

Ⅲ-B121

高精度変位計によるトンネル切羽の変位計測

応用地質株式会社技術本部 正会員 徳永 理*

日本道路公団八代工事事務所 正会員 中田雅博

日本道路公団試験研究所トンネル研究室 正会員 赤木 渉

応用地質株式会社技術本部 正会員 進士正人

1. はじめに

切羽の安定はトンネル掘削の中で最も重要視されている項目のひとつであり、切羽を計測する試みは古くから実施されてきた。しかしながら計測に時間を要し掘削作業との輻輳が問題となるため、実験の域を超えて施工管理手法として用いられることはほとんどなかった。これらの問題を解消するため、高精度レーザ変位計を用いて短時間での切羽変位計測を実施した。計測結果から切羽の最終変位量や変位速度の推定を行い、初期変位速度に着目して計測結果の整理を行った。

2. 変位計測システム

変位計測には株式会社小野測器製のレーザ測長システム「LV-9110」を使用した。本システムは Ne-He レーザ光の干渉を利用し、レーザヘッドとリフレクタ間の相対変位を計測する。変位計測の概要を図1に示す。分解能は 0.01 ミクロンと従来の測長器に比べ高く、極めて微小な変位量の計測が可能となる。

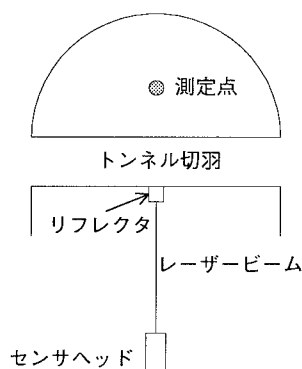


図1 切羽変位計測システム概要

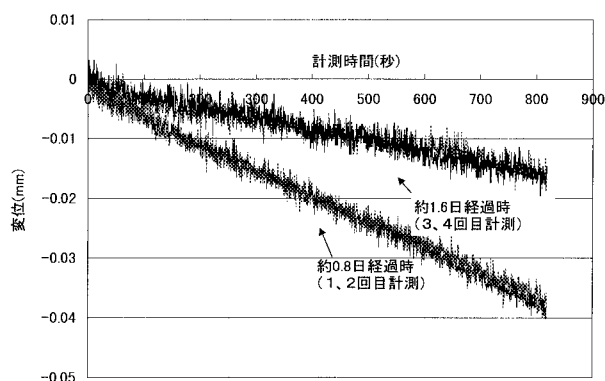


図2 切羽変位計測結果

3. 計測結果

計測を実施したトンネル切羽は新第三紀層の泥岩（名立層）が切羽全面に出現していた。泥岩の風化が進んでいたため、切羽安定の補助工法としては薬液注入と切羽吹付（約 10cm）を採用し、地山掘削直後に補助工法を実施した。当断面で切羽停止後、約 2 日間に渡る計測を実施した。計測は表 1 に示すように 4 回実施した。

計測結果を図 2 に示す。図から明らかなように、切羽前面方向に一定速度で押し出すような変位が計測された。変位速度は約 1.6 日経過時（計測 3, 4）の速度は約 0.8 日経過時（計測 1, 2）のそれに比べ 1/2 程度となっていることから、短時間の計測では一定速度に見えるものの、切羽変位は収束傾向にあると判断される。

表 1 各変位計測の時間

計測回数	切羽停止後からの時間（日）	計測時間（秒）	計測間隔（秒）
1	0.75	819	0.2
2	0.78	819	0.2
3	1.55	819	0.2
4	1.56	819	0.2

Keyword：トンネル、現場計測

* 埼玉県大宮市土呂町 2-61-5 応用地質株式会社 技術本部岩盤技術部 Tel.048-667-9264 Fax.048-667-9250

4. 最終変位量の予測

切羽変位計測結果を利用し、切羽の最終変位量を予測する。切羽変位は時間とともに収束傾向を見せていることから、クリープ関数により変位量の予測を試みる。ある時間 t の切羽の累積変位量は(1)式で表される。また、そのときの変位速度は(2)式で表される。

$$u = A(1 - e^{-bt}) \quad (1)$$

ここで、 u : 時間 t における変位量(mm)、 t : 時間 (日)

A : 最終変位量(mm)、 b : 変位の収束の程度を表す定数 (1/日)

$$v = -bAe^{-bt} \quad (2)$$

ここで、 v : 変位速度(mm/日)

(2)式で未知数は A 、 b の2個であるため、2点以上の計測結果があればクリープ関数の決定が可能となる。今回の4回の計測結果をもとに最小二乗法により決定したクリープ関数を(3)式に示す。(3)式より最終切羽変位は8.26mm、変位収束までに約6日を要することが推定される。(3)式より求めた変位速度と計測結果の比較を図3に示す。

$$u = -8.26(1 - e^{-0.87t}) \quad (\text{切羽進行方向の変位を正とした}) \quad (3)$$

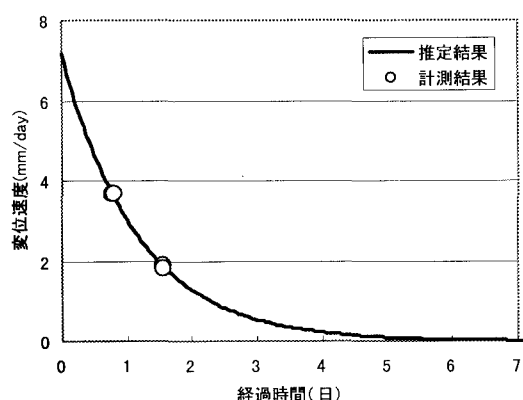


図3 推定結果と計測結果の比較

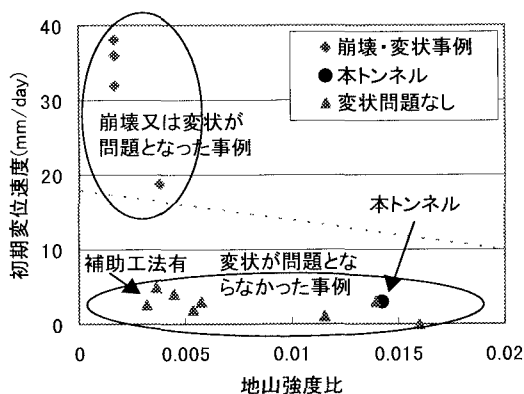


図4 他の変位計測事例との比較

5. 初期変位速度による切羽の安定性の評価

今回の結果を既存の軟岩の変位計測事例^{1),2)}とともに整理し、切羽の安定性評価を試みる。変位速度は切羽停止後24時間までの変位量を用いて決定し、これを初期変位速度とした。図3での初期変位速度は約3mm/dayとなる。初期変位速度と地山強度比の関係を図4に示す。図4で切羽崩壊、変位が問題となった事例とそうでない事例をグルーピングしたところ、両者が分離できる可能性が示された(その境界を図中に点線で示す)。

6. おわりに

高精度変位計を用い、従来の手法より短時間でトンネル切羽の変位計測が可能となった。さらに計測結果を用いて最終変位量と変位速度の予測を簡便に行い、切羽の安定性評価の判定に用いる可能性を示した。

ポイントロードテスト等で切羽の一軸圧縮強度を推定し、今回の手法を用いることで切羽安定性評価が可能となり、施工中の重要な情報になりうる。今後変位計測結果の事例収集を進め、図4の手法で整理することで、施工管理手法のひとつとしたい。

<参考文献>

1. 田中、川上：切羽変位計測による切羽崩壊予測の一試み、「トンネルと地下」Vol.27 No.6、1996
2. 二唐、佐藤 他：流紋岩質凝灰岩熱水変質部の膨張性地山を掘る、「トンネルと地下」、Vol.22 No.2、1991