

F1-6

## LED 投光器の照射角度を利用したコンクリート壁面の段差高計測に関する研究

### Study on level differences height measurement of the concrete wall by irradiation angle of the LED floodlight

○石森章之<sup>1</sup>, 佐田達典<sup>2</sup>\*Fumiyuki Ishimori<sup>1</sup>, Tatsunori Sada<sup>2</sup>

Abstract : In the periodic check of a tunnel, proximity viewing check of the surface of a wall is performed firstly, and then the discovered crack is struck by hammer. However, there remains the problem is that the existing check method needs too much time and the traffic stop for work. Furthermore, crack size is measured using a crack scale, and is a labor required in order to sketch a crack in handwriting. Therefore, the crack investigation of the surface of a wall using traveling type image measurement vehicle attracts attention. In this study, we have proposed a method for calculating a level difference height of the concrete wall from the image by using the irradiation angle of floodlight used for shooting. As a result, the height difference level was able to be calculated 80-100% of the real height.

#### 1. はじめに

トンネルの定期点検は、現場での作業時間が長く、変状の記録も手描きで行うため非常に労力を要する。そこで、短時間でトンネル覆工面の画像を取得し、展開画像から打音箇所を絞込みが可能な走行型の撮影車両が増えている<sup>[1]</sup>。現場での作業を省力化できる一方で、画像から変状を抽出する作業は、技術者の目視によるトレースが必要とされる。既往研究では、画像上での確認が困難な段差を検出するため、投光器でコンクリートの段差に発生させた陰影を画像処理で捉える方法を提案し、陰影の有無から段差の検出を可能とした<sup>[2]</sup>。本研究では、投光器の照射角度と抽出した段差の陰影幅を利用し、段差の高さを求める方法を新たに提案した。

#### 2. 段差高の算出方法

ここでは、段差高の算出方法について説明する。Figure1 のように、段差の高い側から光を照射すると、段差の低い方の面に陰影が発生する。この陰影の幅  $L$  と光の照射角度から、式(1)により段差の高さを算出できるという考え方である。実際の解析では、二値化処理で抽出した陰影の幅の画素数 (pixel) に、画像の解像度 (mm/pixel) を乗じて算出した実際の陰影幅 (mm) を用いて、高さを求めていく。

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

#### 3. 検証実験と解析方法

##### (1) 検証実験

検証実験では、1.0mm, 2.0mm, 5.0mm, 10mmの段差を設けたコンクリート供試体を撮影した (Figure2)。

Figure1のように段差の高い方に投光器を設置し、照射角度 $\theta$ は、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$ とした。供試体から投光器までの照射距離は1.0mとし、供試体からカメラまでの撮影距離は0.5mとした。カメラは、約2400万画素のデジタル一眼レフカメラを使用した。なお、トンネル内を想定して暗室で実験を行った (Figure3)。

##### (2) 解析方法

Figure4 に撮影した段差の画像と、陰影を抽出した二値化画像を示す。この二値化画像の陰影幅と照射角度

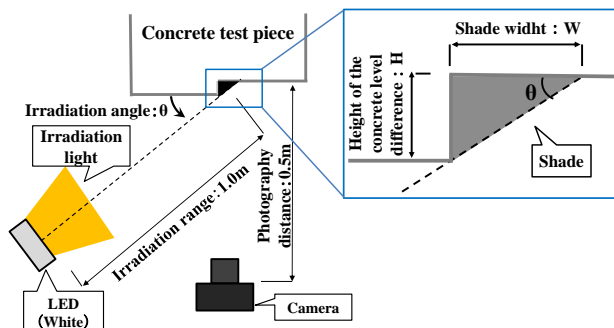


Figure1. The method of calculating the level height

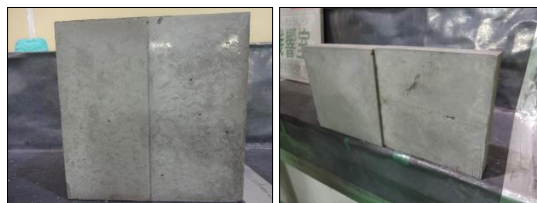


Figure2. Concrete test piece



Figure3. Experimental situation & LED floodlight



Figure4. Photographed image & Binarized image

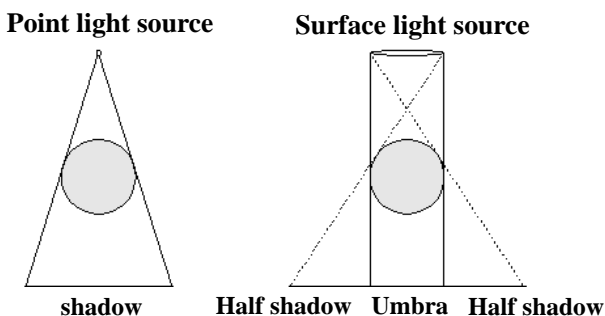


Figure5. Difference of the shadow by the source of light<sup>[4]</sup>

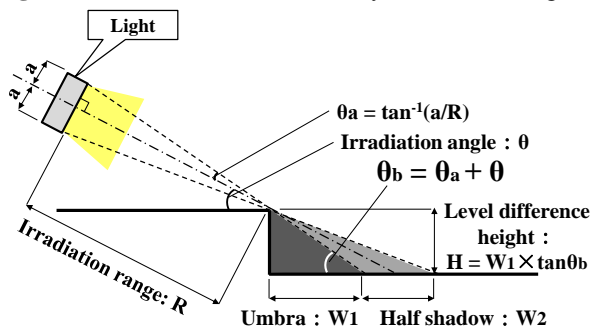


Figure6. Calculation of level difference height by the surface light source

から段差高の算出を行うが、光源が面光源の場合、陰影の幅が小さくなるため (1)式では単純に算出できない。光源が点光源で強い光の場合は、光源から障害物の接線の延長上に濃い陰影のみ発生するが、光が弱い面光源では、陰影の端が半影と呼ばれる薄い陰影になるためである<sup>[3]</sup> (Figure5)。今回の実験で使用した投光器は面光源であり、段差に発生する陰影は Figure6 となる。二値化処理では濃い陰影のみを抽出する閾値を設定しているため、Figure4 の二値化画像の陰影幅は、Figure6 中で  $S_1$  となる。そこで、投光器の大きさ  $a$ 、照射距離  $R$ 、照射角  $\theta$  から  $\theta_b$  を求め、(1) 式を陰影の幅  $W_1$  と照射角  $\theta_b$  に置き換えて高さを算出する。

#### 4. 段差高の算出結果

段差高の算出結果を Table1 に示す。Figure7 には、実際の高に対する算出した高さを百分率で示した。これらの結果より、実際の高さの 8 割～10 割の高さを算出したことを確認した。計測対象とする段差の高さや、投光器の照射角度により、結果の精度にばらつきがみられるが、これは投光器の設置誤差によるものと考え

Table1. Level difference height calculation result of the surface light source (mm)

		Height of the concrete level difference			
		1mm	2mm	5mm	10mm
Irradiation angle	45	0.90	2.00	4.30	8.35
	60	0.75	2.15	4.55	8.80
	75	0.55	2.10	5.00	9.80

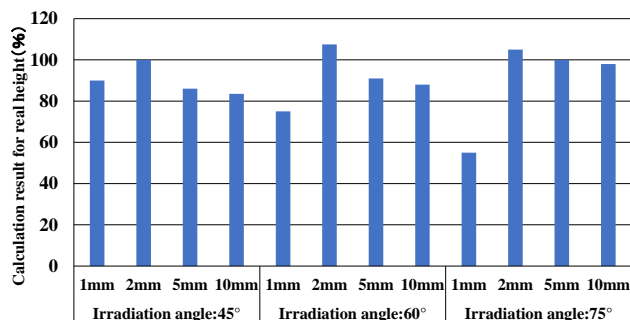


Figure7. Calculation result for real height

る。設置した投光器の照射角度が 1°ずれるごとに、算出される高さは、約 0.05mm 異なるためである。照射角度で比較すると、45°は比較的安定して高さを算出できている。60°と 75°は、計測対象によって、結果のばらつきが大きいことが確認された。

#### 5. おわりに

本研究では、投光器の照射角度と段差に発生する陰影の幅を利用して、画像から段差高を算出する方法を提案した。その結果、実際の高さの 8 割～10 割の高さを算出可能であることがわかった。しかし、照射角度が深い場合は、段差に発生する陰影が細くなるため、低い段差の算出結果がばらつきやすいことも確認された。既往研究では、カメラの左右から交互に投光して撮影した 2 枚の画像の差分をとることで段差の有無を判断する<sup>[2]</sup>。今後は、差分処理で検出した段差の陰影から高さを算出できるか検証する予定である。

#### 6. 参考文献

[1] 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>. 2012.  
 [2] 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.  
 [3] 中島龍興：「照明のことがわかる本」, pp.16-17, 2009.  
 [4] 北海道大学情報メディア学研究室： <http://nisei.eng.hokudai.ac.jp/~aoki/laboratory07/11.html>. 2014.