

鷹角線 戸島内トンネルの施工について

日本鉄道建設公団盛岡支社 正会員

○池田 豊

— — —

高野 彬

堀合 武夫

1. 概要

鷹角線戸島内トンネルは、角館起点42^{km} 910^mに位置する延長1575^mの単線トンネルであり、北工区(985^m)と南工区(590^m)に分けて施工したが、今回は南工区について報告します。

2. 施工について

坑口付近の延長約150^m間は、特に土被りが薄いため、支障物のない角館方87^m間は掘さく工法により施工した。続く63^m間は、線路中心筋に民家があることや県道(土被り約5^m)、町道(土被り約7^m)が横断していること、また、地質調査の結果、掘さく開始から約30^m間はトンネル断面内に砂礫を主体とする段丘堆積層が出現すること等より、地上においてはトンネル脇にある家屋の沈下を抑制することを目的として垂直縫地ボルト工を、また、トンネル内部からは、未固結な砂礫層を掘さくするための補助工法として岩盤固結工を施工した。この区間の掘さくはショートベンチによるNATMであり、前述の種々の条件があることから、鋼製支保工も併用した。

坑口から150^m～590^m間の延長440^mは、北工区と同様に全断面掘さくによるNATMであり、一次支保部材は、吹付コンクリートとロックボルトである。

地質は、砂質凝灰岩と泥質岩の互層が主で、切羽が進行するとこれに垂炭層を挟む状況が多くなり、地質はめまぐるしく変化した。また、湧水は滲水～滴水が多く、時々切羽付近より5～20^ℓ/min程度の湧水もあった。

トンネルの施工順序は次の通りである。 穿孔——装薬——発破——こそく——上半一次吹付(約5^{cm})＝ズリ出し——金網取付——上半二次吹付(約5^{cm})＝下半吹付——ロックボルト打設の順である。この後は計測を続け収束をまって 側壁足元掘さく——覆工背面防水工——覆工C——中央集水管状設——りょう盤RC——下水C で施工終了である。

3. 坑内計測の管理規準について

本トンネルの坑内計測の管理規準値は、直接ひずみ法による岩盤の限界ひずみを用いて決定した。岩盤の限界ひずみは、事前調査の岩石試験結果(一軸圧縮強度約160^{Kg/cm²} 静弾性係数4.1×10⁴)に亀裂等を考慮し、また、既往の資料を参考にε＝1%とし、切羽到達時点での変位の解放率を30%とした。岩盤のひずみとトンネルのひずみを等価とみなし、切羽到達時の解放率を考慮すると

$Q7E = U/2R$ (U: 内空変位, R: トンネル半径=2.63^m)と置くことができる。

∴ $U = Q7E \cdot 2R = 1.4E R = 1.4 \times 1\% \times 2.63 = 0.037 = 37^{mm}$

37^{mm}はひずみの限界であるので、管理の限界を30^{mm}とした。また、天端沈下については、過去の実績から天端沈下量≦内空変位量の傾向にある。以上を勘案して当トンネルの管理規準値を次表のように決定した。

本トンネルは、この管理規準に従って管理してきたが、岩盤の限界ひずみは岩石の種類、亀裂の状態等によって著しく変化する。従って事前に設定する管理規準は、切羽状況を観

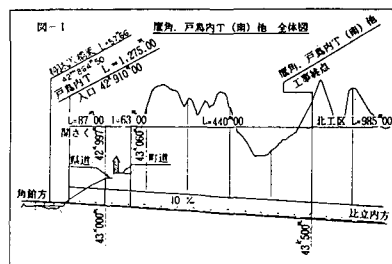
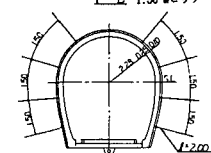
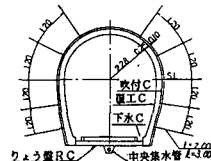


図-2 掘さくパターン
P-R
(4) 1.20ピッチ ロックボルト長 2.00
(10) 1.20ピッチ ロックボルト長 3.00



	内空変位	天端沈下	記 事
注意レベルⅠ	20 ^{mm}	15 ^{mm}	このまま変位等が進行すればトンネルの安定への影響が懸念される。
注意レベルⅡ	30 ^{mm}	20 ^{mm}	早急に対策が必要。

察し、計測結果を集積してこれを参考に検討を加え、見直すことも必要である。

4. 計測結果と対策

計測は36か所で行ったが、その結果は、内空変位で36~50.6mm、天端沈下で0~15mmであった。この結果、管理規準の注意レベルⅡを越えたのは内空変位で6か所である。

坑口より200m付近の地質は、上半のほぼ全面に亜炭層が出現し、下半部は固結度の低い砂質凝灰岩に亜炭層を薄く挟む互層をなしており、切羽付近からの湧水も20ℓ/min程度あった。

掘さくは、発破進行1.2m、パターンボルト2m×10本で施工中であった。

この計測では、切羽到達後3日で内空変位が24.4mmに達し、最終変位量を45mm程度と予測し注意レベルⅡを越えると判断したため、増ロックボルトを施工した。増ロックボルトの施工範囲は、切羽の観察状況から判断して6m(5間)とした。増ロックボルト施工直後は内空変位、天端沈下共変位量は増加したが、その傾斜は次第に収束の方向へと変化していった。なお、増ロックボルトはパターンボルトと同じ中25×2mmを採用した。

このように、当トンネルにおいては、切羽の地質状況と湧水状況及び変位速度に注意を払いつつ、計測値から最終変位量を予測し、必要に応じて対策を講じて施工した。

最終内空変位予測は、重回帰法と2倍時変位法の二つを併用した。

坑口から555m~590m間(延長35m)については、地質が亜炭層と固結度の低い黒色泥岩層の互層となっており、湧水も切羽全面に滴水程度あった。計測値は、天端沈下6~15mm、内空変位40~50mmであった。この付近では変位速度が速いため、内空変位量20mm前後で対策工を判断した結果となったが、最初は坑口から200m付近の経験から増ロックボルトは中25×2mmを打設したが、変位がなかなか、収束の傾向にならず、一部分ではあるがクラウニング付近の吹付にクラックが発生した。このため急増吹付を施工し、増ロックボルトを長さ3mに変更し、また、この時点からパターンボルトも長さ3mとして施工した。これは地質が悪化し湧水も存在したことに加え、北工区の到達(61年11月初旬)以来1年近くを経過しており、鑑止めは施工してあるものの、北側掘さく時のゆるみに加え、経時によるゆるみ加わったものと考えられる。

この35m間のパターンボルト本数は300本であるが、前述のように途中で長さ3mに変更したため、内訳は2m-160本、3m-140本である。また、この区間に打設した増ロックボルトは、パターンボルトとほぼ同数の295本に登り、内訳は2m-56本、3m-239本である。この結果、天端沈下、内空変位共収束の方向へと変化していった。

5. 結び

鷹角線戸島内トンネルの南方は、坑口の開さく、続く土被りの薄い区間での垂直縫地ボルト工、岩盤固結工法、山岳部の全断面ATM等を採用し施工しました。

垂直縫地ボルト工、岩盤固結工法等は、昨年10月「トンネルと地下」に発表済であるため触れませんでした。

戸島内トンネルの管理規準値は、前述のように岩盤の限界ひずみを1%として簡便な手法で算出し管理してきました。トンネル掘さくに際しては、事前に地山の性状を知ることができないため、計測や切羽観察の結果より、必要に応じて鏡吹付、鏡ロックボルト、鉋製支保工、増吹付、増ロックボルト、先受工等により対応していく必要があります。

本トンネルの施工結果は、一部の区間で増吹付、増ロックボルトで対応してきましたが、全体的には管理規準値内の変位量に収めることができ、ほぼ満足できた結果であると判断しております。

