

トンネル掘削ずりの粒度分布計測技術

鹿島建設(株) 正会員 ○横田 泰宏 山本 拓治 伊達 健介
(株) アプライド・ビジョン・システムズ 高橋 裕信 水口 祐司

1. はじめに

近年、トンネル掘削における発破ずりの二次利用が積極的に進められるようになってきた。発破ずりを盛土材やコンクリート骨材に利用するためには、その粒度分布を把握することが非常に重要となる。しかしながら、発破直後は、照明もほとんどなく非常に暗い環境であることに加え、発破による後ガスと粉塵が切羽周辺に充満していることや、ガスの霧消後すぐにずり出し作業が開始されるため、計測にかけられる時間はほとんどないと言える。また、発破直後は切羽近傍に不安定な岩盤が分布しており、堆積した発破ずりも不安定な状態で積み重なっているため、近寄って何らかのスケールを設置して粒度分布を計測することは安全の観点から問題がある。

海外を中心としてデジタルカメラで撮影された画像から画像解析によって粒度分布を求める手法が提案されているが、発破直後の岩石ずりにスケールを設置する必要があること(写真-1)や、その解析原理から3次元的に堆積した発破ずりの評価には限界があることなど、安全や計測精度の観点からいくつかの問題点を指摘することができる。そこで、筆者らはステレオカメラ(写真-2)で発破ずりを撮影し、ステレオ画像解析から対象物の3次元座標を算出して粒度分布を求める新しい計測手法を開発した¹⁾。

2. ステレオ画像解析を用いたトンネル掘削ずりの粒度分布計測技術の概要

(1) 従来技術の問題点と新手法の概要：本手法は、ステレオカメラによる発破ずり撮影とステレオ画像を用いて対象物の3次元計測を行い、その位置座標を元に岩石径を算出および粒度分布の計測を行う技術である。従来のデジタルカメラとスケールによる粒度分布評価手法と比較して、スケールを設置する必要がないため迅速であり、かつ発破直後の危険な切羽やずりに近づく必要がないため安全性も向上する。また、計測精度の面でも、従来のスケールを設置する手法では、スケールを設置した地点におけるピクセルのスケール換算を行い換算値を奥行き方向に内挿および外挿することで対象物の岩石径を算出し、粒度分布を評

価しているため、対象物が二次元平面に堆積している場合は良いが、発破ずりのように三次元的に堆積している場合は、最終的に求められる粒度分布の精度を確保することは難しい状況であった。一方、新手法では、ステレオ画像解析により、対象物の3次元座標を求めることができるため、三次元的に堆積した発破ずりであっても、精度良く発破ずりの粒度分布を算出することが可能となる。

(2) ステレオ画像解析原理：ステレオ画像解析の基本原理解は、三角測量の原理と同様である(図-1)。つまり、図-1中の計測点と左右のカメラを結んで測量区域を三角形の組合せで示し、三角法により三角形の内角・辺長を用いて位置関係を求め、計測点を算出する。ステレオカメラ計測の場合、2つのカメラの位置・姿勢と、各カメラの画像との関係(あらかじめカメラキャリブレーションによって情報を作成する必要があり)と、各画像中の計測したい点の位置が分かれば、距離を求めることができる。

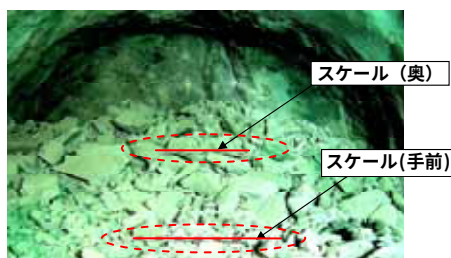


写真-1 デジタルカメラを用いた画像解析（従来）



写真-2 ステレオカメラ

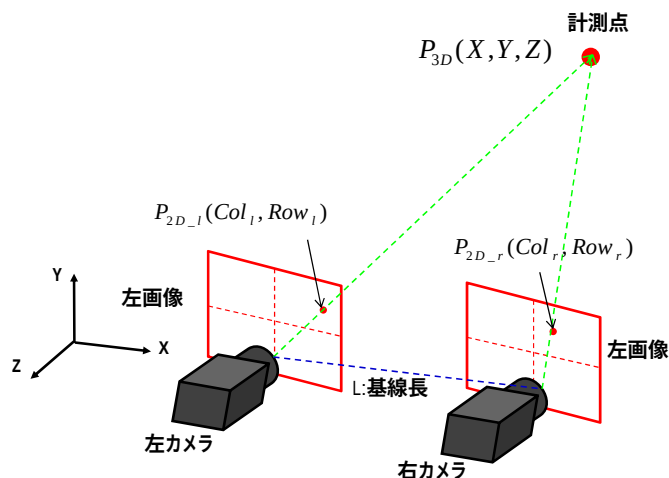


図-1 ステレオカメラによる3次元計測原理

キーワード 山岳トンネル、粒度分布、掘削ずり、発破、ステレオカメラ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株) TEL 042-489-6569

(3) 新手法による粒度分布計測フロー：図-2は、ステレオ画像解析を用いたトンネル掘削ずりの粒度分布計測フローである。

3. 室内試験による計測精度の検証

事前にふるい分け試験を行って粒度分布が既知である岩石ずりをステレオ画像解析による粒度分布計測手法を用いて計測した。岩石ずりは写真-3に示すように発破ずりを模擬して三次元的に堆積させた。図-3は、各岩石のエッジ抽出状況である。図-4は、得られた堆積量加積率とふるい分け試験から得られた岩石ずりの粒度分布を比較した結果である。これらの結果を見ると両者には最大で5%程度の誤差が生じているものの、類似した傾向の粒度分布曲線が得られていることが確認できた。今後は、異なった粒度分布を持つ岩石ずりを用いて同様な室内試験を実施し、本手法の信頼性を向上させたい。

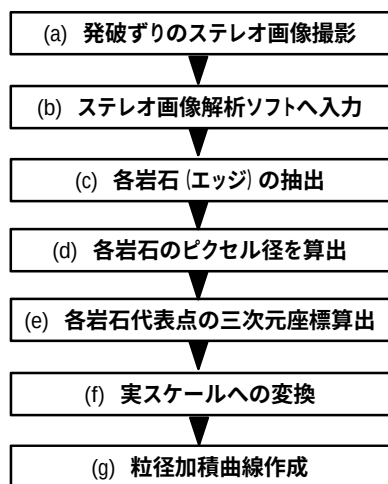


図-2 ステレオ画像解析を用いたトンネル掘削ずりの粒度分布計測フロー



写真-3 発破ずりを模擬した岩石ずり



図-3 各岩石のエッジ抽出状況
ラプラシアン処理後（上）、
エッジ抽出線の重ね合せ（下）

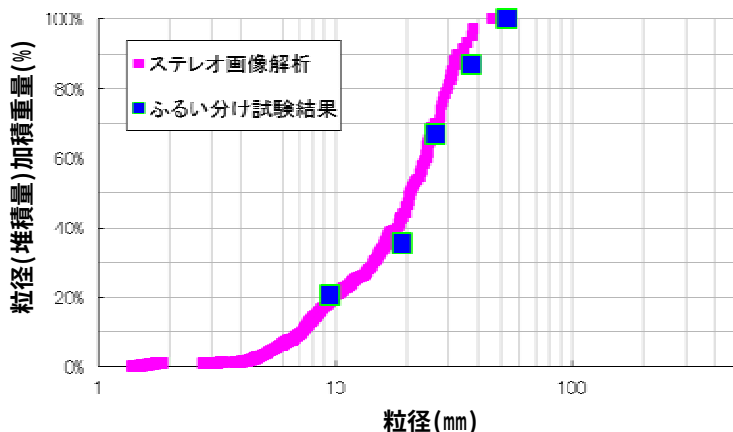


図-4 画像解析結果とふるい分け試験結果

4. おわりに

筆者らは、発破掘削ずりの粒度分布を安全かつ迅速に、そして高精度に算出する技術を開発した。粒度分布が既知な岩石ずりを用いた室内試験では、検証データが少ないものの高精度に粒径加積曲線を算出することができた。写真-4は、本手法を現場で使用した状況写真である。発破直後の切羽や発破ずりに近づく必要がなく、安全かつ迅速に計測ができることを確認した。今後は粒度分布が既知である室内試験を実施していくとともに、現場での適用事例も重ねていく所存である。

参考文献

- 1) 横田泰宏, 伊達健介, 山本拓治, 阿子島学, 高橋裕信, 水口祐司: ステレオ画像解析を用いたトンネル掘削ずりの粒度分布計測技術, 岩の力学国内シンポジウム, pp.549-552, 2013.



写真-4 現場でのステレオカメラ撮影状況