

Ⅲ - B 93

地すべり地帯における 6 分割 CD-NATM の施工

戸田建設株式会社札幌支店

正員 佐藤 哲夫

正員 近藤 孝裕

石塚 道夫

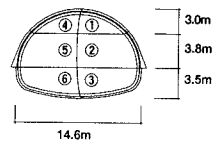
白戸 裕志

清水 和宏

1 はじめに

望洋台トンネルは北海道小樽市に位置する延長400mの一般地方道路トンネルである。

本トンネルの周辺地山は全体に未固結な土砂地山であり、周辺には地すべり地形が多く認められている。トンネル掘削にあたっては、全区間にわたって土被りが非常に薄く、起点側坑口付近（Fブロック）においては掘削による影響で地すべりを誘発する可能性が指摘されていた。このため掘削に先立ち抑止杭および集水井による地すべり対策工を施工し、トンネル掘削は地山変位の抑制を目的として6分割CD-NATM工法を採用し、計測管理を実施しながらの施工を行った。

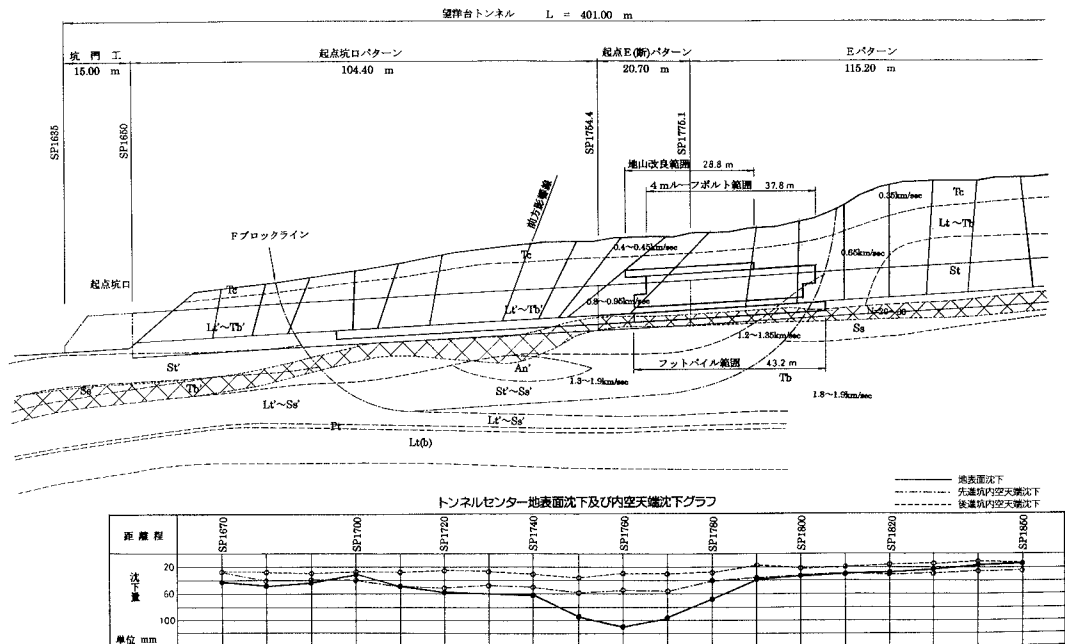


6 分割 CD-NATM

ここでは、極力地山変位を抑制した6分割CD工法による施工について、計測結果を基に報告する。

2 掘削中の地山挙動

掘削にあたっては一般的な坑内計測項目のほか、地すべり対策として各種計測器を配置し、自動計測により連続的にデータを採取し、地山変位、地すべり変動に対する監視をリアルタイムで実施した。また、掘削に伴う地山の挙動を適切に判断するため、事前に解析による変形予測を行い計測管理基準値を定めた。



坑口付近トンネル縦断面図および地表面・内空天端沈下グラフ

キーワード：トンネル、NATM、CD、地すべり

連絡先：北海道小樽市朝里川温泉1丁目68-3 TEL 0134-52-4805 FAX 0134-52-4806

Fブロックの地質は掘削当初から事前地質調査により指摘されていたように脆弱であり、掘削中に幾度かの中段切羽の小崩落、あるいは内空の鉛直変位や地表面沈下が明確に現れた。その都度、鏡吹付、増しボルト等において対応してきたが、坑口より112m地点に達した時点に今までにない挙動が確認された。

- (1) 先進坑切羽の直上付近に地表面クラックが発生した。クラックはトンネル横断方向で、先進坑切羽を超え後進坑の外側へ廻り込む形で発生しており、最大開口幅は約3mmであった。
- (2) 近傍の山側に設置された地中傾斜計は、トンネル縦断方向の累積変位に変化があった。
- (3) 切羽付近の抑止杭応力計に曲げモーメントの増加が明瞭に現れた。
- (4) 地表面沈下は先進坑切羽前方で6mm/dayの速度を記録した。

以上の挙動を総合的に判断して、掘削を一時中断した。

3 挙動原因の推定

地表面にクラックが発生した段階における各計測データの動向および切羽観測結果から、少なくとも112m地点の地質状況がFブロックの中でも劣悪であることが推定できる。坑内における土質試験結果から間隙率を算出すると $n=57\%$ であり、一般的な指標として礫 $=20\sim30\%$ 、砂 $=35\sim40\%$ と比して大きな間隙率であり、非常にルーズな状態を推定することができる。

しかし、単なる部分的な地質の悪化としてとらえた場合、今後さらなる変位等の増大があるとFブロックの不安定化に繋がり地すべりを誘発する原因となりかねない。また各計測データの傾向から地すべりの初動である可能性も否定できない。従って今後の掘削は、掘削に伴う変位を増大させない方針のもと、変位抑制対策工を併用して各計測データ監視の中、掘削を再開することとした。

4 対策工

変位抑制の対策として、既計測データの動向から①切羽前方変位抑制、②後方変位抑制、③脚部沈下抑制、④観測強化の4項目について計画した。

1) ルーフボルト（4m）

前方ゆermiに対してボルト長4.0mのウレタン注入を行い、アーチ部厚さ1.5mの改良ゾーンを確保する。

2) 地山改良工

掘削後のゆermi荷重に対し、支保工の沈下による地山挙動の拡大を抑制するため、ルーフ注入ゾーンの外側1.5m範囲に対してウレタン注入による地山改良を行う。

3) 上段脚部仮受ピース

上段施工時のアーチ支保工脚部沈下抑制のため、仮受ピースによる支保工建て込みを行う。

4) フットパイル

中段支保工脚部沈下対策として、脚部地盤の支持力増加を図るためウレタン注入を行う。

5 考察

掘削再開後、地表クラックも拡大することなく、計測データも異常を示す傾向はなく掘削が完了した。

計測結果から見れば、対策工施工直前のデータが地表面沈下量 $=108\text{mm}$ 、内空天端沈下量 $=59.4\text{mm}$ と最大値を示しており、前方への影響線も最大であった。したがって、抑制対策工についてはその有効性も確認され、妥当であったと判断できる。

一般に地すべりは滑動が見られてからではそれを抑制することは非常に困難であり、今回の挙動が地すべりの初動であったとすれば、対策工のタイミングが遅れなかった（早期に対応した）と評価できる。

タイミングを逸することなく地山挙動に対応するためには、適切な計測計画と計測設備および日常の挙動監視が重要である。