

## 山梨リニア実験線トンネル工事に於ける 垂直縫地工法による建物防護

Protection Work for the Building By Vertical Anchor Method at the Tunneling  
of the Yamanashi Liner Maglev Test Line.

鶴田五八男\*・吉原 和美\*\*・辰巳正太郎\*\*\*

Iwao TSURUDA, Kazumi YOSHIHARA and Shoutarou TATSUMI

Takagawa Tunnel is is port of Yamanasi Maglev Test Line. The length of this tunnel is approximately 3,960m.

KOFU side of this tunnel has characteristics that tunnel over-burden is approximately 5m to 20m and ground conditions consist of loose soil.

This document is being described regarding KOFU side of This Tunnel, where this is the smollest tunnel over-burden of This Tunnel and this location was curried out Protection Work for the Building By Vertical Anchor Method.

Keywords: smollest tunnel over-burden, Vertical Anchor Method

### 1. まえがき

高川トンネルは、山梨リニア実験線建設工事（図-1 総延長42.8km）のほぼ中央に位置し山梨県都留市と大月市の両市に跨がる全長約3,960mのトンネルである。そのうち本工区は高川トンネルの西側を施工するもので、23km111m378を工事起点とし25km450m00を工事終点とする2,338.622mを担当し、延長50.38mの宮川Bと延長2,288.242mの高川トンネルより構成される。

本トンネルは、本坑23km900m地点を交点とする延長205mの作業横坑を境として、終点側および始点側の両方向に向かって施工している。（図-2）また、地質は横坑を境にして始点側は土被りが概ね5m～20mと非常に小さく未固結層が主体であり、終点側は土被りが最大で約500mを呈する凝灰岩および安山岩を主体とする岩盤層である。

本稿は、本トンネルのうち土被りの小さい区間(23km470m～23km530m)において近接家屋防護工として実施した縫地工について述べるものである。

---

\* 正会員 日本鉄道建設公団 関東支社 山梨リニア実験線建設所 所長  
\*\* 日本鉄道建設公団 関東支社 山梨リニア実験線建設所 所員  
\*\*\* 西松・戸田・地崎・白石 共同企業体事務所 所長

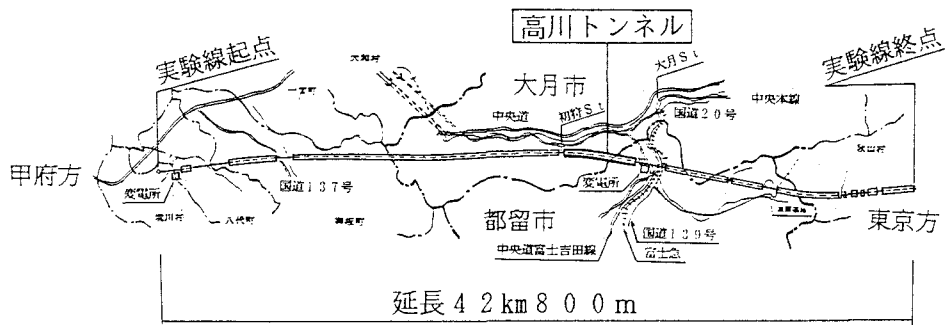


図-1 山梨リニア実験線平面略図

## 2. 縫地工施工区間の地形及び地質概要

当該地区は、本トンネルとはほぼ直交して流れる八田川および宮川の両河川より流出した泥流堆積物等が山腹に堆積し形成された地形で、現在はこの付近よりJR初狩駅の間にかけて住宅が密集している。本トンネルが当該地区を通過する位置は山腹斜面部にあたり、トンネルが山側からの偏圧を受けるものと予測される。当該区間の土被りは概ね8m～9mを呈しており地層は地表より3.5mまではローム層を主体とする表土(PS(LM)Lm)で、3.5m～9.0mの間は粘土質砂礫を主体とするN値20～30を呈す未固結の段丘堆積物(PS(TR)gr)で、9.0m以深は軟質な礫岩・泥岩・一部砂岩の互層より成る岩殿山層(MU(IW)cg)より構成されている。また、施工に先立ち23km546mの上部半断面切羽より実施された地質調査のための坑内水平ボーリングの結果では、段丘堆積物には河川泥流時に巻き込まれたと思われる多くの流木あるいは倒木が確認されており、泥流性ローム層が広範囲に分布されているものと予想された。(図-2、図-3、図-4)

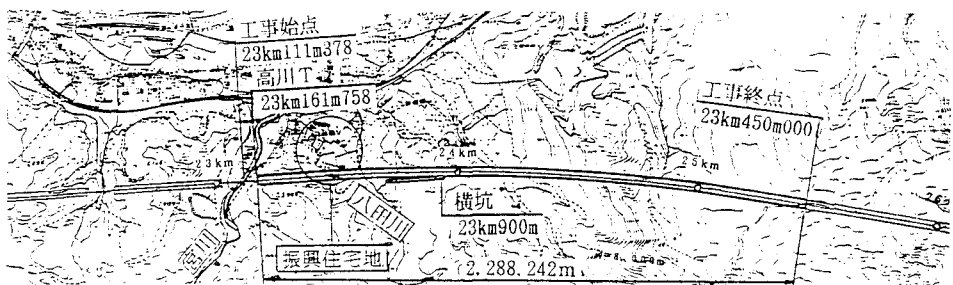


図-2 線路平面図

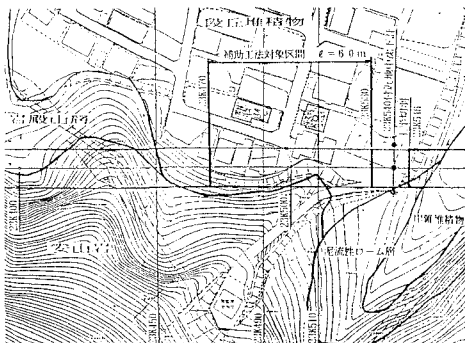


図-3 平面図

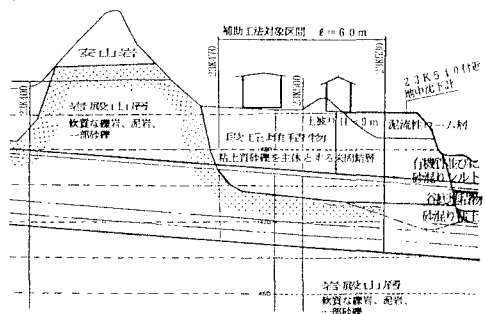


図-4 地質縦断図

### 3. 補助工法の検討

掘削に伴う補助工法の目的として、(1)トンネル近傍の家屋に対する(不等)沈下防護、(2)トンネル掘削時の切羽および天端の安定の両面を考慮した。

土被りの小さい区間(23km730 mから甲府側)における施工実績では、切羽前方約15 m程度から地表沈下の発生が観測された。従って、補助工法に期待される効果としては、(1)切羽前方の先行変位を抑止する、(2)側方地山のせん断強度の増加を図る、(3)沈下傾斜角を制御し地表面への影響を最小限に止める、等が挙げられる。この結果、パイプラーフ工法、垂直縫地工法、地山改良(薬液注入)工法、遮断壁工法等の工法を検討したが、当工事においては現地の状況に適合した小形機械で施工ができ、経済性及び施工性の高い垂直縫地工法を補助工として採用した。また、対象の家屋がトンネル片側に集中していることから縫地工は家屋防護を主体としてトンネルの片側に配置しトンネル掘削時の切羽安定や天端沈下を確保するためには自穿孔ボルトによるセメントミルク注入型の斜ロックボルトの併用を行った。縫地工の施工範囲とその効果に関しては、事前に有限要素法を使った数値解析を行い、その解析の結果、家屋部での地表沈下量は約4 mm(B点)と計算され、その値は補助工法を行わない場合と比較して約20%程度まで逓減され、またトンネル横断方向の沈下傾斜角は約 $i = 1/500$ 程度に抑えられることが予測計算された。

(図-5、図-6、図-7)

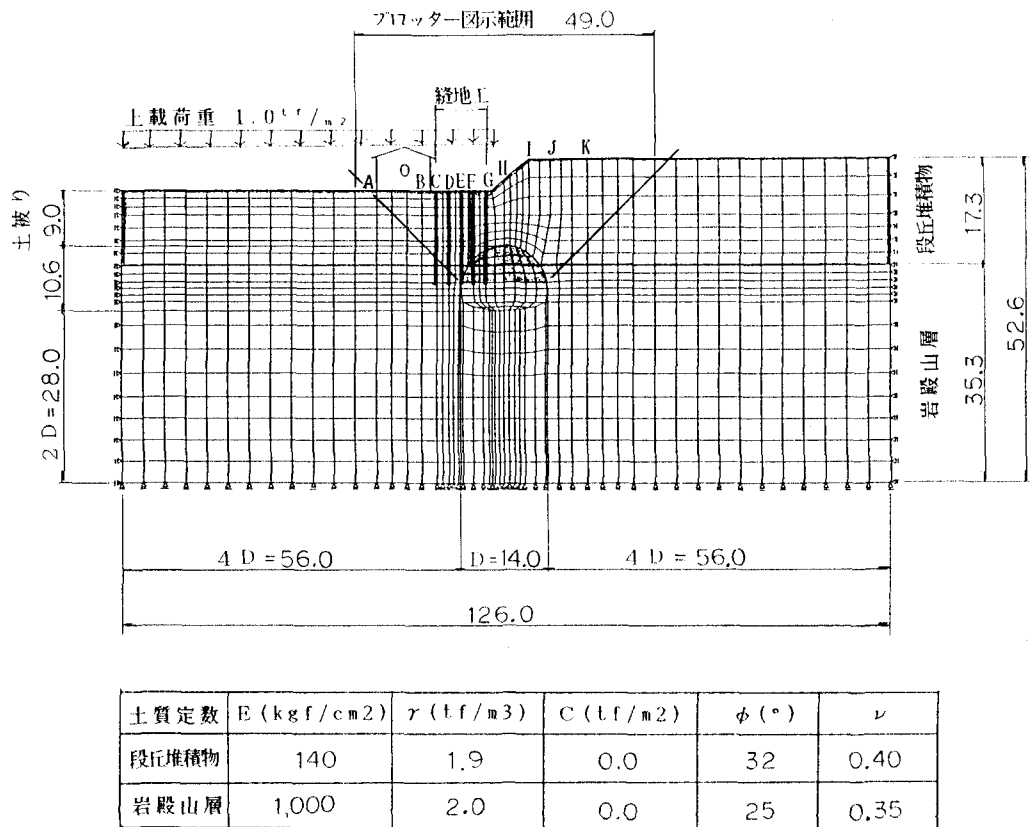
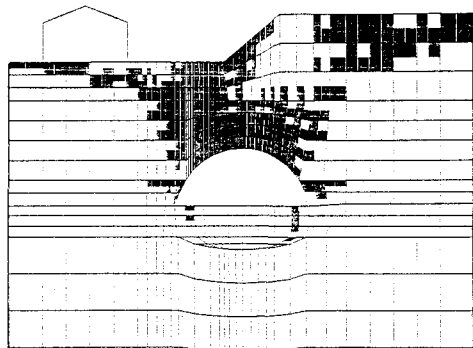


図-5 有限要素法モデル図

補助工法なし



垂直縫地ボルト施工

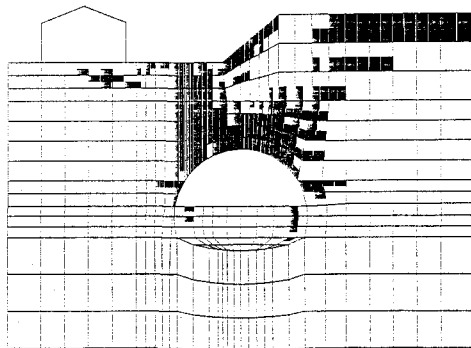


図-6 上半掘削後のゆるみ領域解析結果図

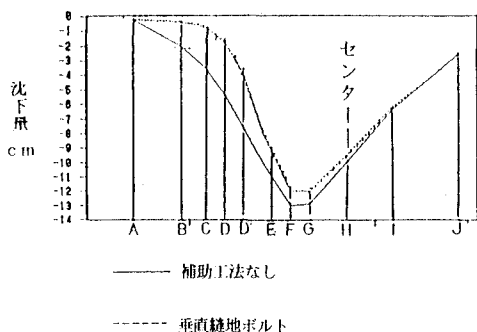


図-7 地表面沈下量解析結果図

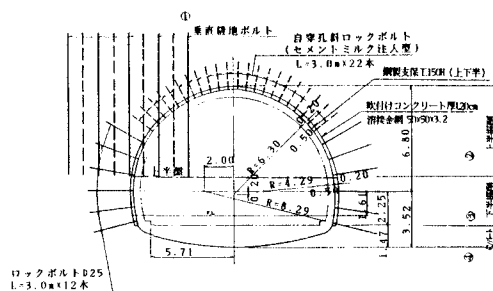


図-8 掘削パターン

#### 4. 縫地工の施工

垂直縫地ボルトの施工は、全油圧クローラー式のロータリーパーカッションドリル（アースドリルRPD-100C）を使用しオールケーシングにて $\phi 100\text{mm}$ の削孔（削孔長 $\ell=14.0\text{m} \sim 15.0\text{m}$ ）を地表面から行い、削孔終了後孔底まで注入ホースを挿入しセメントミルク（1:1）を口元まで注入した。注入完了後鉄筋D32（SD345）を上部から挿入し、最後にケーシングを引き抜き補足注入した。なお、鉄筋は長尺になるため、2本を中間部でカプラーにて接続した。標準的な鉄筋の配置は、トンネル縦断方向及びトンネル横断方向ともに2mとし、断面当たり5本及び4本の千鳥配置とした。（図-8）

#### 5. トンネル掘削

トンネル掘削は、リングカット併用の上半断面先進工法により、ロードヘッダー（S-90）及びツインヘッダ（MT2000）による機械掘削を行った。

6. 計測結果

6・1 内空相対変位測定、天端沈下測定、地表面沈下

表－1及び図－1 1 から、補助工法を実施した区間は補助工法のない場合と比較してその変位量は概ね内空相対変位では約8 0 %、天端沈下では約2 0 %、地表面沈下では約3 0 %程度まで減少していることがわかる。地表面沈下測定の結果において、当該ケースでは（土被り7 m～1 0 m）側点手前約1 5 m（約1.0 0 D）から地表面にトンネル掘削の影響が見られた。また、対象家屋周辺の沈下量は、最大2 mm程度に抑えることができた。図－1 0で沈下側点L 6（トンネルセンターより家屋側6 mの位置）の沈下量が隣接点より大きくなったのは、トンネル掘削時に側部の縫地ボルトがトンネル内部に移動することに伴い周辺地山を引き込む作用が働くことによるものと想定される。

6・2 地中沈下測定、地表沈下測定

補助工法のない2 3 km5 4 0 m付近において地中沈下測定及び地表沈下測定を実施した結果、図－1 3に示すように家屋側ではトンネル周辺約4 m程度の範囲で地山の変化が大きいものと想定され、その前後で地中沈下側点に大きな変化が観測されている。また、山側はずり置き場の影響を受け、地表面に近い領域で圧密が生じ山側の沈下量が大きくなっている。

6・3 縫地ボルト軸力測定

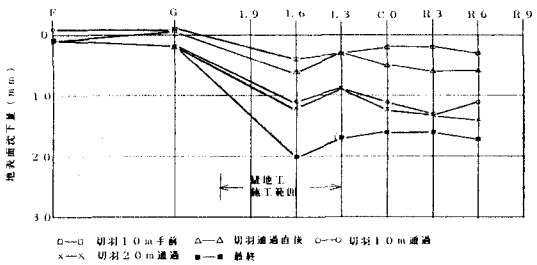
図－1 3の結果をみると、トンネルの掘削進行するにつれ縫地ボルトに応力が分担されていくことが観測される。また、縫地ボルトは、トンネル周辺の3 m～4 mの領域で圧縮を受けている一方、トンネル側部は壁面が内側に変位することに抵抗して引張られていることが観測される。縫地ボルトBおよびCについては下部半断面切羽の通過時にその値が降伏状態を示している。

表－1 変位測定最終値一覧表

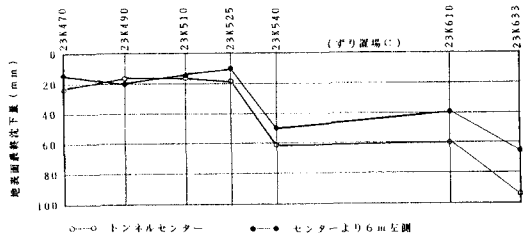
(mm)

|          | 内空相対変位測定 |        | 天端沈下  | 地表面沈下測定  |          |
|----------|----------|--------|-------|----------|----------|
|          |          |        |       |          |          |
|          | 上半水平変位   | 下半水平変位 | 下測定   | トンネル側    | 左側 6 m   |
| 23K470 変 | 12.1     | 21.0   | 7.0   | 23.0     | 17.0     |
| 23K480 変 | 12.0     | 8.5    | 4.0   | —        | —        |
| 23K490 変 | 7.7      | 2.1    | 5.0   | 18.0     | 21.0     |
| 23K500 変 | 12.1     | 7.2    | 12.0  | —        | —        |
| 23K510 変 | 7.0      | 4.3    | 11.0  | (右) 17.0 | (左) 15.0 |
| 23K520 変 | 16.5     | 4.3    | 20.0  | —        | —        |
| 23K525 変 | —        | —      | —     | 18.0     | 10.0     |
| 23K535 変 | 10.1     | 4.0    | 19.0  | —        | —        |
| 23K540 変 | —        | —      | —     | 62.0     | 50.0     |
| 23K547 変 | 15.4     | 8.9    | 123.0 | —        | —        |
| 23K610 変 | 29.9     | 5.4    | 49.0  | 59.0     | 39.0     |
| 23K633 変 | 14.9     | 10.8   | 65.0  | 94.0     | 65.0     |

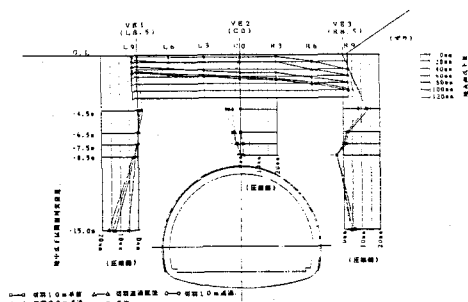
※ 補助工法対象区間内



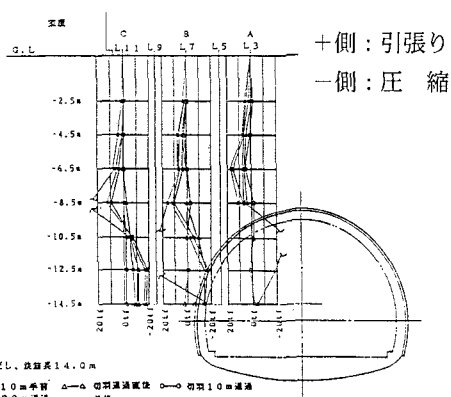
図－1 0 24k490地表面沈下測定



図－1 1 土被り7m～10m 区間における地表面最終沈下量



図－１２ 23k540地中沈下・地表面沈下測定



図－１３ 23k510 縫地工軸力測定

## 7. 考察

計測の結果から判断して、縫地工が補助工法として有効に作用していることが実証された。ただし、縫地ボルト軸力測定値から考察すれば、その値が急増する時期が下部半断面切羽通過時となっていたこと、トンネル側壁と家屋間に配置された縫地ボルトの長さを下部半断面の掘削がカバーできる位置まで延長すれば、トンネル側部に当たる地表面の沈下量はさらに小さくすることができたものと予想される。

当該現場に於ける補助工法としての縫地効果について、計測結果ならびに施工実績を判断して以下に考察する。

- (1) 小型機械での施工が容易で、家屋近接の施工に適していた。
- (2) 第三者に対する建設公害の影響がすくなかった。
- (3) 地表面沈下及び天端沈下を抑止できた。
- (4) 建物防護工として効果的であった。
- (5) トンネル掘削に対する先行変位を抑止できた。
- (6) 切羽の安定が確保された。

## 8. おわりに

当該工区は、補助工法未施工区間の施工実績から、残存家屋に対する事前の対策が必要であると判断したが、当該区間の立地条件を限定してみれば、近年の北総線や東葉高速鉄道線に代表される都市トンネルに類似している。

前述のとおり各種補助工法を併せて検討し、過去の施工例からも当該区間の補助工法としては縫地工が効果的であると予測していたが、この予測は妥当であったと思っている。

実施工では、縫地工に加え自穿孔斜ロックボルトを併用することで、効果的な切羽安定及び天端安定を得ることができ、かつトンネルの進行に伴う先行変位を有効に抑えることができ、地表面に与える影響を最小限に止めることができた。その結果、安全にトンネルの掘削ができ、工事による周辺への影響を最小限にした経済性の高い施工が可能となった。

最後に、本稿が今後の類似工事において多少でも参考となることを願うとともに、工事関係者一同残りの工事を無事故無災害で完工できるよう努力していきたいと思っている。