

## 銭亀沢3号汚水幹線工事の概要と

## ハードロック工法について

山下 和 則

大林組・中川建設JV  
銭亀沢3号汚水幹線新設工事  
所 長

京 谷 保 則

ハードロック工法協会  
会 長



### 1. はじめに

本工事は、函館市下水道事業計画に基づき、同市石崎町地内に仕上がり400mmの管渠を築造する工事であった。工事場所は南側が津軽海峡に面しており、特に昆布漁の盛んな地域である。工事も昆布漁の終了する9月よりの着手であり実工事期間約6ヶ月、又海洋資源の保護を最重要留意点としての工事であった。

### 2. 工事概要

#### 2-1 推進工事の概要(次頁に平面・縦断面図掲載)

工事件名: 銭亀沢3号汚水幹線新設工事(2工区)

発注者: 函館市水道局

工事場所: 函館市石崎町地内

工事内容: B区間 呼び径450mm HP管布設

泥水式推進工法

路線延長 L=288.0m(92.0、98.0、100.0)

土被り: 9.340~

地質状況: 粘板岩(平均一軸圧縮強度 37MN/m<sup>2</sup>)及び砂質

工事内容: C区間 呼び径400mm 硬質塩化ビニル管布設

鋼製さや管方式推進工法

路線延長 L=241.0m(64.0、91.0、86.0)

土被り: 8.225~8.455m

地質: 粘板岩(平均一軸圧縮強度 37MN/m<sup>2</sup>)及び  
石英脈(一軸圧縮強度 41MN/m<sup>2</sup>)

### 3. 工法選定のプロセス

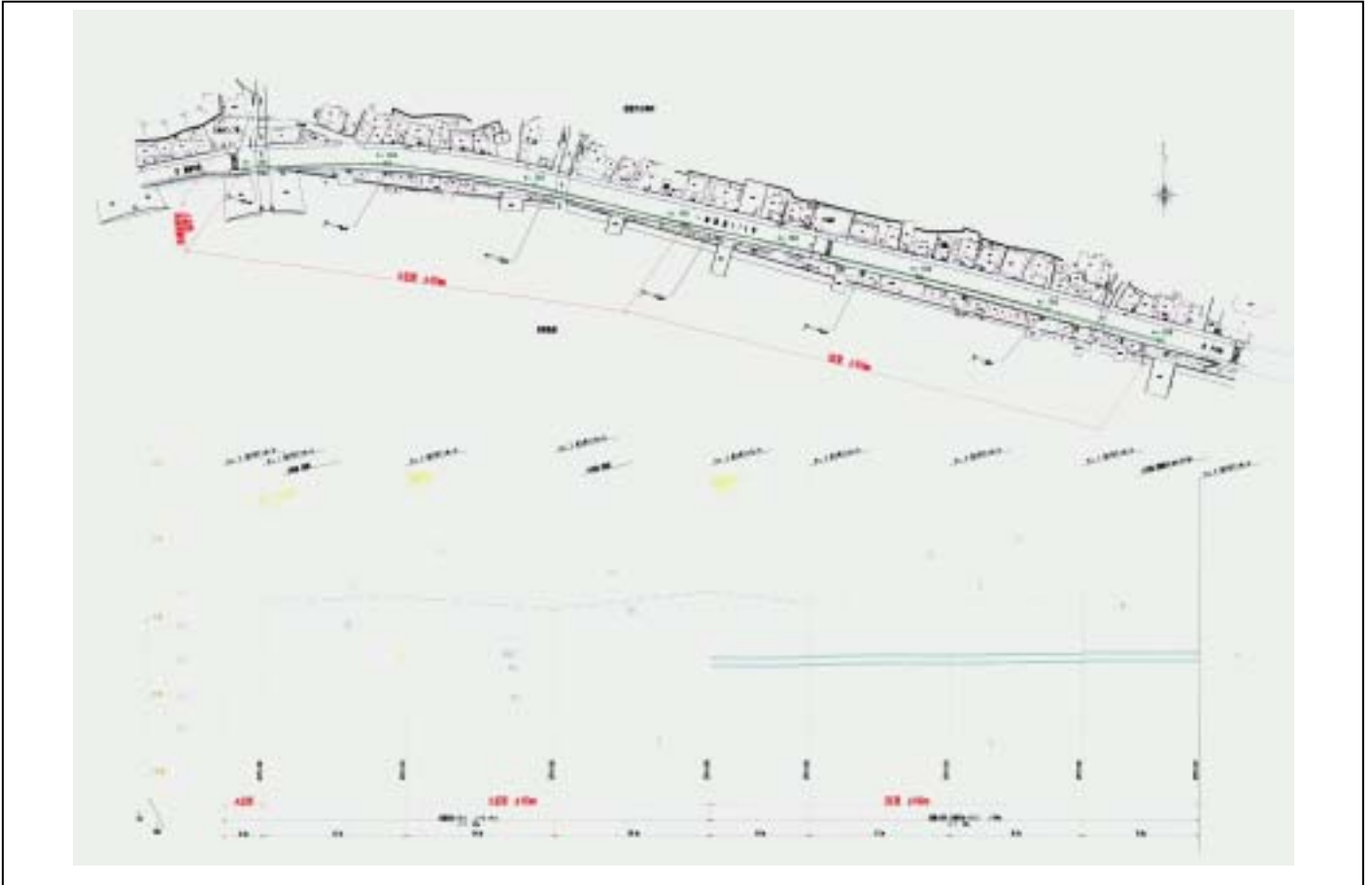
B区間においては、地質調査結果から粘板岩と砂質土の混在する地層であることで、泥水式推進工法を無理なく選定されたと思われる。しかし、C区間に於ける地質調査NO.2号孔~NO.5号孔において、管路付近及び周辺に現れる石英脈に対する推進工法の選定が最も重要であり、一般的な推進工法の掘進システムにより、一軸圧縮強度に対応には対応可能だが、石英質の岩石に対してはディスクカッター、ローラーカッター、トリコンビット等の磨耗が著しく発生する為に、推進速度の低下、又は掘削不可能となる恐れがあることで、判断を慎重に行う必要がある。どの程度石英脈が現れるかの判断が大きな問題となるが、ピンポイントの地質調査のみでの判断では困難である。従って選定の基準としては、経済性は基より下記の条件を満たす必要がある。

地質調査データから、最大層厚60cmの石英脈が確認されている。従って、それ以上に石英層が連続していても推進可能であること。

一軸圧縮強度は、粘板岩と石英脈では同程度であるが、岩成分の違いから掘進力に差が生じることになり、先導体は、掘進しやすい粘板岩層の方に向く傾向が生じる。その場合においても推進精度が十分に保てる事。掘進ビット等の磨耗が生じ、掘削能力が低下した場合において、ビット交換が補助工事(立坑築造等)など必要とせず、速やかに行える事。

以上三点に対して十分な検討を行う必要があると思われる。

図 - 1 平面・縦断面図



一軸圧縮強度に対して施工可能な工法として下記の 6 工法を選定した。

- ・ コブラ工法
- ・ E L C - S T 工法
- ・ アイアンモール工法 (TP-95)
- ・ エースモール工法
- ・ ドルフィン工法
- ・ ハードロック工法 (推進管長を 3.0m・日進量補正)

更に経済性比較から C 区間の推進工法は鋼製さや管方式

**衝撃式推進工法 (ハードロック工法)** とする。

(以上工法選定のプロセスは工事設計報告書、第 4 章推進工法の検討から抜粋・引用致した。)

その他当協会の判断として、**前項** に関してはハードロック工法の掘進方法の衝撃破碎は、硬質な物体ほど削破碎、圧破碎よりも掘削能力は早くビット等の磨耗度も遙かに少ない。更にダウンザホールハンマーを作動させる圧縮空気の圧力を上昇させることで打撃力、掘進能力がやや増加し、その結果からビットの磨耗度も少なくなる。

**前項** の推進精度に関しては、ハードロック工法の先導体は打撃力の違う二台のダウンザホールハンマーが先導体にセットされており半岩半土の地盤状態の時は補破碎ダウンザホールハンマーの打撃力を最小限に低下させ、主破碎ダウンザホールハンマーのみで揺動掘進を行うことが出来る。掘進前面の岩強度の違いは打撃音で判断出来る。このことから石英脈を掘進断面の一部に感知した時は、揺動回転で補破碎ダウンザホールハンマーの打撃力を低下させて粘板岩部を破碎し、主破碎ダウンザホールハンマーで集中的に石英脈箇所を破碎する。これは弱い箇所の破碎を遅らせるのが目的で、掘進速度を一定に保つことによって推進精度の安定が図れる。

**前項** の掘削ビット等の交換については、ハードロック工法はボーリング方式であることから、推進管 (鋼管) の抜管は難しいことではない。積算資料上、先導体交換工の日進量は 600 mm では 6 本 (引抜は 8 本/日、再挿入 4 本/日) と容易である。仮に 50m 推進後に磨耗により先導体を交換する場合は約 3 日で出来ることになる。これらの当工法の特徴を考慮し、今回の工事は十分に施工可能であると結論づけた。



写真 - 1 ハードロック工法先導体



写真 - 2 推進管（鋼管）溶接接続



写真 - 3 先導体到達（推進距離 86.6m後）



写真 - 4 推進完了後の管内

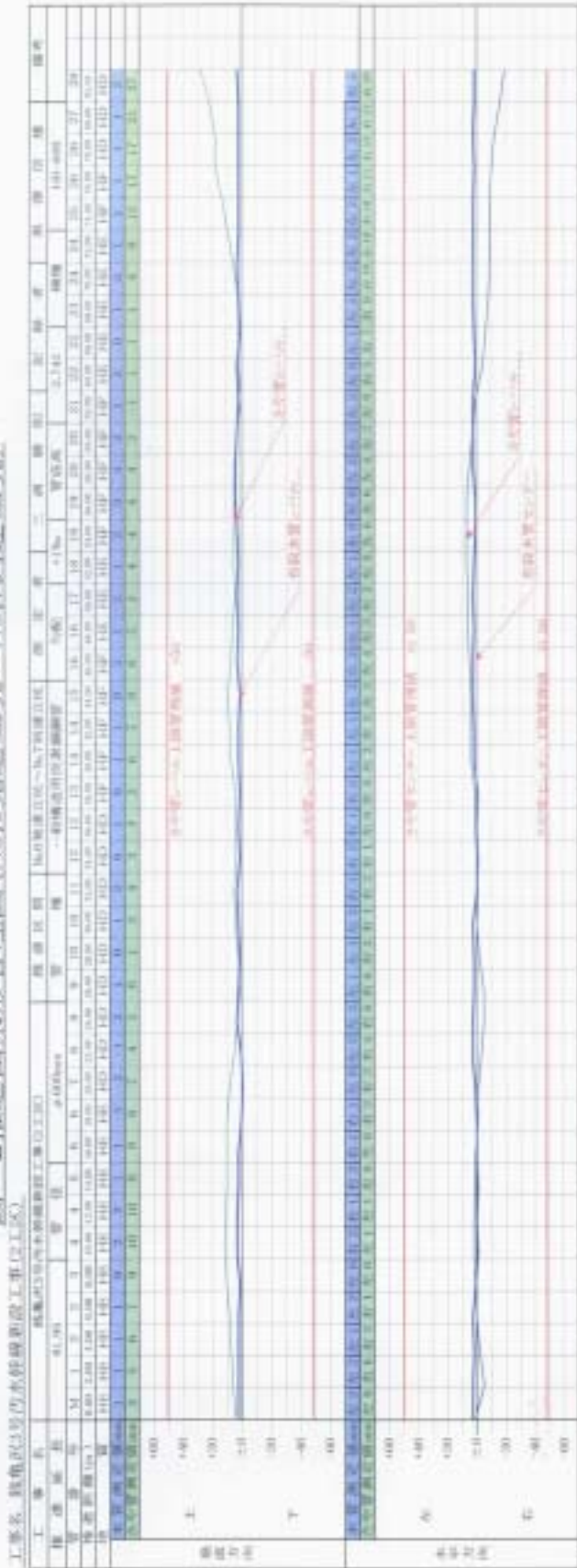


写真 - 5 本管（塩ビ管）挿入



写真 - 6 本管布設完了

図-2 推進出来形管理図(No.6推進立坑～No.7到達立坑)



#### 4. 地質に対する改良

推進対象地盤が粘板岩である為、掘進後の孔壁が細かく剥離する。破片が推進管に抵抗を与えることでポーリング方式に於ける最も重要な回転力に影響が出るのを防ぐ為に、滑材注入量を大幅に増す必要があると判断した。先導体外径を推進管外径より大きくすることで、通常時の約倍量の注入が行える様に改良を行った。

#### 5. 施工経過

施工中において、石英脈は当初想定された様に掘削断面の一方、又は全断面に現れた。これに対してはダウンザホールハンマーの打撃力の調整等により推進精度の保持は無理なく出来たが、発進立坑築造時に確認された玉石状態（石英が変成途中の粘板岩内に閉じ込められ、内部は石英分で外殻は硬質な粘板岩粒子となっている）のものが現れた後はそれが掘進中に転動する事で破碎に時間を要し、推進精度保持の困難状態が随所に現れた。この状態は NO,5～NO,6 区間の 20.0m付近まで多く見られた。(写真 7 参照) その為推進精度にややバラツキが現れたが、さや管精度の上限管理値を超えることはなかった。岩盤の一軸圧縮強度はバラツキが多く、最大で  $100\text{MN/m}^2$  以上はあったものと推測される。その理由としては日進量が最大 7.0m/日～3.0m/日となることから判断出来る。これは粘板岩が熱変成作用によって、ホルンフェルスに変化した箇所と全く熱変成作用を受けなかった箇所の差であったと思われる。この様な箇所は特に NO,6～NO,7 区間に多くみられたが推進精度保持には何ら支障はなかった(図-2 参照)。又、ビットの磨耗も、最大 86.6m 推進延長に対して、約 50% 程度の磨耗(植え込みチップ突起 8mm に対し 4mm)を考慮していたが、約 3mm 程度であり想定範囲内であった。(写真-3 参照) NO,6～NO,5 区間では、30m～70m間において、凝灰岩、粘板岩、集塊岩(いずれも熱変成作用を受け硬質であった)等と岩質が変化し、各岩塊の集合体のような地質構成であった。70m～75m付近は推進管の上部半断面が強固結粘土層となり、補破碎ダウンザホールハンマーの圧縮空気圧力を低下させることにより遥動掘進を行った結果、ハンマービットの目詰まり等も無く推進精度保持に影響はなかった。

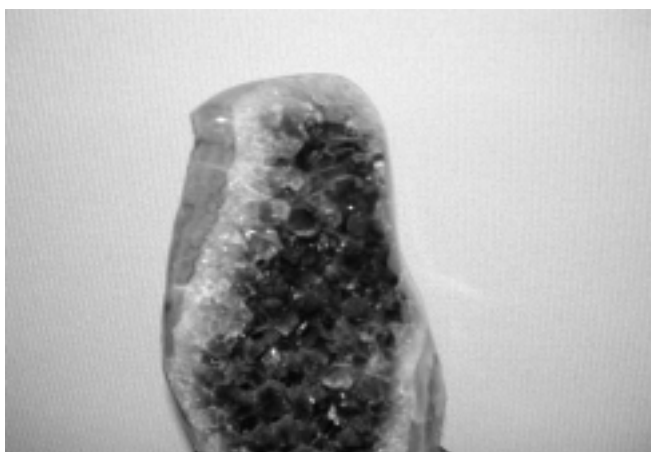


写真 - 7 石英が内部に閉じ込められ玉石になった状態のもの（外殻は硬質で内部は石英）

## 6. 工法の特徴と今後の課題

一般的に、ボーリングによる地質調査だけでは、玉石混じり砂礫層地盤内の玉石径を完全に推測する事は出来ない。しかし、ハードロック工法の大きな特徴としては、当初推定された玉石径よりもはるかに大きな玉石に遭遇した場合においても、推進管径の変えることなく推進工事を施工することが可能である。

岩盤層にも同じ事が言え、一軸圧縮強度に関係なく推進管径を選定できるのが大きな特徴と言える。一般的にピンポイントの地質調査ボーリングデータでは推進路線の地質状態を全て把握する事は困難であるが、当ハードロック工法は土質や岩強度などの変化により多少の日進量の変動はあるが、何ら推進に問題が発生することなく対応可能である。又、NO.6～NO.7の推進区間において、岩盤の推進途中に粘性土層に遭遇した様な場合でも、ハードロック工法は、以下の理由により、ビット部の目詰まりはなく推進速度の低下はない。

ビットの突起部が少ないので、粘土分が付着しにくい。

仮に付着しても、ダウンザホールハンマーを作動させる圧縮空気に混合された清水で溶かすことが可能である。

しかしながら、本工事の様に対象地盤が複雑な構成をしている地層に対しては特に、オペレーターの経験、及び勘に頼る部分も多々あるのも事実である。今後の課題としては、迅速に切羽状態を把握する事が出来るオペレーターの更なる育成に努め、それと平行してダウンザホールハンマーに掛る負荷等を自動的に感知し、空気圧の調整や遥動回転掘進が出来る自動運転システム等の開発についても検討する必要がある。

## 7. おわりに

近年下水道整備工事は厳しい条件下での施工を求められております。そのニーズに応えられる様にするには周囲への影響や地盤構成を十分に理解して施工することが工期の短縮、ひいてはコストの削減となり、事業への貢献に繋がるものと考えます。

今回の工事を無事に完遂出来たことは、関係各位のご指導の賜物と深く感謝する次第であります。今後とも、ハードロック工法がより以上の貢献が出来る様に技術の向上、改善を施して参りますので、ご指導を受け賜りたくここにお願い致します。

