

VI-120 巨礫混じり崖錐層のトンネル施工と計測管理について

北海道開発局

関根 和一

三井建設株式会社 正会員○角丸 義浩

三井建設株式会社 正会員 小野寺 正

1. はじめに

大天狗トンネルは、一般国道229号のうち積丹半島沿前から神恵内村川白間の不通区間に計画された延長567m、掘削断面積80m²の道路トンネルである。地質はトンネル坑口より100m区間が、急峻な崖錐地域で、この崖錐層は最大30mと厚く分布し、非常に軟弱でしかも礫や巨礫を含んでいる（図-1）。このため、トンネル掘削時の切羽自立高さはほとんどなく、切羽・天端の肌落ち、崩落の危険が伴っていた。また、トンネル掘削による緩みの影響で斜面崩壊の危険も考えられた。このような条件において、掘削時の緩みを極力抑え、切羽天端の肌落ち、崩落を防ぐ工法として岩盤固結を目的としたウレタン注入式自穿孔ボルト工法を採用した。

本報は上記補助工法について、その効果と地山挙動、計測管理について報告するものである。

2. 地形・地質概要

当地域は急峻な山が海岸にせりだしており、基盤岩である新第三紀の安山岩層の裾を覆うように第四紀の崖錐層が堆積している（図-2）。崖錐堆積物は巨礫混じり砂礫より成り、礫は $\phi 5 \sim 30$ mm程度の角礫が主体で一部数十cmの巨礫を混入している。安山岩層は、発達した節理を持つものの比較的硬質な岩相を呈している。

3. 設計

ルーズで切羽崩壊や緩みの大きい崖錐層においては、切羽前方地山の補強と人工地山アーチの事前形成が、重要であると考え、①注入式自穿孔フォアパイル工法、②水平ジェットグラウト工法、③プレライニング工法、④垂直縫地ボルト工法、⑤薬液注入工法について比較検討を行った。その結果、②、③については巨礫を含む崖錐層での施工性の問題、④については、急峻な地形、土被りから、⑤については、工期、施工性を総合的に判断した結果、現状では先受け効果および地山改良効果の大きい①の注入式自穿孔フォアパイル工法+注入式自穿孔鏡ボルトが最も有効な工法であると判断した（図-3）。また、地耐力対策および地質・施工法の調査を目的としてサイロット工法を実施した。

4. 施工

4. 1 試験施工

注入材については、地山への浸透性、発泡性、均一性から、ライズタイム60秒で粘度の低い材料（ウレタン）を使用した場合に良好な結果が得られた。注入圧は概ね10～20kg/cm²で注入が可能であった。注入量

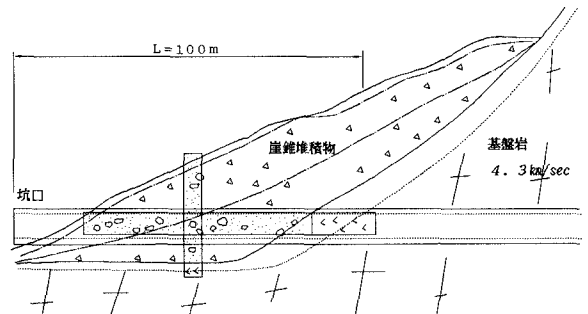


図-1 地質縦断面図

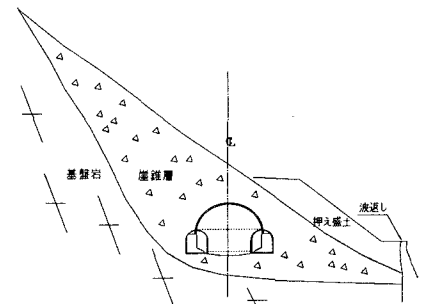


図-2 断面図

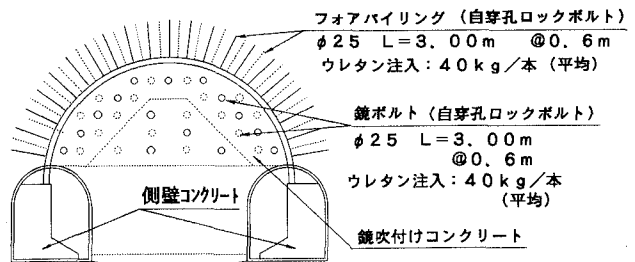


図-3 施工概要図

については 40～50kg/孔注入した孔についてボルトの両側0.7m程度の範囲にウレタンが浸透しており、ボルト打設ピッチ0.6mにおいては40kg/孔以上の注入量が必要であると判断した。

4. 2 上半掘削時の切羽状況および注入効果について

ウレタン注入式自穿孔ボルト打設による切羽状況およびその効果を以下に示す。

- ①大きな空隙には高発泡でウレタンが充填されており、地山全体の安定が保たれている。
- ②巨礫および岩片の周囲にはウレタンが回り込んでおり、岩塊を地山に接着・固結している。
- ③砂礫優勢の層に対しては浸透性を示しており、粘土優勢部には脈状で細い枝状に固結し、地山を安定させている。

5. 計測

5. 1 計測管理基準

緩みによって大変形を引き起こす可能性のある崖錐層において管理基準値の設定は非常に重要である。当工事では、まず孔内載荷試験の結果より限界ひずみを求めた¹⁾。次に、導坑掘削段階において計測結果より逆解析を実施し（図-4）、そのひずみ状況と支保の状況を評価することによって表-1に示すような管理基準値を設定した。更に、導坑逆解析より得られた物性値・応力を使用して本坑変形量予測解析（FEM解析）を実施した。図-5はその結果であり、偏圧地形の影響を受け、多少よじれた変形挙動を示している。また、その変形量は水平内空変位で15mm程度と予測した。

5. 2 計測結果と考察

上半掘削時の内空変位の最大値は10～15mmであり、導坑掘削時に行った本坑変形予測解析結果と良く一致している。また、上半逆解析の結果（図-6）より、上半掘削による変形モードも予測結果通り偏圧地形の影響を受けており、上半掘削時の変形状態が導坑掘削時の予測の範囲内にあると判断した。また、せん断ひずみの最大値は 0.24%以下（図-6 C.）であり、管理レベル I に収まっていることから補助工法により緩みの拡大を抑えることができたと考えられる。

表-1 管理基準値

管理レベル I [安定領域]	$\gamma = 0.24\%$ 以下
管理レベル II [やや不安定領域]	$\gamma = 0.24 \sim 0.62\%$
管理レベル III [不安定領域]	$\gamma = 0.62\%$ 以上

γ ：せん断ひずみ

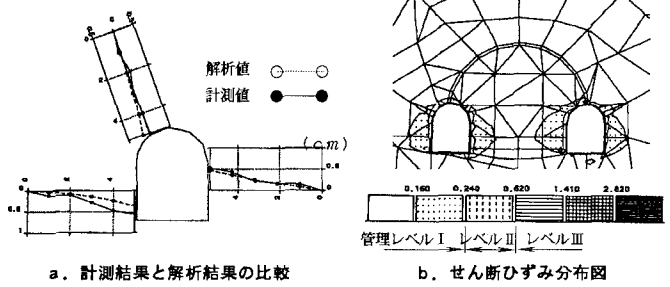


図-4 導坑掘削時の逆解析結果

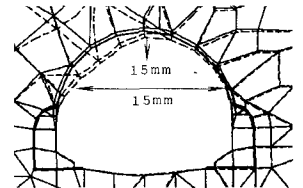


図-5 導坑逆解析結果より推定される本坑変形量予測解析結果（変形図）

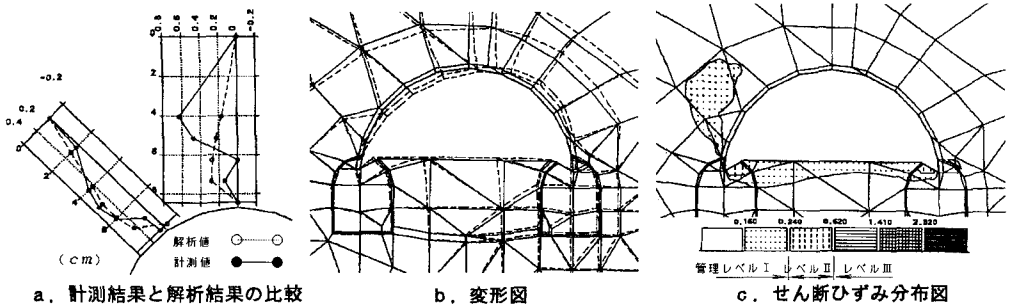


図-6 上半掘削段階の逆解析結果

6. おわりに

以上、ウレタン注入式自穿孔フォアパイリングおよびウレタン注入式自穿孔鏡ボルトの先受け、地山改良効果により、巨礫混じり軟弱崖錐層の切羽・天端の肌落ち、崩落を効果的に抑えることができ、さらには、トンネル周辺地山の変形を弾性的な挙動の範囲内に保持することができたと考えられる。

〔参考文献〕1)大森，岡野，角丸：市街地・砂礫地山における中壁式 NATM の施工・計測管理について：

土木学会年次学術講演集，平成3年度