

地下水面下の二次シラス層における矢板工法による小断面トンネルの施工

農林水産省 九州農政局 曾於北部農業水利事業所 非会員 脇迫 秀信
 (株)鴻池組 土木技術部 正会員 ○坂口 和雅
 (株)鴻池組 大良導水路(2工区)建設工事事務所 非会員 古賀 圭二
 (株)鴻池組 大良導水路(2工区)建設工事事務所 非会員 石川 拓

1. はじめに

曾於北部農業水利事業大良導水路(2工区)建設工事は、曾於北部農業水利事業の一環として、一級河川大淀川水系谷川内川に建設する谷川内ダムへ、間接流域となる同水系溝之口川に建設する粟谷頭首工から導水する導水路トンネルを主に矢板工法(1号トンネル1067.7m、2号トンネル433.8m)で建設するものである。

2号トンネル到達部には、南九州に広く分布する火山灰性特殊土壌のシラスが分布する。シラスは自然状態では急崖を形成するなど安定しているが、流水に浸食されやすく、含水比が大きくなると崩壊する。特に二次シラスは、崩壊した一次シラスが堆積したもので、僅かな水でも流動化する。

本稿では、2号トンネル到達部の河川横断部付近の地下水位の高い二次シラス層で、切羽安定化対策として採用した薬液注入工法の施工結果を報告する。

2. 地形・地質状況

図-1に地質状況を示し、表-1に土質試験結果を示す。また、以下に地山状況を示す。

- ① 二次シラスは約40m区間に出現し、土被りは3.7~4.8mである。
- ② ボーリング調査および試掘により、地下水位はGL-0.3~1.8mである。
- ③ 到達部のトンネル3.7m上方には流量が毎分0.3m³程度の小川が存在する等、沢部地形を呈しており、②と併せて考えるとトンネル周囲には地下水が豊富に存在すると推察される。
- ④ トンネル内と天端部のN値は9~17、平均14であり、固結度が小さい。
- ⑤ 流動化の指標¹⁾のうち、50%粒径および10%粒径は流動化しやすい数値を示した。

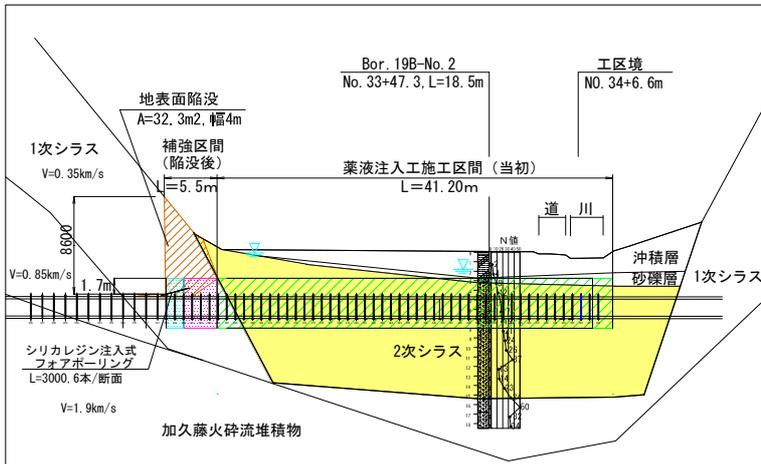


図-1 地質状況

表-1 土質試験結果

| 項目 | 単位 | GL-6.25m | 流動化の指標 |
|--------|-------------------|--------------|--------|
| 土粒子の密度 | g/cm ³ | 2.199 | ≦1.70 |
| 含水比 | % | 32.2 | — |
| 粒度分布 | 礫 | % | 7.9 |
| | 砂 | % | 62.3 |
| | シルト | % | 22.4 |
| | 粘土 | % | 7.4 |
| 細粒分含有率 | % | 29.8 | ≦8~10 |
| 均等係数 | — | 26.2 | ≦4~6 |
| 50%粒径 | mm | 0.21 | ≦1.5 |
| 10%粒径 | mm | 0.013 | ≦0.15 |

3. 切羽安定化対策の検討

2. 地形・地質状況より、湧水に伴う切羽の流動化が懸念されたため、補助工法として、薬液注入工法、フォアボーリング+ウェルポイント工法および地盤改良工法について比較検討を行い、最終的に薬液注入工法を採用した。薬液注入工法の仕様は次のとおりである。なお、トンネルの安定性を確保するため、インバーストラット(H-100×100×6×8)を採用した。

キーワード トンネル、シラス、矢板工法、薬液注入工法

連絡先 〒530-8517 大阪市北区梅田 3-4-5 TEL06-6343-3290

【薬液注入工法の仕様】

- ① 注入方式 : 複相式二重管ストレナーナ工法
- ② 注入材料 : 水ガラス系(無機系)溶液型注入剤
- ③ 注入率 : 40.5% (砂 ゆるい~中位)
- ④ 注入厚さ
 - ・ 天端部 : 緩み土圧を支持できる 1.7m
 - ・ 側壁 : 地表より鉛直方向に注入するため天端と同じ 1.7m
 - ・ 底盤 : 止水を目的に 1.0m (当社類似地山実績)

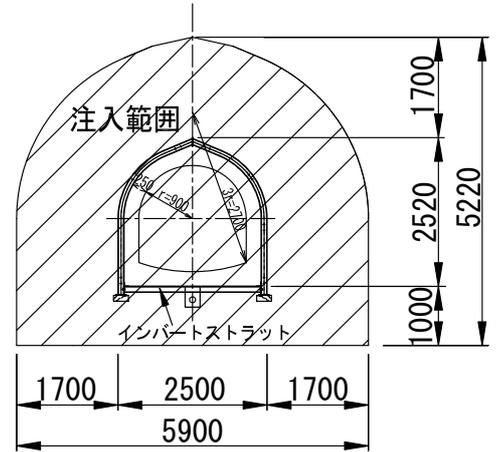


図-2 注入範囲図

4. 施工結果

(1) 薬液注入工法の非採用区間

二次シラスの想定出現区間(薬液注入区間)の15m手前より一次シラスが出現し、削孔検層により地山・地下水状況を確認するなど慎重に掘削を行ってきたが、薬液注入実施区間の5.4m手前で天端より20/minの湧水が見られ、肌落ちや矢板間より地山の一部流出が発生した。自穿孔式のシリカレジンを注入式フォアポーリング(L=3m)や鋼矢板(L=2m)を施工し、掘削を進めたが、薬液注入区間の3.6m手前で、天端部やや左側より出現した二次シラスが毎分200/minの湧水とともに流動化し、地表面陥没が発生した(崩落高さ8.6m、最終崩落土量は200m³)。



写真-1 崩落状況

崩落箇所の復旧方法は次のとおりである。

- ① 坑内陥没部に土のうによる押え盛土実施。
- ② 地上陥没部より、崩積土を掘削除去し、除去土をセメント系固化材(添加量50kg/m³)で改良。
- ③ 改良土をトンネル天端より4mの高さまで埋戻し。
- ④ 単相式二重管ストレナーナ工法(水ガラス系無機懸濁型瞬結性注入剤、注入率35%)により、埋戻し土および緩み地山部分を改良。
- ⑤ 崩落箇所付近の縫い返し(L=9.9m、10基)。



写真-2 注入状況

(2) 薬液注入工法の採用区間

薬液注入採用区間の施工状況は、次のとおりである。

- ① 概ね切羽全面に二次シラスが出現し、強度はハンマーの刃先が喰い込む程度であった。
- ② 湧水は崩落部付近で200/minであったが、その他の区間では概ね滲む程度であった。
- ③ 水みちには薬材が十分に充填されていた。注入率は概ね設計どおりの41%であった。
- ④ 薬液注入により切羽は安定しており、1日当たりの進捗は2.7~4.5m(3~5基)と順調であった。

5. まとめ

本トンネルの施工により、下記の結果を得た。

- ① シラス地山では、僅かな湧水が存在した場合においても、切羽が流動化する。
- ② シラス地山では、止水を主目的とする水ガラス系溶液型の薬液注入工法は切羽安定対策として有効である。
- ③ 小断面矢板トンネルで注入式フォアポーリングを採用する場合、ボルト部分では矢板が施工できない、穿孔によりかえって地山を傷めることがある、注入材が矢板の間からリークしやすい、等を踏まえて採用を決定する必要がある。

参考文献 1) 土木学会 2006年制定 トンネル標準示方書 山岳工法・同解説 pp36