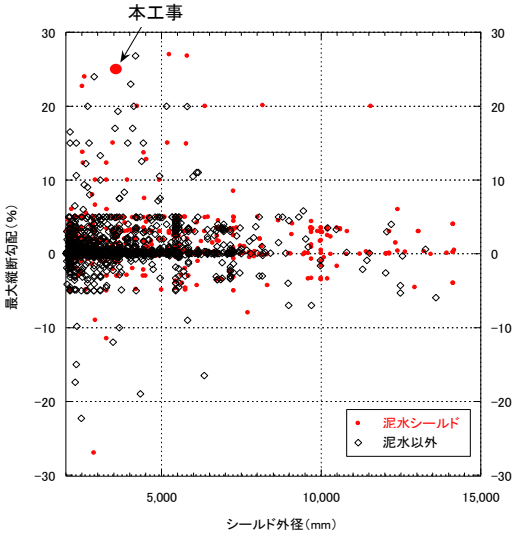
大深度・高水圧岩盤泥水式シールドによる急勾配長距離トンネルの施工

中部電力株式会社　　正会員○川喜田嘉哉
中村　和彦
坂野　博司

１．はじめに

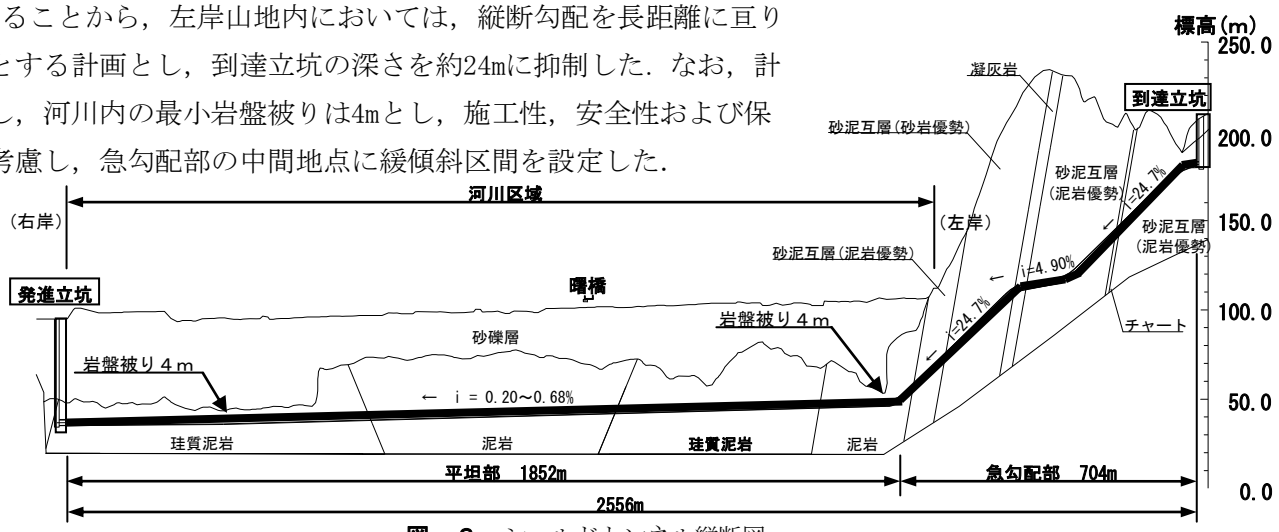
中部電力㈱では，静岡市方面の電力安定供給および東西の電力融通のため，周波数変換設備を備える東清水変電所へ繋ぐ連系送電線の建設を進めて来た．このうち，本工事は，一級河川安倍川の右岸に位置する駿河変電所の隣接地に深さ約 64m となる大深度発進立坑を構築し，安倍川の地下約 50～60m の岩盤内を対岸に計画する架空地中送電線接続施設（到達立坑）までの亘長約 2.6km，内径 3.0m のシールド工事を実施したものである．平成 22 年度までのシールドトンネルにおいて，縦断勾配が±20%を超えるものは**図－１**に示すとおり 9 例あるが，いずれも勾配区間長は 200m未満であり，本工事のように最大勾配 24.7%で約 700mに亘る長距離施工は過去にない．本稿では，長距離急勾配施工を含む高水圧岩盤シールド工事について報告する．



図－１　最大縦断勾配施工実績

２．設計概要

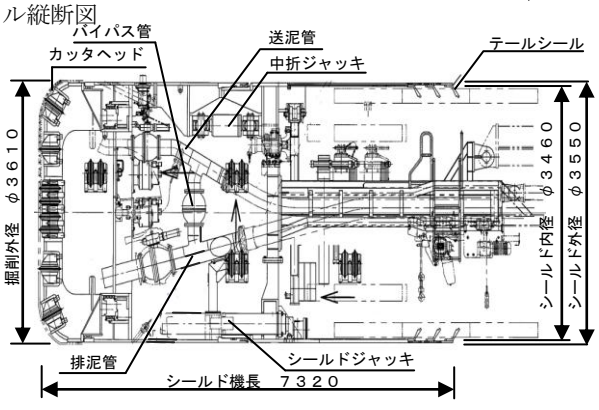
本工事は，**図－２**に示すとおり，治水・利水に影響のない河床砂礫層を避けた下部基盤岩に洞道を構築することから，大深度かつ高水圧下におけるシールド工事であるとともに，発進立坑と到達立坑の比高差が約100mあることから，左岸山地内においては，縦断勾配を長距離に亘り急勾配とする計画とし，到達立坑の深さを約24mに抑制した．なお，計画に際し，河川内の最小岩盤被りは4mとし，施工性，安全性および保守面を考慮し，急勾配部の中間地点に緩傾斜区間を設定した．



図－２　シールドトンネル縦断図

３．施工計画

シールド工法は，高水圧下での実績が多く，作業安全性などから泥水式を採用した．また，岩盤掘削となるためシールドマシンはドームヘッド型カッタヘッドとし，方向制御に万全を期すため±2°の中折れ装置を装備した．シールドマシンを**図－３**に示す．



図－３　シールドマシン構造図

ａ．高水圧下岩盤掘削

カッタは，施工実績などから，15.5 インチのディスクカッタ（１枚刃タイプ，高水圧対応）とし，材質は，耐摩耗性に優れる冷間ダイス鋼（E5）を採用した．また，最外周の開口を増やし中央部の開口を大きく（開口率：22%）することで，扁平な岩ズリを取り込み易くし，カッタヘッド母材の摩耗抑制対策とした．

ｂ．急勾配長距離施工

本工事の特徴として，発進地点より到達地点の位置が 100m 以上高く，掘削対象地盤は泥岩主体であるが，亀裂が多いことから地下水位相当の水圧が切羽へ作用することが想定された．そのため，流体輸送設備は，急勾配部における切羽圧力を維持するため，地上の送泥ポンプ以外に坑内送泥補助ポンプを４台配置し，また，排泥ポンプは，急勾配部手前まで９台設置し，急勾配部では順次停止させる計画とした．

セグメント等資材運搬のための物流設備は，洞道断面からラック・ピニオン方式の 12t バッテリー機関車とし，平坦部で使用する 4t バッテリー機関車と急勾配部手前で受け替える計画とした．

４．施工実績

ａ．高水圧下岩盤掘削

河川下の切羽に作用する水圧は，岩盤被りの大小に関わらず全水頭相当の水圧が作用していたが，ディスクカッタ，テールシール等に不具合は発生しなかった．また，排泥状況は時々扁平な岩片が混じることにより排泥管の閉塞を招いたが，概ね想定した礫径と一致した．カッタ交換は，多い部位で３回実施した．これは，実際の岩盤強度が 27.9～81.7MN/m^2 と想定に対し３倍程度であったことが要因で，その他の地質による摩耗要因となる石英含有量は当初想定と同等であったため，本工事においての摩耗は岩盤強度が支配的であると推測される．また，泥質がディスクカッタの回転を阻害し偏摩耗（**写真－１**参照）する事象も発生した．なお，湧水が多い地点におけるカッタ交換は，さや管(３箇所)より止水注入することで，交換作業を行った．

写真－１　ディスクカッタ偏摩耗状況

ｂ．急勾配長距離施工

流体輸送設備は，大きなトラブルもなかったが，計画では地下水位相当の水圧が切羽へ作用することを想定していたものの，急勾配施工区間に入ると徐々に地下水圧が下がった．このため，坑内補助送泥ポンプは４台のうち３台で所定の切羽圧力を保持することができ，排泥ポンプは９台のうち１台のみの停止であった．

物流設備では，ラック・ピニオン式 12t バッテリー機関車駆動部の故障が幾度か発生した．これは，急勾配部であることから，バッテリー機関車が通過する際の振動によりラックの継ぎ目がずれ，ギアのかみ合わせが悪くなり，ピニオンモータに過大な負荷がかかったことが原因である．シールドトンネル施工では，掘削の進捗に合わせ順次ラックを接続するため，継ぎ目が多くなり，本工事のような急勾配長距離施工においては，このような不具合は避けられない．なお，本工事は急勾配区間が長距離であったが，中間地点に 4.9%の緩勾配区間を設けたことにより，施工設備の配置や作業の安全確保に有効であった．

５．おわりに

本工事は，河床下の高水圧岩盤シールドトンネルであり，併せて過去に実績のない急勾配長距離施工を実施した．急勾配施工において，流体設備は，想定のとおり良好に機能したものの，物流設備の不具合などから，ラック・ピニオン式における勾配の限界値を示したと言える．また，急勾配部の緩勾配区間が有効であったことから，今後の縦断線形設計の一助になると思われる．なお，本シールドトンネルを含め，周波数変換設備を備える東清水変電所へ繋ぐ連系送電線の完成により，西日本(60Hz)と東日本(50Hz)との更なる電力融通が可能となった．

【参考文献】 １）シールド工法技術協会：シールド工事実績表（～平成22年度）