

コンクリート表面の仕上がり状態の評価指標に関する一考察

日大理工(院) ○大塚秀三 (株)ピーエス三菱 藤井和俊
ものづくり大学 中田善久 (前)足利工業大学 毛見虎雄
茨城工業高等専門学校 岡本 修

1. はじめに

コンクリート素地仕上げの一つであるコンクリート打放し平滑仕上げ(以下、打放しコンクリートとする)は、仕上げ面としてコンクリートの素地をそのまま用いるため、仕上げ材料としての視覚的な仕上がり状態が重要な要素であることは論を待たない。しかし、これまでコンクリート表面の仕上がり状態に関する評価指標とその評価方法が示されることは無く、例えば JASS5¹⁾では、コンクリート表面の仕上がり状態を規定する要素について記述されているものの、平坦さの基準を除いて定量的な判断基準について定義されていない。打放しコンクリートとする場合、一般的に設計図書の仕様書には「コンクリート打放し補修」と記述され、詳細な要求性能は、特記仕様書に示される。しかし、多くはJASS5に準じるとの記述であり、要求される仕上がり状態が定量的に示されることは少ない。したがって、できあがったコンクリート表面の仕上がり状態の良否に関する判断は、観察者の主観に委ねられることが実情であり、事業主、設計者および施工者の立場によりその良否にズレが生じることも少なくない。設計図書に記述される「コンクリート打放し補修」は、当然、じゃんかおよびコールドジョイントなどの発生を予測してのことであり、これらは一見して不具合と認識することで、関係者の合意形成がしやすい項目である。しかし、

評価が曖昧な不具合について問題となることが実情といえ、定量的な評価方法が提示されることは意義深いものとする。

以上の背景を踏まえ、本報告は、施工期間中における打放しコンクリート表面の視覚的な仕上がり状態の品質管理手法を提案することを目的とした研究の一環として、打放しコンクリート表面の仕上がり状態の評価指標に関する考察を述べるとともに、評価指標の一つと考えられる色むらを画像解析により定量的に判断する方法を提案するものである。

2. 打放しコンクリート表面の仕上がり状態を構成する視覚的要素および評価指標の必要性

打放しコンクリート表面を構成する視覚的要素には、色彩値、色むら、表面気泡および光沢度が挙げ

色むらの状況	色むらのパターン分類	近い	観察距離	遠い
色むらが殆どない(均質な面)	均一分散型			
・打込み状上下の濃淡 ・長い部材における両端の色差	大局差異型			
粗骨材のような模様	不均一分散型			
コールドジョイントに沿った色むら	局所型			
型枠継ぎ目の色むら				
パイププレート挿入位置における色むら				
鉄筋位置に現れた色むら				

図1 観察距離の相違による打放しコンクリート表面の色むらパターン例

表1 評価項目および評価方法	
評価項目	評価方法
色彩値	本報告で提案するデジタルカメラの撮影画像を用いた画像解析
色むら	
表面気泡	
光沢度	携帯型光沢度計

表2 評価指標の試案				
評価対象面と観察距離	同一面内(遠距離)	同一面内(近距離)		異なる面同士(遠距離)
評価項目	色彩値, 色むら	表面気泡	光沢	色彩値
評価尺度	<色彩値> ・明度平均差 ・色差 ΔE (L*a*b*表色系) <色むら> ・明度の標準偏差	・対象面における気泡の占める面積割合 ・気泡径分布	平均光沢度	・明度平均差 ・色差 ΔE (L*a*b*表色系)
グレード構成	関係者の合意形成に基づく、グレードA～Dの4段階評価(例えば、図3に示すようなグレード構成)			

られる。この他に、形状および造形に起因する要素、例えば型枠目違いなど躯体の精度も関係すると考えられるが、本研究では対象としない。

色彩値, 色むら, 表面気泡および光沢度に対する評価は、観察距離の遠近により観察できる範囲が変化するため、観察距離を考慮した評価が要求される。これらのうち「色むら」を例として、観察距離の相違による打放しコンクリート表面の色むらパターン例として図1に示す。色むらには、様々なパターンがあり、大別して5つに分類してみた。

- 均一分散型：色の濃淡の差異がほとんど無く、均質に近い面(色むらが少なくうまく打設できた面)
- 大局差異型：寸法の大きな部材または面における離れた部位における色の差
- 不均一分散型：色の差異がはっきり判別できるものの部材全体に鱗状の形状で分散しているもの
- 局所型：部分的に突出した色むらを生じているもの
- 複合型：～の組み合わせで色むらが存在するもの

色むらは、およびのように比較的近距離から明確に判断できる場合とのように寸法および表面積の大きい部材であると離れた距離からしか判断できない場合があるといえる。また、表面気泡は、観察距離が比較的近距離の場合にのみ認識され、光沢度は表面に接触することによってのみ評価が可能である。よって、施工管理を考慮した場合に、対象物の種類によりそれぞれの評価項目について適切な観察距離を定める必要があると考えられる。さらに、観察距離のほかに材齢による表面の変化も考慮する必要がある。これまでに筆者らは、材齢の経過に伴う表面の視覚的要素の変化について検討²⁾してきたが、材齢28日程度までにおいて光沢度はほとんど変化しないものの色彩値および色むらは大きく変化する

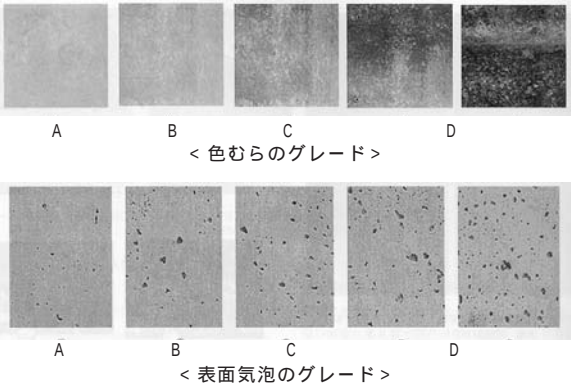


図2 色むら, 表面気泡に関するグレード構成の例³⁾

る傾向にある。
以上のことから、観察距離, 対象面および材齢の相違を加味した評価指標を提示する必要があるといえる。

3. 打放しコンクリート表面の仕上がり状態の評価指標に関する試案

前項で示した色彩値, 色むら, 表面気泡および光沢度打放しコンクリート表面の仕上がり状態を構成する要素を評価指標の評価項目として設定する。評価項目に対する評価方法を表1, 評価指標の試案を表2に示す。前項で述べたように、観察距離および対象面の相違により評価項目が異なるべきものと考えた。さらに、図2に示す柏木³⁾が示したレイティングスケールに4段階程度のグレード構成を設定すれば、施工前に仕上がり状態の具体的な目標となるし、あるいは仕上がった後の仕上がり状態の良否に関する判断の指標として用いることも考えられる。これについて、すでにニュージーランド規格⁴⁾では、施工前に施工者によりSample Reference Panel (S.R.P)が作成され、仕上がり状態の具体的な目標として事業主と事前に合意形成を図っている例も見られる。

4. 画像解析によるコンクリート表面の色むらの評価方法に関する提案

コンクリート表面は、均質材料ではないために、その程度は異なるものの色むらの集合体であるといえ、対象範囲全体の面としての評価が不可欠となる。そこで、簡便かつ、即時的に定量的な判断が可能な方法として、コンクリート表面を市販のデジタルカメラにより撮影し、その撮影画像を用いた画像解析により、画像の全画素の色情報を抽出し統計値により評価する方法を提案するものである。なお、本手法に付与する機能は、コンクリート表面の色彩値、色むらおよび表面気泡の検出であるが、現在のところ表面気泡については開発中であり全ての機能を満足するには至っていないため、ここでは本手法を用いた色むらの評価方法についてのみ論じることとする。

4.1 評価方法の概要

評価対象は、色むらの程度の異なる打放しコンクリートの試験体(W300×H300×D200)とした。使用したデジタルカメラの仕様を表3、試験体の撮影方法を図3に示す。撮影環境による評価への影響を排除するため、デジタルカメラの設定、撮影位置および光源配置を同一条件とした。撮影した試験体画像の一例を写真1に示す。試験体画像は、試験体における表面色の程度の違いにより、デジタルカメラが自動的に白色調整するため、試験体画像に明暗の差が生じる可能性がある。これらの影響を排除するため、試験体のほかに白色および黒色の色サンプルを写し込み、明度レベル調整のための基準とした。また、一般的に色むらには模様のパターンがあり、その形状や大きさにより色むらの印象が変わる。よって、解析手法としてこれらを表現できるテクスチャー解析やFFT解析が有効⁵⁾であると考えられるが、本報告では色むらの形状がいずれも鱗状であり試験体の表面全般に分散してため、第一段階として全画素の明度分布のみについて評価するものとした。

試験体画像は、作成した画像解析プログラムで処理した。画像解析のフローを図4に示す。試験体画

表3 使用したデジタルカメラの仕様

項目	名称・仕様
デジタルカメラ	機種名 C社製KISSDNS
	型式 デジタル一眼レフレックスAF・AEカメラ
	有効画素数 約800万画素
撮影条件	画像サイズ 3,456×2,304
	撮影モード オートフォーカス、ホワイトバランス自動調整
	絞り値 5.6(シャッター速度自動調整)
	レンズ S社製単焦点レンズ(30mm, 画角45度)
	フラッシュ 使用しない

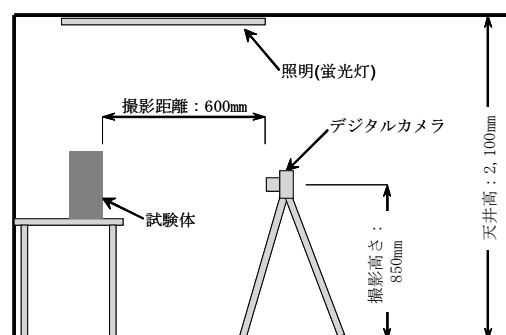


図3 試験体の撮影方法

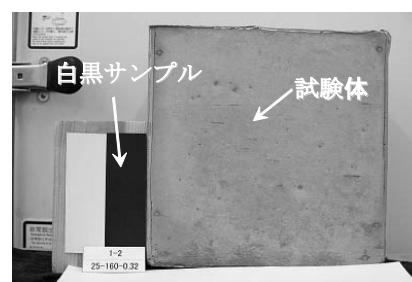
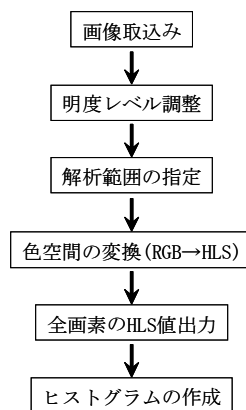


写真1 試験体画像の一例

像の特徴は、色相（赤，黄，緑，青といった色合い）および彩度（鮮やかさ）ともに乏しい。これらの色情報から色むらを捉えることが困難である反面、コンクリート表面は無彩色に近いため明度と色むらに相関があり、画素ごとの明度のば



らつきによって色むらの程度をよく捉えられると考えられる。よって、試験体画像は、デジタルカメラの原画像のRGBデータから明度を表現できるHLS色空間(L:0～255階調)へと変換した後、明度の分布を用いて評価することとした。

試験体画像の取込みの際には、白色および黒色サ

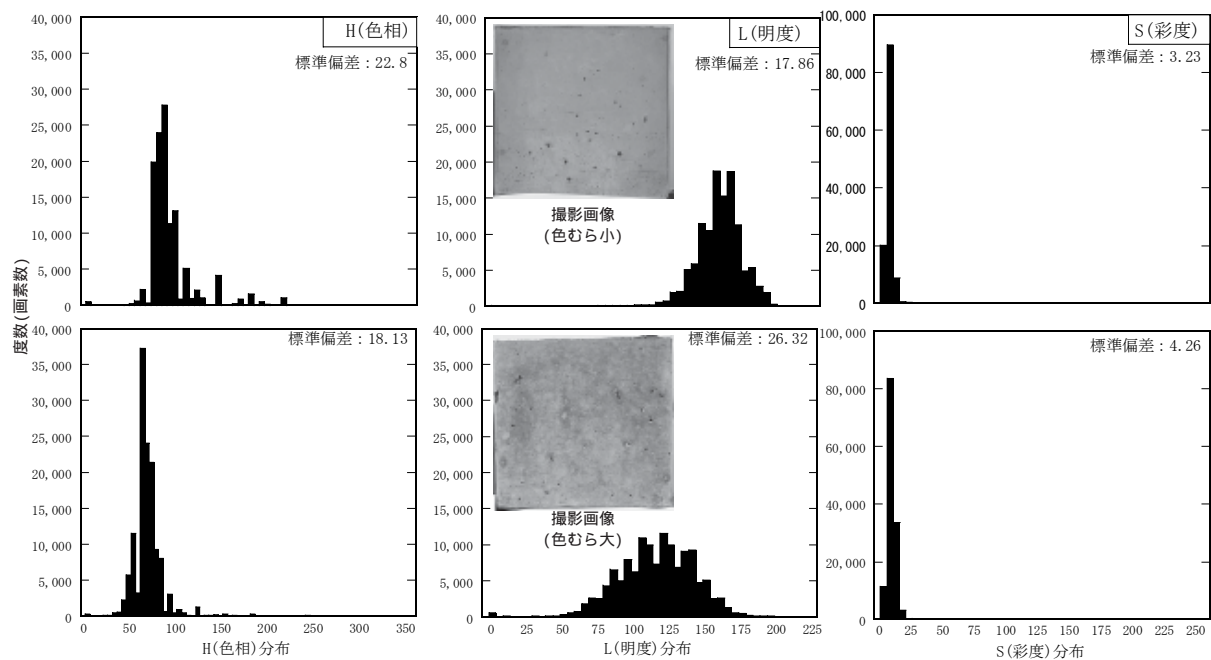


図5 HLS 色空間によるヒストグラム

ンプルを画像中から自動的に検出し、サンプリングを行う。その後、操作者が試験体画像中から解析する試験体の範囲を指定すると、明度レベルの補正された全画素の明度の値が得られる。これらの結果を基にして、その明度の分布をヒストグラムで表し、標準偏差の大小(大:色むらの程度が大きい,小:色むらの程度が小さい)により評価する。

4.2 画像解析結果の検証

作成した画像解析プログラムの明度を用いた評価の妥当性を検証するために、目視により色むらの程度に大きく差のある試験体画像を選択し、画像解析により得られたH(色相),L(明度)およびS(彩度)の分布傾向について比較した。

HLS 色空間によるヒストグラムを図5に示す。H(色相)の分布は、目視による色むらの程度と相反した傾向を示した。また、S(彩度)の分布は、いずれの試験体画像とも彩度が極小の階調範囲に集約され、標準偏差にもほとんど差異が見られない。これらのことから、H(色相)およびS(彩度)を用いた評価は、色むらの程度を表現するのに適しているとはいえない。一方、L(明度)の分布は、ほぼ正規分布しており、標準偏差の大小が色むらの程度に合致しており、目視による認識と近い傾向といえる。

以上のことから、明度分布が広い範囲であるほど色むらが多く、狭い範囲であるほど色むらが少ない

とすることができ、色むらの程度を明度分布の標準偏差の大小で評価できる可能性があると考えられる。

5. まとめ

本報告の内容を以下にまとめる。

- (1) 評価指標とその評価方法の試案を示した。
- (2) 色むらの定量的評価方法として、画像解析による手法を提案した。

今後、実際の現場における品質管理手法として展開するための検討を続ける予定である。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事，pp.144-145，2003
- 2) 例えば、岡本修，大塚秀三ほか：画像解析手法による打放しコンクリートの色むらの評価 その1，2，日本建築学会大会学術講演梗概集A-1分冊，pp189-192，2006.9
- 3) 柏木隆男：打放しコンクリートの色むらコントロール，コンクリートテクノ臨時増刊号「美しいコンクリート」，セメント新聞社，pp.127-132，2006.9へ加筆
- 4) Standards Association of New Zealand: NZS 3114 Specification for Concrete Surface Finishes, 1987
- 5) 北垣亮馬ほか：2次元フーリエ変換による打放しコンクリート視覚情報の定量化に関する研究，日本建築学会構造系論文集，No.597，pp.33-38，2005.11