

(1) 急峻な地形に位置するトンネル坑口付近の変位挙動とその考察

西日本旅客鉄道(株)

"

"

"

正

正

正

正

○

川口 徹
乾 登志夫
安田 憲彰
小野田 滋

A Study of the Deformation Behaviour around the Tunnel Entrance under Steep Slope

Toru KAWAGUCHI, Toshio INUI
Noriaki YASUDA, Shigeru ONODA
(West Japan Railway Co.)

abstract

The Ogurayama tunnel located along San-in main line near Kyoto City, has been constructed by NATM. At the exite side, the tunnel was bored under steep slope on the Hozu River. Field measurements were carried out for stability of tunnel excavation using tiltmeters which set at the both sides of tunnel (vartical direction).

The results of these measurements are given below:

- 1)The side deformation increases with approach to tunnel face, and decreases with an increased distance from the face, because the reinforcement work for steep slope is effective method to deformation around the tunnel entrance using for rockbolts and shotcrete.
- 2)The side deformation tends to have a tilt toward the lower Hozu River under the influence of steep slope.

1. 緒言

トンネル坑口付近は一般に土被りが薄く、崖錐や風化層など未固結の地盤から構成される場合が多いため、その設計・施工にあたっては補助工法を含めて慎重な検討が必要である。こうした坑口の施工では、坑外から地山内へ掘削する場合と地山内から坑外へ貫通させる場合があり、後者においては予めある程度の迎え掘りを行うこともある。今回報告する山陰本線小倉山トンネルの保津峡方坑口の場合は、保津川に沿った急崖地に位置するため坑外からの施工ができず、中央部に設けられた立坑から掘削を開始し、地山内から坑外へと貫通させることとした。

本論文は、この急峻な地形上で行われた坑口付近の地中変位計測と、その計測結果に基づく地山の変位挙動について報告するものである。

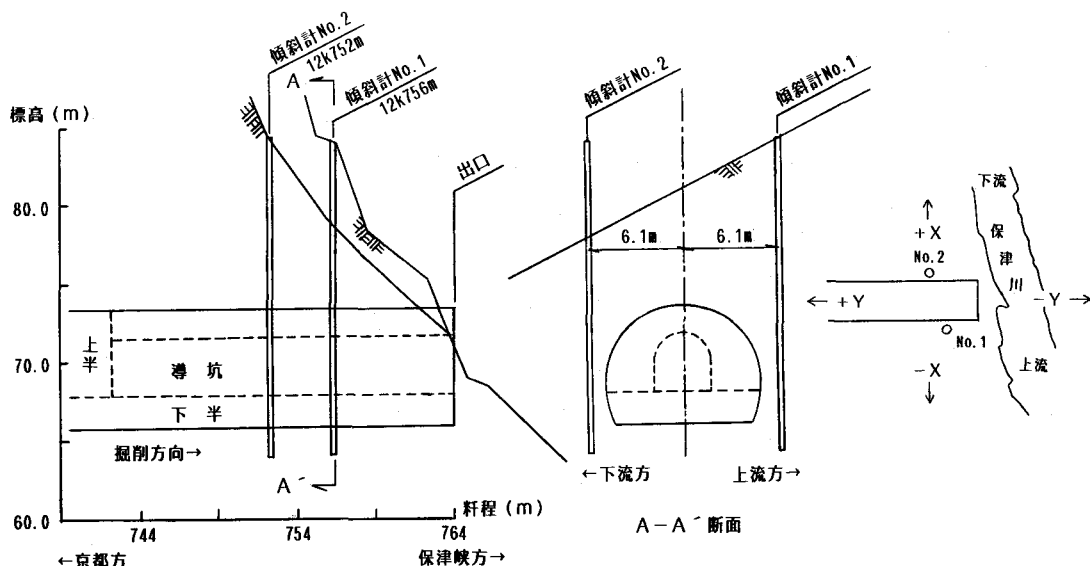


図-1 計測機器配置図

2. 施工の概要

山陰本線小倉山トンネル（延長＝1,450m、複線断面、NATM工法）の保津峡方坑口は、急流下りで名高い保津川によって下刻され、V字谷を形成しており、兩岸とも45°～60°の急斜面をなしている。地質は古生代二疊紀から中生代ジュラ紀にかけて形成された丹波層群からなり、亀裂の発達した粘板岩を主体として、砂岩、チャートなどの薄層から構成されている（地層の走向・傾斜は概ねN80W、70S）。また、坑口付近は岩盤が露出しているものの風化作用を受けており、地山弾性波速度は、表層部分が2.1km/s、基盤部分が3.7km/sであった。

施工は図-1に示すように12km742mまではショートベンチ掘削により行ったが、12km742m～出口までは上半断面に導坑を掘削して一旦貫通させた後、坑口斜面の補強工事として吹付けコンクリート（ $t=10\text{cm}$ ）およびロックボルト（ $L=3.0\text{m}$ ）を施工し、続いて上半の切掘げ、下半の掘削を行った。なお、施工パターンは図-2に示す通りで、一掘進長は本坑、導坑とも1.0m、掘削は一部発破併用の手掘り（ブレーカー使用）により行った。

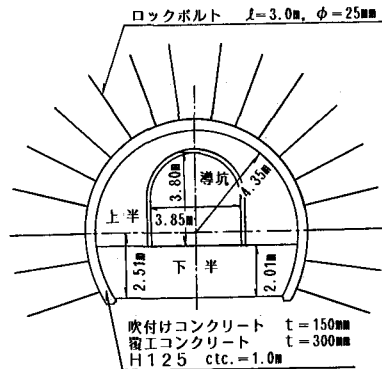


図-2 施工パターン

3. 計測の概要

トンネル切羽の接近に伴う坑口付近における地山の変位挙動を把握するため、導坑の掘削に先立って図-1に示すように挿入式傾斜計（No.1、No.2）をトンネル左右に設置し、地山の側方変位を測定した。なお、挿入式沈下計の測定間隔は、先進導坑掘削前および下半掘削時には1回/日、先進導坑掘削時および上半掘削時には2回/日とした。

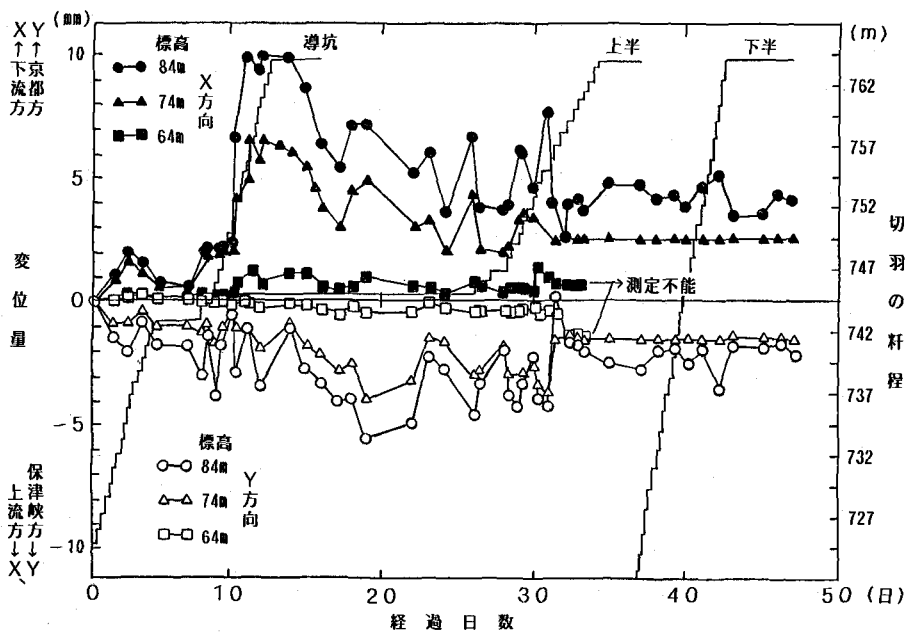


図-3 傾斜計No.1の経時変化

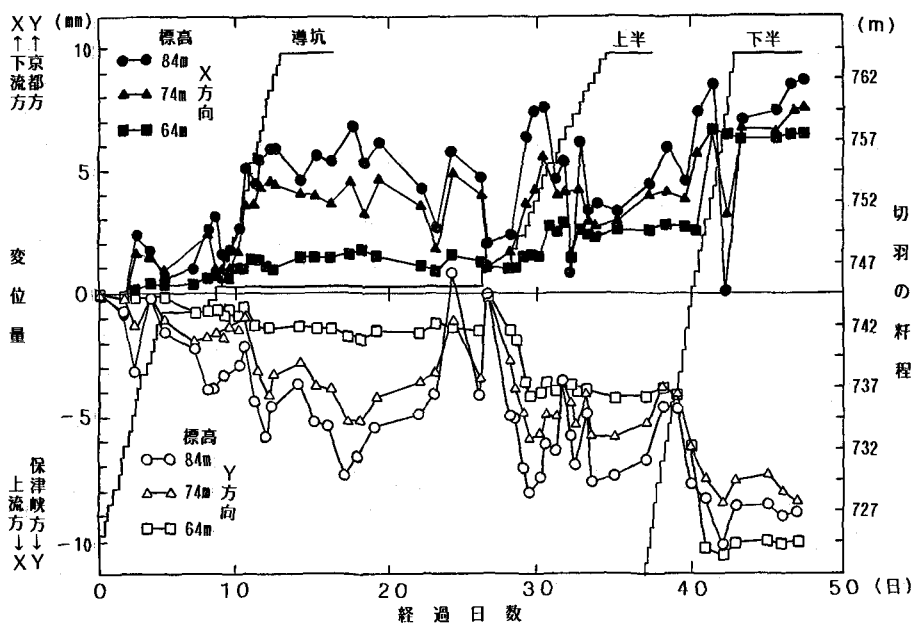


図-4 傾斜計No.2の経時変化

4. 計測結果

図-3は傾斜計No.1における変位量を、また図-4は傾斜計No.2における変位量を経時変化図として示したものである。全体に、どちらの測点もトンネル横断面方向の変位(X方向)は保津川下流方へ、トンネル縦断面方向の変位(Y方向)は保津峡方(トンネル出口方)へ変化しており、トンネルの掘削に伴って坑口付近の斜面が全体として保津川の下流方へ向かって移動する傾向を示していることがわかる。また、変位量の変化に着目すると、導坑が貫通した時点で変位量は一旦減少傾向を示し、上半の掘削とともに再び増加傾向を示している点が特徴的である。

図-5～7は、深度方向の変位量を各掘削段階ごとに示したもので、傾斜計No.2では上半切羽の掘削に伴って深さ-10m以深の変位量が増加している。また、傾斜計No.2の変位はX方向、Y方向ともほぼ均等に増加しているが、傾斜計No.1ではX方向の変位が卓越する傾向が見られる。

図-8は、各切羽距離ごとのX方向の変位量とY方向の変位量を合成しベクトル表示をしたもので、全体に保津峡駅方の下流側に向かって変位しているが、傾斜計No.1は傾斜計No.2に比べトンネル内方へ向かう傾向が強い。

5. 考察

図-3、図-4で示したように、トンネル側方の変位量が導坑切羽の通過とともに一旦減少傾向を示したことは、導坑貫通後に行われた坑口斜面の補強工事により斜面の変形が拘束され、トンネル周辺に圧縮ゾーンが形成されて側方変位の変形方向が変化したためと推定される。従って、今回、小倉山の出口で行ったようなロックボルトと吹付けコンクリートを組合せた補強工を坑口斜面に行うことは、坑口の施工に対して効果的に機能することが明らかとなった。

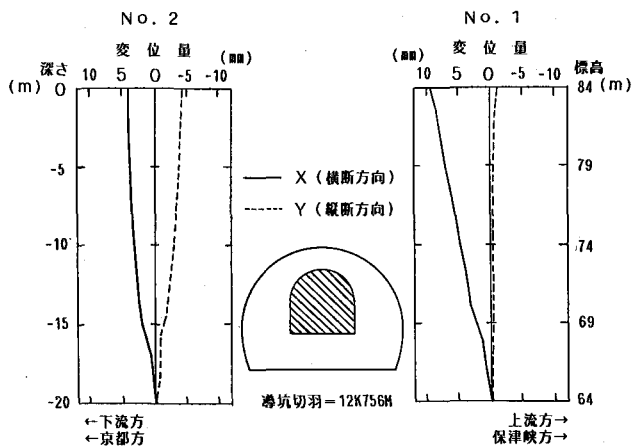


図-5 導坑掘削時の地中変位

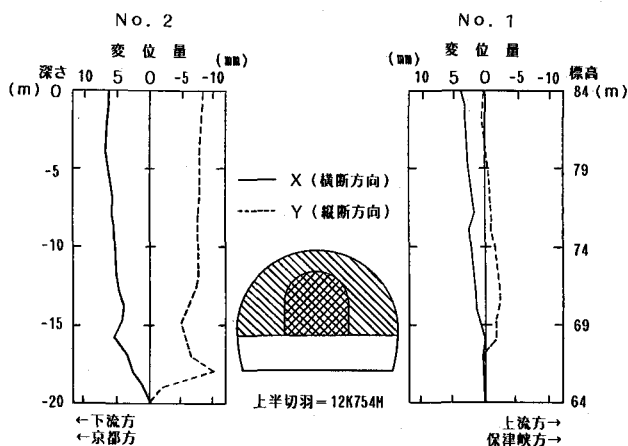


図-6 上半掘削時の地中変位

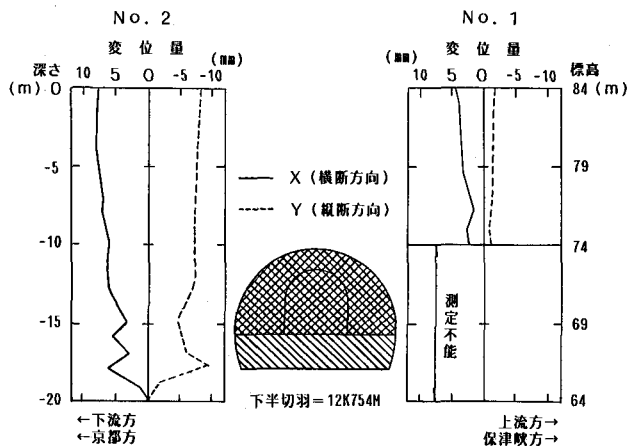


図-7 下半掘削時の地中変位

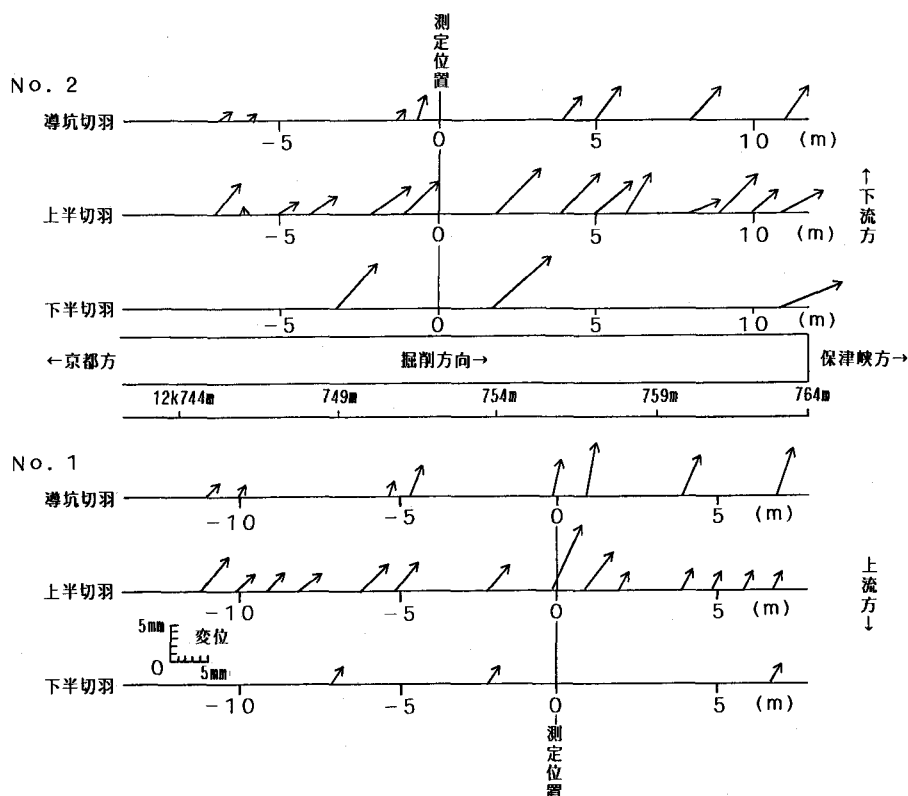


図-8 掘削に伴う地中変位のベクトル変化 (標高74m)

また、掘削に伴うトンネル周辺の側方変位は、平坦地においては左右ともトンネル内方に向かって生じるのが一般的であるが、今回のような急傾斜地では図-5～8に示すように片方向のみに変位する傾向が認められた。その原因としては、傾斜地形による偏圧の発生、地層の走向・傾斜が斜面に対して流れ盤となっていることの影響、トンネル掘削に伴うゆるみ領域の発生とその影響による坑口斜面の滑動などが考えられる。なお、図-8で傾斜計No.1と傾斜計No.2のベクトルに若干の相違が見られた理由としては、傾斜計No.1がトンネルより山側に設置されているため、掘削の影響をより大きく受けたことによるものと推定される。

以上のように、今回の計測により、急崖地におけるトンネル周辺地山の変形挙動が平坦地に見られない特異な傾向を示すことが明らかとなった。こうした変位挙動が小倉山トンネルのような条件下の坑口特有のものであるか否かは、なお検討を要する点であるが、今回の計測結果が類似のトンネルの坑口付近における設計・施工に反映されれば幸いである。

[参考文献]

- 1) 横山章「土被りの薄い未固結地山におけるトンネル掘削時の地山挙動と施工管理方法の研究」学位請求論文(1984)
- 2) 乾登志夫、杉村昌利“名勝小倉山に200mの立坑を掘る—山陰本線小倉山トンネル—”トンネルと地下, Vol. 17, No. 7(1986)
- 3) 鳥居興彦“保津峡に6本のトンネルを掘る—山陰本線嵯峨～馬掘間—”トンネルと地下, Vol. 19, No. 5(1988)