

平行光を用いた凹凸の陰影によるコンクリート表面粗さの評価 Evaluation of Concrete Surface Roughness by Shading of Unevenness Using Collimated Light

○浦畑 夢, 岡島 賢治, 長岡 誠也

URAHATA Nozomu, OKAJIMA Kenji, NAGAOKA Seiya

1. はじめに

我が国では農業水利施設に生じる劣化が問題となっている。そのことから劣化の定量的な評価に関して多くの検討がされており、近年では画像処理を用いた検討が盛んに行われている。農業水利施設のうち、農業用水路においては摩耗劣化が問題となっている。摩耗は水路のコンクリート表面の粗さを増大させることで通水性能を低下させる。そのことから粗さを定量的に評価する手法が検討されているが、画像処理を用いている例は少ない。そこで本研究では、物体に光が当たると陰影が生じる現象より着想を得て、コンクリート面の凹凸に生じる陰影の面積と、粗さに関係があると仮説を立て検証を行った。陰影は画像処理によって抽出した。

2. 実験方法

2.1 撮影条件

画像の撮影は、自然光の入らない暗室において、粗さを模擬したコンクリートパネル（以下、「パネル」という）に照明を当てを行った。撮影にはデジタルカメラ RICOH WG-80 (RICOH 社) を用いた。照明には、太陽光と同程度の平行光を再現できるホロライト (パイフォトニクス社) を用いた (図 1)。パネルは、寸法が縦 100mm, 横 300mm であり、算術平均粗さ R_a の異なる 10 種類 ($R_a = 0.43, 0.46, 0.47, 0.49, 0.52, 0.55, 0.63, 0.71, 0.73, 1.00\text{mm}$) を用いた。骨材の色による画像処理への影響を避けるため、パネルはペンキで白色に塗装した。



図 1 平行光
Collimated Light

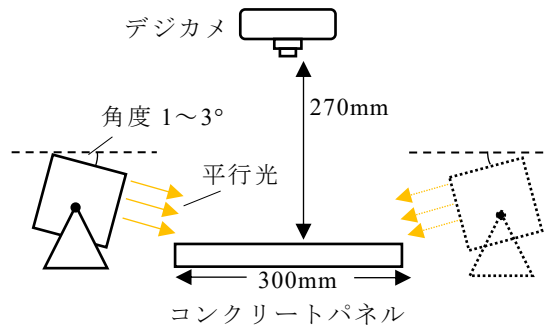


図 2 実験概要
Schematic of experiment

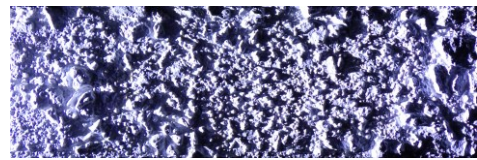
デジタルカメラはパネルと平行に 270mm の距離に固定した。照明は平行光であることから、水平よりも下方向に、1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0°で光源に角度をつけ、パネル短辺の 2 方向から照明を当て撮影した。実験概要を図 2 に示す。撮影した画像サイズは 1600 万画素であり、そこからパネルの領域を切り取り画像処理に用いた。カメラのオート機能はすべてマニュアル設定に変更し固定した。

2.1 画像処理方法

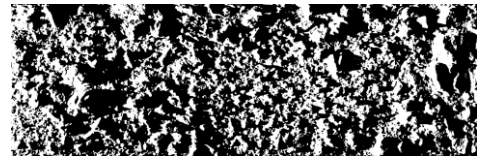
陰影抽出のための画像処理には二値化処理を用いた。二値化処理では、原画像を 256

*三重大学大学院, Graduate school of Mie University キーワード: 粗さ, 陰影, 平行光, 二値化処理

階調のグレースケール画像に変換し、閾値を境に階調が0（黒）と255（白）の2種類のみに分けられた二値画像に変換する。本研究では、一般的に用いられる大津の方法による二値化処理と、0~255までの256すべての閾値を手動で設定した二値化処理を行い、黒色画素の割合を陰影の面積とした。大津の方法とは、画素値のヒストグラムクラス間分離度が最大になるように閾値を設定する方法である。大津の方法では、それぞれ撮影した1枚ごとに最適な閾値が設定されており、手動での設定では、すべての画像に同じ閾値が設定されている。大津の方法による二値画像の例を図3に示す。



(a) 原画像



(b) 二値画像

図3 二値画像の例 ($R_a = 0.52\text{mm}$)
Example of Binary Image

3. 結果と考察

得られた結果のうち、陰影の面積と粗さが最も高い一致を示した照明の角度2.5°の結果についてグラフで示し、その他の結果については決定係数を表1で示す。手動での設定では、最も決定係数が高くなったときの閾値の値を載せている。結果より、2.5°のとき、大津の方法では $R^2 = 0.96$ 、手動での設定では、閾値158のときに $R^2 = 0.92$ と、非常に高い相関を示した。表1より、2.0°の結果が最も低い一致となった。その他の角度においても、手動での設定よりも大津の方法による決定係数の方が高かった。これは、大津の方法ではそれぞれの画像1枚ごとに最適な閾値を決定して二値化処理をしていることから当てはまりが良くなったことが予想される。

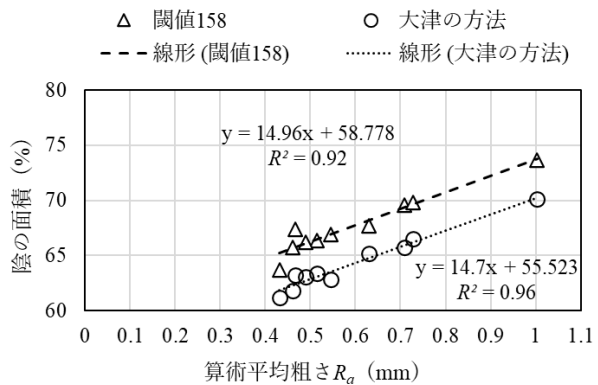


図4 角度2.5°における結果
Results at an angle of 2.5°

表1 その他の角度の決定係数
Other Angle Coefficients of determination

角度 (°)	大津の方法		
	R^2	手動設定 R^2	閾値
1.0	0.90	0.83	145
1.5	0.84	0.82	157
2.0	0.78	0.76	174
3.0	0.84	0.82	162

4. 結論と今後の課題

以上より、陰影と粗さには高い相関がみられ、陰影よりコンクリートの表面粗さを評価できる可能性が示された。一方で課題も残っている。今回得られた結果は、算術平均粗さ R_a が0~0.1mm程度の滑面を用いた実験は行っていない。近似直線より滑面の陰影の面積を推定すると、およそ50~60%となる。本研究の陰影の面積と粗さに関係があるという仮説を考慮すると、表面の凹凸がみられない滑面で陰影が半分以上を占めることは考えづらい。今後は滑面における実験を行い、結果を確認する必要がある。また、最終的に現場での実用を考えると暗室での計測やコンクリートの塗装は現実的でないため、自然光の影響や塗装無しでの検討も必要である。