

IV-26

既設トンネル上部切取りに伴う変状調査

北海道旅客鉄道(株) 正員 野内 宏  
 同上 田村 紳一  
 同上 正員 吉野 伸一

1. はじめに

室蘭本線陣屋町・本輪西間第2陣屋トンネル上部に、白鳥大橋開業に合わせ同橋から分岐し、高速道路のアクセス道路として道道西インター線の建設が計画された。計画では、道路はトンネルとほぼ直角に交差し、その切土工事により、トンネル周辺の地盤および、トンネル覆工の変状が予測されたために今回の調査を行った。

今回の工事は、トンネル上部よりも斜め上方の切土量がかなり多くなる点で、全国的に見てもあまり例を見ない工事である。切土工事は平成4年7月に開始し、平成7年2月まで行われた。トンネルの変状調査は現在も続けて行っているが、これまでの調査結果を報告する。



図-1 位置平面図

2. トンネル概要

第2陣屋トンネルの概要を下記に示す。

- 1) 建設：昭和52年
- 2) 延長：1,063m
- 3) 形式：複線電化断面（非電化区間）
- 4) 覆工：無筋コンクリート  
 (巻厚45cm・インバートなし)

5) 軌道：バラスト及びスラブ

6) 地質：凝灰岩

トンネルは比較的新しく、その健全度は高い。

3. 工事概要

工事は道路新設工事であり、それに伴い第2陣屋トンネル上部において切土工事が行われた(図-2)。切土の掘削深さはトンネル上部で10mだが、トンネルから海側へ30m離れた地点では20mとなる。これにより、トンネル上部の土被りは20mから10mとなる。掘削土量はトンネルへの影響範囲(SP2473~SP2570)において46,700m<sup>3</sup>となり、平成4年度に13,400m<sup>3</sup>、平成5年度に12,300m<sup>3</sup>、平成6年度に21,000m<sup>3</sup>と3回に分けて掘削を行った。

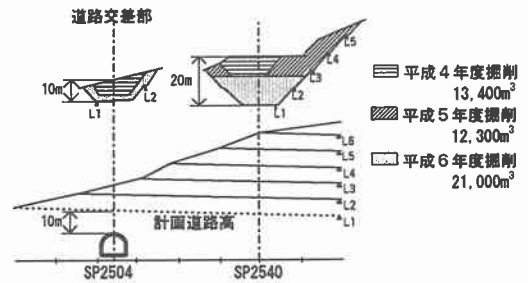


図-2 工事概要

4. 事前調査

工事に先立ち、平成2年度に道路掘削によるトンネルへの影響評価について検討を行った。

- a) 地山の安定性を、FEM解析により土要素の局所安全率による評価を行った。その結果、初期及び

A Inquiry of Existing Tunnel Displacement accompany Close Construction

by Hiroshi Nouchi

掘削時の安全率を比較してみると、掘削時の方が安全率が上がり問題はなかった。

b) FEM解析の結果、掘削による地盤の変状は横断方向においては地山は山側に隆起する。トンネルインバート部センターを基準とした内空断面の変形を見ると、図-3に示すように全体に右上方向に向かって変形している。縦断方向は、図-4に示すように同様に隆起し変位は道路交差部より30~40m付近から生じ、次第に大きくなる。

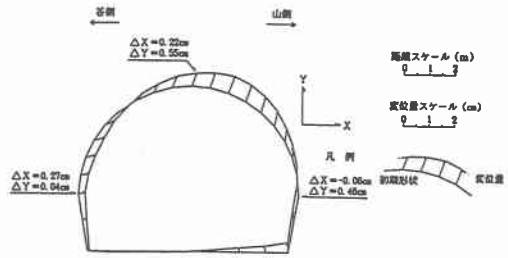


図-3 トンネル内空断面の変形

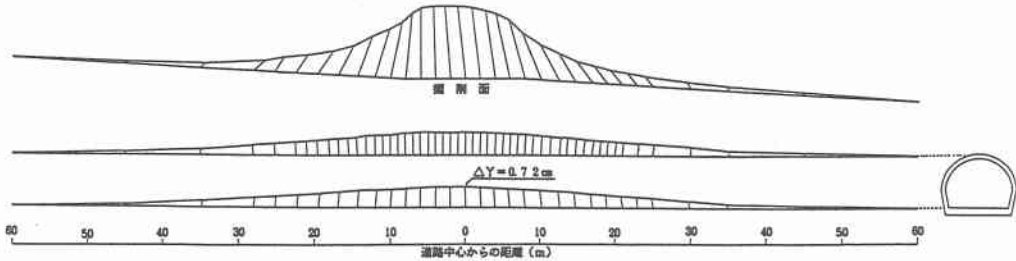


図-4 縦断方向変形図

c) フレーム解析により掘削前と掘削後の覆工コンクリートの強度的安全性(せん断破壊)の検討を行った。その結果、大部分は安全であるが一部せん断破壊によるクラックが発生する可能性が存在した。

道路掘削によりトンネル地山は全体的に膨張する傾向にあり、そのため地山亀裂の開口による湧水の増加、地山強度の低下、及びグランドアーチ効果の消失等が予想された。

## 5. 計測項目・管理体制

上記の解析をもとに、トンネルの変状を定性的、定量的に把握するため下記に示す計測項目を決定し、平成3年度から計測を開始した。

- ①変状調査(クラック調査)
- ②内空変位測定
- ③中心線測量
- ④水準測量
- ⑤水位観測
- ⑥自動計測(ひずみ・傾斜・クラック幅)
- ⑦振動試験

計測にあたり、事前に行った覆工コンクリートの強度試験結果やFEM解析結果から得られた挙動変

位予測値等をもとに管理基準値を設定し、その値に達した場合掘削工事を一時中断し、施工方法等何らかの対策を協議したのち工事を再開するものとした(図-5)。

代表的な計測項目の管理基準値とその考え方を下記に示す。

①クラック幅：トンネル補強・補修マニュアルの「ひび割れ、食い違い等の変状に対する健全度判定の目安」を参考に、1mm以上を要注意とした。

②内空変位：FEM解析結果から土質物性値として標準的なもの、および予想以下の物性値の場合共にトンネルの安全性は確認された。よって出力されたその変位量を目安とし、管理基準値を8mmとした。



図-5 計測管理体制

## 6. 計測結果

①変状調査（クラック調査）：変状調査は目視によるクラック写図と定点のクラック観測と2種類行った。これまでの調査結果から既存クラックの延伸は21本約58m、新規クラックは78本約330m発生し、クラックの拡大が確認されている。

新規クラックは、主としてアーチ部横断方向に見られる。これらは引張り応力によるもので、殆どが0.1～0.2mmで最大0.7mmである。

②内空変位測定：測定箇所は図-6に示すように、道路交差部を中心に110m区間で9断面、1断面につき6測点行った。内空変位は温度による影響が大きく、最小二乗法で温度挙動を除去した値を用いた。

図-7に平成5年度までの測定結果を示す。平成5年度の掘削終了時点での最大変位は、水平方向6.6mm（No12）鉛直方向7.7mmとなり、管理基準値8mmに達しつつある。

そこで、これまでのデータをもとに地盤の変状係数・側圧係数を求め、今後の変位量を予測する逆解析を行い、新たに平成6年度以降の管理基準値を施工ステップごとに定めた。施工上の対策としては、地山の急激な土圧変化を抑えるため1回の掘削深さを1mに制限し、工事を再開した。

平成6年度から現在までの測定結果を図-8に示す。掘削は無事終了し、変位はほぼ収束し安定している。

③中心線測量：測量は上下線別に覆工下端の測定点について行った。平成5年度までは道路交差部を中心に時間を追うごとに下り線側に膨らむ傾向が観測された。最大変位量は上り側1.3mm下り側1.4mmであった。

平成6年度以降はこれといった変化は見られず、図-9に平成5年度最終値と現在との差を示す。

④水準測量：測量は上下線別に覆工下端の測定点について行った。平成5年度までは、No13～No17間が、時間を追うごとに隆起する傾向が見られ

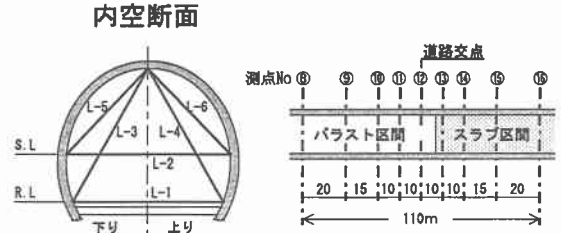


図-6 内空変位測定箇所

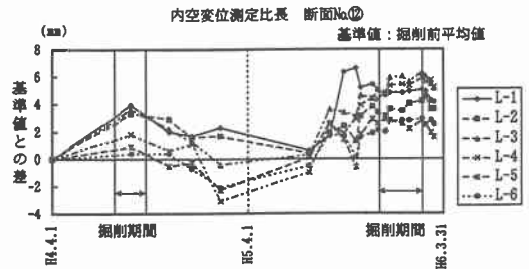


図-7 内空変位測定（掘削前平均基準）

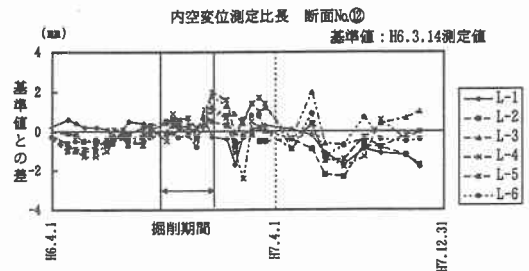


図-8 内空変位測定（H6.3.14基準）

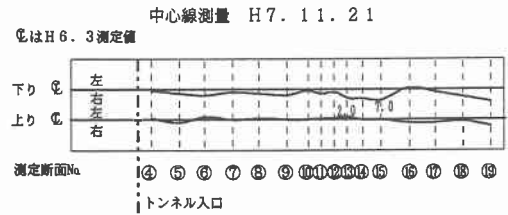


図-9 中心線測量

た。最大変位量は上り側3.8mm下り側4.4mmであった。

平成6年度以降は当初解析した結果と同様に、道路との交差部を中心に盛り上がり、現在の様子を図-10に示す。

⑤水位観測：水位観測は地質調査で掘削したボーリングの孔を使用した。図-11に地下水水位比高を示す。H7.1.25以降、No.2において急激に水位が下がり始めている。道路掘削時期と重なっているため、掘削の影響で水みちが変化したと思われるが、現在は元に戻っている。

⑥自動計測：測量等調査の間を埋め、即時的なデータを得るため、ひずみ計・傾斜計・クラックゲージによる6時間毎の自動計測を行った。一次管理値を定め、それを超えた場合に要因の分析を行うこととしたが、計器の異常以外にこれといった変動はなかった。

⑦振動試験：平成4年度と5年度に、重機稼働時と列車走行時の振動測定を行った。工事の掘削等による振動レベル、列車通過時の振動レベルともに増加は無く影響は表れなかった。また、平成7年度に重量車走行によって発生する振動による影響調査のための振動測定を行った。その結果、前回の重機稼働時の振動より低レベルであり、問題はないと思われる。

## 7. まとめ

一般に、トンネルの健全度を判断する際に注目する点は①軌道の確保②建築限界の確保③覆工コンクリートの安全性、の3点である。今回の切土工事により、覆工には主にアーチ部横断方向のクラックの発生が確認された。しかし、それらはいずれも軽微であり、その後クラックの増大や漏水の発生は確認されていない。また、トンネルの挙動は現在は収束し安定している。

以上より、トンネルは掘削により明らかに影響を受けたものの、その健全度を大きく低下させるような変状は見られず、運転保安を脅かすような状態ではない。しかし、将来のクラックの拡大、増長、漏水防止対策のためクラック補修（樹脂注入）を施工した。

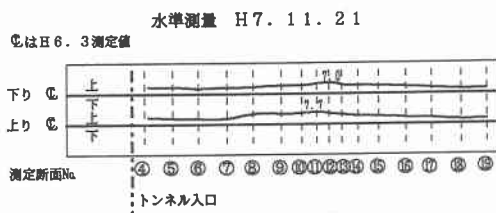


図-10 水準測量

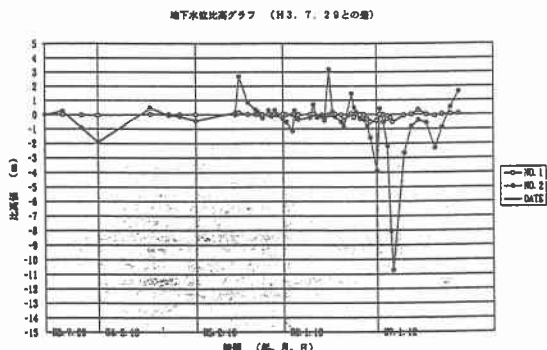


図-11 地下水水位比高

## 8. おわりに

今回の調査の場合、個々のデータを見ても、その変位等が掘削の影響か、トンネル自体の自然の変位なのか、測定誤差なのか判断しがたく、多角的なデータから見てはじめて変位挙動の傾向がつかめる。今後、道路新設・宅地開発等によりこのような既設トンネルにおける近接施工が行われることは、十分に考えられる。安全輸送確保のためには、多角的なデータの収集、データの十分な管理が必要不可欠である。

最後に、今回の調査・計測ではJR総研構造物技術開発事業部（トンネル担当）の方々には、大変お世話になった。ここに深く感謝する次第である。

### 【参考文献】

- \* (財) 鉄道総合技術研究所：既設トンネル近接施工対策マニュアル，1995
- \* (財) 鉄道総合技術研究所：トンネル補強・補修マニュアル，1990