

単色光と陰影による煤で汚れたコンクリート壁面の段差高推定に関する研究

日本大学大学院	正会員	○石森	章之
三井住友建設株式会社	正会員	塩崎	正人
日本大学	正会員	佐田	達典
日本大学	正会員	池田	隆博

1. はじめに

既設トンネルの点検に掛かる労力を低減するため、トンネルのコンクリート覆工面の画像を用いた調査・記録方法が行われている¹⁾。しかし、画像を用いて変状図を作成する場合も、人力による変状のトレースが必要となるため、画像からひび割れや段差を抽出し、寸法も計測できれば、記録作業の効率化が期待できる。

先行研究では、トンネル内の画像計測で必要となる投光器に着目した。光を照射してコンクリートの「ひび割れ」と「段差」に発生させた陰影を写真で捉え、二値化処理により陰影を抽出することで、ひび割れと段差を抽出可能とした。また、輝度が低い陰影と黒色汚れを判別し、陰影のみの抽出を容易とするため、RGB単色光(赤色光・緑色光・青色光)による色の違いを利用した撮影・解析方法を提案し、陰影を利用したひび割れや段差の検知における単色光の有効性を示してきた^{2) 3)}。

本研究では、投光器の照射角度を利用して画像からコンクリートの段差高を求める方法を新たに提案し検証する。そして、RGB単色光を用いて、汚れたコンクリート面の段差高を推定できるか検証する。

2. 単色光による黒色汚れと陰影の判別方法

まず、RGB色空間とは、R(赤)、G(緑)、B(青)で構成され、各色が0から255までの階層をもつ。RGB値(R, G, B)が(0, 0, 0)の場合は黒色、(255, 255, 255)は白色となる。

投光器を用いてコンクリートの段差やひび割れに発生させた陰影には光が届いていないため、照明の色によらず、陰影のRGB値は0に近い値を示す。一方で、陰影以外のコンクリート表面や汚れには照射光が当たるため、コンクリートの色や汚れの色が各単色光の色となり、その単色光に対応する色のRGB値のみが大きくなる。このように、陰影とそれ以外の箇所の色の違

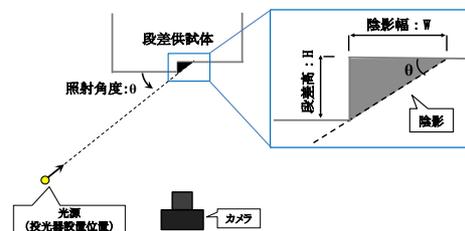


図-1 段差高の推定方法



図-2 実験状況



図-3 段差供試体

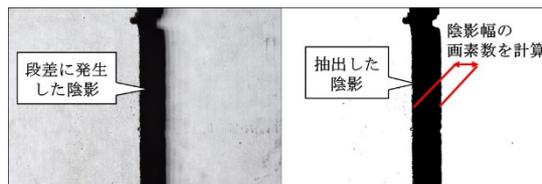


図-4 陰影の抽出と陰影幅の計算

いを利用して陰影と黒色汚れを判別する。

3. 陰影と照射角度による段差高の推定

(1) コンクリート壁面の段差高推定方法⁴⁾

コンクリート壁面に発生した段差高の推定は次の方法で行う。まず、段差の高い側から壁面に向け投光し、段差の低い側に陰影を発生させる(図-1)。そして、陰影の幅Wと光の照射角度θから、式(1)により段差の高さHを推定する。

$$H = W \times \tan \theta \quad (1)$$

(2) 検証実験と解析の方法

段差高1mm, 2mm, 5mm, 10mmのコンクリート供試体を用いて、暗室内で実験を行なった(図-2, 図-3)。カメラは、デジタル一眼レフカメラを用いた。投光器にはLED白色光を用いた。

図-4に撮影画像と二値化画像の一例を示す。この撮影画像から二値化処理を用いて陰影の抽出を行い、抽出した陰影の幅から段差高さを算出する。しかし、

キーワード：段差、二値化処理、単色光、画像計測、LED照明

連絡先：〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 日本大学理工学部 空間情報研究室 TEL 047-469-8147

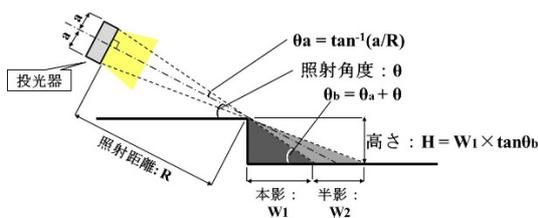


図-5 面光源によって段差に発生する陰影

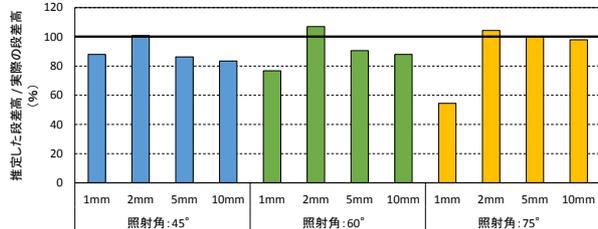


図-6 段差高の推定結果

今回使用した投光器のように光源が面光源の場合、段差には、濃い本影と薄い半影が発生する(図-5)。そこで、図-5中の θ_b を求め、(1)式を θ_b と本影の幅 W_1 に置き換えて高さ H を算出した。

(3) 段差高さの推定結果

推定した段差高を実際の段差高に対する割合で示した(図-6)。照射角45度は、実際の段差高の80%~100%の段差高を推定した。照射角60度と75度は、段差高1mmを除き、実際の段差高の約90%~110%の高さとなった。3つの照射角では、45度が最もばらつきが少なかった。

4. 単色光による汚れたコンクリート面の段差高推定

(1) 実験概要

次に、黒色汚れとしてロウソクの煤を付着した段差供試体を、白色光とRGB単色光をそれぞれ照射して撮影する実験を行った(図-7)。撮影は暗室で行い、使用したカメラ、供試体および各機材の設置位置は、3章と同じである。照射角度も45度、60度、75度の3つを設定した。

(2) 白色光・単色光による段差高の推定結果の比較

図-8に実際の段差高に対する推定した段差高を示す。まず、段差高ごとに比較すると、段差1mmは実際の段差高の60%~180%と算出結果に不正確さがみられた。特に照射角75度の推定結果に大きな誤差がみられたため、3章の検証(図-6)と同様に、低い段差を深い照射角で推定する場合は、精度が低下することがわかった。段差1mm以外は、白色光と単色光の方とも、実際の段差高の約±20%の段差高を推定できた。また、単色光の中で比較すると、段差1mm・照射角45度と60度、段差2mm・60度と75度、段差5mm・75度、段差10mm・全照射角において、青色光の推定精度が赤・緑色光より



図-7 煤を付着した段差供試体(左)と実験状況(右)

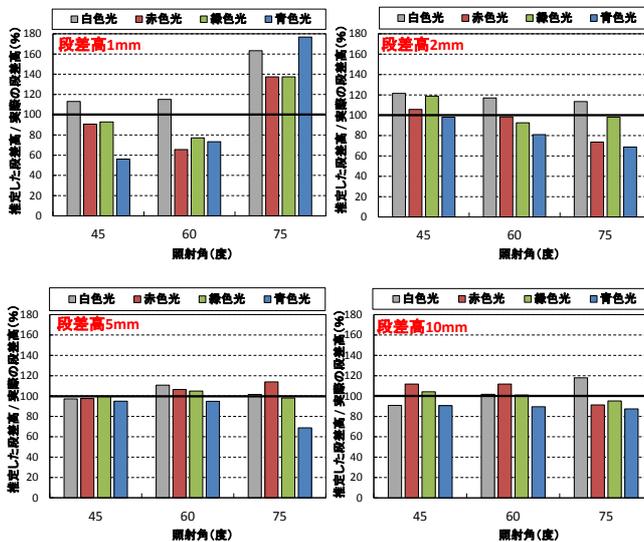


図-8 単色光による段差高の推定結果

低かったため、赤色光と緑色光がより正確に高さを推定できる照明であることがわかった。

煤が付着している場合、単色光と白色光による高さの推定結果に違いは見受けられず、3章の煤が付着していない段差高の推定結果も、実際の段差高の±20%の高さの推定していた。以上のことから、単色光の場合においても、煤で汚れたコンクリートの段差高を推定可能といえる。

5. おわりに

本研究では、投光器の照射角度と陰影を用いて、コンクリート壁面の段差高を画像から推定する方法を提案した。その結果、実際の段差高の±20%の精度で高さを推定できた。更にRGB単色光を用いて、煤で汚れたコンクリート壁面の段差高の推定も行い、白色光と同様に±20%の精度で推定できることがわかった。

参考文献

- 1) 国土交通省近畿地方整備局 HP：道路トンネル健全性評価技術の研究、<http://www.kkr.mlit.go.jp/road/shintoshikenkyukai/houkokukai/houkoku1.pdf>、(入手2012.7.15.)
- 2) 石森章之、佐田達典、石坂哲宏、塩崎正人：RGB単色光と陰影を利用したトンネルコンクリート壁面のひび割れ検知に関する研究、土木学会論文集 F3, 69巻, 2号, pp.L.69-L.82, 2013.
- 3) 塩崎正人、石森章之、菊地典明、佐田達典：画像計測による照明の陰影を利用した変状抽出手法の研究、コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.2152-2157, 2014.
- 4) 石森章之、佐田達典、塩崎正人：照明と画像を利用したコンクリート壁面の段差高計測に関する基礎的研究、土木情報学シンポジウム講演集, vol.39, pp.135-138, 2014.