

法光寺断層の破砕帯を掘る

日本鉄道建設公団 盛岡支社 八戸鉄道建設所 正会員 村上 明

1. はじめに

本論文は、東北新幹線盛岡～八戸間延伸工事における、金田一トンネル（岩手・青森県境）内の法光寺断層の破砕帯（約90m）での施工方法について報告するものである。金田一トンネルは、延長8,725mの長大山岳トンネルであり、掘削は、NATMによる上半先進ショートベンチの機械掘削により施工した。

この内、坑口より約4,000m付近に想定していた法光寺派生断層の手前約80m地点で更に断層が現れ、鏡が約3m押し戻される強大な地圧が作用した。本発表では、主にこの地点での施工について報告する。

2. 地形・地質

トンネル坑口は、如来堂川の河岸に面した緩斜面に取り付けられ、坑口より約3,000m付近までは土被りが100m以下の丘陵性山地であるが、それ以奥は、名久井岳東裾のやや急峻な斜面になり、法光寺断層付近での土被りは約180mとなっている。

地質は、北上山系の中・古生層が基盤となっており、それらを不整合に新第三系が覆っている。断層付近の地質は新第三紀中新世の門の沢層、末の松山層群、留崎層が分布し、法光寺断層は北上山地北縁部を縦断する44kmの折爪断層系で、県境付近を背斜軸とする褶曲構造となっている。

3. 変状の発生

法光寺主断層（坑口より約3,630m）通過後は、門の沢層のシルト岩で内空変位は下半終了後で約30mmと安定した地質が続き支保パターン P-Ac（鋼製支保工 125H 上半、吹付厚 15cm、L=3m、ボルト 14 本）で施工していたが、東京起点 574km990m（以後のキロ程は全て東京起点）付近から内空変位が増加し 574km986m40 でパターンを P-A3（鋼製支保工 150H 全断、吹付厚 20cm、

L=4m ボルト 16 本）に変更した直後、574km982m40（坑口より 3,890m、土被り 174m）でパターンボルト打設中に突然鏡が崩落し、切羽後方の吹付コンクリート側壁にクラックが入った。直ちに作業を中止して、鏡吹付を行い、増ボルトを打設したが、再び鏡が崩落した。このため、再度鏡吹付を行い、鏡ボルト L=3m を打設した。しかし、翌日には再び鏡吹付コンクリートにクラックが入り、先端の支保工が大きく屈曲して、さらに鏡ボルトを抱き込んで鏡が約 3m 押し出されてきた。そこで、鏡のさらなる崩壊をくい止めるため、崩落した岩塊を押さえ盛土として、その上から厚さ約 50cm の鏡吹付を行い、L=6m の鏡ボルトを打設して、押し出しが止まった。

4. 前方地質調査結果

調査結果は、切羽前方 5m 付近と 70m 付近に断層があり、これを含む約 90m におよぶ大きな断層破砕帯になっており、水平削孔能力 700m の TOP-LS でも 100m が限界となるような劣悪な地質状況であることが判明した。さらに、切羽前方 50m 付近に 5kgf/cm² の水圧を持った湧水があることも判明した。以上の調査結果、今回の変状は

- 1) 2つの断層により、幅約90mにわたりピリ状に破砕された極めて強度の小さい地質状況にある。
- 2) 断層運動あるいは地質構造運動により硅質岩（粘板岩、チャート）が粘土化し、この粘土が不透水層となって水圧も加わり、鏡の大きな押し出し現象となったと推定された。

5. 対策工法の検討

この破砕帯を突破するにあたり、補助工法並びに掘さく方法も含めた各種工法を比較検討した結果、切羽の安定、止水、砂礫地山に対応及び経済性の条件を満たす工法として、薬液注入工法を採用した。

1) 注入材の選定

対象地山は破砕質な硅質岩と2つの断層である。

薬液の効果としては、強度増強を目的とする懸濁型または止水・土の粘着力増強を目的とする溶液型の選択となるが、断層により角砂糖状に多数の亀裂があるため、LW系の懸濁型の薬液を主として用いた。

また、管理方法を注入量と注入圧とし、懸濁型の薬液で注入圧が高い部分については、浸透しやすい溶液型の薬液を用いた。

2) 注入工法

断層により亀裂が多数存在しているため、注入時のリーク抑制かつバックラーを確実に施工できる二重管複相注入工法とした。

6. 掘削状況

断層破碎帯区間は、ベンチ長 2m として上半 2 分割で掘削を行った。掘削再開の支保パターンは P-A4(鋼製支保工 200H 全断、吹付厚 20cm、L=6m ボルト 18 本、L=4m ボルト 8 本:変形余裕上半 15cm、下半 7.5cm) としたが、574km975m 付近の断層通過時においては、鏡の小崩落が生じたため、先受工(φ48.6L=3m のフォアボーリング)と鏡吹付を行ない無事突破した。

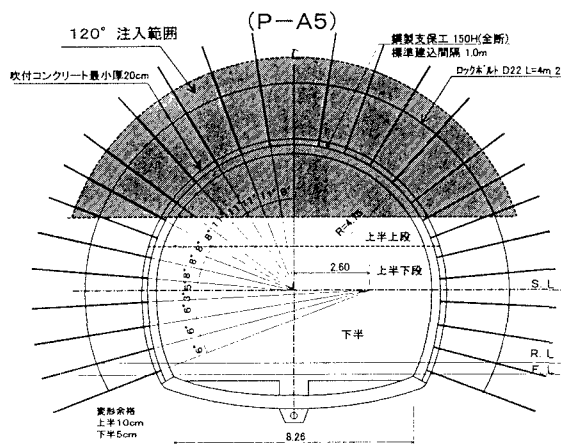


図-1 注入120°区間での支保パターン

P-A4をL=32m施工した後、574km950m40からL=54m区間の支保パターンは、図-1に示す P-A5(鋼製支保工 150H 全断、吹付厚 20cm、L=4m ボルト 26 本:変形余裕上半 10cm、下半 5cm) として施工した。破碎帯中間部の湧水帯においてはロックボルトの空孔から湧水があったものの鏡からの湧水は見られ

ず、止水効果も良好で順調に掘削が行われた。なお、574km975m の断層付近のインバート施工は、早期閉合を図るためインバート吹付コンクリートを実施した。

7. 計測

鏡が押出された箇所では、天端沈下 32mm に対して内空変位は 165mm となっている。一方、注入区間では天端沈下 21mm、内空変位 46mm と小さく、変位比率は約 1 : 2 と等方的になっている。さらに、注入の効果および支保の適合性を調べるために B 計測を行った。その結果、吹付コンクリートの応力分布は天端中央では約 200kgf/cm²、肩部で 140kgf/cm²~180kgf/cm² と大きな圧縮力が作用している。なお、高品質吹付コンクリートを採用しており、圧縮強度は 200kgf/cm² 以上確保され、ひび割れもなかった。以上のことから、今回の破碎帯では、地山強度比による大きな緩み荷重または断層を伴う地質構造運動による潜在応力が作用していた。

これに対して、薬液注入により形成した改良ゾーンが、ほぼ等方的に応力再配分するアーチシェル機能を発揮したことにより、支保パターンはほぼ上限値で適合している。

8. まとめ

今回の断層に遭遇して、約 90m の破碎帯を突破するのに約 3 ヶ月要した。薬液注入工法は切羽を止めた補助工法であり、進行が遅くなる欠点を有するものの、今回調査した地質状況および実際に掘削して切羽に現れた地質状況並びに計測結果から判断し、適切な補助工法であったと考える。なお、本論文を完成させるにあたり、資料を提供していただき、適切な助言をくださった日本鉄道建設公団盛岡支社渡辺康司氏、(株)フジタ波田光敬の両氏にこの場を借りて謝意を表する。