

自衛隊施設直下(土被り 15 m)の掘削補助工法としてLL-Fp工法の適用

高永 光太郎* 諏訪 至** 山下 雅之***
 Kotaro Takanaga Itaru Suwa Yamashita Masayuki

1. はじめに

本工事は、NATM（機械掘削・早期併合）により最大土被り 17 m の自衛隊用地直下にトンネル上下線を構築する工事である。その中で、とくに掘削時においては自衛隊用地内に点在する施設に対する沈下等の影響抑制が強く求められていた。本報告では、自衛隊施設直下の掘削時における沈下抑制対策として超長尺大口径鋼管先受け工法（LL-Fp 工法）を適用した事例について報告する。

2. 工事概要

工事名 平成 30 年度赤嶺トンネル（南側）工事
 発注者 沖縄総合事務局南部国道事務所
 工事場所 沖縄県那覇市安次嶺～赤嶺（図-1 参照）
 工期 平成 31 年 1 月 11 日～令和 4 年 3 月 31 日
 工事内容 掘削延長：上り線 L=487 m, 下り線 L=490 m
 掘削断面積：71.4 m², 内空断面：64.2 m²
 掘削幅：D=11.4 m,
 掘削方法：全断面早期併合（全線）
 補助工法：AGF（L=12.5 m, φ114.3 mm）
 （自衛隊施設直下区間）



図-1 工事場所位置図

* 九州（支）赤嶺トンネル南（出）
 ** 土木設計部設計二課
 *** 技術研究所

3. 地質概要

工事区間周辺には新生代新第三紀の鳥尻層群が分布しており、鳥尻泥岩（Slm）の中ではより古期の中新世時代のシルト質粘土を主体とする（図-2）。鳥尻泥岩は一軸圧縮強度 $\sigma_c = 2.8 \text{ MPa}$ 以下の軟岩であり、吸水すると滑動しやすく激しく泥滓化する特徴を有している。

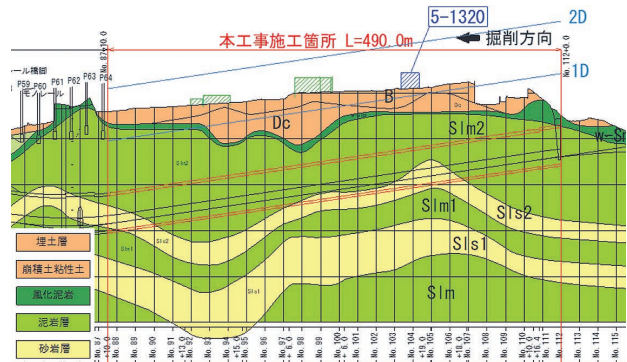


図-2 地質縦断面

4. 課題と対策

(1) 自衛隊用地内の地表面沈下測定方法の選定

自衛隊用地内に木杭などの測点や自動計測機を設置することは、借地や電源の確保などの制約により困難であったため、施設の外壁にプリズムを固定して手動計測する方法を選定した（図-3 参照）。

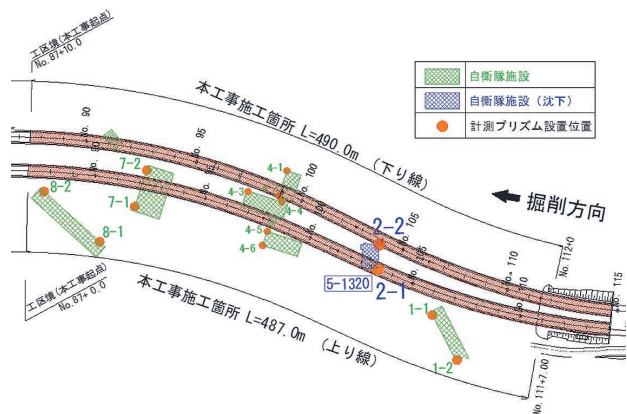
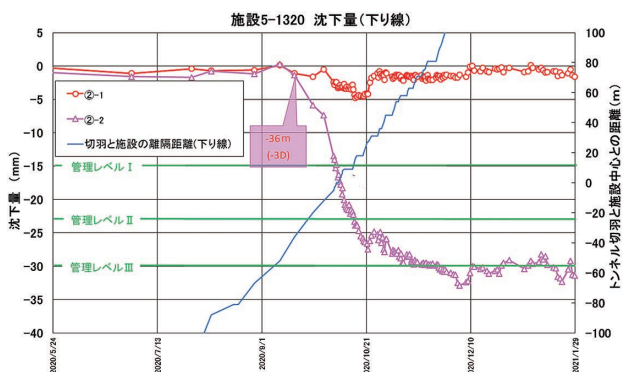


図-3 測位置図

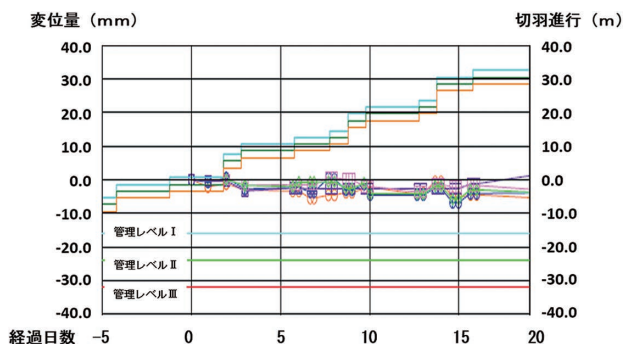
(2) 先行トンネル掘削時における施設への影響発生状況

先行してトンネル掘削を開始した下り線は、切羽に亀裂が多く、滲む程度の湧水が継続して確認されたため、坑口から AGF（L=12.5 m, φ114.3 mm）と長尺鏡ボルトの施工を行いながら掘削していた。しかし、切羽と最初の施設（土被り 13.0 m）の隔離が 36 m（3 D）に達すると、トンネル掘削による先行変位により施設に沈下が生じた。切羽が施設直下に到達した時の沈下量は約 18 mm であり、切羽が 2 D 通過した後、約 30 mm まで沈下し収束傾向が確認された（図-4 参照）。



図一四 施設沈下計測結果（下り線）

施設測点に最も近い坑内 A 計測結果を図一五に示す。A 計測は天端 -7.3 mm, 脚部 -7.4 mm と第一管理基準内に収まっており、トンネル掘削による先行変位により地表面沈下が生じたと考えられる。そのため、後進掘削する上り線に対して先行変位と沈下量の抑制対策が必要となった。

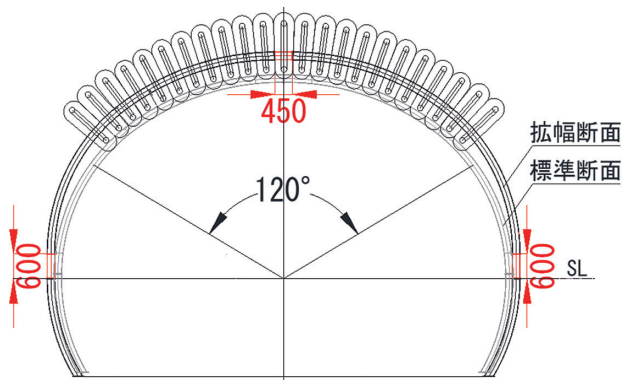


図一五 坑内沈下 A 計測結果（下り線）

(3) 上り線掘削時における施設の沈下抑制対策

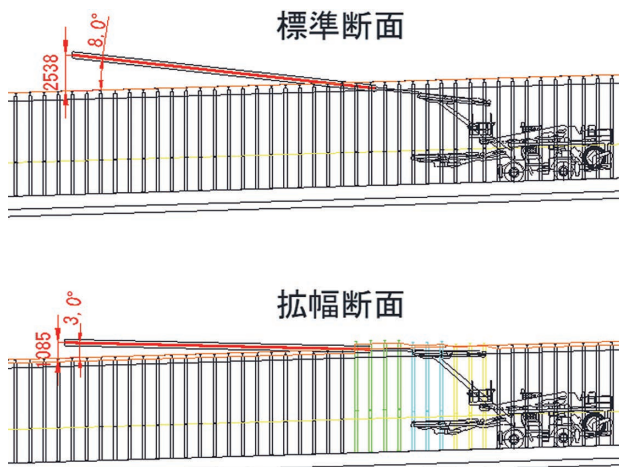
下り線掘削時の沈下傾向から、トンネル掘削による先行変位が -3 D から生じることが判明し、通常の AGF (L = 12.5 m, φ 114.3 mm) では先行変位を抑制できないと判断した。また、地表面からの対策は自衛隊用地の規制、沖縄県の不発弾探査の条例等により実施することは困難であったため、トンネル坑内から施工が可能で AGF より長尺 (L=2 倍) で高剛性 (EI=2 倍) の LL-Fp 工法 (L = 21.5 m, φ 139.8 mm) を採用した (図一六)。

トンネル坑内で L=21.5 m の超長尺鋼管を打設した場



図一六 LL-Fp 実施位置（切羽）

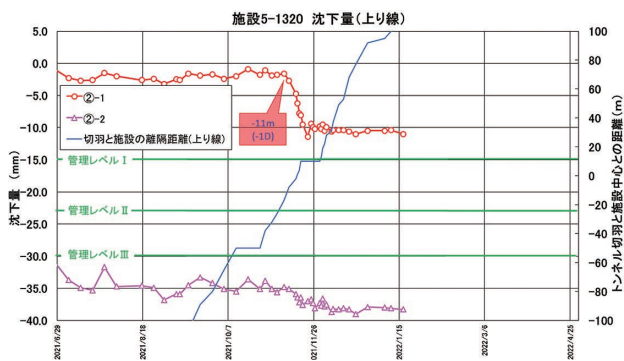
合、縦断勾配が下りのために鋼管先端とトンネル天端の離隔が大きくなるため、LL-Fp 施工位置から -10 m 区間はトンネルを拡幅させて鋼管の打設角度を小さくした (図一七 参照)。



図一七 拡幅断面縦断図

5. 対策実施結果

下り線同様、上り線も亀裂質地山であったため、坑口から AGF と長尺鏡ボルトを施工し、施設直下に LL-Fp を施工した。上り線掘削時の施設計測結果を図一八に示す。施設 (土被り -15.3 m) の沈下は -1 D から生じ始めたが、先行変位は少く、切羽通過後 1 D, 沈下量 11 mm で収束傾向となったことを確認した。



図一八 自衛隊施設沈下計測結果（上り線）

6. まとめ

LL-Fp 工法は AGF 工法と比較して、長尺かつ高剛性のため先行変位及び地表面沈下の抑制に対して効果的であった。施工設備機械は AGF と同様のため、地表面からの対策が困難な場合など有効な手段と考えられる。

謝辞. 本施工に関し多くのご指導を頂きました、トンネル委員会、技術研究所、土木設計部、ジオマシンエンジニアリング株式会社の方々に深く感謝し、お礼申し上げます。