

III-143

岩盤固結工法による坑口崖錐部の施工

兵庫県道路公社 正会員 高橋邦雄
 ㈱ 鴻 池 組 正会員 ○吉田幸司
 ㈱ 鴻 池 組 甲斐武紀

はじめに

盤滝トンネル有料道路新設工事は、兵庫県西宮市南部と北部を連絡する道路交通事情の改善を目的とする延長 $L=1,743\text{m}$ のトンネル工事であり、全線NATMにより施工する。このうち、北側坑口部の約25m 区間はルーズな崖錐となっており、トンネル掘削により地山を緩め過ぎると地滑りを誘発する懸念があった。トンネル上部には土被り11m程度で県道が通過しており、この県道に沿って中圧ガス幹線が埋設されているため、トンネル掘削による地表面沈下は極力抑える必要があった。

本工事では、坑口部の補助工法として岩盤固結工法を採用することにより、無事崖錐部を突破することができた。

本論文では、この補助工法の施工の概要と掘削に伴う地山挙動について報告する。

1. 地山概要

坑口部分の地質縦断面図を図-2に示した。崖錐層は花崗岩の角礫を多く含みマトリックス部分は砂粒を主体としたものであり、変形係数が 500kgf/cm^2 程度、間隙率が30~45%と非常にルーズな状態であった。透水係数は D_{20} から $K=5 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-2}\text{cm/sec}$ と推定された。

崖錐層より深部の地山は、厚さ約40cmの風化粘土層、花崗岩のシャーズーン、風化花崗岩となっていた。

このため、崖錐地山部分ではロックボルト孔が自立せず、補助工法なしでの切羽自立は困難な状態であった。

2. 施工方法

坑口部分の補助工法は、①パイプルーフ工法+側壁導坑先進工法、②薬液注入工法、③岩盤固結工法の3案について検討した結果、補助工法として効果的で工期の延伸がほとんどない岩盤固結工法を採用することとした。

本工法は地山の空隙にウレタン系の薬液を注入して地山の固結ゾーンを形成するものであり、注入作業は通常のフォアパイルリングと同様の手順で掘削毎にトンネル切羽から実施することができるためサイクルタイムに組み込むことができ、また、切羽の状況に応じて注入範囲や注入量を変化させることができるという特徴をもっている。

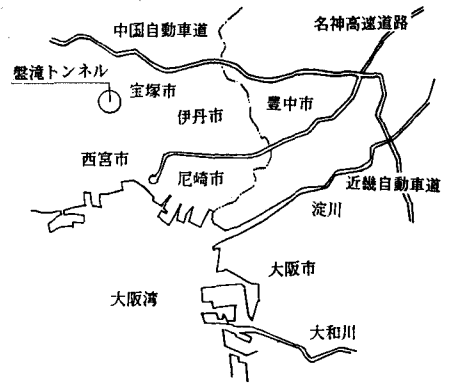


図-1 位置図

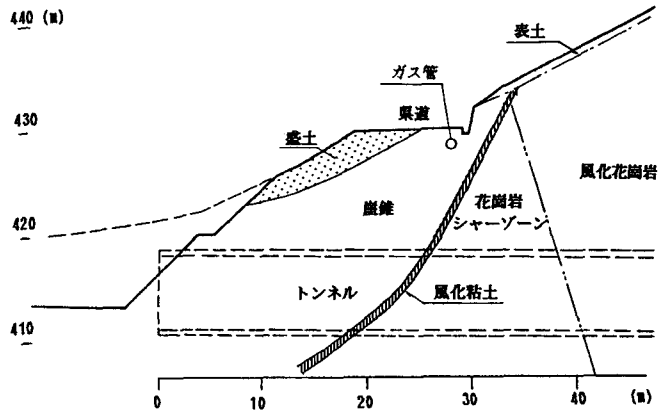


図-2 坑口部分の地質縦断面図

トンネル掘削はツインヘッダー（HT-2000A）によりリングカットで行い、支保工はH-200 @1m、吹付けコンクリートは $t=250\text{mm}$ とし、パターンボルトは長さ4mの自穿孔ボルトを8本打設した。

上半部の注入範囲は、図-3のように 120度範囲に厚さ2mmの固結ゾーンを形成するものとし、長さ $l=3\text{m}$ の注入用自穿孔ボルトを8本切羽から仰角 $25\sim 35^\circ$ で打設した後に注入作業を行った。

また、下半掘削時にも側壁部分の崩壊が懸念されたため、崖錐区間の側壁部地山の補強のため、図-3のように上半と同様に岩盤固結を行った。本作業は、上半切羽が坑口より約55m程度進んだ時点で上半盤よりまとめて実施し、その後に下半掘削を行った。

なお、県道に埋設されているガス管に対しては、地表面が沈下してもその影響がおよばないようにトンネル坑口部の施工が終了するまで掘り出しておき、地表面が大きく沈下した場合には地盤とガス管の間につめ物をしてガス管自体が沈下しないように考慮した。

3. 地山挙動

坑口崖錐区間での安全管理を行うため、地表面沈下、挿入式傾斜計による地盤の水平変位測定を行い、トンネル坑内では内空変位、天端沈下、ロックボルト軸力、地中変位等の計測を行った。

地表面沈下は、図-4に示すように先行沈下はほとんどなく、上半切羽が通過するこよにより沈下を示したが下半掘削ではほとんど沈下せず、最終的に $5\sim 8\text{mm}$ で収束した。また、地盤の水平変位は地表面付近で 2mm 程度であった（図-5）。

トンネル天端沈下は、上半掘削で 2mm 程度発生したが、下半掘削では地表面沈下同様ほとんど増加しなかった。一方、内空変位の上半水平測線は、上半掘削で $2\sim 3\text{mm}$ に収束したものが、下半への薬液注入で 6mm 程度に増加し、下半掘削によって $8\sim 9\text{mm}$ となった。また、ロックボルト軸力は最大で 3.6tf 、吹付けコンクリート応力は最大で 54kgf/cm^2 、地圧は最大で 8.4tf/m^2 であった。

おわりに

坑口部のルーズな崖錐区間のトンネル掘削に際し、補助工法として岩盤固結工法を適用した。その結果、トンネル周辺の地山はよく安定しており、地滑り等の兆候はみられなかった。

このことより、今回適用した岩盤固結工法は本地山に対して非常に効果的であったと考えられ、特に、下半部への薬液注入を行うことにより下半掘削による変位の増加はほとんどみられなかった。

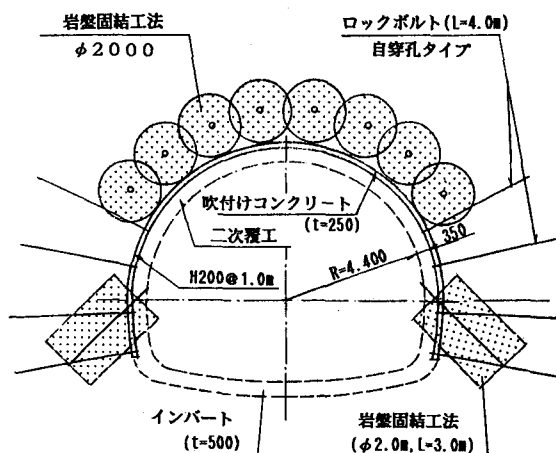


図-3 施工概要図

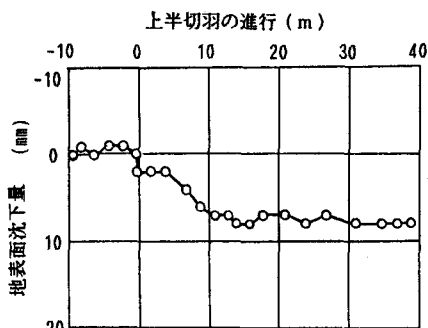


図-4 切羽の進行と地表面沈下
（図-5のA点）

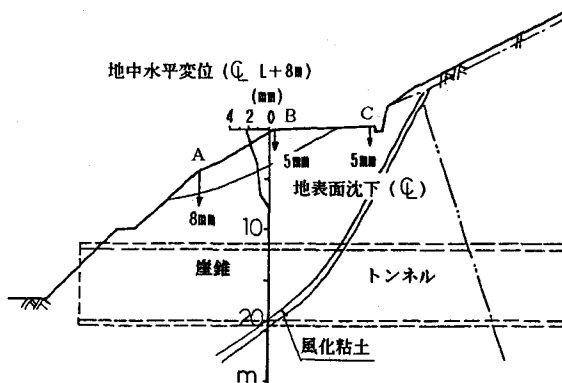


図-5 坑口付近の地山挙動