

# III-281 超膨張性地山に対する注入工法（北越北線竊立山トンネル）

日本鉄道建設公団 正会員 土居則夫  
日本鉄道建設公団 正会員 服部修一  
日本鉄道建設公団 正会員 尾崎利行

## 1. 概要

竊立山トンネルは、上越線六日町駅より信越線犀潟駅に至る北越北線のほぼ中央に位置する全長9,117mの単線鉄道トンネルである。本トンネルは、超膨張性を呈する軟弱な泥岩帯を貫いており、さらに可燃性ガスが湧出するという条件も加わり、施工は極めて難航している。本トンネルでは、本坑の中央部に小断面の導坑を先進させ、ミニベンチにより本坑を切り抜ける工法を採用しているが、鏡の押し出しが激しくなり補助工法による地山改良が急務となった。このため、地山改良を目的として、地山条件に適した効果的な注入工法を確立すべく試験注入を実施した。

本報告は、超膨張性地山に対する注入工法と、その効果について述べる。

## 2. 中央導坑先進ミニベンチ工法

本トンネルにおいては、中央導坑を鉄筋コンクリート（厚さ70cm、D32-100本）で補強し、中央導坑がアンカーとなって、鏡の押し出しを抑制し、鏡の安定保持効果を期待して、図-1に示すように本坑の切り抜けを施工している。

補強鉄筋にひずみゲージをとりつけ、ひずみを引っ張り力に換算して中央導坑のアンカー効果を検証している。その計測結果が図-2で、切り抜け切羽が進むにつれて導坑引っ張り力は増大し、現在では、全長にわたり降伏応力の約3,000tに達している。このため、地山の強度を増加させるための補助工法として注入工法の試験を行うこととなった。

## 3. 注入材料の選定

注入材料の必要条件としては、①ホモゲル強度が高いこと、②ゲルタイムを適度に調整できること、③地山との付着が良いこと、の三点が挙げられる。この条件に合致し、しかも比較的安価な注入材として、デンカESを選定した。デンカESは、セメントの急硬性セメント鉱物を主成分とする材料で、セメントと同時に水和するとセメント

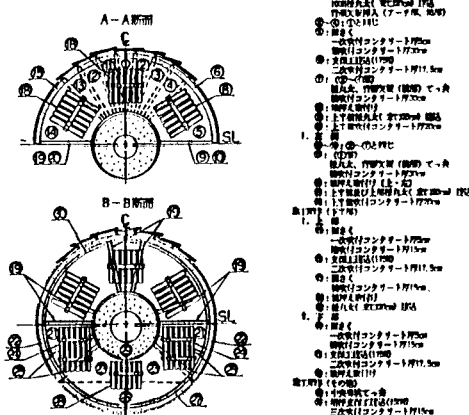
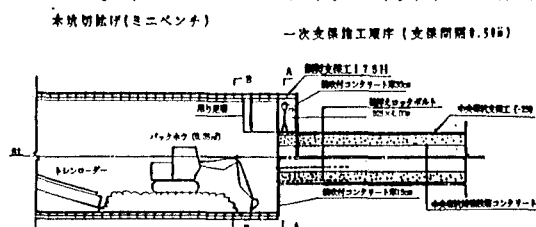


図-1

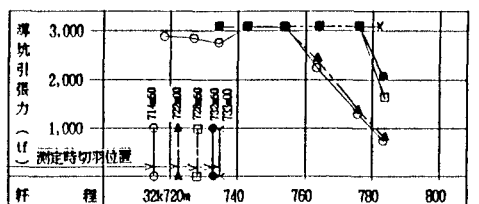


図-2

から溶出するアルカリと急速に反応し短時間に強度を発現する。

#### 4. 注入の設計と施工

図-3に注入範囲および配孔を示す。注入範囲については、上半切羽前方に20m、掘削外径から外側に2mの範囲を改良することを目標とし、注入孔数は32孔として、充填率30%、最大圧力60Kgf/cm<sup>2</sup>と設定した。また、ゲルタイムは60秒、ホモゲル強度は40Kgf/cm<sup>2</sup>と設定した。削孔機はロータリーパーカッション方式のビュラーを使用し、当初φ56mmの単管打ち込みで10mまで削孔して、その後20mまでを外管（φ95mm）をとりつけて二重管方式とした。

第1ステップの注入については、圧力上昇による中止はなく、ほぼ当初設定量の注入ができた。第2から第4ステップの注入については、圧力上昇による注入の中止、内管の回転不能による中止が多かった。

最終注入量は424.7m<sup>3</sup>で充填率は24%であった。

#### 5. 注入効果

注入を施工しなかった区間と注入施工区間との本坑の切り掘り掘削における鏡の押し出し量の変化を図-4に示す。1サイクル（50cm）あたりの鏡の押し出し量は、注入前は55cm～60cmあったものが、注入施工後は35cm～45cmに減少している。また、1サイクルあたりの所要時間も注入前は約50時間程度要したものが、注入施工後は約40時間程度となっており、注入の効果は十分あったと考えられる。

#### 6. まとめ

鍋立山トンネルは中央導坑間の未掘削区間が約185m、本坑未掘削区間が300m余を残すのみとなっているが、今後の掘削については、注入工法等の地山改良が必要と考えられる。しかし、鍋立山トンネルの地山は注入のボーリングを行うことも非常に困難で、二重管にしても今回実施した20mの削孔が限度であり、削孔の能率化が必要とされる。

今回の注入結果等をよく検討し、今後さらに能率的な注入が施工できるよう研究開発を進める所存である。

#### 文 献

- 1) 土居、服部、鈴木；「超膨張性地山における導坑計測とその評価」第21回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.366～370 土木学会1989
- 2) 服部、花崎、小松；「超膨張性地山の押し出し土に対する注入工法」第17回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp.204～205 土木学会関東支部1990

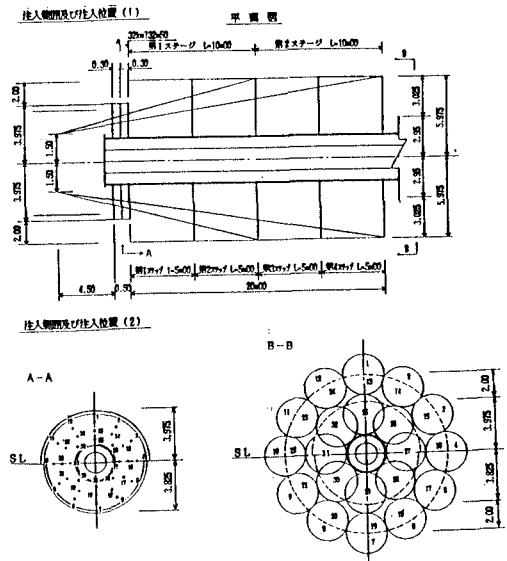


図-3

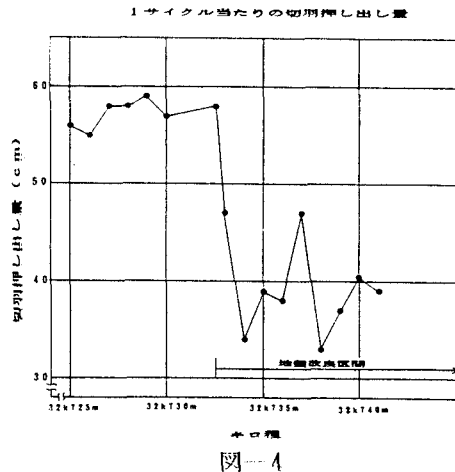


図-4