論文　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

西尾　壮平[*1]・上田　洋[*2]・岸　利治[*3]

要旨：コンクリート表層部の物質移動抵抗性に関する非破壊評価の重要性が高まっている。本研究では，実構造物の検査への適用性を重視し，簡便性に優れた非破壊試験手法を検討した。試験室内での供試体実験を行うとともに，実構造物および雨の影響がほとんどない屋外に曝露された中規模のコンクリート試験体に適用した。その結果，コンクリート表面への意図的な散水の前後および吸水乾燥過程で生じる明度の経時変化は，表層部の物質移動抵抗性に関する品質差を反映することを見出した。携帯可能な測色機器を用いて散水時の明度変化を測定することで，コンクリートの表層品質を非破壊で簡易に評価できる可能性がある。

キーワード：物質移動抵抗性，表層品質，散水，測色，表面色，明度，L*a*b*表色系，散水測色試験

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物に施工されたコンクリートには，所要の圧縮強度を有していることだけでなく，内部の鉄筋を保護するバリアとして十分な表層品質を有していることが求められる。コンクリートの表層品質とは，二酸化炭素，塩化物イオンや水といった各種物質の移動に対する抵抗性であり，一般には透気，透水，塩化物イオン拡散や中性化などの物質透過現象を対象として評価が行われる。これらの評価を実構造物のコンクリートに対して行う場合，コア試験体の採取を伴う手法では，外観ならびに構造上の理由などから，実施が敬遠されるあるいは実施を断念せざるを得ない場合が多い。そのため，表層品質に関する非破壊試験手法の重要性が高まっており，各種の手法が検討されている。例えば，実構造物のコンクリート内部に空気や水を強制的に移動させることで，透気性や透水性の直接的な評価を行う手法がある。それらの手法では，測定の機構上，空気圧の利用などによる電気的な負荷が大きく，電源や作業スペースの確保など，試験の実施に際して相応の事前準備を伴うことが予想され，簡易な検査への適用には課題がある。

著者らは，構造物検査の現場への適用性を重視し，簡便性に優れた非破壊試験手法の確立を目的とした研究を行ってきた。これまでに，散水によるコンクリート表面色の変化性状に着目し，測色機器で計測される色彩値を用いた定量的な評価に関して検討した例を報告している[1),2)]。散水前後に生じるコンクリート表面色の経時変化を測定することで得られる明度の経時変化曲線において，明度の変化量が最大となる経過時間と曲線の勾配が，コンクリートの配合，養生および脱型時期の相違によって生じる品質差を示す指標となる可能性を見出した。これらの結果は，バッテリーで駆動するハンディタイプの測色機器と簡易な手動型スプレーを利用するだけの軽微な作業という，非常に簡便な試験手順により得られている。

コンクリートの表層品質に着目した学会活動に，土木学会コンクリート委員会「構造物表層のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会」（以下，335 委員会とする）がある。著者らは，同委員会で実施された「山口県の道路構造物調査(以下，実構造物調査とする)」および「共通試験（以下，共通試験とする)」に参加し，著者らが検討中の試験手法を各種の実構造物および中規模のコンクリート試験体に適用する機会を得た。詳細は後述するが，実構造物調査では，より試行的段階にあった手法を適用して有用性を見出すことができた。また，共通試験において，諸元の明らかな中規模のコンクリート試験体を対象として改良を加えた手法による評価を試みたところ，いくつかの課題とともに，本手法の有用性が再確認された。本稿では，実構造物調査および共通試験で得られた結果について報告する。

2. コンクリート表面色の評価

2.1 表色系および測色機器

本研究では，色彩に関する多くの分野で一般的な表色系で，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[3)]を用いた。物体の表面色の測定に関する基本的な内容は，既報[1)]および専門書誌を参照されたい。測色機器を用いた色彩値による非破壊評価は，主に製造分野の品質管理などで活用事例が多い。色彩値は，人間の視覚によって感じ取られる定性的な特性を定量的に評価した指標であるため，非破壊的に得られる測定値でありながら，測定者の感覚的な評価と相互

*1 （公財）鉄道総合技術研究所　材料技術研究部　コンクリート材料　副主任研究員　修士（工学）　(正会員)
*2 （公財）鉄道総合技術研究所　材料技術研究部　コンクリート材料　研究室長　博士（工学）　(正会員)
*3 東京大学　生産技術研究所　教授　博士（工学）　(正会員)

補完が可能なデータが採取されることにも特徴がある。例えば，表面が露出したコンクリート構造物において，雨で表面の濡れた部位は乾燥した部位に比べて明らかに黒っぽく感じられるが，水分の存在によって大きく変化した「コンクリートの黒っぽさ」という感覚的な指標を，測色機器を用いることで「明度 L*」のような指標で定量的に評価し，数値として再認識することが可能となる。つまり，数値の異常を測定者の視覚による定性的な情報に基づいて検証することが可能であり，個人差こそあるものの，その場である程度のエラーチェックが可能な手法であると考えられる。なお，本稿では表面色の明るさの度合いを広義に示す場合に「明度」と表記し，測定値は「明度 L*」と表記して区別する。

表－1 に，本研究で使用した 2 機種の測色機器の概要を示す。これらの機種は据置き型の測色機器とは異なり，現場への携帯が可能な小型・軽量の機種で，測定作業は一人で実施できる。機器は光源が内蔵され，バッテリーで駆動するため，測定に発電機などは不要である。B 機は A 機に比べて測定径が大きいため，測定面における凹凸や気泡の存在が不可避であるコンクリートに対して平均的な評価を行うのに適した機種として選定した。

2.2 表面色の測定例

骨材の露出などのない通常のコンクリートにおける表面色は広義に灰白色で彩度が低く，コンクリートの表面色の特徴は主に明度に現れる。また，明度はコンクリートの湿潤状態に依存して大きく変化する。著者らのこれまでの研究では，試験体および実構造物のコンクリート表面色の特徴として，ある程度の乾燥状態にあるコンクリートでは明度 L*が 50～90 程度の範囲に幅広く分布すること，雨などの水分で表面が濡れた場合に明度 L*が 40 程度まで低下すること，実構造物ではやや黄色味がかった色合いとなる傾向などを確認している [1)]。

2.3 表層品質との関係に関する検討

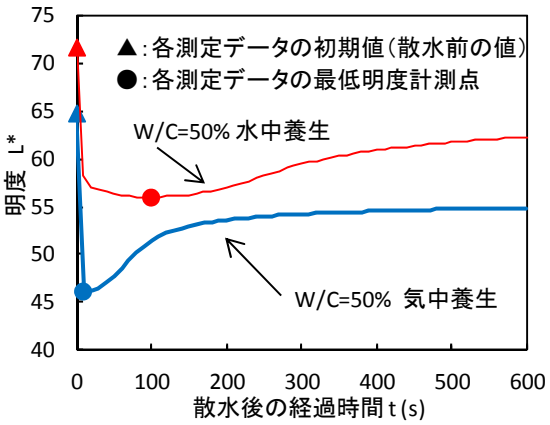
著者らが検討している表層品質の非破壊試験手法は，現状では「散水測色試験」と称している [1),2)]。名称が示すとおり，乾燥したコンクリート表面に意図的に散水し，散水前後の表面色を測定するもので，測定手順は**図－1** に示すとおりである。散水方法および計測時間などは試行錯誤を繰り返しながら適宜改良を加えているため，本稿で示す試験結果における試験条件は各節で個別に示した。経時変化の検討における計測開始時間は，散水から約 10 秒後であり厳密なものではないが，本稿では便宜上いずれの測定データにおいても 10 秒として評価した。なお，計測開始以後の計測の時間間隔は，測色機器により所定の時間間隔で制御されている。

図－2 に，供試体による散水測色試験の測定結果の一例として，表面の明度 L*の経時変化を示す。供試体は 1 辺が 100mm の立方体型をしたモルタルで，打設から 1 日で脱型したのち試験室内における材齢 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ている。セメントは普通ポルトランドセメント（以下，NPC とする）を用い，細骨材には標準砂を S/C=3.0 で使用した。供試体は初期養生の完了後，温湿度が 20℃，60%RH に管理された試験室内に設置した。散水測色試験は材齢約 1 年で実施し，気中乾燥状態とした供試体の側面を水平に設置し，上面を測定面とした。散水は，治具で散水領域を直径約 70mm の円内に制限し，散水量は約 0.8ml とした。表面色は，B 機により散水中心の直径 50mm の領域を 10 秒間隔で計測した。**図－2** に示すように，散水測色試験では，各測定箇所における明度 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

表－1　使用機器および測定条件

機種	A 機	B 機
表色系	L*a*b*	L*a*b*
測色方式	分光測色式	刺激値直読式
測定径	φ11mm	φ50mm
照明・受光方式	環状照明垂直受光方式（45°：0°）	拡散照明垂直受光方式（正反射光含）
観察光源	補助標準イルミナント C	補助標準イルミナント C
視野角度	CIE 2°	CIE 2°

図－1　散水測色試験の手順および測色の様子



図－2　散水測色試験結果の例

る。散水で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する。そのため，散水後の表面の明度 L*は経時的に初期値へと漸近していくが，明度 L*の経時変化は供試体の品質により大きく異なる。散水測色試験で得られる明度変化に関する指標として，著者らのこれまでの研究では，明度 L*の最低値が計測された散水後の経過時間（以下，最低明度計測時間 T_L とする），散水後の明度 L*が初期値へと復元していく速度の最大値（以下，明度変化速度最大値 V_H とする）に着目している。**表－2** に，各種供試体の散水測色試験結果を，供試体の水中浸漬による吸水試験で得られた浸漬 4 時間後の単位面積あたりの吸水量（以下，吸水量 W_A とする）と併せて示す。供試体および散水測色試験の条件は，**図－2** で示した結果と同様である。吸水試験は材齢約 2 箇月で実施した。表より，吸水量 W_A は低水セメント比あるいは初期養生が水中養生の場合に小さいのに対して，散水後の明度変化特性を見ると，最低明度計測時間 T_L は長時間化し，明度変化速度の最大値 V_H は小さくなることがわかる。これらの関係を，**図－3** に示す。吸水に対する抵抗性の高さを評価する指標として，最低明度計測時間 T_L は正の相関を，また，明度変化速度の最大値 V_H は負の相関を有する指標としてそれぞれ活用できる可能性がある。なお，**表－2** における明度 L*の初期値などの絶対値と表層品質との関連性についての考察は，既報[1)]を参照されたい。

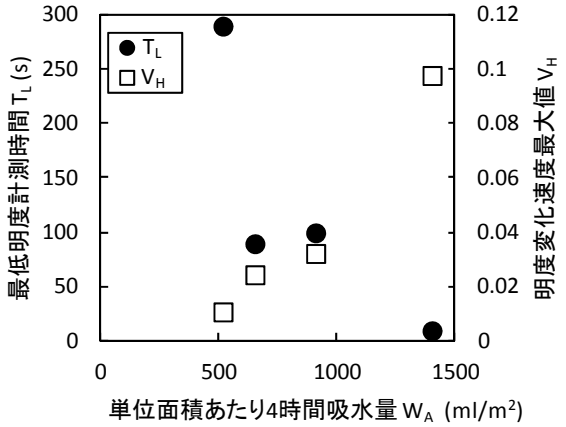
3. 実構造物調査への適用

3.1 実構造物調査の概要

実構造物調査は，335 委員会で 2010 年 7 月下旬に実施され，比較的経年の小さいボックスカルバートおよび橋台を対象として，透気性や吸水性などに関する各種の非破壊試験手法による表層品質の評価が試みられた。著者らは散水測色試験を試行的に適用した。**表－3** に，調査対象構造物の概要を示す。これらの構造物は山口県が管理する道路構造物で，ひび割れ発生の抑制を目的とした設計・施工上の各種対策（以下，ひび割れ抑制対策とする）の効果が実構造物で検証できるという特色がある。各種非破壊試験ならびに採取コアを用いた実験による検証結果はすでに報告されている[4)]。

表－2　散水測色試験結果および吸水試験結果

W/C（%）	初期養生	明度 L* 初期値	明度 L* 最低値	T_L (s)	V_H (1/s)	W_A (ml/m^2)
40	水中	70.4	53.5	290	0.011	518
40	気中	64.4	44.8	90	0.025	653
50	水中	71.7	55.9	100	0.032	910
50	気中	64.8	46.2	10	0.098	1402



図－3　散水後の明度変化特性と吸水特性の関係

3.2 表層品質の評価方法

表－4 に，実構造物調査における散水測色試験の試験条件を示す。経時変化の計測が困難な状況であったことから，現場で簡易測定が可能な項目を検討し，散水量を極端な 2 段階に設定した上で，少量散水時と多量散水時の明度 L*を A 機で測定した。多量散水時は過剰に水分を付与するため，コンクリート表面は完全に濡れた状態となるが，測定部位は鉛直な壁面であり，余剰な水分は流下し，当該箇所の明度 L*の最低値が確実に計測されることを事前に確認した。測定点は散水 1 箇所あたり 3 点とした。各測定点は 1 辺が約 5cm の三角形の頂点に位置するように配置し，三角形の重心が散水領域の中心とおおむね一致する。測定位置はマーキングし，散水前後での位置がほぼ同一となり，位置の微小なずれによる誤差が無視できることを確認している。散水 1 箇所あたり 1 台の測色機器で 3 点を測定したため，各測定点での測定完了時刻は，測定順に約 10 秒の時間差が生じている。各構造物の測定箇所は，1 箇所あたり高さ方向に約 500mm

表－3　調査構造物の概要[4)]

呼称	対策の有無*1	測定部位	試験時の材齢	特徴
Box A	なし	壁面	約 7 年	W/C=54%，呼び強度 24，セメント: BB
Box B	有	壁面	約 1 年	W/C=55%，呼び強度 27，セメント: BB，追加養生*2
橋台 A	なし	壁面	約 8 年	W/C=55%，呼び強度 24，セメント: BB
橋台 B	有	壁面	約 3.5 年	W/C=54%，呼び強度 24，セメント: BB，追加養生*2
橋台 C	有	壁面	約 3.5 年	W/C=54%，呼び強度 27，セメント: BB，追加養生*2

＊1：山口県におけるコンクリートのひび割れ抑制対策[4)]
＊2：型枠脱型時期の延伸，散水養生など[4)]

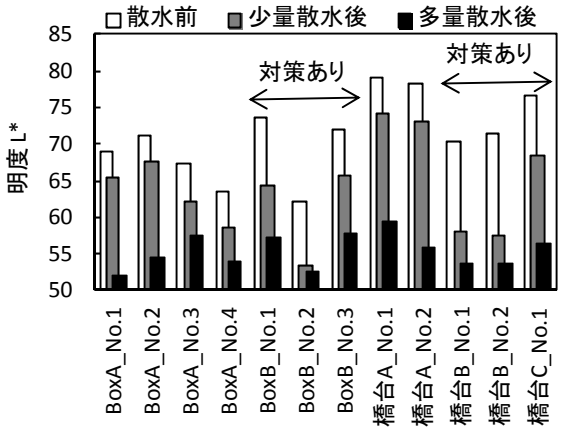
表－4　実構造物調査における試験条件

使用機種	A 機
散水方法	散水量（少量散水時）：約 0.8 ml×1 回 散水量（多量散水時）：約 0.8 ml×30 回 散水面積：約 150cm^2　　散水方向：水平
環境	屋外（降雨の影響は受けにくい）
測定項目	(1) 散水前の明度 (2) 少量散水後（約 10～30 秒後）の明度 (3) 多量散水直後の明度

間隔の 3 箇所とした。高さ方向の影響には一定の傾向が見られなかったため，測定結果は 1 箇所 3 点×高さ方向 3 箇所＝9 点の平均値で評価した。

3.3 結果および考察

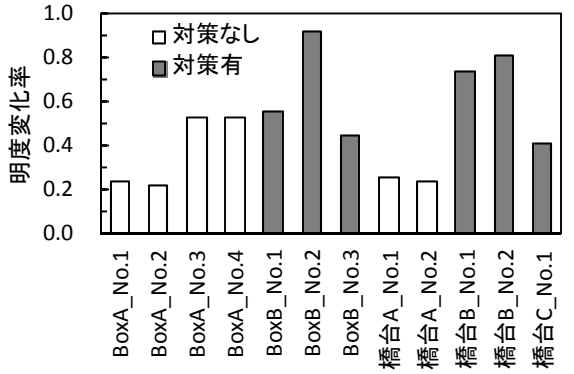
図－4 に，各構造物の散水前後の明度 L*を示す。各測定箇所で測定値の絶対値は大きく異なるが，いずれの測定箇所でも明度 L*は散水前が最高値となり，多量散水後が最低値となる点は共通している。一方，各測定箇所における少量散水後の測定値は，各測定箇所の最高値に近いデータと最低値に近いデータが偏在する傾向が見受けられる。そこで，散水前の初期値に対する変化量の比率に着目した。**表－5** に，明度 L*の測定値および明度変化率を示す。明度変化率とは，表中に示すとおり，少量散水による明度 L*の変化量を多量散水による変化量で除した値である。**図－5** に，各構造物の明度変化率を示す。ひび割れ抑制対策有の構造物では明度変化率が高い傾向にあり，すでに報告されている透気抵抗性および吸水抵抗性に関する測定結果 [4]におおむね一致することから，脱型時期の延伸などによる表層品質の向上を反映している可能性がある。なお，Box B では No.1 と No.3 の明度変化率が No.2 に比べて小さいが，上記の測定結果 [4]と測定箇所の詳細を照合したところ，同様の傾向が示されていた。No.1 と No.3 は，構造物全体の端部に近い施工ブロックであったため，日射などの影響による表層品質の低下が明度変化率に現れた可能性がある。



図－4　各構造物における明度 L*の測定値

表－5　明度 L*の測定値および明度変化率

測定箇所	明度 L*の測定値			明度変化率
	散水前 L_0	少量散水後 L_1	多量散水後 L_2	$(L_0 - L_1) / (L_0 - L_2)$
Box A No.1	68.9	65.3	52.1	0.24
Box A No.2	71.1	67.7	54.6	0.22
Box A No.3	67.4	62.2	57.5	0.53
Box A No.4	63.4	58.7	54.0	0.53
Box B No.1	73.5	64.3	57.3	0.56
Box B No.2	62.0	53.3	52.5	0.92
Box B No.3	71.9	65.6	57.7	0.45
橋台 A No.1	79.1	74.1	59.4	0.26
橋台 A No.2	78.3	73.0	55.7	0.24
橋台 B No.1	70.2	58.0	53.6	0.74
橋台 B No.2	71.5	57.4	53.8	0.81
橋台 C No.1	76.7	68.5	56.5	0.41



図－5　各構造物の明度変化率

既報 [1]で報告したように，明度 L*の絶対値による評価は各種要因の影響が判別できないため困難となるが，本手法のように，意図的な水分付与による明度変化に着目することで，表層品質と関連性を有した情報を取得できる可能性がある。現場で明度変化の経時的な計測が困難な場合は，散水量を段階的に変化させることで，ここで示した明度変化率のように，表層品質の簡易評価への活用が期待できる指標が得られる可能性が見出された。

4. 共通試験への適用

4.1 共通試験の概要

共通試験は，335 委員会で 2010 年 11 月～2011 年 5 月にかけて実施され，同一の中規模コンクリート試験体を対象として，各種の非破壊試験手法で表層品質の評価が試みられた。著者らは，散水測色試験を適用し，散水前後の表面色の経時変化に関する検討を行った。**表－6** に，評価対象とした試験体の概要を示す。試験体は，いずれもレディーミクストコンクリートを使用した幅 450×奥行 900×高さ 1200mm の直方体で，配合などは明らかにされていないが，水セメント比と養生条件により表層品質の差異化が図られている。試験体の曝露環境は屋根のある屋外環境で，諸元の明らかな試験体を用いて降雨の影響がない実構造物に近い条件で試験が可能なように配慮されたものである。試験時の材齢は 182 日である。

4.2 表層品質の評価方法

表－7 に，共通試験における散水測色試験の試験条件を示す。測定径が直径 50mm と大きい B 機を導入し，測定点は散水 1 箇所あたり 1 点とした。散水領域を B 機の測色領域が確実に含まれるように安定化させるため，冶具で散水領域を直径約 70mm の円内に制限させる方法を導入した。測定と散水の中心位置はおおむね一致する。各試験体における測定位置は，他の試験手法との重複を避けて設定され，西向きに設置された幅 450×高さ 1200mm の面で，面に正対した右側の端部とし，高さ方

向は中央部とした。高さ方向については一部の試験体で4 等分点にあたる 3 箇所で測定値を比較した結果，大きな差異はないと判断した。

4.3 結果および考察

図－6 に，各試験体における少量散水前後の明度 L*の経時変化曲線を示す。N-40-A を除いて散水直後に明度 L*の最低値が記録され，最低明度計測時間 T_L には差が生じなかった。これは，測定面が試験体側面のため散水および測定方向が水平方向となったことによる影響が大きいものと考えられる。試験室内で小規模の供試体を用いた検討の段階では，被測定面を上面として設置した試験が可能である。その状況下では，散水によりコンクリート表面に付与した水は蒸発により失われる量を除いて，ほぼ全量がコンクリート内部へと徐々に吸収されていく。それに対して，実構造物の壁面のように被測定面を鉛直にした状況下では，散水により付与した水は吸収されると同時に余剰分の水は壁面を流下するため，本手法の測定領域で実際にコンクリート内部へと吸収された水の量は減少する。さらに，瞬間的な吸水量はコンクリートの表層品質によっても大きく異なると予想される。そのため，散水測色試験での測定方向を水平とした場合には散水による水分の実効的な付与量を考慮する必要がある。

表－6　試験体の概要

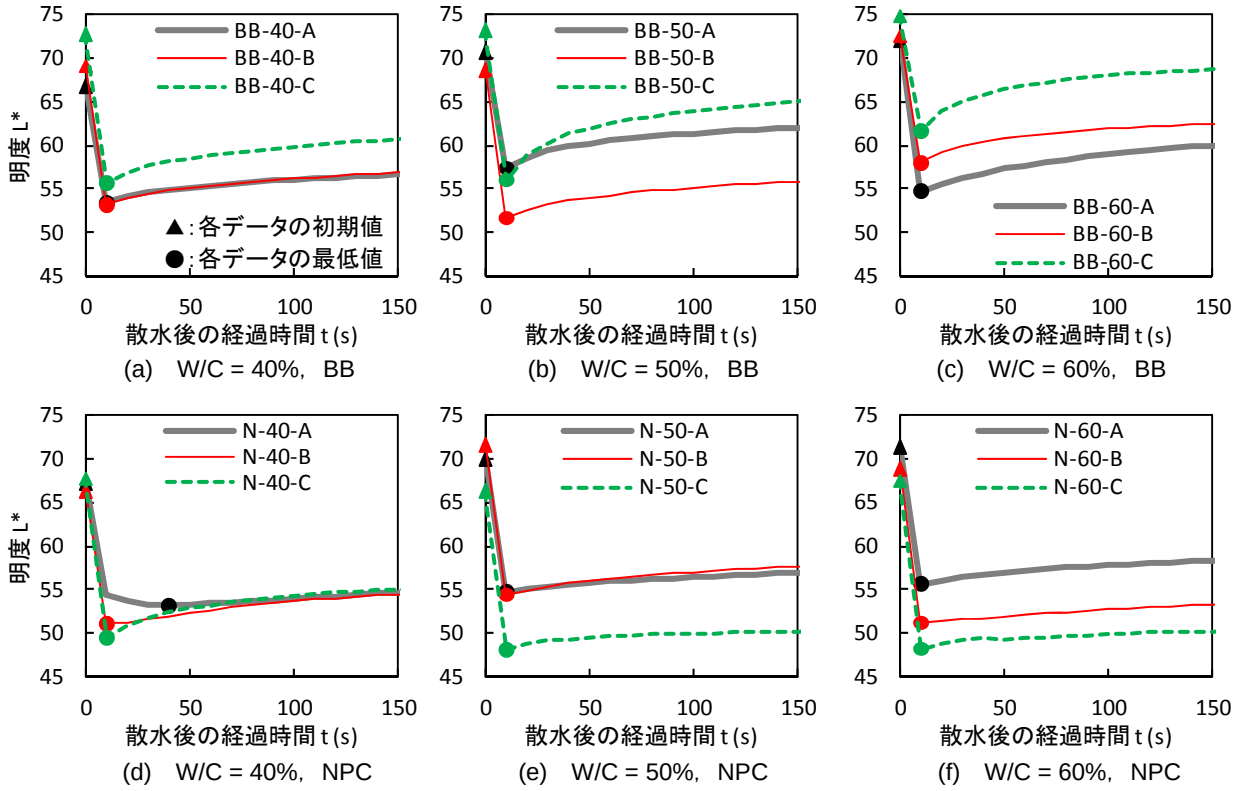
呼称*	セメント種	W/C（%）	脱型時期と初期養生
BB-40-A～C	BB	40	A：9 日脱型，材齢 28 日まで密封養生 B：9 日脱型，気中 C：1 日脱型，気中
BB-50-A～C		50	
BB-60-A～C		60	
N-40- A～C	NPC	40	A：7 日脱型，材齢 28 日まで密封養生 B：7 日脱型，気中 C：1 日脱型，気中
N-50- A～C		50	
N-60- A～C		60	

＊：セメント種−水セメント比−養生ランク

表－7　共通試験における試験条件

使用機種	B 機
散水方法	散水量（少量散水時）：約 0.8 ml×1 回 散水量（多量散水時）：約 0.8 ml×11 回 散水面積：約 40cm^2　　散水方向：水平
環境	屋外（降雨には曝されていない）
測定項目	(1) 散水前の明度 (2) 少量散水直後の明度および経時変化 (3) 多量散水直後の明度

表－8 に，各試験体の明度変化速度最大値 V_H を示す。高炉セメント B 種（以下，BB とする）を用いたシリーズでは，水セメント比が高いほど，また，養生の程度が劣る養生 C では明度変化速度最大値 V_H が大きい傾向にある。NPC を用いたシリーズでは，同じ水セメント比で養生差の影響をみるとおおむね養生の程度の順に数値が対応している。しかし，養生 C では水セメント比が高いほど V_H の数値が小さくなっており，水セメント比から想定される表層品質は反映できていない。この原因として，上述の測定方向の影響のほか，少量散水時の散水量が過剰であった可能性があるものと考えている。散水量が過剰な場合，意図的に付与した水分が瞬時に移動できる領域は水で満たされてしまい，表層の水分移動が鈍化



(a)　W/C = 40%，BB　(b)　W/C = 50%，BB　(c)　W/C = 60%，BB

(d)　W/C = 40%，NPC　(e)　W/C = 50%，NPC　(f)　W/C = 60%，NPC

図－6　共通試験体における明度 L*の経時変化曲線

表－8　共通試験体の明度変化速度最大値 V_H

呼称	W/C（%）	養生 A	養生 B	養生 C
BB-	40	0.073	0.078	0.128
	50	0.123	0.091	0.284
	60	0.088	0.125	0.233
N-	40	0.015	0.041	0.144
	50	0.040	0.054	0.082
	60	0.050	0.025	0.068

表－9　共通試験体の明度変化率

呼称	W/C（%）	養生 A	養生 B	養生 C
BB-	40	0.65	0.76	0.71
	50	0.59	0.77	0.59
	60	0.78	0.61	0.46
N-	40	0.79	0.78	0.74
	50	0.77	0.79	0.82
	60	0.77	0.86	0.85

する。その結果，表面における明度変化速度は全体的に小さくなり，表層品質の差が反映され難くなるものと考えられる。また，NPC を用いたシリーズでは，全体的に散水後の明度 L*の経時変化が緩やかな傾向にあるが，これに関しても少量散水時の散水量が過剰であった可能性が考えられるため，今後の検討課題と捉えている。

表－9 に，3.3 節で考察した明度変化率について，ここでは各試験体に少量散水を行ってから 30 秒後の明度変化量を用いて算出した値を示す。**表－5** で示したように，実構造物調査では表層品質の異なる各構造物で明度変化率が 0.2～0.9 程度に幅広く分布したのに対し，共通試験では BB で 0.5～0.8 程度，NPC は水セメント比と養生の程度によらず約 0.8 となり，差が明確でない。これは，散水量の影響であると思われる。共通試験では，実構造物調査時と異なる測色機器を導入したため散水方法を変更し，少量散水時の散水量は同等としたものの，散水面積は約 1/3 となった。面積あたりの散水量は，実構造物調査時と比較して概算で約 3 倍となる。その結果，少量散水時と多量散水時の明度変化の差は小さくなり，その影響が明度変化率に現れたものと考えている。

以上のとおり，前章の実構造物調査では本手法の有効性が確認できたのに対して，共通試験では測定方向および散水量の影響を受けることが課題として明らかになった。実構造物調査で良好な結果が得られた要因として，第一に，セメントの種類が BB であったことが挙げられる。これは，共通試験の結果も BB を用いた試験体の測定結果はおおむね良好であったことによる。一般に，高炉セメントを用いたコンクリートでは初期養生の程度が品質に与える影響が大きいとされている。本手法における明度 L*の経時変化速度は，高炉セメントを用いたコンクリートで養生の差異による表層の水分移動特性の差が大きく現れたことを，より敏感に反映している可能性がある。実構造物調査の結果が良好であった第二の要因としては，面積あたりの散水量が少ないことが，表層品質の差を反映する上で良好な条件となったものと考えている。本手法では散水方法に関する検討の深度化が必要であるほか，実構造物への適用および表層品質の良否の判定に際しては，室内試験では制御可能な含水状態の影響に関する検討が必須であるため，今後の課題としたい。

5. まとめ

表層品質の簡便な非破壊試験手法として考案した散水測色試験を適用し，実構造物および各種試験体の評価を試みた。本研究で得られた結果を以下に示す。

(1) 散水測色試験で得られる明度 L*の経時変化曲線において，最低明度の計測時間および明度変化速度の最大値は，コンクリートの吸水特性と相関がある。

(2) 散水量を段階的に変化させた散水測色試験で得られる明度 L*の変化量の比率は，表層品質に関する簡易な評価指標となる可能性が見出された。

(3) 散水測色試験は，高炉セメントを用いたコンクリートの初期養生の程度を敏感に反映する可能性がある。

(4) 散水測色試験では測定方向の影響が大きいため，実効的な水分の付与量を考慮する必要がある。

謝辞

本研究で示した試験の一部は，土木学会コンクリート委員会「構造物表層のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会（335 委員会）」の活動の一環として実施しました。実構造物調査に際しては横浜国立大学細田暁准教授，林和彦特別研究教員，山口県職員の方々ほか関係各位のご協力を頂きました。共通試験に際しては，電力中央研究所 蔵重勲氏ほか関係各位のご協力を頂きました。ここに記し，深甚の謝意を表します。

参考文献

1) 西尾壮平ほか：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集，Vol.33, No.1, pp.1751-1756, 2011

2) 西尾壮平ほか：表面色によるコンクリート表層部の水分移動特性評価，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集，V-058, pp.115-116, 2011

3) JIS Z 8729　色の表示方法－L*a*b*表色系および L*u*v*表色系

4) 吉田早智子ほか：表面吸水試験および透気試験による山口県の構造物の表層品質評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.33, No.1, pp.1823-1828, 2011