

### 硬質な岩盤が想定された河川横断部におけるミニシールドの施工について

戸田建設(株) 広島支店 正会員 ○野村 朋之  
戸田建設(株) 広島支店 平野 勝志

#### 1. 工事概要

本工事は、岡山県津山市内において汚水幹線(仕上がり内径 1,000 mm, 延長約 1,400 m)を泥土圧式ミニシールド工法により構築するものである。シールド路線は、到達立坑手前で延長約 200 m の河川横断があり、設計では頁岩層(一軸圧縮強度 51.6 MN/m<sup>2</sup>)をシールドビット類の交換なしで掘進する計画となっていた。しかし、過去に当社が施工した近隣での同種工事において一軸圧縮強度 175 MN/m<sup>2</sup>と、当初設計よりも硬質な岩盤層の存在を確認していたため、本工事において追加調査の実施と施工計画の見直しを行った。河川横断部の位置図を図-1 に示す。

以下に本工事のシールド掘進における施工上の課題およびその対策による施工結果について報告する。



図-1 施工位置図

#### 2. 地質概要

到達立坑位置でのボーリング柱状図を図-2 に示す。地表より盛土 2.0 m, 粘土混り砂礫 4.0 m, 頁岩(D~CL 級) 4.0 m, 頁岩(CL~CM 級) 6.0 m となっており、河床高さは粘土混り砂礫と頁岩(D~CL 級)の層境付近、シールド通過位置は頁岩(D~CL 級)の下端付近である。頁岩の一軸圧縮強度は、設計時に実施された土質調査業務において 5.3 ~ 51.6 MN/m<sup>2</sup>とばらつきが大きかったが、シールド通過深度付近で確認された最大値の 51.6 MN/m<sup>2</sup>として設計が行われていた。

#### 3. 河川横断部における施工上の課題

当初設計では、シールド掘削対象岩盤の一軸圧縮強度 51.6 MN/m<sup>2</sup>を用いてシールドマシンのティースビット, ローラーカッターの交換回数の検討が行われ、マシンメーカーの施工実績より導かれた算定式より、図-1 に示す通過立坑~到達立坑間の約 195 m の施工は、通過立坑でのビット類の交換 1 回だけで掘進可能と判断されていた。

しかし、過去に当社が施工した近隣での同種工事における土質調査において、頁岩層の一軸圧縮強度は 77.3~175.0 MN/m<sup>2</sup>の範囲で確認されていた。また、河床部に露頭していた頁岩から供試体を作製し、一軸圧縮試験を実施すると 131 MN/m<sup>2</sup>という結果が得られたことから、頁岩層は一軸圧縮強度のばらつきが大きく、設計時の設定値よりも硬質な岩盤が出現することが想定された。

ここで、これらの結果より頁岩の一軸圧縮強度を 150 MN/m<sup>2</sup>と仮定して、マシンメーカーによる算定式に当てはめると、通過立坑~到達立坑間でのビット類の交換回数は、通過立坑で 1 回、掘進中に 6 回の計 7 回という試算結果となり、交換に伴う大幅な工程の遅延が懸念された。また、試算では河川直下でのビット類交換作業が発生するため、作業時に過剰な浸水が生じないように補助工法の要否についての判断も必要となる。

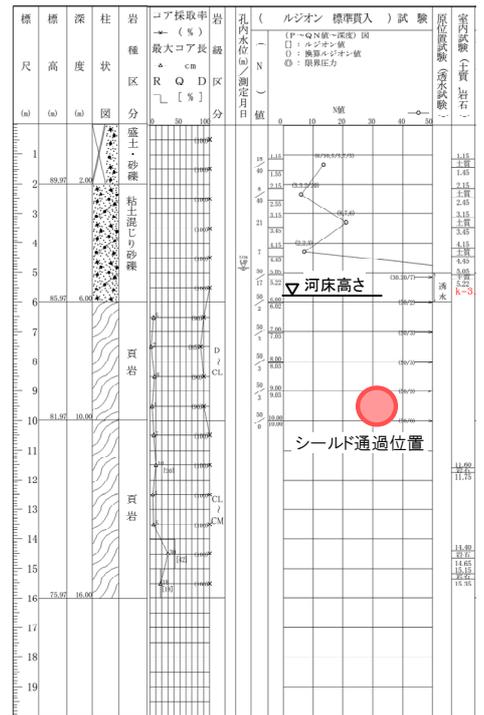


図-2 ボーリング柱状図 (H19-No. 1)

キーワード ミニシールド工法, 河川横断, 頁岩, 硬質岩盤

連絡先 〒730-0026 広島県広島市中区田中町 5-9 戸田建設(株) 広島支店 TEL 082-545-7607

#### 4. 追加調査および評価

施工上の課題を踏まえ、10月～12月の湧水期に河川内で追加ボーリング調査を実施した。河川の右岸側では鉛直ボーリング [No.1] と層理に直角となるよう鉛直から65°到達方向に傾斜させた傾斜ボーリング [No.1-斜] を各1本、左岸側では鉛直ボーリング [No.2] を1本、加えて図-2の既往のボーリング [H19-No.1] を用いてシールド通過位置付近のコアから供試体を作成し、一軸圧縮試験を実施した。また補助工法の要否を判定するため、両岸の [No.1] [No.2] を用いて透水試験を行った。

一軸圧縮試験の結果、[No.1] で70～80 MN/m<sup>2</sup>、河川中央付近の調査 [No.1-斜] で93 MN/m<sup>2</sup> と概ね100 MN/m<sup>2</sup> 以下、左岸側の調査 [No.2] で140 MN/m<sup>2</sup>、到達位置の調査 [H19-No.1] で120～160 MN/m<sup>2</sup> と100 MN/m<sup>2</sup> 以上の大きな値が確認できた。この結果から、シールド通過層である頁岩層は、強度のばらつきがあるものの、右岸側（通過立坑側）から左岸側（到達立坑側）に向かって強度の増加傾向が確認されたことから、河川中央付近を境に強度特性が異なる傾向にあると仮定した。そこで、河川中央から右岸側は頁岩1区間とし、一軸圧縮強度を [No.1-斜] で確認された93 MN/m<sup>2</sup>、河川中央から左岸側は頁岩2区間とし、[No.2] で確認された140 MN/m<sup>2</sup> として再評価を行った。

頁岩層の強度を上記のように評価して通過立坑～到達立坑間におけるビット類の交換回数を計算すると、通過立坑での交換を含めて計5回となったため、図-3に示すようにビット類の交換予定位置を決定した。

また、右岸、左岸のボーリング孔を用いて透水試験を実施し、岩盤の現場透水性を確認した。透水試験から得られた透水係数は $1.0 \times 10^{-5} \sim 10^{-4}$  cm/sec のオーダーで、シルト層と同程度の不透水性を示す値であったため、薬液注入工等の対策による止水性の向上効果は限定的であると考えた。試験時の排水作業も人力で可能であったこと、採取したコアは、亀裂等は見られるものの水の浸食を示すような形跡はなく、亀裂はコア採取時にできたものと推定されたことを考慮すると、当該岩盤層における透水性は小さいと推定し、ビット類交換に伴う浸水防止対策としての補助工法は不要と判断した。

#### 5. 河川横断部の施工結果

頁岩1区間（93 MN/m<sup>2</sup>）における掘進速度は、計算値の9.9 mm/minに対して、0～10 mm と、概ね想定どおりの掘進速度を保って掘進を進めた。この間、ビット類交換を1回目（通過立坑）および2回目は当初計画どおりの位置で、3回目は土質変化想定位置近傍で行った。頁岩2区間（140 MN/m<sup>2</sup>）における掘進速度は、頁岩1区間より速度は低下したものの、計算値の1.2 mm/minに対して0～5 mm と、想定以上の掘進速度を確保することができた。また、頁岩2区間では想定よりも損耗量が少なく、掘進可能距離を2倍以上に伸ばすことができた結果、ビット類交換回数を1回減らして掘進を完了することができた。掘進速度のばらつきの原因は、これまでの土質調査で確認されているとおり、頁岩層の岩盤強度のばらつきに起因していると思われる。

当初懸念していた河川直下におけるビット類交換時の湧水は、追加調査時に行った透水試験の結果より想定したとおり、透水性は低く湧水の量は微量だった。そのため、湧水の影響なくビット交換を行うことができた。

#### 6. まとめ

今回、河川横断部のシールド掘進を行うにあたり、過去の施工実績があったことから、当初設計における岩盤層の評価に疑念を持ち、詳細調査を行って施工計画を見直したことにより、順調にシールド掘進を行うことができた。ビット交換回数の増加に伴う工程遅延が懸念されたが、掘進速度が想定以上に向上し、ビット交換を昼夜作業にする等により、ほぼ当初工程のとおりシールド掘進を完了することができた。当初計画どおりの施工を行っていた場合、事前の準備がないことから、河川横断部において工事が中断していたことは間違いなく、設計照査および必要に応じた事前の追加調査を入念に行うことの重要性を実感した工事となった。

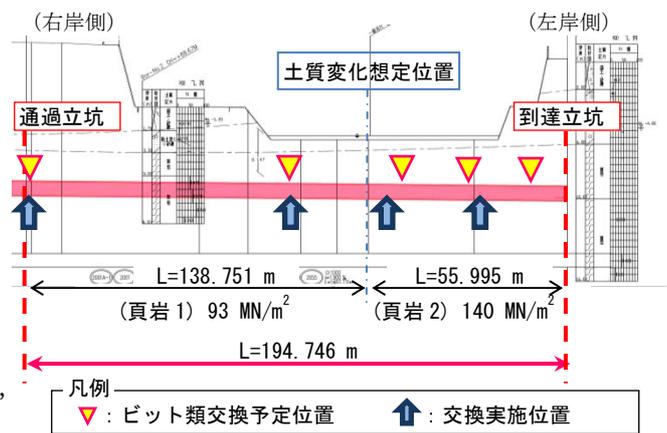


図-3 追加調査結果に基づくビット類交換予定位置と実績