

RGB 単色光による既設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

日本大学 学生会員 ○石森 章之

日本大学 正会員 佐田 達典

日本大学 正会員 石坂 哲宏

三井住友建設 正会員 塩崎 正人

1. はじめに

コンクリート構造物のひび割れは、構造物の耐久性に影響を与えるだけでなく、剥離・剥落を引きおこし、重大な事故につながる可能性があるため、正確な検知が必要である。近年、トンネルのコンクリート壁面は、目視点検と並行して投光器とデジタルカメラやビデオカメラによる撮影が行われている¹⁾。さらに撮影画像から二値化処理によりコンクリート面のひび割れを検知する手法が提案されているが、構造物の汚れがひび割れと誤認識される問題がある。

前川らの研究²⁾では、ハロゲンライトやLED白色光に代わってRGB単色光(赤色光、緑色光、青色光)を照明に用いた撮影と、二値化処理の閾値に利用される輝度値に代わってHSV色空間(色相H、彩度S、明度V)によるひび割れ検知手法を提案した。そして、RGB単色光の方がひび割れと黒色スプレアのHSV色空間の明度Vに差が出ることが確認された。しかし、実際のトンネル壁面の汚れは自動車の排気ガスに含まれる煤であるため、汚れが煤の場合の検証が必要である。

本研究では、RGB単色光を用いて撮影した画像から算出した明度Vにより、ひび割れと煤を判別しやすくなるか検証することを目的とする。

2. RGB 単色光を利用したひび割れ検知原理

白色光を照射して撮影したコンクリート面のひび割れは、光が届かないため陰影が生じる(図-1)。この陰影の輝度はコンクリート面の輝度より小さいため、陰影とコンクリート面の輝度の大小差を利用することでひび割れの検知が可能となる³⁾。しかし、コンクリート面に煤等の汚れが付着していると、汚れの色が陰影の黒色に近づくため、ひび割れの陰影と汚れを輝度で判別しにくくなる。

そこで、ひび割れの陰影と汚れを判別するためRGB単色光を用いる。RGB単色光を照射された汚れ面は、

その単色光に対応するRGB値(R,G,B)のみが大きくなる。輝度と同様にパラメータを1つにするため、明るさの単位である明度Vに式(1)で変換し、ひび割れと汚れの明度Vの大小の差を利用して判別を行い、ひび割れのみを検知する。

$$V = \{\text{MAX}(R, G, B) / 255\} \times 100 \quad (1)$$

3. 検証実験と解析方法

(1) 実験目的

ひび割れと煤の明度を算出するため、白色光とRGB単色光で撮影されたひび割れと煤の画像を取得することを目的とする。

(2) 実験方法

暗所にて、図-1に示すように供試体にカメラとLEDライトを正対させ、幅0.15mm~0.45mmのひび割れを発生させたコンクリート面(図-2)にロウソクの煤を付着させた供試体(図-3)と、実際の煤が付着したトンネルの天井PC板(図-4)を白色光とRGB単色光でそれぞれ撮影した。カメラと供試体の距離は1.5mであり、各照明を照度2000lxに統一するため、供試体と照明の距離を調節して表-1に示す値で撮影した。

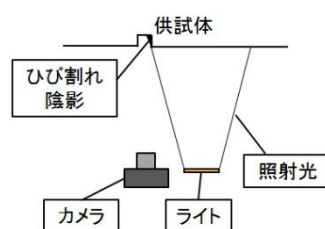


図-1 実験概況



図-2 ひび割れコンクリート

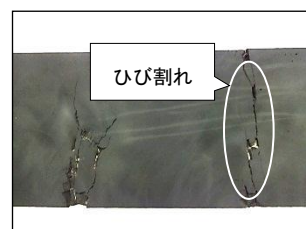


図-3 ロウソクの煤

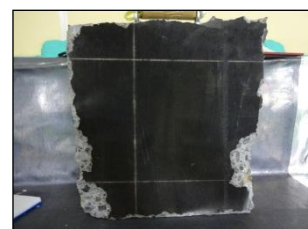


図-4 天井PC板の煤

キーワード：ひび割れ、明度、LEDライト、二値化処理

連絡先：〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部交通システム工学科 空間情報研究室

表-1 供試体と照明の距離

	白色光	赤色光	緑色光	青色光
供試体からの距離(m)	1.10	2.06	2.00	0.40

(3) 解析方法

撮影した画像の、①ひび割れ部、②ロウソクの煤、③天井 PC 板の煤（実際のトンネルの煤）から RGB 値を抽出し、式（1）により明度 V に変換した。

4. 結果と考察

図-5 は、それぞれの照明を使用して撮影した画像のひび割れとロウソクの煤の明度 V のヒストグラムである。表-2 は、図-5 のヒストグラムの信頼係数 95% における、ひび割れの上方信頼限界値と煤（ロウソク、天井 PC 板）の下方信頼限界値である。このひび割れと煤の明度の限界値の差が大きいほど判別しやすいことを表している。

図-5 のひび割れとロウソクの煤の明度分布を比較すると、白色光は明度差が 0% であるが、RGB 単色光は白色光よりも大きい差が観測された。特に青色光は 62% と顕著な差となった。表-2 より、トンネルの煤の明度 V とひび割れの明度 V の差は、白色光 1%，赤色光 22%，緑色光 4%，青色光 75% となり、汚れがトンネルの煤においても白色光より RGB 単色光の方がひび割れとの明度差が大きくなった。さらに、ロウソクの煤よりも明度差が大きくなることが確認された。

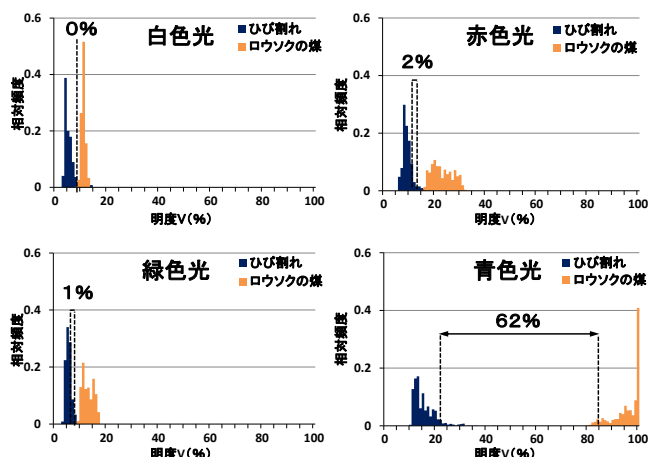


図-5 ひび割れとロウソクの煤の明度分布

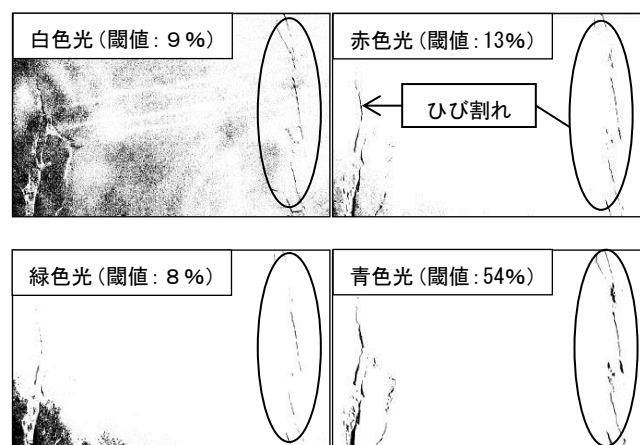
表-2 ひび割れと汚れの明度 V

	明度 V (%)		
	①ひび割れ 上方信頼限界値	②ロウソクの煤 下方信頼限界値	③天井PC板の煤 下方信頼限界値
白色光	9	9	10
赤色光	12	14	34
緑色光	7	8	11
青色光	23	85	98

図-6 は、明度 V で閾値をとる二値化処理を行った場合、ロウソクの煤の影響をどの程度受けるか検証した画像である。なお図-2 の点線の範囲を二値化して

いる。閾値は、図-5 における各照明のひび割れとロウソクの煤の明度 V の差の中間値とした。

図-6 で白色光の二値化画像は、左から中央にかけてノイズが発生している。緑色光も左下に煤を誤認識してしまい、ひび割れも薄く形が現れていない。これに対し、赤色光と青色光は煤を誤認識せずにひび割れの形を抽出した。また、図-5 では緑色光と赤色光のひび割れと煤の明度差がそれぞれ 1% と 2% で近い値を示したが、赤色光の二値化画像は煤の影響を受けなかった。ひび割れと煤の明度 V が近いと閾値がひび割れ若しくは煤の明度と同じになってしまうため、ひび割れの形を抽出できず、煤も誤認識されてしまうことが考えられる。

図-6 明度 V による二値化処理

5. おわりに

RGB 単色光を利用した撮影は、コンクリートの汚れが煤の場合においても、白色光よりひび割れと煤の明度 V に差が出ることが確認された。また、明度 V で閾値を取る二値化処理では、白色光より赤色光と青色光の方がひび割れと煤を誤認識しないことが確認された。

今回は各照明の照度を統一したが、今後は各照明のエネルギーの統一や照明と供試体の距離などを考慮し、最適な RGB 単色光の検討をしていく。

参考文献

- 国土交通省近畿地方整備局：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>, 2013.1.
- 前川了重ら：RGB 単色光を利用したコンクリート構造物のひび割れ検知に関する研究，土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集，CD-ROM，pp.21-22，2012.9.
- 塩崎正人ら：照明を利用した変状抽出手法に関する研究，土木学会論文集 F3，67 巻，2 号，pp.119-124，2011.