

中央本線輸送力増強の一環として、施工した岡谷・塩尻間線増は、現在線27、7kmと11、7kmに短絡するルートで、この区間の塩嶺トンネルは延長5994mの複線鉄道トンネルである。トンネルは、地形なうびに工期上塩尻方坑口、トンネルの中央付近の勝弦補助斜坑(延長618m)と岡谷方坑口付近三沢立坑(56m)の3箇所から掘削した。昭和49年2月より塩尻方坑口からの掘削は、専坑導坑先進上部半断面工法を採用した。専坑が塩嶺累層に突入してから平均30数トン、ときには50トン/分を起える大量の湧水に見舞われたが、水抜回坑、薬液注入及び専坑改良水抜き工法等により難工事を克服した。斜坑からの施工は、塩尻方坑口からの同様の工法で掘削したが、塩嶺累層中に採入する軟岩に遭遇し、強大な水圧によって、専坑の崩壊により掘削不能となったが、斜坑を水平坑途中から連絡坑と設け難工事を突破した。また岡谷方の泥岩区間は、側壁専坑先進上部半断面工法で施工したが、脆弱な膨張性泥岩のため、強大な膨張力を受け、支保工の圧縮、蟹ぶくれによるストラットの切断、専坑断面の着しい縮小等に見舞われ工事は非常に難航したが、側壁専坑にロツフボルト等を施工して突破した。三沢立坑からの施工はショートベンチによるNATMで、1060mを掘削した。このうち延長約600mは膨張性地山であった。今回の発表はこの膨張性地山区間のNATMについて行う。

1 地形、地質

本地域は、巻名な構造線であるフオツサマブナ西線系奥川・静岡構造線と、中央構造線が会合する特異地域であり、断層や褶曲により著しくかく乱されている。地質は大別して上部は多量の湧水を含んぶ多孔隙安山岩と、凝灰角シキ岩の互層によって構成され塩嶺累層であり、下部は膨張性泥質岩の三沢泥岩である。膨張性地山区間の岩石物性値及び力学的物性は、弾性波速度で1.7～1.9km/s、一軸圧縮強度65kg/cm²以下の泥岩が主体で国鉄の岩盤分類によるとD-5～D-6の不堅岩盤である。特に湧水区間の岩石試験ではCH級に分類される非常に塑性の大きな粘土で圧縮強度3.9kg/cm²、C=1.8kg/cm²、φ=10°であった。

2 掘削

掘削方法は、上半先進ショートベンチ工法、レーン方式とし、上半切さく規模はロードヘッダー、上半ロツフボルトの穿孔にフローラジャンボを使用し、吹付けコンフリートには、S・E・Cセミ湿式を使用した。支保工は地質、地層、湧水等の地山状態に併せて、可縮支保工(MU-29)、150H及び200H型支保工を使用し、ロツフボルトはSNヘッドアンカーφ24を採用し、変位のやや少ない箇所はφ30mm、φ45mmの2種類、内空変位の増大に従ってφ30mm、φ45mm、φ60mmの3種類を使用した。ロツフボルトの1m当りの使用本数は32本～43本(11m～218m)であり、変形余裕量は当初の掘削においては、上半15cm、下半で10cmをとって掘削したが、地山が悪くなるに従い変形余裕量を上半で20cm、下半で15cmと変更した。その後予想以上の急激な初期変位の進行とトンネル断面の変状実体から、変形余裕量を上半で30cm～40cmとさらに大きくとって掘削した。

3 計測

トンネル断面計測の内空変位計測は、約20m毎に設置し日常の掘削にフィードバックしてきた。内空変位は総土被り高、泥岩被り高、地質、地層、湧水等の影響を受け、計測の結果内空変位は、土被りの少ない箇所では10mm～20mmと非常に小さな値を示したが、膨圧区間では上半で約280mm～約560mm、天端泥下は約130mm～約500mm、下半は約200mm～約380mmという結果であった。表-1は膨張性地山区間の内空変位と侵時日数表である。湧水区間で地山変位、ロツフボルト軸力、ロツフボルト曲げモーメントの計測を行った。図-1は同一箇所において計測した内空変位と地山変位と比較したものであり、相似的な傾向を示しているが、変位量が倍近く内空変位の方が大きくでている、このことから考察するとゆるみ領域は6m以深に及んでいると考

えられる。なお膨張性泥岩部で測定した吹付けコンクリートの半径方向は、左肩部で最大 $9\text{mm}/\text{cm}^2$ を記録し、接線方向は左端で最高を呈し $140\text{mm}/\text{cm}^2$ 、右肩部で $120\text{mm}/\text{cm}^2$ が測定された。

4. 塩竈トンネルにおける膨張性地山の特色

表-1 最大内空変位と経過日数表

断面別 支保工		1	2	3	4
種別		MU-29	H-150	H-150	H-200
最大値	上半水平	277 ^{mm}	565 ^{mm}	353 ^{mm}	516 ^{mm}
	天端沈下	131 ^{mm}	195 ^{mm}	495 ^{mm}	509 ^{mm}
	下半水平	202 ^{mm}	350 ^{mm}	378 ^{mm}	239 ^{mm}
経過 時数	上 半	169 日	282 日	185 日	132 日
	下 半	153 日	240 日	171 日	77 日
収束傾向経過日数		130 日	190 日	170 日	90 日

1) 掘削後、支保工を達んてから内空変位の測定開始までの変位を当トンネルでは、初期変位と呼んでいるが、約12時間の経過時間で上半部の内空変位(相対変位量)が少ない箇所では約10^{mm}、異状箇所では200^{mm}を計測しており、掘削直後の異常な変位の直ちに驚異をいだきその対策に苦慮した。

2) 内空変位の収束経過日数は短いもので90日、長いものでは190日を要しているが、平均的には約150日の経過日数でようやく収束している実情であり、変形は粘性変形の影響をかなり受けている(平均収束速度=0.068^{mm}/day)

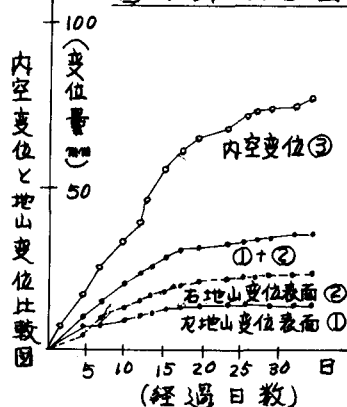
3) 当トンネルでは、二次覆工打設前にインバート鉄筋コンクリートを打設し、変位抑制に努めているが、インバート鉄筋コンクリート掘削前下半部変位速度は、1日当り1.5^{mm}であったものがインバート掘削により変位は1日当り20^{mm}となり、コンクリート打設後は1日当り0.17^{mm}に減少した。

4) MU-29の変状状態であるが、坑内の変状調査では、スリット部分があたかもヒンジのような作用をしておいて弱点となっているものが多く、スリット部分の吹付けコンクリートの剥落が顕著である。MU-29における吹付けコンクリートの剥落は、上半水平変位が150~200^{mm}で発生している。H型支保工は、支保が上半部に沈下して変位を吸収するため変位が少いが、インバート吹付けコンクリートによって断面を閉合すると、天端、肩部、S字部の弱変箇所へ応力が集中し、H型支保工は壁面または切断され、吹付けコンクリートに大きなフラックが発生し、剥離、剥落が激しい。H型支保工における吹付けコンクリートの剥落は、上半水平変位が300~350^{mm}で発生している。

5 NATM施工結果に対する考察

膨張性地山では可変支保工が過剰不可欠の条件である。しかしながら現在市販されているMU-29は可変開始軸力10t級であるため、塩竈トンネルのような膨張性地山では、可変機構が弱すぎて支保としての安さをとれないため、20t~40tという地圧にも対処できる可変支保工の周知を期待するものである。変状対策としては、ほとんど増ボルトで対処している。増ボルトは、変形余裕量の50%を注意目標とし、変形余裕量の70%を管理限界として、変位の状況により $L=4.5\text{m}$ 、 6.0m 、 8.0m のボルトで変位抑制に努めてきた。しかしながら地山の变形状態が当初の予想よりはるかに大きくてため、二次覆工断面を阻害し、はつり及び逆し工を湧水区間と主体に前後約300mにわたって施工した。二次覆工断面阻害の原因については、湧水区間前後の地質が非常に軟弱であった。また断層が介在していたこと、浸入による浸入圧、なぐり浸入による塑性領域の拡大等が主な原因と考えられる。なお計測結果の考察から判断してみると、変形余裕量のとり方、ロックボルトの断面当りの本数、鋼線維吹付けコンクリートへの変更号種々考えられるが、塩竈トンネルの膨張性地山では、少なくともトンネル掘削断面程度に相当する、10m位の長ボルトが必要であったと思われる。

図-1 計測B図



以上