

VI-72

土被りの薄い断層破碎帯部のNATMと計測結果

愛媛県松山地方局建設部 ○三谷正典 有光逸武
（株）鴻池組 宇都宮徳生 坂口和雅

はじめに 新松山空港道路は松山空港（臨海地域）と松山中心部を結ぶ総延長4,350mの道路改良工事で、このうち弁天山トンネル（上り線）は896m、掘削断面積98m²をショート・ベンチのNATMにて施工中である。図-1の地質縦断面図に示したように、本トンネルの中央に位置する沢部は土被りが2D以下と薄いことに加え、沢部施工に際し実施した追加のボーリング調査により膨張性の粘土を含んだ断層破碎帯が出現することが予想された。また、地上部にはトンネル直上を含め大小3つの溜池が存在し、地下水位もGL-3.4mと高いことから、破碎帯部で切羽の自立性が問題となる湧水の発生が懸念された。本文は上記のような条件下のトンネルをNATMで施工した際に実施した補助工法と計測結果を報告するものである。

1 地形・地質概要 本トンネルの地質は領家帯和泉層群の岩石から構成され、領家帯は砂質、泥質および塩基性のホルンフェルスと呼ばれる変成岩、和泉層群は砂岩・泥岩の堆積岩よりなる。沢部は領家帯和泉層群の境界に当たり不整合面を形成しており、複雑な地質構造を有する地点に位置している。また、図-2の計測断面位置の横断面図に示した傾斜をもつ層厚約10mの破碎帯が図-3の沢部地質平面図に示すようにトンネルの軸線に斜交する形で約80mにわたり切羽に出現した。なお、破碎帯は泥質ホルンフェルスが破碎されたもので、礫状、土砂状および粘土状であり破碎帯の母岩である泥質ホルンフェルスは一軸圧縮強度600kgf/cm²程度の岩であった。

2 補助工法の施工 ボーリング調査により出現が予想された破碎帯は図-4に示したように現れたため、この区間は通常の前受け工に加え、破碎帯部には前方地山の改良効果と先受け効果を持つウレタン圧入式フォアポーリング、地耐力の補強にフットパイルを施工した。溜池対策としては池底に土木シートを施工し、トンネルへ沢水の流入を極力低減させ、切羽の安定を確保した。

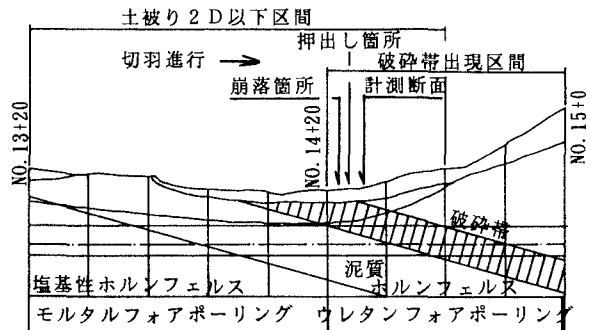


図-1 沢部地質平面図

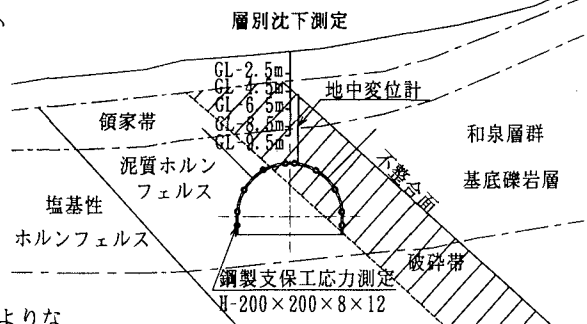


図-2 計測断面位置横断面図

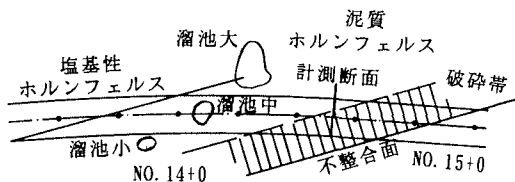


図-3 沢部地質平面図（S・L）

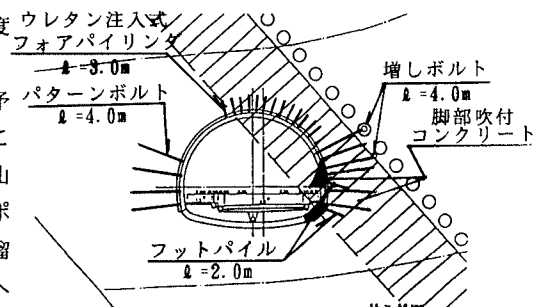


図-4 補助工法

しかしながら、破砕帯出現後6m掘進した時点で、切羽より毎分50ℓの突発湧水とともに約40㎡の小崩落が発生した。また、崩落箇所復旧後約7m掘進した時点で、切羽の約5m後方で右側壁が押し出され、内空水平変位が2日で51.7mmを示し（最終収束値78mm）、吹付コンクリートに最大11mmのクラックが発生したことから、その後は新たに脚部吹付けコンクリートによるラウンディングおよび破砕帯部で水抜き孔（崩落部付近の湧水は毎分約200ℓ）を実施し、側方からの押し出しに対処した。なお、崩落部付近のインバートでは下半支保工足元を幅約2m、奥行き5mピッチで掘削し、吹付コンクリートをインバートコンクリートの一部として施工し、ゆるみを極力小さくするよう努めた。

3 計測結果 図-2に示すとおり、計測断面は土被り12.6mと約1Dの破砕帯が切羽の天端から右踏前にかけて存在し、押し出しが観測された箇所の約3m前方の切羽の脚部吹付コンクリートが予め施工された断面である。

図-5に示したように、内空変位は上半収束値が13.2mm、最終収束値が37.8mmと脚部吹付コンクリートと水抜き孔の施工により、内空変位が抑制されたことが認められた。変位モードは上半右足元の沈下が39.1mmと天端沈下27.9mmを上回り、右斜測線が18.7mmと左斜測線の2倍強の左右アンバランスな変位を示した。また、図-6に示したように鋼製支保工の軸力は全て圧縮側で、上半収束値、最終収束値ともに左肩部で最大の各々、49.8tf、60.0tfの軸力が発生しており、軸力分布は右支保工がほぼ均等な分布を示したのに対して、左支保工では肩部分に力が集中する分布を示した。以上の2点より、破砕帯がトンネルの右支保工に偏圧として作用し、この荷重を左支保工が受けとめる形となったことが推察される。

図-5に示した地中変位の分布によると、緩み範囲は右肩部では坑壁から深度4m地点、左肩部およびクラウン直上における地表～GL-9.5mまでの層別沈下の最終収束値は、何れの測点においても41mm前後と一様の分布を示しており、緩みが地表まで及んでいた。また、A計測に比べ地中変位量が最大でも4mmと非常に小さな値を示した。このことは、切羽の核残しの実施により、計器設置が掘削後1日遅れとなり、初期変位をとらえきれなかったことが1つの原因であった。

おわりに 土被りが薄く、膨張性の粘土（モンモリロナイト）を含む層厚約10mの破砕帯がトンネル軸線に斜交する形で約80mと長い間にわたって出現した区間での施工であったが、各種補助工法を実施することにより、一部を除き、ほぼ安全にトンネルを施工でき、同時に、トンネル周辺の地山挙動、支保工に発生した断面力分布を確認できたことは有意義であった。将来、本トンネルに中心間隔30mで併設予定の弁天山トンネル下り線の施工や、本トンネルと類似した条件下のトンネル工事の参考になれば幸いである。

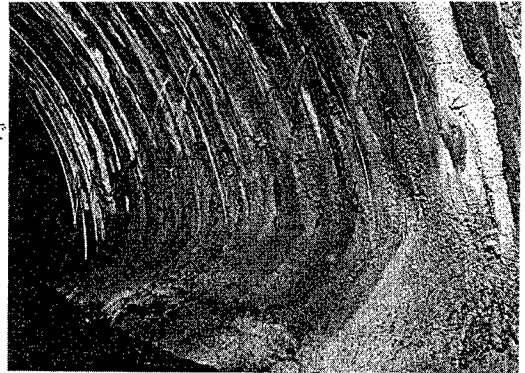


写真-1 脚部吹付および湧水状況

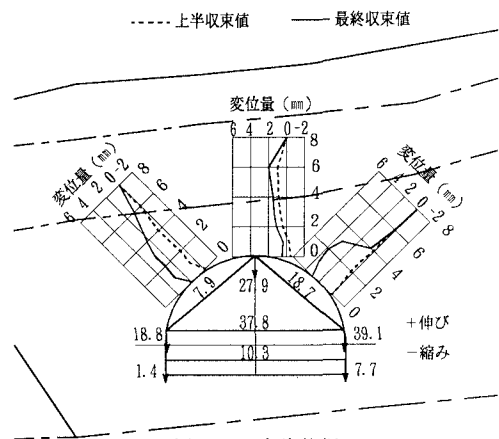


図-5 変位状況

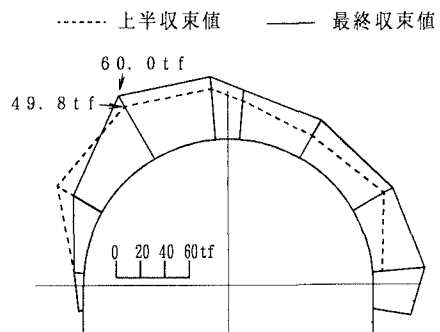


図-6 鋼製支保工軸力分布