

トンネル出口側坑口部の地すべり抑制対策の施工

Construction of Landslide Controlling Measures at Exit Side Entrance of Tunnel

安永 礼三^{※1}
Reizou Yasunaga
東 住 也^{※2}
Sumiya Higashi

日谷 昌保^{※2}
Masayasu Hidani
神田 裕一^{※4}
Yuichi Kanda

大西 康仁^{※3}
Yasuhito Oonishi

【キーワード】 トンネル坑口 地すべり対策 パワーブレンダー工法 フレキシブル伸縮計

1. 地質概要

国土交通省北陸地方整備局発注の氷見第13トンネルの出口側坑口斜面は、未固結の崩積土が厚く堆積しており、斜面崩壊地形が数箇所分布し坑口脇にも滑落崖を伴う崩壊跡が確認されていた(図-1)。滑落崖は10~15mの高さがあり、その下部には崩積土が堆積し押し出し地形を呈していることから、地すべりの滑道跡であることが示唆されていた。また、崩積土の貫入試験ではN値=10程度の低い値であることから、緩みが進行した地すべり帯である可能性が高かった。加えてトンネル基面は地すべり帯の末端部に計画されていることから、トンネル掘削の影響による地すべり帯の不安定化が懸念された。

こうした条件から、当該工事には地すべり対策である坑口部の地盤改良の確実な施工が望まれた。

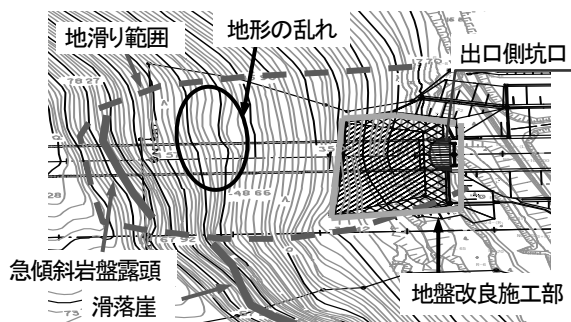


図-1 出口側坑口部平面図

2. 坑口部地盤改良の施工

2.1 ヒートソイル工法

地盤改良工の施工は、現場にプラント設備を設置しセメントをスラリー状にして改良するパワーブレンダー(1.9m³クラス、改良深度 最大 10m)を供給した。設計の改良深さは地盤から最大10mとし、着岩高さまでとっていた。また配合は室内試験の結果、セメント量150~190kg/m³、水セメント比210~220%となった。

現地においては、地すべり帯の安定性を確保しつつ地盤改良を行うためには、早期に地盤改良体の強度を確保し周辺地山の緩みを抑制することが重要であった。

しかしながら、施工時期が2月下旬~4月上旬の寒

冷期であったため、従来工法で施工した場合には、改良体の強度発現の遅延が懸念された。この対策として、早期の強度確保を目的としてボイラ設備の蒸気によりセメントスラリーを加熱し、高温のスラリーを供給するヒートソイル工法を採用することとした(図-2)。

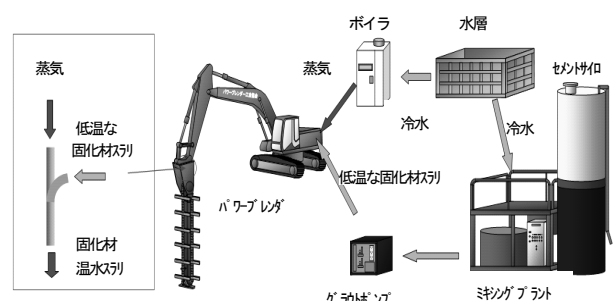


図-2 ヒートソイル工法の概念図

施工ではボイラ設備の蒸気により、常温の水温より22℃~32℃高温のセメントスラリーを供給することが可能となり、地盤改良後の温度は地質条件・温度等により多少の差はあったが、従来工法に比較して12~20℃高温の改良体を構築できた(図-3)。

その結果、改良後3日の一軸圧縮強度は、従来工法の改良後28日の強度以上を確保でき、施工直後の地山の緩みを抑制できた。さらに改良後28日強度も従来工法の約2倍の強度となり初期・長期強度ともに向上した。また、一軸圧縮強度試験の全てにおいて材令7日で設計基準強度(600kN/m²)を満足し、寒冷期における確実な改良効果を得ることができた(図-4)。

なお、ヒートソイル工法の費用は従来工法より125万円(250円/m³、V=5,000m³)高価となった。

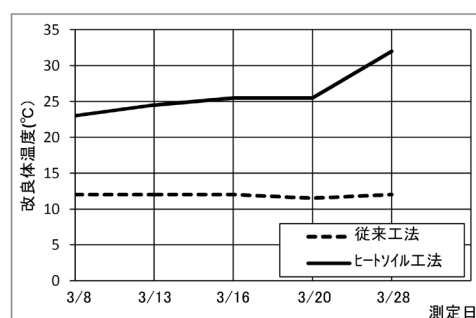


図-3 改良体温度比較グラフ

1. 大阪支店 中崎トンネル作業所
2. 名古屋支店 下原トンネル作業所
3. 大阪支店 大津ポンプ場作業所
4. 東北支店 霊山道路トンネル作業所

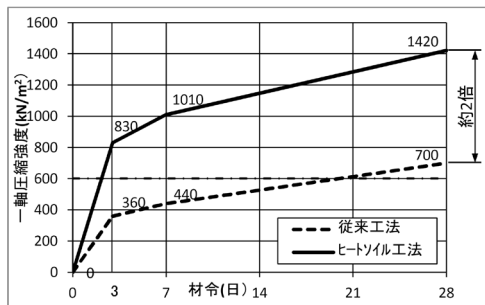


図-4 一軸圧縮強度試験比較グラフ

2.2 パラレル工法

一般的にパワーブレンダによる改良は、区画割内を満遍なく改良するN字工法で施工されるが、今回地盤改良の支持層が傾斜している区間においては、改良機のトレンチャ（改良機の改良部分）を横断方向に移動させるパラレル工法を採用した。これは地盤改良の着底面を幅1.0m、段差50cmで段切り状に切削して地盤改良するもので、地盤改良土と支持層の一体化を図った。またパラレル工法により改良幅を1.0mに限定し、トレンチャの移動を最小限にすることで、周辺地山の緩みや地すべりへの影響を抑制できるものと考えた（図-5、写真-1）。

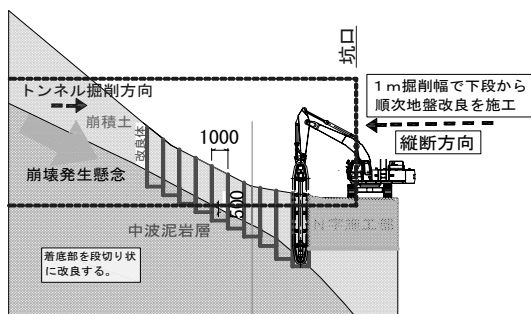


図-5 パラレル工法概略図



写真-1 パラレル工法施工状況

2.3 GPS管理

今回地盤改良の全ての区間において、トレンチャーの位置管理にGPSを用いた三次元的な管理方法を採用した。実施工では、管理モニターを改良機運転席に設置することでトレンチャーの地盤への挿入位置、改良範囲、深度が明確となり、未改良部分の見逃しを排除することで確実な地盤改良体を構築できた（写真-2）。また、改良範囲の重複部分を最小限に抑制することが可能となり、コスト削減および工程短縮ができた。さらに、GPS管理

データを発注者への改良実績データとして提出することで、信頼性の高い出来形管理が実現できた。

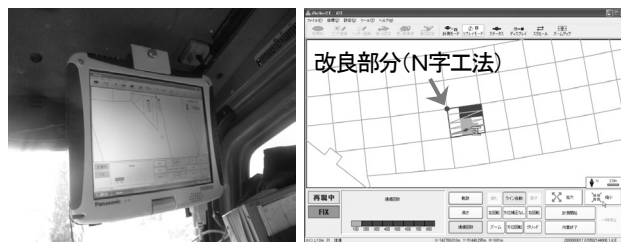


写真-2 パワーブレンダ GPS 管理モニター

3. 計測結果（伸縮計・地表面沈下・A計測）

トンネル掘削時における計測管理として、積雪時でも測定可能で地表の起伏に合わせた曲線配置が可能なフレキシブル伸縮計を設置した（図-6）。変位センサの設置位置は土被り1Dと3Dの2点とし、地すべりの恐れが最も高いトンネルセンター上に配置した。また、管理レベルに対応した自動転送警報システムを採用し、リアルタイムな監視を行った。なお、トンネル掘削時における伸縮計の変位速度は、1D地点直下を切羽が通過した時点で最大となり10mm/日、累計変位量35mmとなったが、トンネル支保施工直後から変位量は減少し収束した。

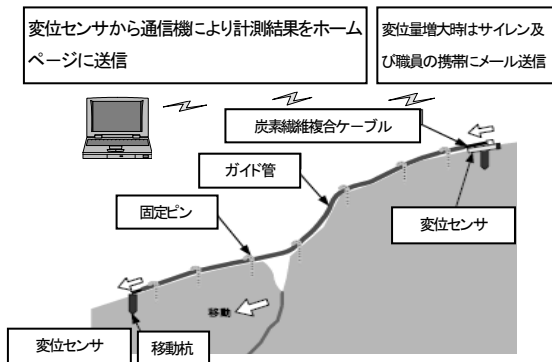


図-6 フレキシブル伸縮計概略図

一方、地表面沈下は土被り1Dの測点で最大となり沈下量30mmであった。また、坑内計測においても土被り1Dの測点において最大内空変位量6.5mm、最大天端沈下量9.0mmであった。これはトンネル中間部の測点と同程度の変位量であったため、不安定な条件下において、適切な対策により変位を抑制できたものと考えられる。

4. まとめ

非常に不安定な地すべり帯において、事前の対策工は寒冷期での施工となったが、ヒートソイル工法、パラレル工法およびGPS管理の採用により、安定した改良体を構築できた。

またこの結果、地表および坑内の地山の挙動を抑制し、管理値内で変位を収束に導くことができ、安定したトンネルの貫通を遂げた。