどるヒステリシス挙動を示すことが知られており、表面色も同様の傾向を示すことが報告されている²⁾。以上により、環境温湿度とコンクリート表面色との関係が見出されたならば、表面色のモニタリングによりコンクリートが置かれている環境状況・履歴を推測できる可能性がある。

本研究では、コンクリート表面を数日間の範囲で継続的に撮影し、環境温湿度変化に伴う表面色の輝度値を計測することで、環境温湿度変化とコンクリート表面色輝度値との関係を調べる基礎的な検討を行う。

2. 実験概要

2.1 全体配置

実験状況を図-1に示す。

表面色輝度値を計測するコンクリート供試体としては、直径150mm、高さ300mmの円柱供試体を用いた。表面画像を記録する機器としてタイムラプスカメラを間接照明下で用いた。供試体の背後には参照用の白板を設置した。また温湿度計により周辺の温度と湿度を計測した。

2.2 環境条件

供試体は注水した容器内に直立させ、下部50mmが水没するように設置した。これは、室内環境の温湿度変化に伴い、供試体中の含水状態が測点付近で変化するように行っている。この供試体の容器への設置は撮影の開始直前に行った。

実験は室内で行っており、環境試験器等による温度と湿度の制御は行っていない。室内環境下の自然な変化の下での計測を行った。ただし、実験室では日中暖房が作動しているため、気象変化に伴う温湿度変化に加えて暖房による変化があり、後者による温度変化は大きい状況となる。

コンクリートの表面色輝度値の計測の性質上、外部の光源、主に日光の影響を受けやすいため、床上に配置した全体の側面と上面を覆って外部からの光を遮断した。その上で内部にLED照明を設置して、一定の照明条件を確保した。

2.3 画像撮影と温湿度計測

画像の撮影には Brinno の HDR タイムラプスカメラ

LTC200Pro を使用し、温湿度の計測には Lascar Electronics Inc.の温湿度計 EL-USB-2 を使用した。いずれもバッテリー駆動式であり、共に計測間隔は15分とした。タイムラプスカメラの画素数は1280×720ピクセル(約92万画素)である。

タイムラプスカメラからは15分間隔で写真が取得できるが、表面色輝度値を計測する点として、図-2に示す水平方向5点と鉛直方向5点とした。ただし、1点は共通で合計9点となる。これらの点において表面色輝度値の推移を観察する。

表面色輝度値にはグレイスケール値を使用した。グレイスケール値により人間の視覚に近い形で表面輝度値の表現が可能となる。その算出は(1)式を利用しており、カラー画像のRGB値から変換した。式の係数は、人間の視覚の各色の認識のしやすさで重みづけをしたものである。



図-1 実験状況

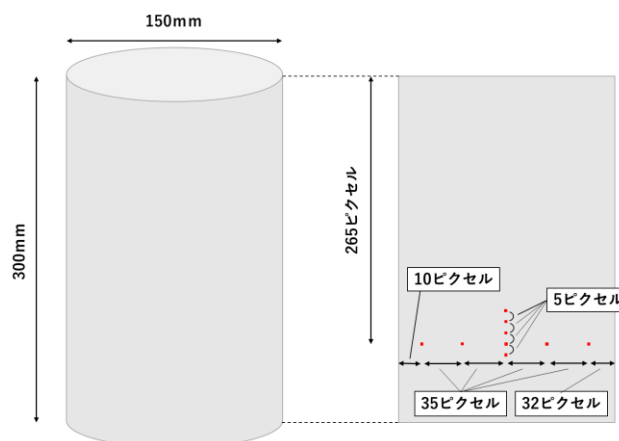


図-2 測定位置

$$Gr = 0.222015 \times R + 0.706655 \times G + 0.071330 \times B \quad (1)$$

ここで、

Gr: グレイスケール値

R: RGB 色空間での赤 R の値

G: RGB 色空間での緑 G の値

B: RGB 色空間での青 B の値

とする。

また、参照基準として白板を同時に撮影し、白板のグレイスケール値で各計測点のグレイスケール値を除することにより正規化を行う。

3. 実験結果及び考察

3.1 水平方向

計測した温度と湿度の推移を図-3 に、水平方向の5点の正規化したグレイスケール値の推移を図-4 に示す。

温度は日中の暖房が作動する時刻付近で各日とも若干の上昇が見られるが、測定期間中の最低温度と最高温度の差は 2.5℃で、温度変化は大きくないと言える。湿度は温度と同様に暖房が作動する時刻付近に上昇が見られる。また全体を通して、上昇傾向にある。

図-4 について、大きく2種の挙動が確認できる。

1つは測点 1,2,3 に見られる挙動で、38h 付近からグレイスケール値の降下が見られる。もう1つは測点 4,5 の挙動で、大きな変化は見られず終始ほぼ一定の値で安定している。グレイスケール値の降下については、降下と同時刻の湿度の上昇、もしくは全体を通しての湿度の上昇が関係している可能性が考えられる。

また、水平方向の5つの測点は、それぞれ異なる値で安定している。さらに、左側の3点のみに値の降下が見られた。これら二つの観察は、コンクリートの間隙率や骨材などの内部構造により現れたグレイスケール値の挙動である可能性を示唆する。

一方で、経過時間 50h 付近で起きた急激な湿度の上昇時には、点 1,2,3 の3点の値も上昇し、その後の湿度の降下時には3点の値も減少しているのが分かる。その時、それまで昇降の挙動を示さなかった点 4,5 の2点はやはり上昇も降下もしない。これについては現段階では説明が困難であり、今後の環境条件を制御した実験を行うことで解明する必要がある。

3.2 鉛直方向

鉛直方向の5点の正規化したグレイスケール値の推移を図-5 に示す。

ここでは、測点 7,8,9 のグレイスケール値がほぼ変化しない挙動を示したが、下部の2つの測点 3,6 では、グレイスケール値の降下が見られた。図-4 と比較すると、測点 2,3,4 のグレイスケール値の降下と同時刻頃にその挙動が確認できる。これも前述と同様に、湿度の上昇に伴い値が減少するという関係により説明できるが、経過時間 50h 付近の湿度上昇ではグレイスケール値が上昇を示すため、現段階では全てを説明することは困難である。

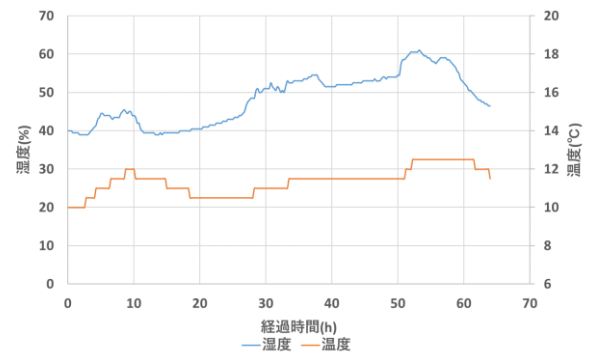


図-3 温度と湿度の推移

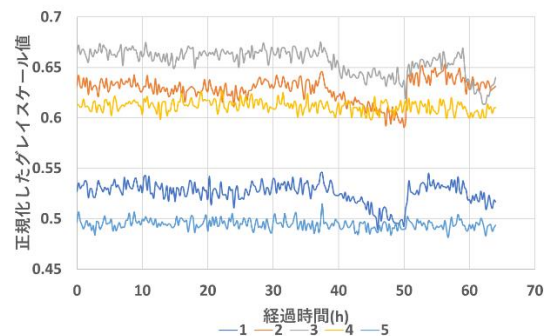


図-4 水平方向5点の正規化グレイスケール値

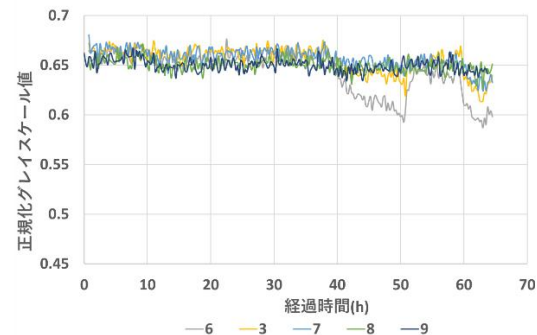


図-5 鉛直方向5点の正規化グレイスケール値

4. まとめ

本研究では、コンクリート供試体表面の撮影により、環境温湿度変化と表面輝度値の推移を観察した。その結果、湿度の上昇に伴ってグレイスケール値が降下するという関係で説明される推移も観察されたが、一方で関係とは逆方向の推移も観察された。より一般的な説明を構築するために、今後は温度や湿度を制御した環境での撮影・計測を行い、供試体表面のグレイスケール値の分布と推移の解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 菅野拓・劉靈芝・田中享二：多孔材料の含水率の変化による明度変化と細孔構造からの解釈
2008年度日本建築学会関東支部研究報告集,1011.
- 2) 劉靈芝・菅野拓・塚越雅幸・田中享二：セメントペーストの表面明度に及ぼす水分環境変化の影響
日本建築学会構造系論文集,第75巻,第655号.