

写真測量を用いた切羽面挙動の簡易予測に関する研究

山口大学大学院 学生会員○向山博道 (株)ケー・エフ・シー 正会員 森本真吾
山口大学工学部 正会員 進士正人 山口大学工学部 750-会員 中川浩二

1. はじめに

トンネル掘削において、切羽面の安定性の確保が重要となっている。そのため、切羽面の挙動や地質状況の変化を簡便に現場計測する方法があれば、切羽が崩壊する恐れがある場合のみ補助工法を適宜実施し切羽安定を図ればよいこととなり、その精度を満足する計測方法が求められている。

そこで本研究では、簡便な写真測量をトンネルに適用することで、切羽状況の変化を簡易に精度良く計測する方法、位置座標の切羽面設置をできるだけ避ける方法について検討する。写真測量の解析ソフトとしては、株式会社トプコン製デジタル写真測量解析プログラム「PI-3000」を用いる。

2. 準点数と準点の設置位置による誤差の検証

今回用いた写真測量プログラムでは、対象物に対し6点以上の位置座標を与えることで、3次元的な形状を簡易に再現することができる。この写真測量プログラムを用いて切羽計測を行う場合、実際の現場では切羽作業を中断しなくてはならないという問題が生じる。このため、図-1に示すような測量を行い、位置座標を与える点を切羽面ではなく内空の変位測定点を活用し、切羽における測量作業を軽減させることを考えた。しかし、この手法では切羽面上に位置座標を与えないため、切羽形状の再現が精度良く行えないことが予想される。そのため、計測精度向上を目的に切羽面に位置座標を与えない点（以下、準点）を設置し、準点数、準点の設置位置が計測精度に与える影響について検討した。

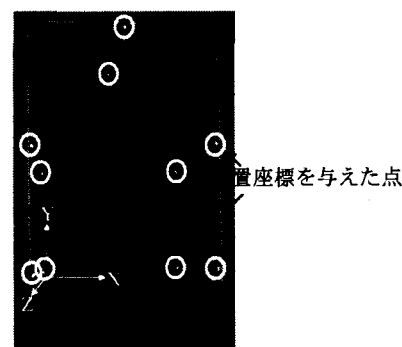
(1) 準点数の検討

図-2に示すように準点の設置位置は横一直線にし、準点数を1点から5点と変化させ、準点数の検討を行う。X軸方向、Y軸方向、Z軸方向に生じた誤差の絶対値合計を空間的座標の誤差とし、その結果を図-4に示す。結果より、準点数を1点から5点まで増やしても、誤差はほぼ同じようなものになった。これより切羽面に数多く準点を設置すれば、誤差が小さくなるわけではないということが考えられる。

(2) 準点の設置位置の検討

図-3に示すように準点数は4点とし、準点の設置位置を種々に変化させ検討を行う。また、準点数の検討と同様に空間的座標の誤差について図-5に示す。

結果より、外四角形がその他の設置位置に比べ、計測点2および3で誤差が1mm以上小さくなっている。よって、切羽面に効率的に準点を設置する位置としては、切羽面を囲むように設置することが計測誤差を小さくするためには有効であると考えられる。



A計測用の基準点を2断面使用

図-1 モデル図

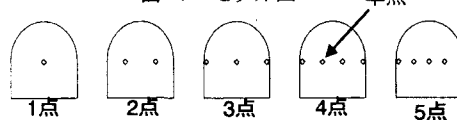


図-2 準点数の検討

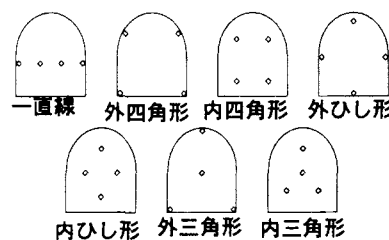


図-3 準点の設置位置の検討

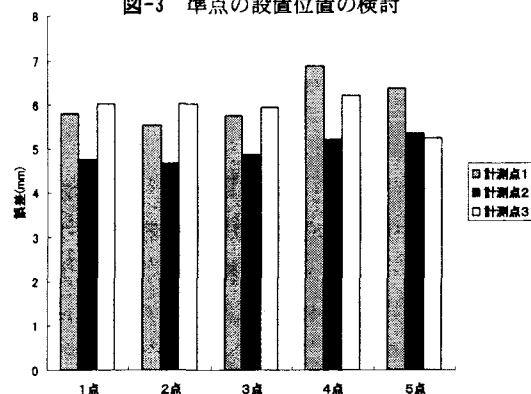


図-4 準点数の空間的座標誤差

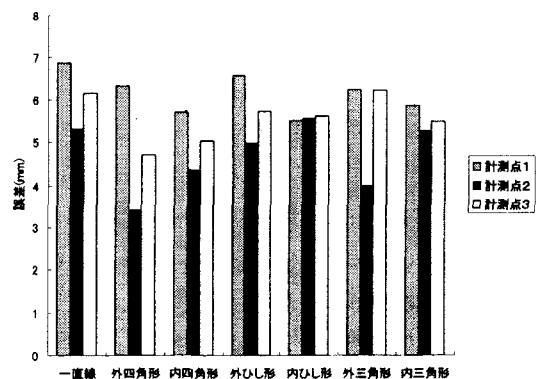


図-5 準点の設置位置の空間的座標誤差

次に、図-4の準点数が5点の場合に生じた誤差と図-5の準点の設置位置が4点の外四角形の場合に生じた誤差を比較する。その結果、設置位置を外四角形にした場合の方が、計測点1, 3については同等、計測点2については2mm以上の誤差が生じた。このことから準点数よりも準点数の設置位置の方が計測精度に与える影響は大きいと考えられる。

3. 模擬切羽面に対する挙動の検証

切羽面状況の変化を予測する手法について検証する。図-6に示すような切羽面を模擬したモデルを初期状態とし、その後、切羽面に押し出し量3cmを与えたこの状態を切羽面の押し出し後とし、同様な計測を行った。なお、準点数は4点、準点の設置位置は外四角形で計測を行った。

図-7に面計測を行った初期状態、押し出し状態の表面積について、図-8に1cm間隔に設定した等高線について、そして図-9に最も押し出しを起こしているa点の断面図について示している。この表面積、等高線に対して比較検討した結果、図-7より切羽面の挙動について、まず表面積では初期状態の場合3.286m²であったものが押し出し後、3.378m²に増加している。このことから表面積を比較することで押し出しが発生していることがわかる。次に等高線と断面図をモデルと照らし合わせながら、初期状態と押し出し状態を比較すると、図-8から挙動している部分が明確に読み取れる。また図-8のAB面上のa点について、そのモデルと解析結果の断面図を図-9に示す。そして図-9の断面図も用いてX,Y座標を調べ、a点の押し出し量を計測から求めた。その結果、表-1に示すように解析値と発泡スチロールを3cm重ねて表現したモデル押し出し量の差、つまり誤差が2.3mmという精度で写真測量が行えた。

このことから、写真測量を用いて簡易的に切羽面の挙動発生箇所を発見することがほぼ可能で、その変位量については、表-1よりミリ単位の誤差で計測することができたと考えられる。

4. まとめ

本研究では、写真測量を用いた切羽面挙動の簡易予測の一手法について検討してきた。以下に検討した結果をまとめる。

- 1) 準点数と準点の設置位置について解析値の精度により影響を与えるのは設置位置であり、切羽面を囲むよう準点を設置することが計測精度を向上させるために最も有効である。
- 2) デジタル写真測量から切羽面挙動を捉えることがほぼ可能となる。

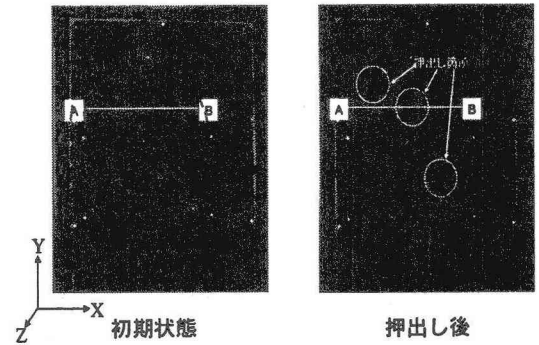


図-6 初期状態と押し出し状態のモデル

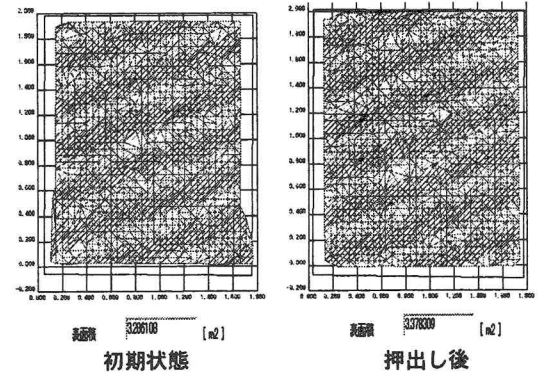


図-7 押し出し前後の切羽表面積の違い

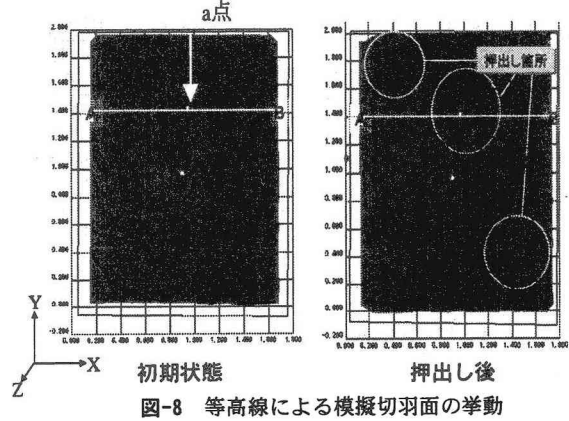


図-8 等高線による模擬切羽面の挙動

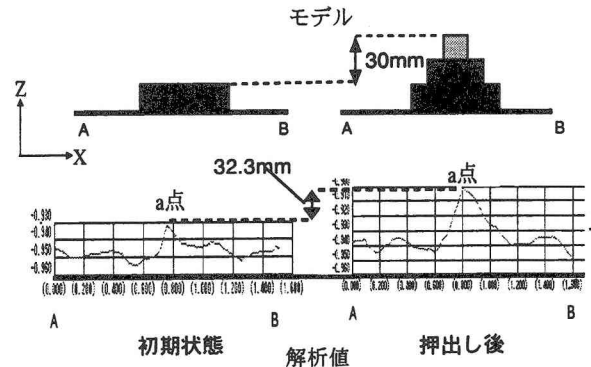


図-9 AB面上のa点のモデルと解析値押し出し量

表-1 点aの押し出し量の誤差

初期状態Z座標	押し出し後Z座標	解析値 (mm)	モデル (mm)	誤差(mm)
-0.934	-0.9017	32.3	30.0	2.3