

24. 7%急勾配長距離施工を含む岩盤を対象とした大深度泥水シールドの施工結果

西松建設 正会員○坪井 広美

千田 翔互

1. はじめに

ケーブル洞道など供用時の縦断勾配に大きな制約のないシールド工事においては、地形的条件やより合理的な設計のため大きな縦断勾配を設定する場合が少なくない。図-1 に平成 22 年度までの最大縦断勾配実績¹⁾を示すが、縦断勾配の最大は上り下りとも 27%である。±20%を超える実績は 9 例であるが、どれも勾配区間長は 200m未満である。当工事の最大勾配は 24.7%ではあるものの、その区間長は 704mと長い。また、発進基地よりも切羽が上部（最大 85m）となるなど類のない施工条件である。本稿では、長距離急勾配施工における対策とその結果について報告する。

2. 施工概要

当工事は河川を横断するケーブル洞道を泥水シールド工法で築造するものである。施工概要を表-1、路線縦断図を図-2 にそれぞれ示す。

表-1 施工概要

施工延長	2,556m
シールド	φ3,550mm泥水シールド（岩盤対応）
RCセグメント	外径φ3,400mm、桁高200mm、幅1,200mm
最大勾配と延長	24.7%、L=680m
土被り	60.1～117.5m
掘削対象地山	泥岩、珪質泥岩、砂岩、凝灰岩
発進立坑	内径φ10.5m、深さ64m、鋼製連続地中壁

3. 長距離急勾配施工の対策

(1) 物流設備

セグメント等資材運搬のための物流設備は、過去の実績から「ラック・ピニオン方式」の 12t バッテリー機関車を使用した。なお、平坦部は 4t バッテリー機関車（ジョッパー制御）を使用し、急勾配手前で入れ替えることで施工した。

(2) 流体輸送設備

①切羽圧力の確保： 当工事の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圧相当が切羽へ作用することから、急勾配部における切羽圧力を 600 kPa と想定した。しかし、これを地上 P1 送泥ポンプのみで確保すると最深部立坑下の配管内圧力が 1,000 kPa 以上となり、耐圧上問題となる。そこで、坑内送泥補助ポンプ 3 台（PS1～PS3）と P3 排泥ポンプを送泥ポンプとして使用する計画とした。

②排泥ポンプ： 排泥ポンプの配置は、坑内切羽側から P2～P7 及び立坑部 P8、PE の計 9 台とし、急勾配前まで掘進する。そして、急勾配部では P3～P5 を順次未使用にする計画とした。

③中間バイパスバルブ： 流体輸送設備の始動時の機器負荷を低減するため、急勾配の前と急勾配部中間位置にそれぞれ中間バイパスバルブを配置する。また、バイパスバルブには無停電電源装置を付加しバルブを開閉す

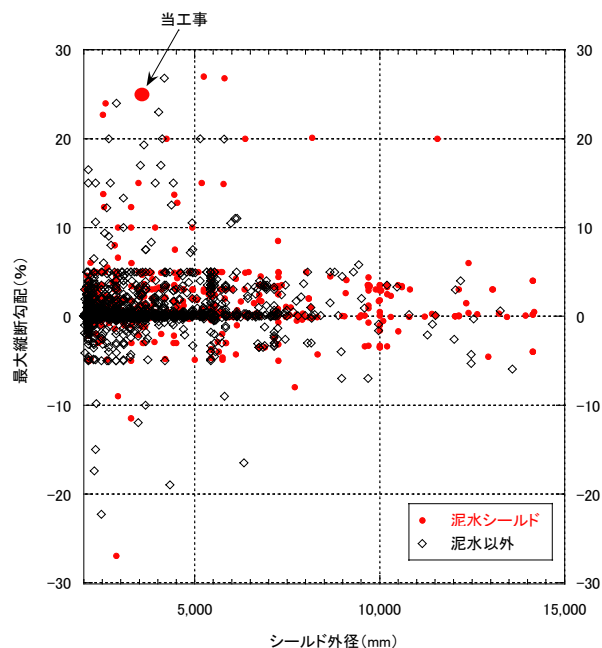


図-1 最大縦断勾配実績

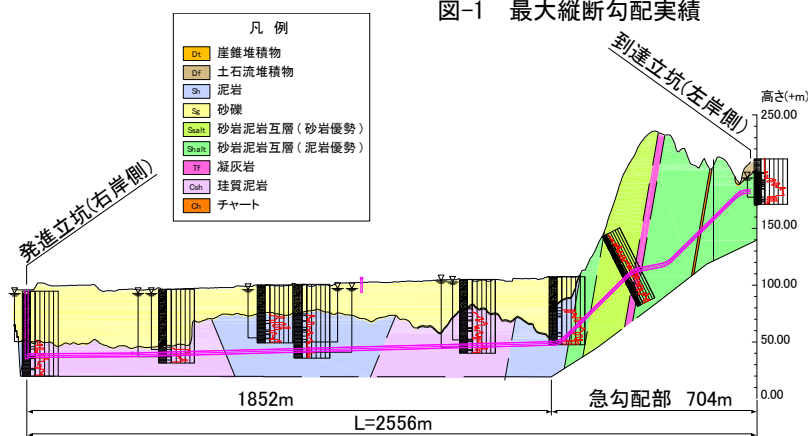


図-2 路線縦断図

キーワード 泥水シールド、急勾配、岩盤掘削、ケーブル洞道

連絡先 〒461-8558 名古屋市東区泉 2-27-14 西松建設(株)中部支店 TEL052-931-8476 FAX.03-3502-0228

ることで突発的な停電時などのウォータハンマーを緩和することとした。

④ホースドラム : ホースドラムの可動部の自重は約 1 トンあるため、急勾配部での逸走が予想される。そこで、可動部をウエイトにより常に切羽側にテンションが掛る装置を追加した。

(3) 安全設備

急勾配部での作業員の安全確保は、施工設備の逸送による挟まれ接触災害が最も大きなリスクとなる。そこで、機関車の多重制動装置と軌条部逸走防止装置、シールド～後方台車間の二重の連結装置や各台車のラチェット式逸走防止装置、枕木の浮き上り防止装置、枕木下の落下防止ネット等考えられる全ての安全対策を実施した。

4. 施工結果

(1) 物流設備

12 t バッテリー機関車の急勾配部での最大牽引能力は 4 t (セグメント台車 1 台分) であり、その走行速度は 3km/h の仕様である。しかし、急勾配部中間地点を過ぎたあたりからピニオンモータに過大な負荷がかかるようになり走行速度を 1km/h に減速することを余儀なくされた。これはピンラックピッチの精度に起因するものであった。また、当機関車の使用は断面内配置の関係からセグメント内径 ϕ 3.0m が最小径であるといえる。

(2) 流体輸送設備

①切羽圧力の確保 : 急勾配部施工となる砂岩泥岩互層区間に入ると徐々に自然水圧が下がり切羽圧力は 400kPa 程度となった。結果、P3 排泥ポンプを送泥ポンプとして使用することなく、坑内補助送泥ポンプ 3 台で配管内圧力の既定値以内で所定の切羽圧力を保持することができた。

②排泥ポンプ : 急勾配部では P3～P5 を順次未使用にする計画であったが、未使用にできたのは P3 ポンプのみであった。これは、配管延長時中間バイパス運転に戻した際、想定した勾配分の押し込み圧がかからなかったためである。また、流体輸送制御においては排泥側可変速ポンプの回転数を試行錯誤を繰り返した。

③中間バイパスバルブ : 流体輸送設備の停止再稼働時の各機器への負荷も安定しており設備計画の有効性を確認できた。また、施工中 2 度の突発停電があったが、配管破裂等に対する安全装置としての機能も確認した。

④ホースドラム : ホースドラム本体へのウエイトによりドラムの逸走や切羽側の浮き上りは発生しなかった。

(3) 施工進捗

施工進捗結果を図-3 に示す。24.7%急勾配部の延長 704m を暦日 3 か月で施工することができた。また、シールド掘進を含め坑内作業全工期において無事故無災害で完了することができた。

5. おわりに

今回の工事は、24.7%急勾配部が 704m と長距離であったが、その中間に 4.9%緩勾配部分が設けられており、施工設備の配置や作業員の安全確保に有効であった。今後、コストや社会的な要求からシールド工事においては急勾配を含め益々厳しい線形条件が検討されることが多くなると考えられるが、施工時の作業員の安全確保を大前提に合理的な計画となることが望まれる。

【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）

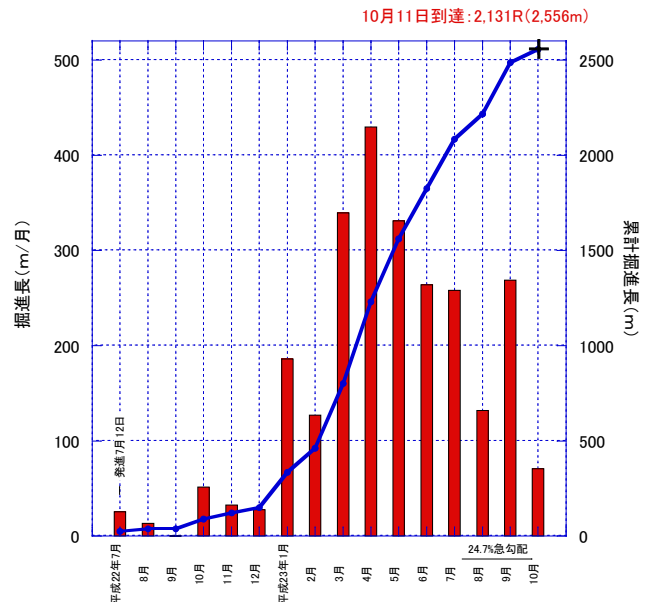


図-3 施工進捗結果



写真-1 洞道内急勾配部