

VI-61

超膨張性地山におけるトンネル掘さく

日本鉄道建設公団 正会員 溝口健二
日本鉄道建設公団 正会員 柴田剛志
日本鉄道建設公団 小暮 誠

1. はじめに

トンネル掘削における膨張性地山は、①軟弱な粘土質土②温泉余土等、熱水、熱気による変質岩③蛇紋岩④破碎帯⑤高压ガスを含む破碎泥岩に大別され、原因としては、①吸水による岩石の体積膨張②掘削周辺の応力状態の変化による塑性変形③地質構造運動などの残留応力の解放等の現象によって生じるものと考えられる。

本報告は、膨張性地山の⑤、原因の②、③に属すると考えられる地山性状で難工事を強いられている、北越北線・鍋立山トンネルの、中央導坑（ $\phi 3.0\text{m}$ ）貫通後の切上げ（ $\phi 7.8\text{m}$ ）掘削におけるトンネルの設計・施工について紹介するものである。

2. 地質概要

当トンネルは、洪積世中期に激しい褶曲運動を受けた東頸城丘陵の擾乱された背斜・向斜軸を縫う形で、新第三紀の泥岩帯を貫いている。

泥岩は破碎され粘土化や細片状の剝離性を有し、一軸圧縮強度は、 $0.9 \sim 3\text{kgf/cm}^2$ と小さく極めて脆弱

な地山性状を示し、土被り 150m の下に 30kgf/cm^2 におよぶ土圧がトンネル背面に作用している。

さらに、 16kgf/cm^2 を超える圧力を持つメタンを主成分とする可燃性ガスが内在する。（図-1、2）

3. 設計・施工概要

1) 注入について

導坑で確立した注入工法（ホモゲル強度が大きくゲルタイム調整が容易で、地山と付着のよいセメント系注入材を注入対象土量と同量程度高压で置換する）を基本としているが、注入効果、経済性を追求するなかでの相違点は次の通りである。

① 断面的な施工順序とステージ数

導坑では、注入材が注入対象外に逸出するのを極力少なくするために、外側孔から内側孔の順序で施工する2ステージを基本としていたが、切上げ注入では導坑掘削が完了していることから導坑へのリーク防止を目的とするインナー孔、注入対象外への逸出防止目的の OUTER 孔、本来の押し出し抑制を目的とする中間孔という施工順序で3ステージを基本とした。（図-3）

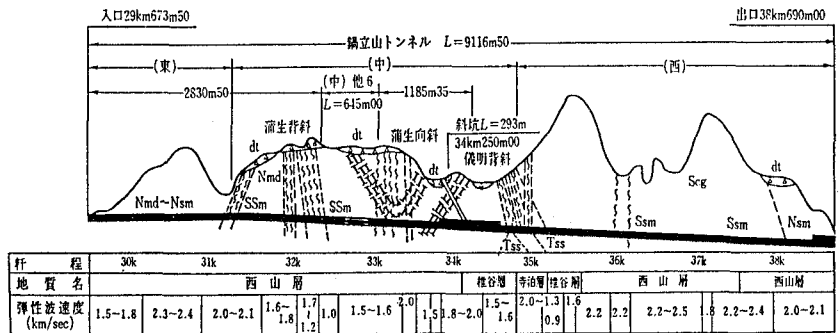


図-1 地質縦断面図

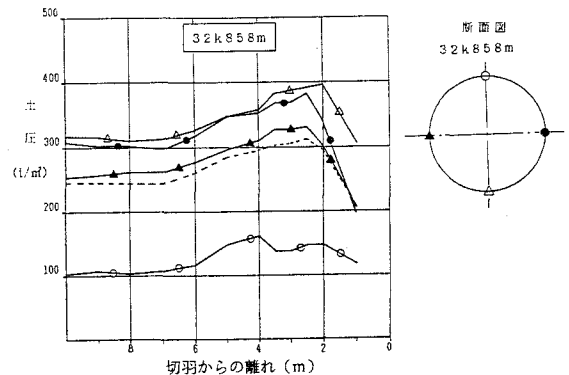


図-2 導坑背面土圧計測

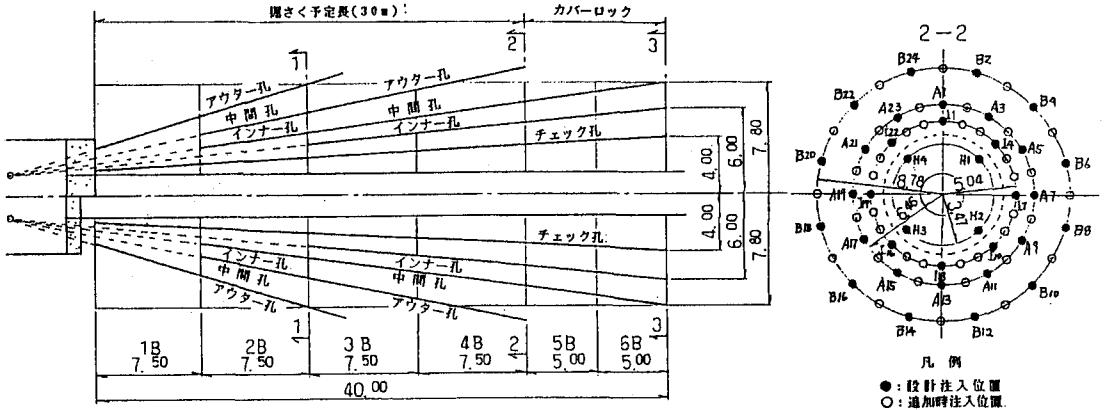


図-3 注入計画図

② 注入最終圧の目安値

導坑注入では、 $50 \sim 60 \text{ kgf/cm}^2$ としていたが、切掘り注入では、インナー孔 $40 \sim 45 \text{ kgf/cm}^2$ 、アウター孔 $45 \sim 47 \text{ kgf/cm}^2$ 、中間孔 $47 \sim 50 \text{ kgf/cm}^2$ と設定した。

2) 掘削について

掘削断面は、直径 7.8 m の円形断面で、ミニベンチ方式で掘削している。1次支保内容は、本枠支保工（ 175 H 、 $\text{ctc } 0.5 \text{ m}$ ）だけでは押出しに抗しきれず、円形断面の確保ができないため増枠（ 150 H 、 $\text{ctc } 0.5 \text{ m}$ ）をも建込む2重支保工とし、吹付コンクリート厚は、 37.5 cm （1次 5 cm 、2次 17.5 cm 、3次 15 cm ）、変形余裕は、上半 15 cm 、下半 10 cm としている。（図-4）

当トンネルの押出しは、注入で抑制されても $7 \sim 20 \text{ cm/1 サイクル}$ （ 24 H ）は常時あり、掘削時に地山のまま放置すると、ゆるみが進行し掘削出来なくなるため、加背を小さく（1断面、 $7 \sim 9$ 分割）し、加背毎に掘削後ただちに吹付コンクリートで地山を押さえ、極力地山が緩まないようにしている。

中央導坑（鋼製セグメント $\phi 2.9 \text{ m}$ 巾 0.25 m ）は、切掘り掘削に対して地山のアンカー効果があるため、 H 鋼（ $200 \text{ H} \times 11 \text{ m} \times 4 \text{ 本}$ ）と丸太3本で導坑を補強している。これは、導坑のセグメント間を繋いでいるボルト（ $\phi 20 \text{ mm}$ ）が破断すると、導坑が動く原因となり、しいては切掘り掘削に支障が出るための対策である。

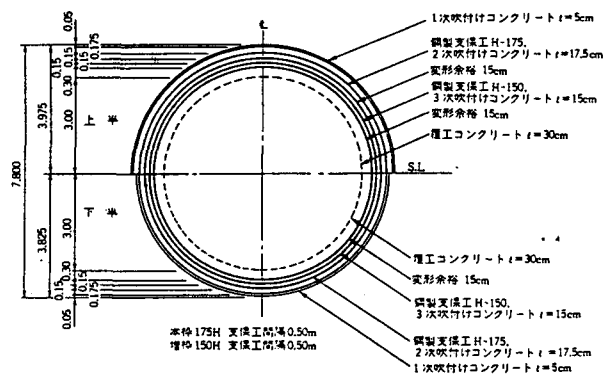


図-4 本坑掘削標準断面図

4. まとめ

3ステージ注入での施工順序・注入圧の管理、掘削に先立ち切羽前方の地山状況を把握するためのさぐり孔（ 5 m 毎、4本）の施工、及び各切羽毎の管理指標（一軸圧縮強度（コンベネ）、含水比、ガス・ヘドロの有無、注入材の混入率、支保工・導坑の変状の有無等）による掘削管理を行い、 $\text{H}6$ 年4月現在、切掘り残長は、約 103 m となっている。

参考文献 1) 土井則夫：高圧気体を含有する岩盤中のトンネル掘削時の地山挙動に関する研究（ $\text{H}5.5$ ）