

横掘すいトンネルの施工経過と対策工法について

東北地建 湯沢工事業務所 正会員の松田栄一

三浦信夫

石黒 正

1. まえがき

本報告は 一般国道13号の秋田県雄勝郡雄勝町内で施工中の横掘バイパスの一部として施工された、横掘すいトンネル(掘削延長224.4m)の主として滞水地層でのアーストンネルの施工例を示すものである。

2. 地形地質

本トンネル附近の地形は、奥羽山脈と出羽丘陵に挟まれ、雄物川と役内川の合流部で巾広い沖積低地を形成している。トンネルは奥羽山脈の山裾にあたり、果樹園が経営されている緩傾斜面の多い丘陵性地形となっている。又、この丘陵は南北にのびる尾根を形成しており、トンネル中心線と斜交している。「図-1」

地質的には、グリーンタフ地帯にあり、新オミ紀中新世・三途川層・台島層などが発達しており、本トンネル部分の地質はほとんど三途川層で構成されている。その特徴としては固結度の低い凝灰質砂岩であり、風化した部分は半固結～未固結の砂質シルトに近い形態を示していた。その性状は自然含水比27～33%、透水係数は 1×10^{-6} であり、いわゆる水持のよい土質性状である。又、弾性波速度は $1.3 \sim 1.8$ を示していた。

3. 施工経過と対策

工事は秋田側坑口より上部半断面先進工法(タイヤ方式)で掘削を始め、地山の性状を考え、湧水による地山の崩壊や支保工の不等沈下を防ぐため、仮排水工の設置、支保工の根巻コンクリートなどを施し、慎重に掘削を進めた。ところが、坑口から約58m掘進したところで山鳴りと共に湧水が有り、切羽から18m間(支保工24基)にわたり掘削方向右側の支保工が内側に変位すると共に貫入沈下した。「図-2」原因としては、掘削後の時間的経過と共に圧力開放された湧水が支保工地山に集り、地山をゆるめたことにより土圧が支保工背面にクサビ状の圧力加わり支保工を押し出すと共に、湧水が支持地盤に吸収され支持力不足を招いたものと思われる。

このため応急措置として、支保工のH型钢による連結とH型钢、松丸太を使った仮支保工「図-2」を施したが沈下が止まらず、枕木によるサンドル「図-2」を行って沈下を止めた。最大沈下量は95cmを記録した。

復旧工法は、水の処理と地山条件を考え、④支保工の支持力を増すため、横杭を掘り連続したコンクリート版を作る。⑤ウエルポイントを設置し水抜きを計る。⑥ロックボルトを打込み地山のゆるみ防止を計る等を施工し、支保工の繰返しを行った。

この間今後の施工方法を検討した結果、④地下水⑤地質⑥土被り等を勘案し側壁導坑先進工法への切替が妥当と判断した。

又、切替のためには上半掘削部の下半掘削を行う必要があるが、上半掘削による地下水誘水による地山のゆるみや災害発生を考え、大背断面を小さくし、土平部を広く、インバート部を厚く残す工法をとり、スリ運搬路には覆工板を敷設。上半荷重に対処すると同時に、運搬路の「こねがえし」により地山が乱れ、インバート部の支持力不足を招かないようにするなどして、多少のトラブルはあったものの掘削を完了し、導坑掘進のヤードを造った。

側壁導坑の掘削は、タイヤ方式では地山条件と現在までの施工実態からみても対処しきれないと判断し、レール方式とした。一般的にレール方式によるサイロット工法は、導坑を最大限に利用することが得策といわれており、本工事で

図-1

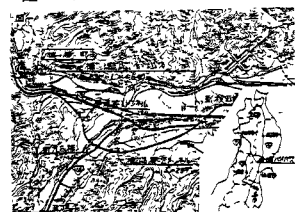
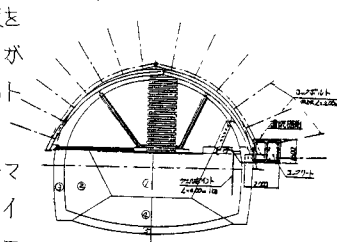


図-2



も導坑底盤全巾にコンクリート（インバートとして利用）を打設し上部からの荷重に対処した。又 導坑支保工の建込みと同時にストラットで結合し 底版コンクリート打設時に埋設して活用した。掘進は比較的地質条件の良いと思われた右側から先行し、この掘削による水抜効果により左側導坑掘削が容易になることを期待した。又仮排水路・盲暗渠を設けるなど水処理にも十分留意した施工とした。

このようにして左側導坑を81m掘進したところで、留水と思われる滞水層に会い切羽が「ヘドロ」状に溶けたし自立しなくなった。直ちに鏡止めを行ったが、なお切羽面よりの流出が止まらない状態が続いた。そこで応急策を検討したが、とりあえず流出現象ととめることを一目的として薬液注入工法を採用することとし、「LAG工法」と呼ばれている工法を10m間施工し流出を止めた。

今後の施工について検討した結果、とりあえず流出地点まで後発の左側導坑を掘削し、その後同地点まで上半掘削、巻立まで施工し、アーチ復工後の裏込注入まで早急に完成させ地山の安定を計ることにした。

流出地点から先の掘削工法については、現在までの掘削状況からみれば地山の含水比を下げれば、側壁導坑先進工法は可能と判断し、水抜水平ボーリング工法等数工種を補助工法として検討したが、更に①効果の早期確実②確実さ③土質条件からの適合性④工事規模との釣合い⑤環境条件との適合性等を総合判断して、薬液注入工法の採用を決定した。薬液注入工法についても各種工法が考えられるが、選定の大きな要因として土質と水の条件があり、①滞水層がある場合長いゲルタイムでは薬液が逸走する恐れがあるので瞬結性の薬液が望ましいこと②瞬結性の薬液を使った場合、ロード内やロード先端で硬化することのない工法とする必要のあること③ 10^{-6} という透水系数の低い地質では浸透注入では効果が疑問があり、ある程度の圧力をかけた脈状割裂注入というような工法を選択が必要なことなどを勘案し、先に応急施工した「LAG」工法を採用した。

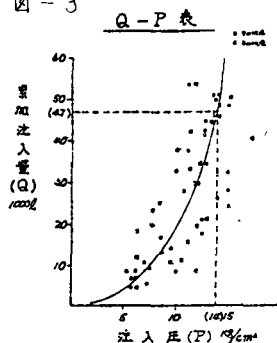
「LAG」工法の施工については、先に応急施工した注入量と注入圧及び5m間を試掘した土の試験成績などから、注入断面は導坑断面外両側及び上面を $2m$ とし、注入量は 20% 、注入圧最大 14MPa として計画した。「図-3」 施工は右側導坑と先行することとし、先に試掘した5mの残延長を含めて $20m$ をボーリング注入し、うち15mを掘削する工程を繰返し $80m$ 間を貫通させた。掘削はピックによる人力掘削としたが、注入効果として、切羽に水のにじみ出しはあったものの全般的に掘削可能な切羽に改良されていた。

この後右側導坑、上半掘削と施工したが、薬液効果と導坑掘削に伴う時間的経過による水道の変化があったのが、特別のトラブルもなくリングカット方式により、無事全面貫通を行うことができた。

4 おわりに

このトンネルは、延長 $224m$ という短いトンネルであったが、水に悩まされいろいろな対策工法をとり、特に導坑内から切羽対策として「LAG」工法という、全国でも珍しい工法を使って完成させたものである。工法の選定については、トンネル工事という性格上安全オーと確実さが求められるので、おのずと工法については絞られてくるものと思われるが、無事故で貫通させたことで、工法の選択には成功したものと思っている。

図-3



参考文献

「薬液注入工法の設計と施工」(山海堂) 柴崎光引外 著