

表面色によるコンクリート表層部の水分移動特性評価

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 正会員 岸 利治

1. はじめに

コンクリートの耐久性は、コンクリートの表層部における水分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。そのため、コンクリートの表層品質を適切に評価することが、設計・施工・保守の各方面で求められている。筆者らは、実構造物のコンクリートに対して現場で適用可能な、簡便かつ非破壊による表層品質評価手法の確立を目的として、コンクリート表面色の変化性状に着目した研究開発を行っている。本稿では、コンクリートの表面色と表層部の水分移動特性に関して検討した結果について報告する。

2. コンクリート表面色の評価

物体の表面色は、市販される各種の測色機器を用いることにより、非破壊で定量的な評価が可能である。表 1 に、本研究で用いた測色機器および測定条件を示す。表面色を定量的に表現する表色系には、色彩に関する多くの分野で一般的であり、コンクリート表面色の評価指標としても研究事例の多く見られる $L^*a^*b^*$ 表色系¹⁾を用いた。表 2 に、本研究で得られたコンクリートの色彩値を示す。測色機器は表 1 に示す A 機を用い、測定の対象は各種の実構造物の側面とした。含水状態は、雨水などのかかっていない平常時の状態を「乾燥時」とし、「湿潤時」とは、被測定対象の表面にスプレーで十分な散水を行うことで吸水させた状態とした。本研究の測定結果では、ある程度の乾燥状態にあるコンクリートにおいても、明度指数 L^* は 50~80 程度の範囲に分布し、クロマティクネス指数 a^* 、 b^* に比べて幅広い分布を示した。水分で表面が濡れた場合は明度指数 L^* の変化が顕著であり、明度指数 L^* が 40 程度まで低下した。コンクリートにおける色彩値の特徴は明度指数 L^* に強く現れるものと考えられる。

3. モルタル試験体による実験的検討

コンクリートの表面色は水分の存在により大きく変化することから、コンクリート表面に外部から水分を

供給した際に生じる色の変化性状は、コンクリート表層の水分移動特性と関連性を有する可能性がある。そこで、基礎的な検討としてモルタル試験体を用い、表面に少量の水分を意図的に付与した際の表面色の変化性状に着目し、測色機器による定量的な評価を行った。

図 1 に、試験手順の概要を示す。試験では少量の水分を「散水」し、表面色の変化を「測色」することで表層品質に関連した情報の取得を試みることから、「散水測色試験」と命名した。今回用いたモルタル試験体は 1 辺が 100mm の立方体で、測定径 $\phi 11\text{mm}$ の A 機では各面 9 点を測定し、測定径 $\phi 50\text{mm}$ の B 機では各面の中心付近 1 点を測定した。表 3 に、モルタル試験体の概要を示す。試験体は水セメント比のほか、脱型時期、材齢 28 日までの初期養生条件により表層品質の差異化を図ったものである。散水測色試験時に、試験体の含水状態を気中乾燥状態で統一するため、試験

表 1 使用機器および測定条件の概要

機種	A 機	B 機
表色系	$L^*a^*b^{*1)}$	$L^*a^*b^{*1)}$
測色方式	分光測色式	刺激値直読式
測定径	$\phi 11\text{mm}$	$\phi 50\text{mm}$
観察光源	C	C
視野角度	CIE 2°	CIE 2°

表 2 コンクリート構造物表面の色彩値

含水状態	乾燥時 (n=117)			湿潤時 (n=117)		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
最小値	53.4	-2.2	6.5	40.5	-1.8	9.7
最大値	79.8	0.3	18.2	62.2	1.2	20.8
平均値	71.1	-0.5	10.9	54.6	0.0	14.5
標準偏差	6.0	0.5	2.6	4.1	0.6	2.2

表 3 モルタル試験体の作製条件

W/C (%)	S/C	脱型時期	初期養生方法 (材齢 28 日まで)
40	3.0	1 日	・標準水中養生 ・気中養生 (20℃, 60%RH)
50		1 日	
		7 日	
60		1 日	

※ 材齢 28 日以降は試験室内 (20℃, 60%RH) に静置

キーワード 散水測色試験, 表層品質, 物質移動抵抗性, 表面色, 明度, 色差

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

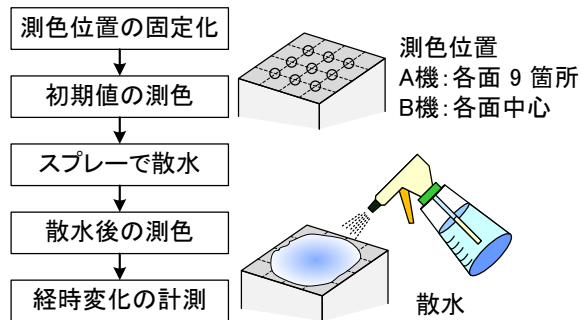


図1 散水測色試験の概要

体を材齢 28 日以降、温度 20℃、相対湿度 60%の試験室内に静置し、重量変化を管理した上で所定の材齢にて試験を行った。

表 4 に、モルタル試験体の色彩値を示す。測定の対象は各種品質のモルタル試験体の打設面、型枠に接していた側面および底面とし、試験室内で A 機を用いた測定結果である。散水および測定は測定対象面を水平となるよう設置した上方から行った。実構造物の測定結果（表 2）と同様に、明度指数 L^* は幅広く分布し、乾湿の状態差により顕著に変化することが確認された。試験体の面種別による色彩値の相違などについては別稿²⁾を参照されたい。

散水測色試験では、表面に付与した水分は、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していく。そのため、散水前後で生じた表面色の色差は経時的に 0 へと漸近する。そこで、気乾状態のモルタル試験体に所定量の水分を散水した際に生じる、散水前後の色差の経時変化に関する検討を行った。図 2 に、各種モルタル試験体の散水測色試験結果を示す。各試験体の測面 1 面について、散水領域を治具により直径 70mm の円内に制限して均一化を図った上で約 3ml の散水を行い、B 機により、中心位置の直径 50mm の領域を 10 秒間隔で計測した結果である。ここで、散水前後の色差 ΔE^*_{ab} とは、 $L^*a^*b^*$ 空間における 2 色間のユークリッド距離であり、数値が大きいほど散水前後で生じた表面色の変化が大きいことを意味する。同図より、経時変化曲線の変化勾配は、水中養生の試験体で緩慢化し、また、同一養生条件では水セメント比が低いほど緩慢化することが明らかである。同一の水セメント比で型枠脱型時期を延伸した場合、経時変化曲線の変化勾配の緩慢化は、気中養生で顕著となった。各試験体で色差 ΔE^*_{ab} が最大となる経時変化曲線のピーク位置に着目すると、W/C

表 4 モルタル試験体表面の色彩値

含水状態	乾燥時 (n=1287)			湿潤時 (n=1296)		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
最小値	53.7	-1.5	0.6	36.1	-1.4	3.0
最大値	85.5	-0.5	10.5	71.7	-0.2	12.8
平均値	70.1	-0.9	6.1	51.3	-0.8	9.2
標準偏差	6.1	0.2	1.8	8.0	0.2	1.9

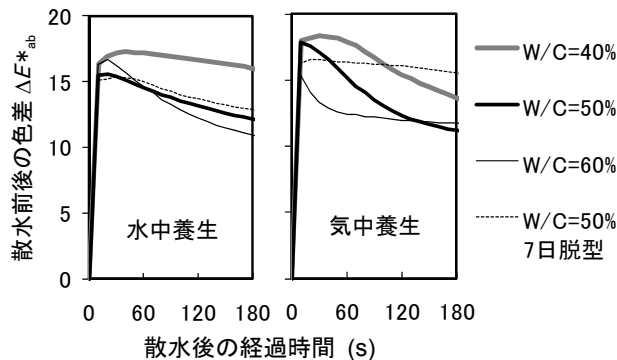


図2 散水測色試験結果の一例

＝40%の試験体、水中養生や脱型時期の延伸を行った試験体で、ピークに達する経過時間が長時間化している。散水測色試験において色差が変動する主要因は、表層部の水分の存在である。そのため、色差の経時変化曲線における以上のような特徴は、各試験体の表層の水分移動特性を反映したものと考えられる。

4. まとめ

本研究で提案する「散水測色試験」で得られる色差の経時変化曲線において、曲線の勾配および最大色差計測時間は、配合、養生および脱型時期の相違によって生じる品質差、すなわち表層部の物質移動に対する抵抗性を反映する指標となることを示した。本研究で得られた知見をまとめると以下のとおりである。

- (1) コンクリート表面色の特徴は主に明度に現れ、明度は表層部の水分の存在により大きく変化する。
- (2) 水セメント比が低いほど、また、水中養生や脱型時期の延伸を行った試験体で、散水測色試験における経時変化曲線の勾配の緩慢化、最大色差計測時間の長時間化が見られた。

参考文献

- 1) JIS Z 8729 色の表示方法— $L^*a^*b^*$ 表色系および $L^*u^*v^*$ 表色系
- 2) 西尾壮平, 上田洋, 岸利治: 表面色によるコンクリート表層部の物質移動抵抗性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報告集, Vol.33, 2011 (投稿中)