

# 羊蹄トンネル（比羅夫）他における SENS での小土被りの河川直下横断施工について

奥村・日本国土・札建・山田特定建設工事共同企業体 正会員 ○松田顕伍  
 奥村・日本国土・札建・山田特定建設工事共同企業体 正会員 根来将司  
 奥村・日本国土・札建・山田特定建設工事共同企業体 正会員 岩永 直  
 独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 定司 肇

## 1. 工事概要

本工事は新函館北斗・札幌間を結ぶ北海道新幹線の内、ニセコ町と倶知安町にまたがる羊蹄トンネル(9,750m)の終点側(延長5,569m)を構築する(図1)。

本工事は、シールドを用いた場所打ち支保システム(以後、SENS)を採用している。



図1 施工位置図

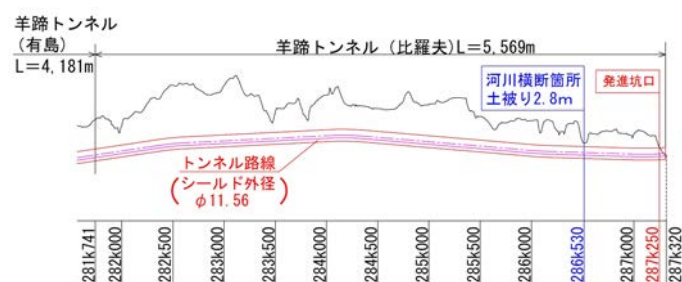


図2 路線縦断面図

本工事では、発進側坑口より起点側に720m進んだ箇所(286km530m)に河川横断箇所があり、土被り2.8m(0.24D)の小土被り施工となる(図2)。SENSは、シールド工法と異なり、掘進と連動して打設する場所打ちコンクリートにより一次覆工(厚さ330mm)を構築するトンネル施工方法であるため、特に小土被り部では、切羽土圧だけではなく一次覆工コンクリートの打設圧(以後、打設圧)の適正管理が求められる。本稿では、小土被りでの河川直下横断における切羽土圧と打設圧の管理方法および施工した横断対策と施工結果について報告する。

## 2. 河川横断時の課題と対策

### (1) 小土被り部掘進時の課題

小土被り部の掘進時は、トンネルの上載荷重が小さくなるため、地盤の変状や内型枠の浮き上がり

が発生し、それにより覆工の巻厚不足やトンネルの鉛直方向の蛇行の発生、一次覆工コンクリートのひび割れの発生等が懸念された。このため、以下の通り対応を実施した。

### (2) 対応方法の概要

#### 1) 保護盛土の設置

施工時の圧力に対抗できる上載荷重を確保するため、保護盛土を設置し、土被りを7.0mとした。

#### 2) 切羽土圧および打設圧の設定

小土被り部では、地盤の沈下抵抗圧と隆起抵抗圧の値の差が小さくなる。土被りを7.0m確保することで、SL高さでの沈下限界圧は145kPa、隆起限界圧は285kPaまで耐える計算となった(図3)。

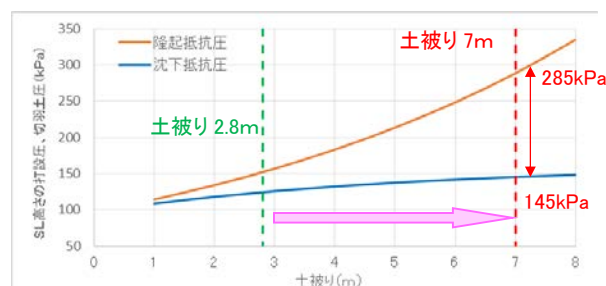


図3 河川横断時の地盤の抵抗圧

切羽土圧と打設圧を沈下抵抗圧と隆起抵抗圧の間に設定することで、切羽土圧の変動幅を20kPa、打設圧の変動幅を70kPa確保できる。施工時の管理値は上記範囲に収まるよう、図4に示す値を基準とし、必要に応じて見直すことにした。

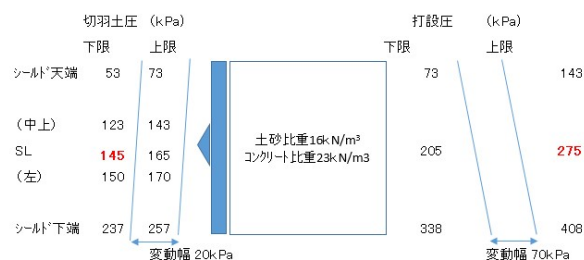


図4 切羽土圧・コンクリート打設圧の設定

キーワード SENS, シールド工法, 小土被り, 河川横断

連絡先 〒060-0004 北海道札幌市中央区北四条西 2-1-18 株式会社 奥村組 札幌支店

### 3) 施工サイクルの限定

打設圧による内型枠の浮き上りを抑制するため、液体として作用するコンクリート区間の延長を 4.5m にするよう、施工サイクルを 220 分/リングに限定した（1 リング=1.5m）。

### 3. 施工結果

切羽土圧および打設圧は、掘進の進行と変状測量の結果により管理値を見直していった結果、図 5 に示す 4 段階の管理値で施工した。施工結果として、代表的な変状測量測点 4 点の段階毎の変状結果を図 6 に示す。

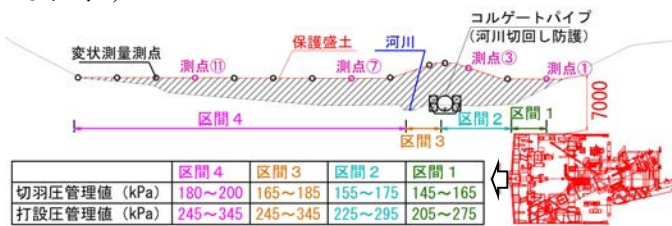


図 5 区間別の圧力管理値

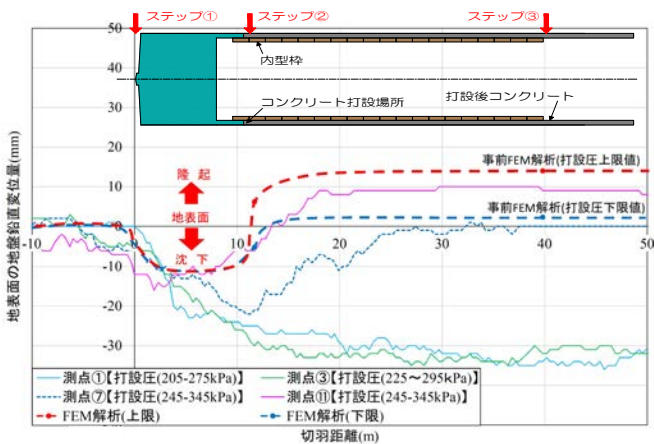


図 6 地表面の変状結果

#### (1) シールドマシン切羽通過時の地表面鉛直変位

施工にあたり、切羽土圧の初期管理値は、地盤の沈下抵抗圧および隆起抵抗圧からの理論値（145～165kPa）とした。区間 1 において、停止時の切羽土圧を確認したところ理論下限値と等しい値であったが、切羽通過時の地表面鉛直変位が -10mm となったため、切羽土圧管理値を上昇して沈下傾向を抑えようとした。しかし、沈下傾向が続いたため、段階的に管理値を上昇設定し、最終的に 4 段階の管理値設定となった。

結果より、本施工における適切な切羽土圧管理値は理論値よりも 35kPa 高い、180～200kPa が妥当であったと考えられる。

#### (2) シールドマシンテール通過時の地表面鉛直変位

打設圧の管理値は、切羽土圧管理値と同様に、理論値の 205kPa～275kPa とした。しかし、河川横断開始直後、切羽通過時に地表面変位が -10mm となったことから、シールドマシンテール部において沈下を抑制するため、打設圧管理値を上昇する方向に見直した。切羽土圧、打設圧を段階的に上昇させることで地表面の変状（沈下）を抑制できた。

結果より、本施工の適切な打設圧管理値は 245～345kPa であったと考えられる。これは、実際には地山の付着力があったことから、当初の想定より地盤が耐力を有していたと考えられる。

#### (3) 内型枠浮き上がり・一次覆工打設率・巻厚

内型枠の鉛直変位の計測結果、一次覆工の打設率、巻厚の測定結果を図 7 に示す。

内型枠の鉛直変位は打設圧により隆起したが、施工サイクルを限定し、コンクリートの凝結を待つて掘進したことにより、目標値である 30mm 以内に抑えることができた。打設率については、管理値 100%～110%を確保した施工ができた（設計打設量 17.46m³＝打設率 100%）。また、巻厚は管理値である 300mm 以上を確保できた。

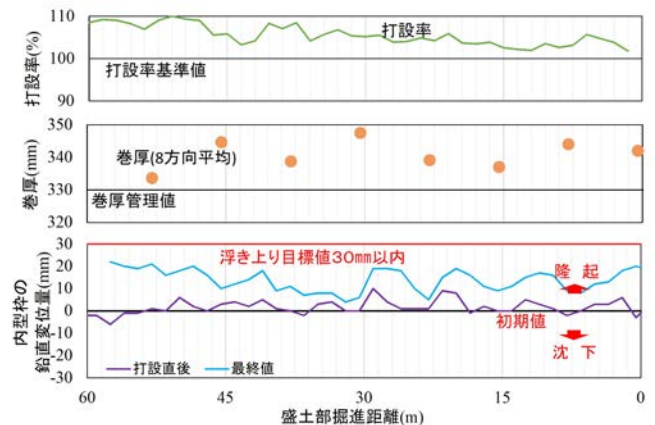


図 7 内型枠の鉛直変位・一次覆工打設率・巻厚

### 4. まとめ

(1) 保護盛土の施工、コンクリート打設圧管理の見直し等対策を実施することで、確実に施工ができた。

(2) 地表面の計測管理の結果から、切羽土圧およびコンクリート打設圧の管理値を見直し、地表面への影響を低減、かつ巻厚を確保することができた。

(3) 施工サイクルの限定により、内型枠の浮き上りを抑制し、有害なひび割れの無い一次覆工を構築できた。