

トンネル活線改築における坑口部の施工について

JR西日本 建設工事事部 正会員○日名田高志 安居 和博
正会員 川嶋 正年 山口 岳

1. はじめに

JR山陰線園部・福知山間54.3kmの高速化(電化)に伴い、現在非電化区間のトンネル断面を拡幅する必要が生じた。園部・福知山間にはトンネルが11箇所あり、その内2トンネルは新築および改築で既に電化対応断面となっている。(図-1)残りの9トンネルも約90年を経ている煉瓦覆工(上半巻厚3~6枚)となっている。今回の報告は坑口部の施工について述べるものである。

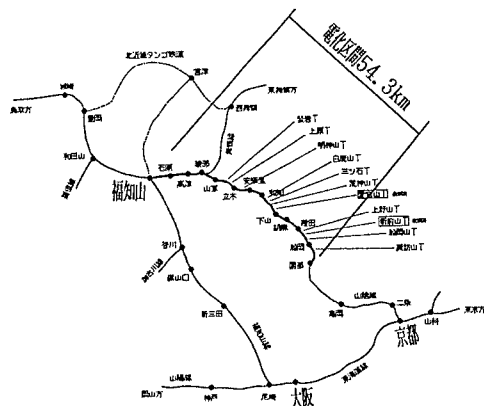


図-1 位置図

2. 地質、地形

当該工区の地質は丹波層群の粘板岩、チャート、砂岩が主体である。地形は山陰線が大堰川と由良川の渓谷沿いに走っており、トンネル延長も平均90~330mと短く、土被りも5~30m程度と浅く風化が進んでいる。特に坑口部の土被りは1.5~5.0mとなっている。また、これらの丹波古生層の粘板岩は特に褶曲構造と節理が発達している。更に土被りが浅いことから、表流水や地表面の影響を受けやすい。

3. 施工概要

施工は営業上から判断し、運休方式を採用せずに夜間の列車間合い(270分)により、トンネル内空を利用しタイヤ方式にて行っている。

また、通常の場合の二次覆工を省略し、一次覆工(吹付コンクリート、鋼製支保工、ロックボルト)のみの構造とし、工期・工費を大幅に低減した工法を採用していることが今回の大きな特徴である。標準断面を図-2に示す。

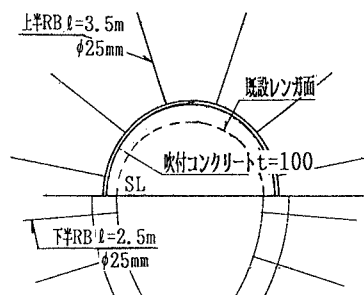


図-2 改築標準断面図

4. 坑口部の施工について

4-1 坑口部の状況について

明治時代に建設されたものは、トンネル延長を少しでも短くするためと堅岩を避けるための工夫として、近年ではあまり用いない平行斜面や谷部進入型がよく見られる。また、坑門・坑口付近の漏水状況や覆工煉瓦変状から坑口付近の地山は決して良くないといえる。

4-2 改築時の坑口補強について

坑口部で予想される現象を次に示す。

①偏土圧、②切羽末端崩壊、③表流水の影響、④地表陥没、⑤地表の影響や地滑りなどが多く発生する危険性を有する。これらを防止するにあたり一般的な補助工法は①押さえ盛土、②パイプアーフ、③地山改良などを採用するが、活線改築工事であるため、営業線の安全確保が絶対条件でかつ施工方法についても時間や作業スペースの制約を受ける。この点を考慮し、補助工法Aを基本に以下の工法について検討を行った。

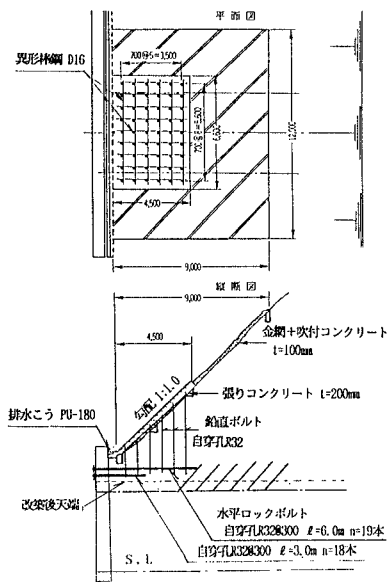
①鉛直ボルト+のり面コンクリート(のり面工)

涯錐堆積物などからなる土被りの浅いトンネル坑口部の補助工法を効果的に用いるにあたり、張りコ

ンクリートで梁を設け、のり面と既設覆工間の土砂を吊り下げる目的で鉛直縫地ボルトを設置した。また、張りコンクリートにより、斜面崩壊と表流水の浸透を防ぎ湧水を低減すると共に、凍結融解の影響も合わせて防げることになる。

②フォアパイリング（水平ロックボルト）＋地山注入（岩盤固結工）

先受けボルトの効果としてボルト径とその間隔は支持幅比率13～30%が効果的とされているが¹⁾、今回13～30%で配置した。切羽天端の崩落を防止するにあたり、2段の千鳥による水平ロックボルトを設けた。



図－3 坑口補強

5. 施工

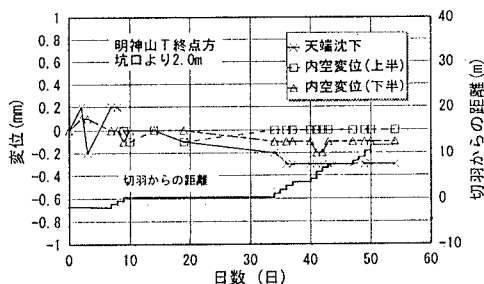
前述した坑口補強工について、荒神山T京都方の施工例を図－3に示す。

計測管理は主に地表沈下量および内空変位量により行った。管理注意レベルを表－1に、内空変位の計測結果の一例を図－4に示す。全18坑口中、現在施工済9坑口について地表面沈下量と内空天端沈下量（累積最大値）との関係を図－5に示す。この結果、地表面沈下は最大2.8mm、天端沈下は最大1.8mmと測定誤差程度に収まっている。また、沈下量は土被りが10～20mの場合、ほぼ断面積に比例すると考えられ、単線（30㎡）で5cm程度とすると²⁾今回採用した坑口補強は効果的であるといえる。

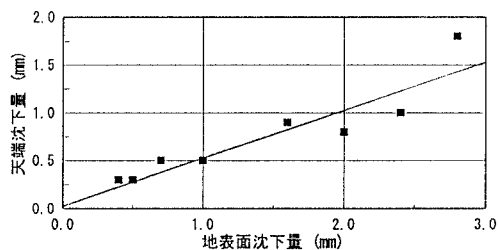
表－1 管理注意レベル

注意レベル	内 空 変 位	天 端 沈 下	対 策	日 中 監 視
I	変動 2mm/日以上 累積 5mm以上	累積 20mm以上 変形多形 1/200以上	要時分析 対策の検討及び準備	午前・午後 各1回確認可
II	変動 4mm/日以上 累積 10mm以上	累積 30mm以上 変形多形 1/100以上	掘削前に要時 補強工を実施	1回/2時間 確認可

※地形・地質条件および補強工法により決定する



図－4 内空変位



図－5 地表面沈下量と内空天端沈下量

6. おわりに

今回、活線改築の坑口部の施工は営業線上のため施工上の制約があるうえ、崩落災害等が絶対許されない条件のもと、築造後長時間が経過し既に安定している地山をできるだけ緩ませない方法で行うという観点から今回の坑口補強工は一定の効果が現れたといえる。また、施工方向としては一般的に中間部から坑口に向かって掘削する方が主働土圧を受けないため、有利であるが活線改築では中間部からの切り上がりは施工上難いため、坑口から内部に向かっての施工の安全性が確保できるのであれば施工上有利といえる。

坑口部の改築終了後も当分の間、計測管理・クラック等の目視検査・漏水状態の観察等を行うことが必要であり、また坑口上部の地表のメンテナンス（排水設備、法面コンクリート）も注意をはらって実施する必要があると思われる。

参考文献 1) NATM設計施工指針：鉄道総研

2) トノ初の地質調査と岩盤計測：土木学会