

論文 モルタルの色調変化に及ぼす表面形状の影響

市坪 誠^{*1}・田澤 栄一^{*2}・竹村和夫^{*3}・河合研至^{*4}

要旨：物体表面の色彩特性は心理評価に直接影響を及ぼすことから〔1〕〔2〕、本研究では化粧型枠（ハツリ、スダレ）を用いたモルタルの表面形状の変化が色彩特性に及ぼす影響について検討を行った。その結果、見えに対する環境の影響として垂直面より傾斜面の明度が高くなり、乾湿の差は日陰環境下の傾斜面で最大となることが理解できた。また、乾燥状態に比べ湿潤状態の分光反射率の強度は1/2～1/4減少する傾向にあった。そして、色差及び分光反射率の差異から、化粧型枠は合板型枠に対し表面の反射率を増加し、その表面粗さの増加は反射率を低減することが理解できた。

キーワード：モルタルの表面形状、モルタルの色彩、仕上げ材、化粧型枠、分光反射率

1. はじめに

近年、土木・建築構造物における美観上の意識の高まりとともに、コンクリート分野においてもその対策が問われ、建設省プロジェクト及び官民連携共同研究等で現在取り組まれていることはニーズに対応する事例として注目される。

コンクリート構造物は視野内において大面積を占めると同時に色彩上明度が高いことから、人の目に付く（注視される）ことが多く景観評価に大きく影響を与える〔3〕。こういった現状を踏まえ従来の平滑な型枠に対し多様な表面仕上げ工法（2次加工、化粧型枠等）が確立してきた。しかし、これら仕上げ工法を用いたコンクリート表面の色彩特性（見え）は十分検討されているとはいえない。

そこで本研究では景観素材としてコンクリート仕上げ材を扱うための基礎的資料を得るため、環境変化に対する化粧型枠（ハツリ、スダレ）を用いたモルタル表面の色彩特性の分析・検討を行った。つまり、コンクリートテクスチャの変化が表面の色調にどのように結び付くかを検討した。

表-1 型枠の種類

型枠名	模様厚さ (mm)	粗さ係数 [縦／横]
合板型枠	0	1.00/1.00
化粧型枠—ハツリ(小)	5～6	1.01/1.01
化粧型枠—ハツリ(中)	1.6	1.04/1.04
化粧型枠—ハツリ(大)	1.5	1.02/1.02
化粧型枠—スダレ	6～7	1.01/1.04

$$R = L' / L \quad (R : 粗さ係数 [4], L' : 粗さ曲線の実長, L : 粗さ測定距離)$$

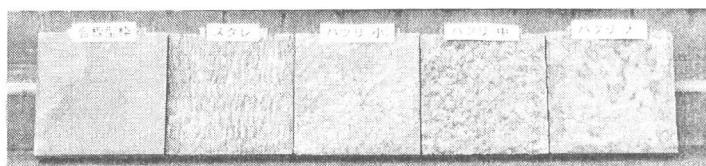


写真-1 供試体

* 1 呉工業高等専門学校助手 土木工学科、工修（正会員）

* 2 広島大学教授 工学部第四類、工博（正会員）

* 3 呉工業高等専門学校教授 土木工学科、工博（正会員）

* 4 広島大学助手 工学部第四類、工博（正会員）

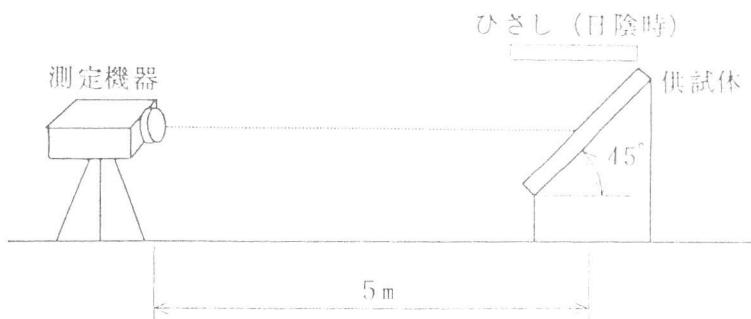


図-1 測定状況

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント、砂は豊浦産標準砂を使用し、 $w/c = 40\%$ 、 $s/c = 1, 30 \times 30 \times 5\text{cm}$ の供試体を作製した。表面仕上げ用型枠として表面の凹凸（粗さ [4]）が連続的に把握しやすいハツリ、スダレの化粧型枠4種類と平滑な合板型枠1種類を用いた（表-1、写真-1）そして28日水中養生後実験を行った。

2.2 試料表面の色度測定

試料表面を非接触型分光測色計（フォトリサーチ社：PR-650、測定角 1° ）を用いて L^* 、 a^* 、 b^* 表色系[5]、色差[6]及び分光反射率[7]で表わした。物体色に及ぼす要因[8]のうち光源の種類は、屋外の昼光下を「日向環境」として、昼光下で供試体上面に庇を設けた状態を「日陰環境」として測定を行った（図-1）。ここで、光源の強弱に対する補正を行うため試料測定時常に白色板で校正を行った。測定する位置は供試体正面から行い供試体との距離は試料全体が測色計の測定範囲内に入る5mとした。供試体傾斜角度は構造物表面（外壁）と擁壁面を想定して垂直面（90°）と傾斜面（45°）の2種類とした。また、表面の「乾燥状態（24時間20°C空气中乾燥）」及び「湿潤状態（乾燥試料を直接水で濡らし湿ったウエスで表面水を拭いた状態）」の色彩特性を把握することにより濡れが表面の色調変化に及ぼす影響についても検討を行った。

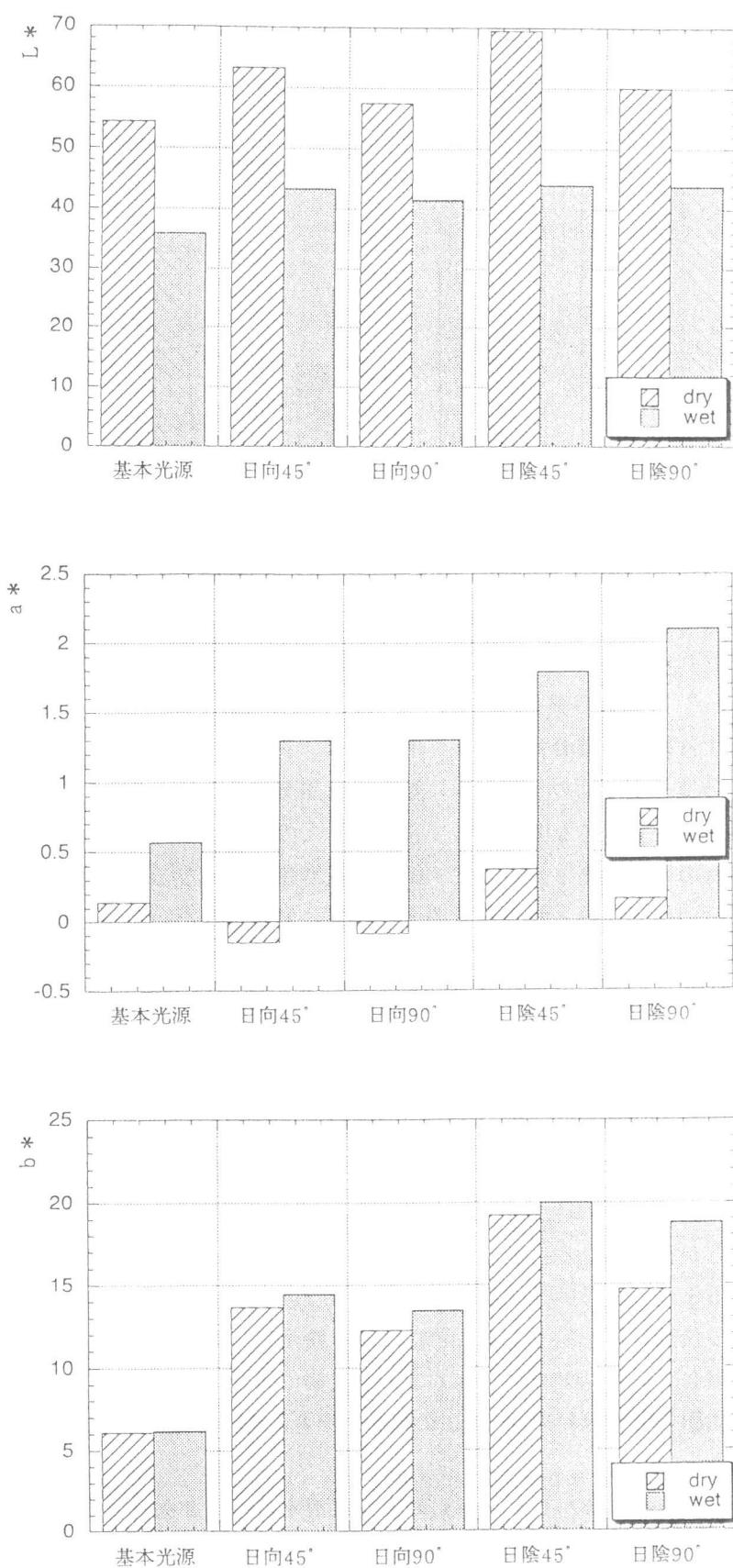
なお、合板型枠の平滑な試料については接触型色彩色差計（ミノルタカメラ（株）：CR-310、測定径50mm）を用いて標準の光（D₆₅）[9]（ここでは「基本光源」と定義）で表面全域を覆うよう5ヶ所測定しその平均値を求めた。

3. 表面の見えに対する色彩評価

3.1 見えに対する環境の影響

各種環境下における合板型枠の色変化を図-2に示す。屋外環境下での L^* （明度）は基本光源下に比べ乾燥、湿潤状態とも増加した。供試体の傾きの影響は垂直面より傾斜面の L^* 値が高くなる傾向にあった。これは光の反射の量がその角度によって変化することから[8]、傾きを持った試料は明度が高く判断された。モルタルの濡れによる乾湿の差は明度差（ ΔL^* ）に直接影響し色彩のバランスを崩す一因となるが[10]、日陰環境下の傾斜面で25.5と最大となることが理解できた。また、濡れによる明度差は垂直面より傾斜面のほうが拡大する傾向にあった。

色度のうち a^* は乾燥状態において日向がマイナス（緑方向）となったのに対し、日陰がプラス



図－2 各種環境下における合板型枠の色変化

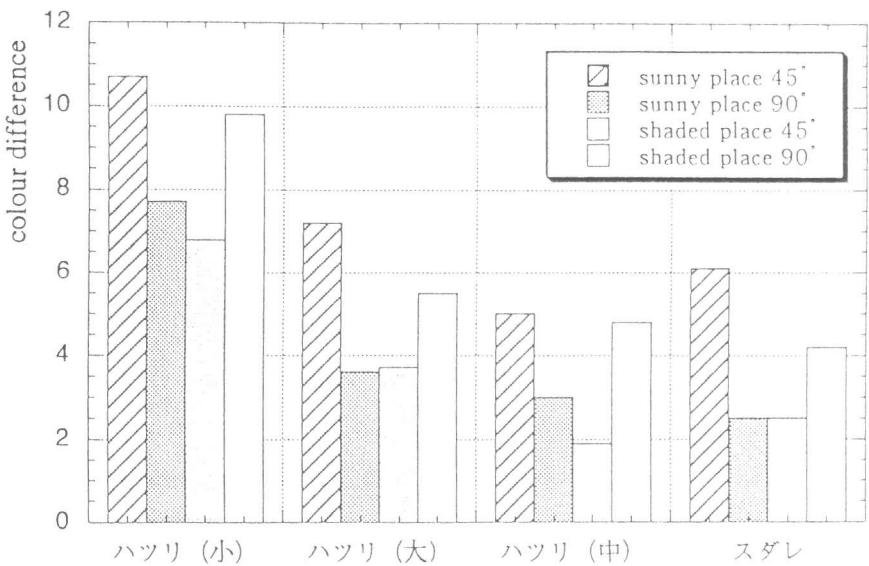


図-3 各種仕上げ面の合板に対する色差-乾燥状態-

ス（赤方向）と判断された。湿潤状態においては基本光源に対し赤方向に日向で2倍、日陰で3倍大きく表わされた。 b^* は乾燥・湿潤共に黄方向（プラス）に増加した。

3.2 見えに対する表面形状の影響

乾燥状態における各種仕上げ面の合板型枠に対する色差を図-3に示す。ハツリ仕上げにおいて表面の仕上げ（粗さ）が大きくなるに従って合板型枠との色差は小さくなる傾向にあった。各環境下においても同様の傾向にあった。また、縦横の粗さ係数が異なるスダレ仕上げの色差はハツリ（中）の色差に近い値となり、粗さ係数の大きい値に影響された。

日向環境下垂直面における乾燥及び湿潤状態の表面色の分光反射率（成分）を図-4に示す。ここで可視光線領域380~780nmに対し、実際人が色と認識するのは400~700nmの波長のため、後者の領域で検討を行った。これよりモルタルの色は乾燥・湿潤共に波長400nm（紫色）の反射率が特に高く波長の増加とともに420nm付近まで減少しその後微増していく傾向が理解できた。また、合板型枠に対し他の化粧型枠の反射率（強度）は高い傾向が表われ、仕上げ面の中でもハツリ（小）が著しく高い結果となった。つまり化粧型枠は合板型枠に対し表面の反射拡散光を増加させるものの、その表面粗さの増加は反射率を低減することが理解できた。このことから上記色差の結果は表面粗さが大きくなるに従って合板型枠の反射に近づくためと判断され、仕上げ方法が変化すれば表面の色差のみでは性状変化が説明できないことが理解できた。そして、化粧型枠（ハツリ）において仕上げ面を粗くすることにより“暖かい”等の印象が得られるることは[11]。各波長の反射率が低減している結果に結び付くことが理解できた。また表面の乾湿の影響として、乾燥状態に比べ湿潤状態の分光反射率は1/3の減少となり、他の環境下においても1/2~1/4減少する傾向にあった。

各環境下において合板に対するハツリ（中）の分光反射率の差異を図-5に示す。分光反射率の差異は420nmから440nmの変曲点を経て一定もしくは上昇する傾向となり、合板より各波長成分で光の量が多い（反射率が高い）ことが理解できた。しかし、日向環境下湿潤状態の垂直面は合板より480nm以上の波長成分（青～赤色）でマイナスとなり反射率が低減することが理解できた。

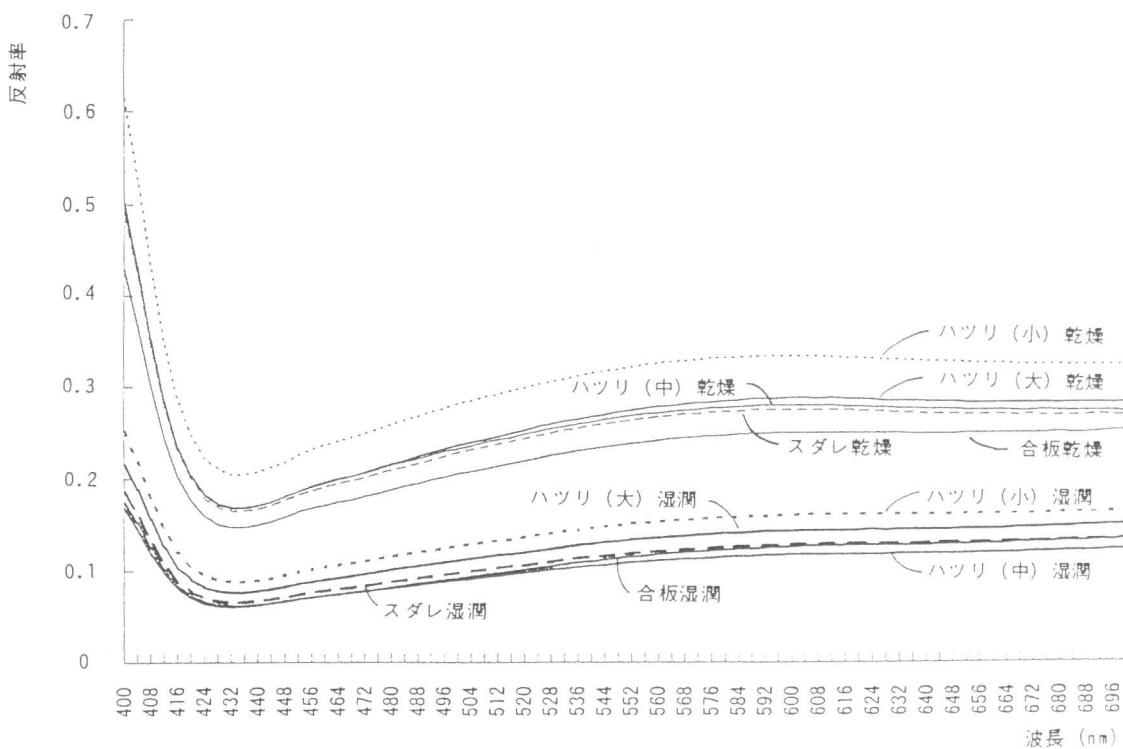


図-4 分光反射率－日向、垂直面－

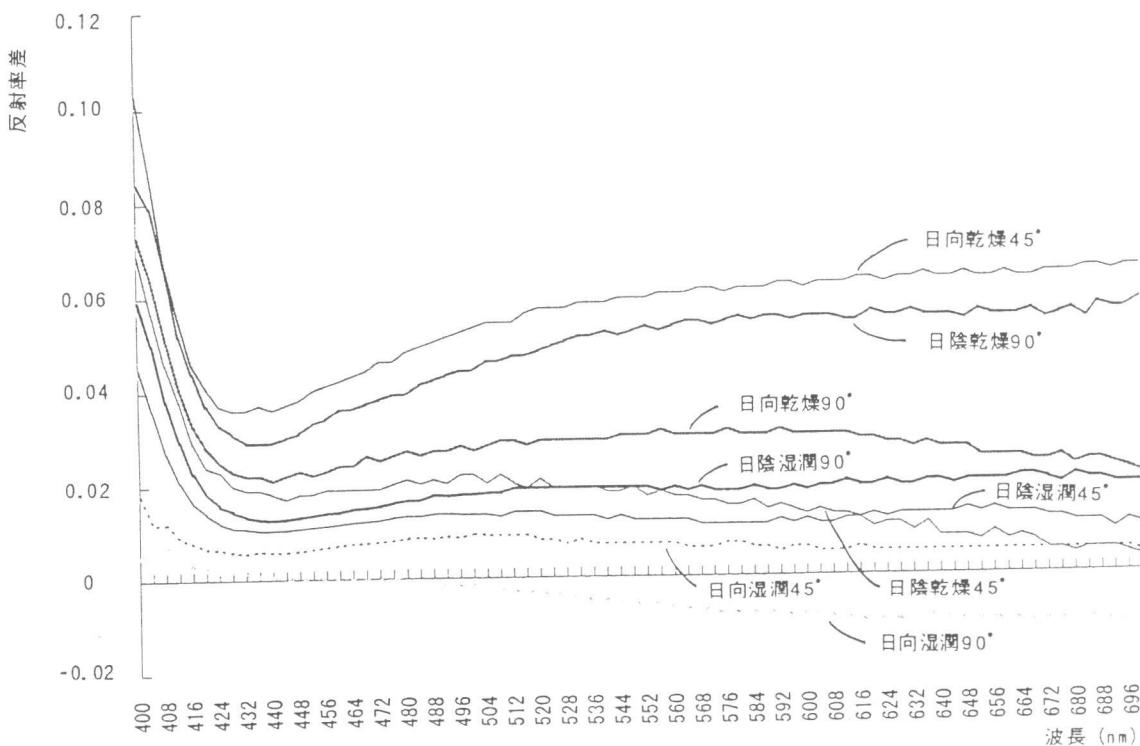


図-5 合板とハツリ（中）との分光反射率の差

4. 結論

本研究で得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 滑らかな供試体の設置角度の影響として垂直面より傾斜面の明度が高くなった。
- (2) 濡れによる影響として滑らかな面の乾湿の差（明度差）は日陰環境下の傾斜面で最大となることが理解できた。
- (3) 色差及び分光反射率の差異から、化粧型枠は合板型枠に対し表面の反射率を増加し、またその表面粗さの増加は反射率を低減することが理解できた。
- (4) (3)の色差は分光反射率のうち 420nm 以上（藍色～赤色）の差異による影響と理解できた。
- (5) 乾燥状態に比べ湿潤状態の分光反射率の強度は 1/2 ~ 1/4 減少する傾向にあった。
- (6) 合板に対するハツリ（中）の分光反射率は各環境下そのほとんどが各波長域で光の量が多くたが、日向環境下湿潤状態の垂直面は 480nm 以上で反射率が低減することが理解できた。

謝辞

本研究を行うに際し、(株)計測リサーチコンサルタント岡本卓慈氏、及びミノルタカメラ販売(株)松井英幸氏に多大なご協力を頂きました。供試体作製に際し、東海ゴム工業(株)高智武徳氏にご協力頂きました。ここに深く感謝の意を表します。また、研究に協力頂いた呉工業高等専門学校卒研生天野大輔氏に感謝致します。なお、本論文作成の一部には計測リサーチコンサルタント助成金の援助を得ました。

参考文献

- 1) (社)日本流行色協会：色のイメージ辞典、同朋舎出版、pp. 19-100、1991
- 2) 市坪誠：土木用コンクリート構造物の汚れに関する基礎的研究、土木学会第47回年次学術公演会講演概要集 第5部、pp. 494-495、1992
- 3) 市坪誠、竹村和夫、勇秀憲：コンクリートの汚れ特性と景観評価、第48回セメント技術大会講演集、pp. 754-759、1994
- 4) 仕入豊和、地濃茂雄：コンクリート表面の汚れとその対策、コンクリート工学 vol. 24, No. 7、pp. 52-58、July 1986
- 5) JIS Z 8729: L*a*b*表色系及びL*u*v*表色系による物体色の表示方法、1980
- 6) JIS Z 8730: 色差表示方法、1980
- 7) JIS Z 8722: 物体色の測定方法、1982
- 8) 色のはなし編集委員会：色のはなし I、技報堂出版、pp. 52-53、1991
- 9) JIS Z 8720: 測定用の標準の光及び標準光源、1983
- 10) 市坪誠、田澤栄一、竹村和夫：表面処理されたモルタルの汚れ色彩特性、コンクリート工学年次論文報告集 第16巻 第1号、pp. 883-888、1994
- 11) 岡島達雄 他3名：コンクリート素地仕上げの視覚心理学的評価、コンクリート工学論文集 第5巻 第2号、pp. 95-102、1994