小土被りかつ透水係数の高い礫質土のシールド掘進

前田建設工業(株)　正会員　○大原真由美　山中　拓也
前田建設工業(株)　正会員　浅井　秀明　中田　凌輔

１．はじめに

吉野川下流域農地防災事業 第十幹線水路（1 工区その 3）建設工事（発注：中国四国農政局）は，吉野川から水を引き込む農業用水路のうち，板野郡上板町第十新田の区間をシールド工法により建設するものである．

本稿では，小土被りかつ透水係数の高い礫質土のシールド掘進における対策とその結果について報告する．

２．工事概要

施　工　場　所：徳島県板野郡上板町佐藤塚～板野郡上板町第十新田
シールド工延長：896m，線形：縦断勾配 0.5‰，最小曲率半径 R=100m
立　　坑：鋼矢板（発進立坑），オープンケーソン（到達立坑）
一　次　覆　工：泥土圧シールド工法，内圧対応二次覆工一体型セグメント（P&PC セグメント）
外径 φ5,000mm，内径 φ4,500mm，幅 B1,200mm（直線部），幅 B900mm（曲線部）
両坑口部コンクリート中詰め鋼製セグメント
地　　質：全線礫質土が主体で，一部砂質土層（図 1）
透　水　係　数：礫質土層(Ag1) 7.7×10^{-1}cm/sec 程度　砂質土層(As2)5.2×10^{-2}cm/sec 程度

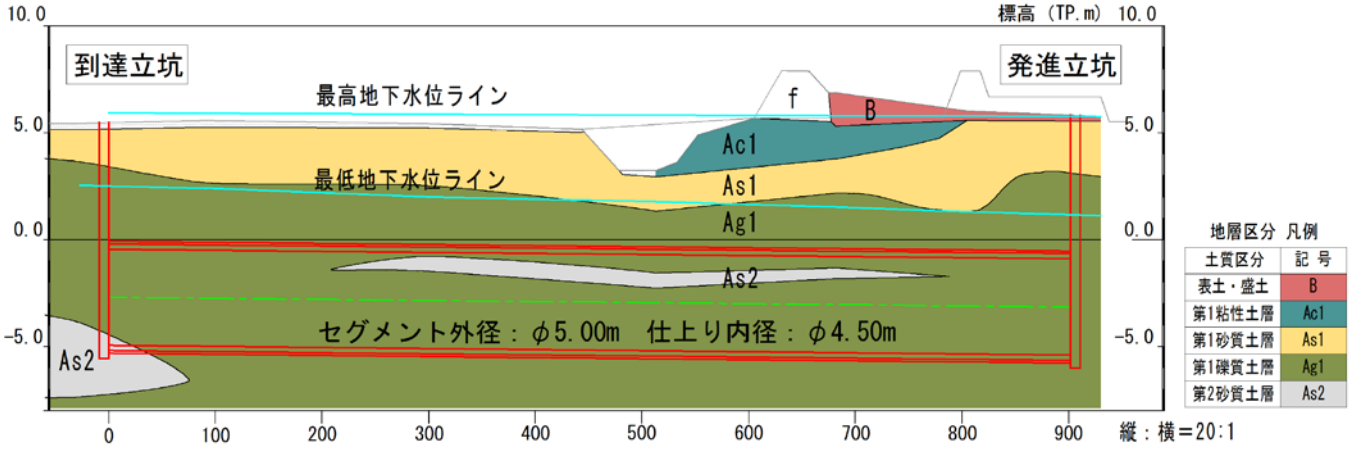

図１　想定地質縦断図

３．シールド掘進への対策

本工事で使用したシールド（φ5,130mm）を写真 1 に，仕様を表 1 に示す．

土被りが 5.5～8.2m と小さく，高水位かつ透水係数の高い礫質土を掘進することから，(1)切羽と排土の安定を保持 (2)余掘り空間の安定による地盤沈下抑制 (3)周辺への影響未然防止 (4)地下水位変動防止の必要があり，検討を行った．対策ならびにシールドへの付加機能については，同径のシールドで施工した国道 479 号清水共同溝設置工事-4 で得られた知見 [1]を多く活用した．以下に対策の一部を示す．

(1)チャンバーに交換式土圧計（カジマメカトロエンジニアリング製）を 6 箇所設置して土圧分布の可視化管理を行うことで，チャンバー

写真１　シールド

キーワード　泥土圧シールド，気泡シールド，小土被り，礫質土，増粘剤
連絡先　〒760-0023　香川県高松市寿町 1-1-12　前田建設工業(株)四国支店　ＴＥＬ087-851-6341

内の塑性流動性を確保した．(2)蓄圧式アキュムレータを装備して，電源喪失時でもスクリューコンベアの排土口を閉鎖する装置を設置し，非常事態時の切羽土圧低下を防止できる構造とした．(3)掘進停止中の切羽土圧低下時に自動でチャンバー内に可塑状粘土充填材（クレーショック）を注入する土圧保持システムを装備することで，切羽土圧を確実に保持した．(4)掘進中にクレーショックをシールドの頂部注入孔より注入してオーバーカット部の空隙を充填することで，シールド通過時の応力解放を抑制した．(5)同時裏込注入装置からエアー系の早硬性裏込材（σ1h=0.2N/mm^2：コーン指数qc=800kN/m^{2}相当）を注入し，早期にテールボイドを安定させた．注入管のメンテナンスを確実にするため，ミキシングノズルともに取り出せるタック製最新型のMP91（第4世代）を採用し，トラブルを防止した（写真2）．

表1　シールド仕様

マシン外径	φ5,130mm
シールド機長	6,870mm
中折れ装置	H2.0° V1.0°
シールドジャッキストローク	1,650mm
シールドジャッキ推力	1,323kN/本
シールドジャッキ本数	16本
シールドジャッキ速度	50mm/min
カッター支持	センタシャフト
カッター回転数	1rpm
カッタートルク	2,319kN･m

写真2　同時裏込注入管MP91

４．加泥材の選定と管理

泥土圧式シールド工法では，添加剤の選定が重要となる．本工事では気泡シールドを採用し、周辺環境への影響抑制を考慮し，起泡剤に環境8号（京浜ソイル製 NETIS:KT-130094-A）を用いた．それに加え，高水位で透水係数が高いことを考慮し，起泡剤の増粘効果を高めることを目的とし，特に砂礫土層に塑性流動性と止水効果が得られる液状増粘剤TACスルー（タック製）を併せて添加した．

気泡の発泡倍率と注入率，さらに増粘剤の濃度と注入率については，初期掘進ならびに本掘進初期にトライアルを行い，チャンバー内の塑性流動性ならびに機械負荷を計測した結果，【気泡発泡倍率6倍、添加量50%／増粘剤0.3%溶液、添加量3%】をベースとするのが最適との結果を得られた．

その後の掘進については，ミニスランプ値およびベーンせん断強度を1回/日測定して確認した排土性状とシールド掘進中の機械データを考慮し，気泡の発泡倍率および添加量，増粘剤の濃度および添加量を変化させ，切羽の安定を図った．

５．施工結果

本工事は詳細検討に基づく種々の対策により，周辺環境への影響を最小限に抑制し，無事に到達することができた．地質は概ね想定通りであり，気泡＋増粘剤の組み合わせで到達まで掘進を行うことができた．心配された噴発や地下水への逸泥，切羽崩壊なども無く，地表面沈下も管理値内に抑えることができた．途中，チャンバーの土圧計が1基壊れたが，シールド内から交換することで支障なく施工を続けることができた（写真3）．

今後は施工データの解析ならびに対策工の有効性を個別に評価し，今後の工事にフィードバックさせていく所存である．

写真3　土圧計交換状況

謝辞

本施工にあたり，中国四国農政局四国東部農地防災事務所の関係各位には，様々なご助言，ご助力をいただきました．ここに記して深く感謝します．

参考文献

1) 廣田他：地下鉄4線と送水管2本に並列近接したシールド施工と切羽での支障物撤去，トンネルと地下，第48巻3号，205-215，2017.3.