

膨圧トンネルの計設計、施工について (上越新幹線湯沢トンネル(北)工区)

日本鉄道建設公団新潟新幹線建設局 正会員 ○種池信好
佐伯則幸

1. まえがき

湯沢トンネルは上越新幹線越後湯沢駅より新潟方約4kmに位置し湯沢町と塩沢町にまたがる全長4455mのトンネルである。

工事は両坑口より着手し、(南)及び(北)工区に分けて施工中であり、本文は(北)工区の膨圧区間の設計、施工及び地圧測定、調査について述べたものである。

2. 地形及び地質

湯沢トンネルは越後山脈に源を有する魚野川と、西方から流下して魚野川に合流する小黒川とに囲まれ、急峻な地形を呈する山脈を貫き、又付近にはスキー場が発達しており出口付近には銀泉も湧出している。当地域に分布する地質は新第三紀の津川層と呼ばれる堆積岩類及びこれを被覆する古期安山岩類より成る。津川層は頁岩、凝灰岩よりなり、古期安山岩類は岩質変化がはげしく、変形安山岩質岩石より成っている。

図-1に湯沢トンネルの地質図を示す。

地質構造は、坑口付近の凝灰岩はE $W20^{\circ}$ Sの走向、傾斜を示し、頁岩層は小褶曲を繰返しながら全体として、NS 40° Wの走向、傾斜を示す。

凝灰岩は一般には軟

質であるが、節理面の密着度は良好である。

頁岩は黒色頁岩で凝灰岩より固結度は大きく、岩片は硬質であるが、節理面からは脆性が大きく、この層が発達した褶曲を起して岩片は容易に破壊する。頁岩のほとんどの節理面には、圧砕されて生じたと思われる黒色粘土が介在し、岩盤としては著しく脆弱なもので、掘さく後、まもなく膨張性を呈する。

安山岩は硬質であるが、節理が多く、湧水を伴い、脆弱である。

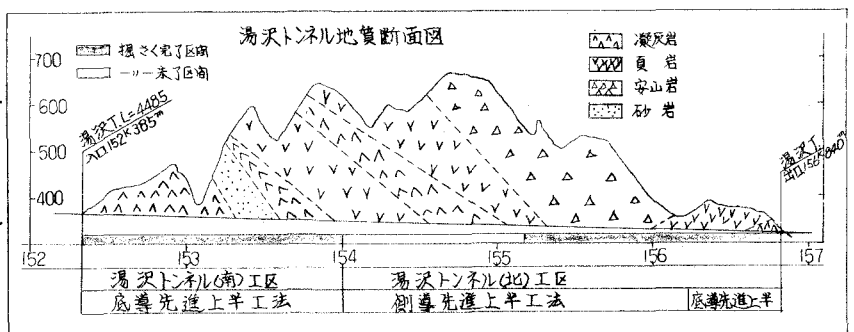


図-1 湯沢トンネル地質縦断面図

3. 施工法の概要

施工法は、底設導坑先進上半工法により施工開始したが、頁岩層で極度の膨圧作用を受け、変状の度合いが大きく、掘さく作業に困難をきたしたので、坑口より625mの地点より、側壁導坑先進上半工法に変更した。右工法の標準代表断面を図-2に示す。

4. 膨圧区間の施工と変状及びその対策

4-1 底設導坑上半工法区間

〔導坑〕支保工ノ25H(中心1.0m)により施工したが、掘さく後3日目より膨圧が起り、天板の折損、支保工の変状、押出し、盤ぶくれ等が発生し、切羽の崩壊も数度に及んだ。

支保工は約20cm～30cm押出され、盤ぶくれは側面に大きく、掘さく後約3週間程増加が続き、その大き

は50cm~70cmにも達し、それ以降は余り増加は見られないが、上半が直ぐにつれて再度増加が起る。このため繰返し、盤下げ作業等を繰返した。

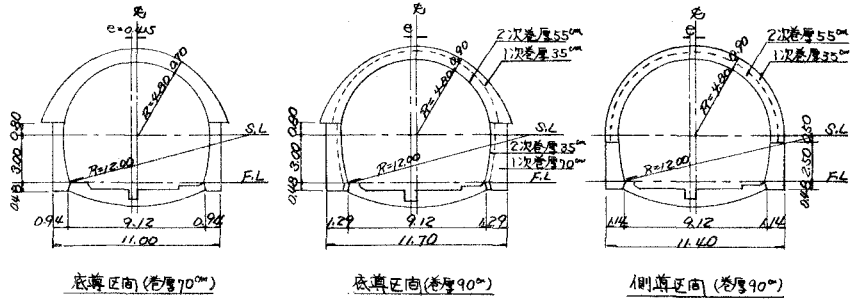


図-2 標準断面図

これら変状の対策として導坑支保工125H(c.t.c 1.0m)を150H(c.t.c 0.8m)に変更し、鋼製皿板による刃下防止、根固めコンクリート、収容コンクリート等の施工を行った。

導坑盤ぶくれ状況を図-3に示す。

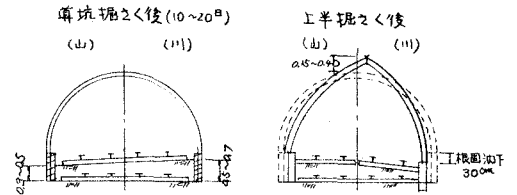


図-3 盤ぶくれ状況図

〔上半〕 支保工200H(c.t.c 0.8m)、巻厚70cmで施工したが、掘り2く後1~3日頃より膨圧作用

が起り、天板の折損、支保工の刃下、変状が発生した。刃下量は天端で約30cm、川側脚部で約15cm、山側脚部で約10cmにも達し、またアーチコンクリート打設後(1打設延長12m)においても刃下(川側に大きく最大16cm)が起り、これに伴いクラックが発生してゐる。

これら膨圧による変状の対策として種々検討した結果、支保工強度を増大し、地圧に抵抗させ、また掘り2く後に発生する塑性土圧を最小限に抑止するため、二重巻工法併用、リングカット工法を採用した。

二重巻工法は1次覆工にて地山応力を吸収させ、地圧が肉づくしに時点で2次覆工を行うものである。

この工法の施工経験から定めた基本施工は次の通りである。

i) 掘り2くはリングカットとする。

ii) 掘り2く後早急に1次覆工(厚35cm)を施工する。

iii) 2次覆工(厚55cm)は1次覆工の変状が停止または覆工後2ヶ月経過後に施工する。

上記工法の採用により、2次覆工後より側壁コンクリート足付完了までの間における変状は殆んど観測されなかった。

〔下半〕 下半掘り2くはアーチコンクリートの1打設延長が12mであるので、足付3m、中板9mで施工すれば導坑及び上半の施工から考えて、切羽の崩壊、アーチコンクリートの刃下、変状が予想されるので、中板9mのうち、さらに3mを上半部より掘削方式で掘り2くし、残り中板6mの寸前、下半は同時掘り2くを行い、側壁コンクリートを早急に施工し、この側壁コンクリート施工後でなければ次の掘り2くには着手しないようにした。しかし、中板部施工後において(約1週

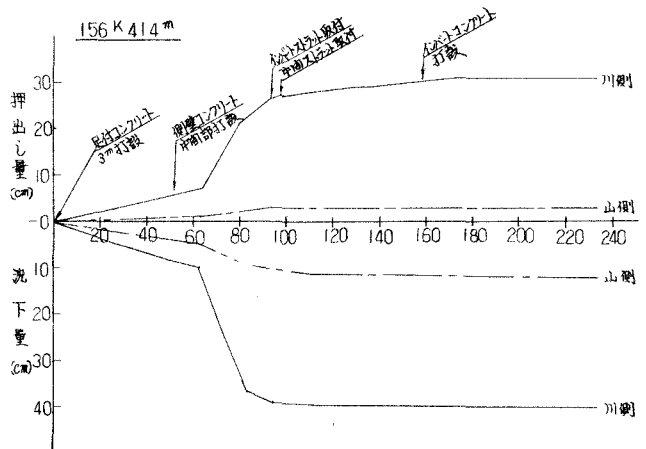


図-4 側壁コンクリート変位量グラフ

向後)側壁コンクリートの沈下、押出しが発生し、これに伴い、アーチコンクリートの沈下、変状が起り、一部においてラウン部のコンクリートがはく脱した。

このため、対策として側壁部の掘さくにおいては掘さくからコンクリート施工までの間に切羽の岩石の応力開放、風化、膨張による切羽の崩壊防止のため、山留工の施工を行い、またアーチと同じく二重巻工法と採用した。(1次覆工70cm、2次覆工35cm)

また変状、押出しを防止すべく図-5に示すインバートストラット250H(C.C.C.30mm)及び中間ストラットφ267mm(C.C.C.20mm)を早急に施工して土圧を開放しておき、早い時期にインバートを施工し、断面を肉合させる。

ストラット施工後は図-4でめがまように、沈下、押出しは殆んど見られぬ。

図-6にストラットに取付けた土圧計の測定図を示す。

4-2 側壁専坑先達上半工法区間

〔専坑〕掘さくは支保工125H及び150H(C.C.C.200~300mm)を用い、先達ボーリングで地質、湧水等を確認しながら掘さくし、湧水の多い区間については水抜専坑併用により掘さくした。

しかし、湧水と膨圧により切羽の崩壊がたび重なり、支保工の変状も大きく、悩ぶことが起り、このため

りよう盤コンクリート、根固めコンクリート、仮巻コンクリート等の施工をした。〔上半〕上半掘さくは膨圧が大きく、底専区間と同様二重巻工法併用リングカット工法により施工した。

〔下半〕大背、下半の施工

はF.Lより上のライニングが完了しているので膨圧の影響は少ないものと考えていたが、大背、下半掘さくの進行に伴い、側壁コンクリートの押出し、沈下が発生し、急ぎで底専工法区間同様インバート及び中間ストラットにより開放を行った。また、側壁コンクリートの変状、押出し等を極力防止するため、大背、下半掘さくの1サイクル最長3mにおさえ、掘さく後インバートストラットを建込み、また中間ストラットは大背から10m以内で建込み、これより5m遅れでインバートを施工し、早急に肉合断面を作る様施工した。

5. 湯沢トンネルにおける測定

施工途中、膨張性頁岩区間において工事の進捗に著しい支障をきたし、その対策の一環として設計、施工の資料を得るため、各種の調査、測定を行った。

(1) 坑内弾性波速度の測定

測線を2本設け、測定した結果、頁岩そのもののP波の伝播速度は3~4%であるが、測定値は小褶曲による地層の弛み、節理面に介在する粘土等のため非常に遅く、23~26%であった。動弾性係数は1/3, 0.00%でまた、亀裂係数も0.5~0.8となり、亀裂が多く破砕または軟質岩である場合塑性土圧が作用すると考えられた。

(2) X線分析

地山の塑性土圧を延長するものとして、頁岩の節理面に介在する黒色粘土の吸水、膨張が考えられたので

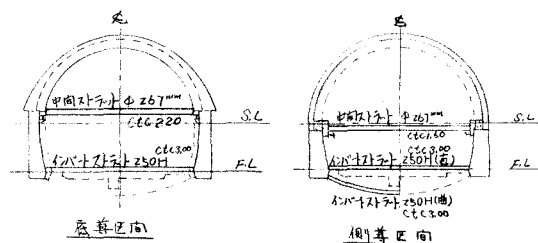


図-5 ストラット標準図

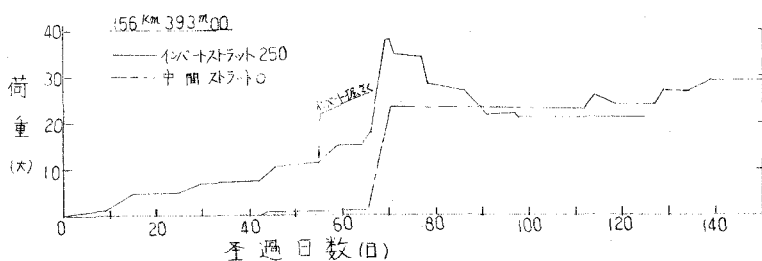


図-6 ストラット土圧計測定図

、それがどのよう腐蝕物から成っているが、X線分析を行った。その結果によると、黒色粘土は、ほとんどモンモリロナイトから成っていることが判定され、トンネル掘さく後数日で塑性土圧が増大する場合は、このモンモリロナイトの膨潤に負う所が大きいと判断される。

(3) インバートストラット土圧測定

156×190cm 地点で歪計による土圧測定を行った結果、インバート施工時に最大値を示す。

軸力 125t、曲げモーメント 5k^m、せん断力 13t 土圧(合計) 24t

6 湯沢トンネルにおける変状特性

一般に膨張性地山とはトンネル周辺の地山がトンネル内空を縮小するように作用し、現象が比較的短時間うちに起り、ある程度持続性をもち、その伸長の量も比較的大きいものという。その代表的な例として、本坑の頁岩をはじめ、軟弱な地質の温泉余土、泥岩、蛇紋岩などがあげられる。膨張性地山としては、

i) 吸水による単なる物理的膨張

ii) 化学変化の結果としての膨張

iii) 土上荷重による地山の塑性変形或いは破壊とその結果としての応力解放による膨張

iv) 地殻運動のときに封じこまれた潜在エネルギー、潜在応力の解放による膨張、等がある。

実際の地山はこれらの諸因がからみ合って膨張の原因となっていると思われる。

湯沢トンネルの頁岩層は全般的に於て、岩石片は比較的硬質であるが、層、節理面に富み、それらの向に黒色粘土(主としてモンモリロナイト)を含有していて破砕状を呈している。この様な頁岩は空気にあたると容易に細片化して地山が弛み、且粘土が吸水膨張して塑性土圧を生じているものと考えられるので、ii)、

iv) の原因であろう。iv) については土壌りがりすく、且、地層が新第三紀のものなので比較的新しく、

又、大規模な断層が収まっていることから考え合せると地殻構造的な原因による土圧は殆んど考えられない。

〔変状特性〕

〔尊坑〕i) 支保工の変状は山側が大きい。

ii) 盤ぶくれの大きさは50~70cmで川側から山側に傾斜している。

iii) 支保工脚部の押出しと川側の支保工の刃下が大きい。

〔上半〕i) 山側脚部の押出しによる支保工の変状が殆ど、川側支保工の刃下が大きい。

ii) 1次覆工後、山側にクラックが殆ど発生し、川側の刃下が大きい。

〔下半〕i) 側壁中間部掘さく後、足付部の押出しが一部川側に発生。

ii) 側壁コンクリート打設後、押出しが発生する。(川手に殆どない。)

7 あとがき

湯沢トンネルの地質に対処する基本的な考え方を検討した結果、次の3方法が考えられる。

i) 掘さく後に起る膨圧を予防する方法として掘さく前に地山をグラウチングし、地質を改良する方法

ii) 掘さく後に起る膨圧を停止せよ方法として、掘さく直後に吹付を行い、頁岩の風化等を防止する方法

iii) 掘さく後膨圧を最小限に食い止める方法として掘さく後、出来るだけ早期にコンクリートで覆工する方法

i) については効果、工費等の面で問題がある。ii) については頁岩の風化が早いので、掘さく直後支保工全面を矢板で保護しなければならず、吹付のやりがたい。又、矢板の施工を遅らせて吹付を行うことは、層、節理の状態、矢板の崩壊の状態から見て危険を伴い、矢板施工後の吹付は初期の効果も期待し難い。

iii) についてはある程度のコンクリートの刃下や変状は許容しなければならぬので、それに対しては1次覆工を施工する。

各種の調査、試験、測定等のデータを解析し、iii) の掘さく後膨圧を最小限に食い止める方法を採用し、4で述べた基本施工を行うことにより、この膨圧トンネルに対処できたいと思われる。