

中央導坑先進拡幅工法での切羽周辺の地山挙動

- 拡幅時の中央導坑の切羽安定対策工としての効果 -

日本道路公団 正会員 菊池 晋
日本国土開発㈱ 正会員 玉井 靖広
レヴェックスコンサルタント㈱ 正会員 ○石松 辰博

1. はじめに

本トンネルは、静岡県藤枝市の西部に位置する延長 309m（上り線）322m（下り線）の第二東名高速道路トンネルである。土被りは最大で 54 m で、トンネル掘削幅（約 20 m）の 3 倍未満である。

地質は新第三紀中新世の大井川層群に属し、海底地すべりによる乱堆積層が、その後の褶曲、侵食、風化等の影響を受けた泥岩主体の地山で構成される。本工事では、切羽安定対策工として「中央導坑先進拡幅工法」を行った。

中央導坑先進拡幅工法施工時に実施した計測結果から、本工法での特徴的な挙動が見いだせた。本稿では、F E M解析を実施し、中央導坑の切羽安定対策工としての効果を定性的に確認した結果を報告するものである。

2. 施工概要

支持力不足対策としての側壁導坑掘削時、切羽に現れた泥岩は完全に土砂化したもの、あるいは一見岩片の形状のものも鏡肌を有す潜在亀裂により容易に剥離、開口する特性を持っていた。側壁導坑の小断面でも切羽からの崩落が頻発し、注入式フォアポーリング・鏡ボルトを施工した。

このため、本坑掘削時には何らかの大規模な切羽安定対策工が必要と考えられた。本工事では、各種切羽安定対策工を検討した結果、上半掘削断面積が大きいことから鏡ボルト・地山改良などの補強対策工では、施工サイクルが著しく低下するほか、削孔水による地山の強度劣化などのマイナス要因が大きいことが懸念されたため、脆弱地山での切羽安定対策工としての効果が期待できる「中央導坑先進拡幅工法」での施工を選択した。

3. 拡幅時の地山挙動

3.1 拡幅時の中央導坑の挙動

本坑拡幅時の中央導坑内の内空変位（三次元計測）測定結果を本坑切羽位置との関係で、変位ベクトルを描くと、図 3.1 のとおりである。この結果から以下のことがわかる。

本坑掘削に伴い中央導坑は本坑切羽方向に押し出される。その量は約 50mm である。

本坑切羽直近では、その変位が斜め 45° 方向に向かう。

本坑切羽前方約 5 m 付近で沈下傾向が増大（インバートとの打継部が破壊した時期に一致）している。

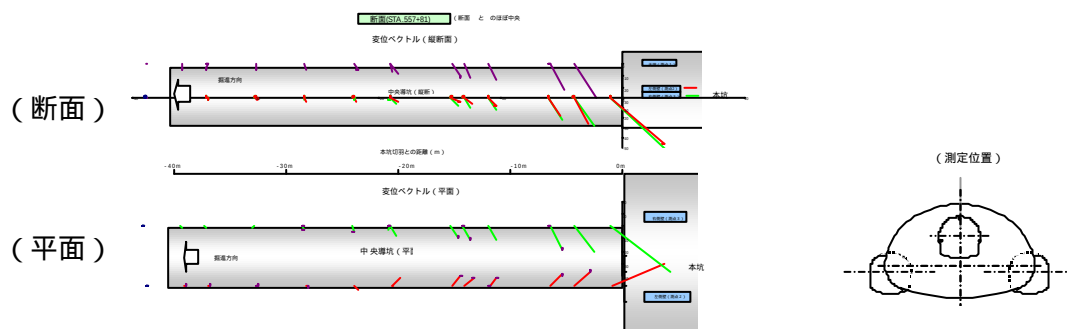


図 3.1 中央導坑の変位ベクトル（本坑掘削時）

キーワード 山岳トンネル，切羽安定対策，中央導坑，拡幅掘削，押し出し変位，3D-FEM

連絡先： 〒213-0026 川崎市高津区久末 2134 TEL 044-755-9390 FAX 044-740-7841

3.2 拡幅断面切羽の変位挙動

図 3.2 は本坑切羽停止中の本坑切羽の変位挙動を示したものである。ここでの変位は掘進時の応力解放に伴う弾性変位ではなく、時間経過に伴うクリープ変位に相当する。クリープ変位量は弾性変位と共に応力の大きさに影響されることから、クリープ変位挙動を見ることで、弾性変位挙動を推定することが出来る。

図 3.2 から以下の特長を見ることが出来る。

切羽上部では斜め約 45° 方向の変位を示す。

本坑切羽の側方部では鉛直方向に変位が偏っているが、水平面を見た場合中心軸方向への変位が認められる。

このように、本坑切羽でのクリープ挙動も前述の本坑掘削時の中央導坑の変位挙動と同様の挙動を示している。

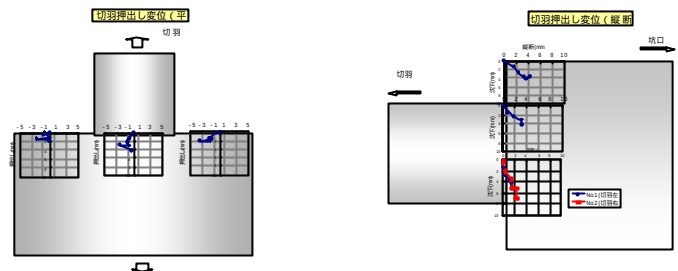


図 3.2 本坑切羽の変位挙動（掘削休止時）

4. 考察

「中央導坑先進拡幅工法」での本坑掘削時、部分的な鏡ロックボルト・鏡吹付けコンクリートなどの軽微な切羽安定対策工で本坑切羽の安定性は確保できた。これは「中央導坑」があることによる効果と考えられる。

以下、中央導坑の切羽安定対策効果について、解析的に検討する。

図 4.1 は図 3.1 に示した中央導坑の押し出し変位を本坑切羽との関係で示したものである。本坑切羽が 5m 程度に接近すると変位が急増する傾向がある。図中の破線は、本トンネルの「中央導坑先進拡幅工法」を三次元 FEM（弾性）解析し、中央導坑側壁部の押し出し変位が実測値と比較したものである。この結果、押し出し変位と共に、実測値と三次元 FEM（弾性）解析結果の変位モードがよく一致している。実測値の変位モードが弾性解析での変位モードに一致していることは、軸方向の変位挙動を見る限り、地山が弾性状態にあると考えられる。

なお、地山弾性係数は地質調査結果および逆解析結果から、推定した 30 N/mm^2 を用いている。中央導坑の押し出し変位に着目した場合に限定すれば、本モデルでの三次元 FEM 解析は実際の挙動を再現していると考え

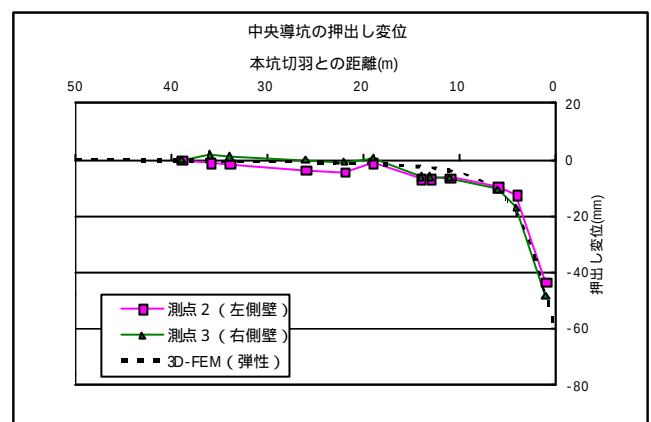


図 4.1 切羽押し出し変位

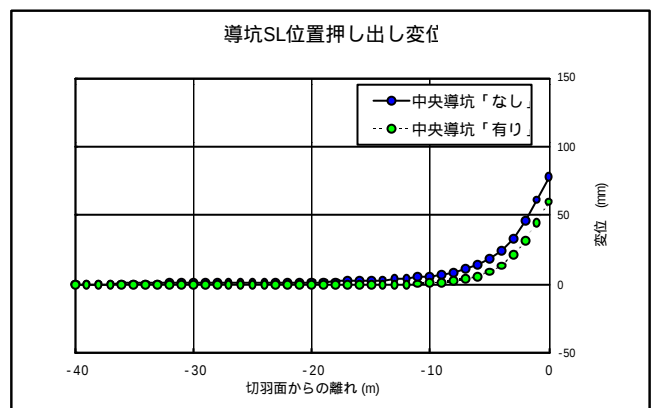


図 4.2 中央導坑の有無での押し出し変位の差異

る。次に中央導坑なしの解析モデルで前述の切羽押し出し量に等しくなる地山弾性係数を求める。図 4.2 は中央導坑「有り」と「無し」の場合の導坑側壁部位置での押し出し量を示したものである。多少変位モードが異なるものの、両者の平均的変位の比率は $0.7:1$ である。このことは、中央導坑があることにより、切羽の押し出し量は 30% 程度抑制されることを示している。また、中央導坑の押し出し量は中央導坑なしの条件で地山弾性係数が 1.4 倍にした結果に等しくなる。切羽の押し出し量が切羽の安定性の指標と考えると、本トンネルでは中央導坑により切羽前方の地山を見かけ上弾性係数を 1.4 倍に改良したと評価できる。

参考文献

・菊池 晋他：脆弱泥岩地山における超大断面トンネルの施工実績，トンネル工学研究・論文・報告集 土木学会 Vol.12 2002 年 11 月 pp357-362