

# 非開削推進工法の採用と実例報告



## 1. はじめに

二本松市は、福島県の県庁所在地である福島市と商工業の活発な中核市である郡山市のほぼ中間に位置し、秋の季節になると日本でも有数の大規模な菊人形展が開催される市として広く知られている。また彫刻家で詩人でもあった高村光太郎の作品『智恵子抄』で、彼女が「あれが阿多摩山、あの光るのが阿武隈川…」と詠ったように、智恵子の出生地であるこの地域は現在も美しい景観をそのまま残している。そのような環境の下、下水道の面整備もかなり進み流入量増加による対策として写真-1のような綺麗な処理施設、あだ



写真-1

たら清流センター内でのスクリーン棟の建設が着手され同時に現在使用しているマンホールからこれらに流入する管渠整備が必要となった。当初は軟岩と想定されていた為に初期の計画段階では開削工法であったが調査の結果岩質が硬岩と判明された為検討した結果、非開削の推進工法が採用され、工期厳守を前提に困難であろうと思われた諸問題も各推進工法の持つ様々な特色を選択しながら諸条件に適合した工法が採択された。ある程度困難な推進工事であったが今回無事完了する事が出来て初期計画段階よりも大幅施工期間の短縮と施工金額の圧縮を図ることに寄与する事が出来たのは嬉しいかぎりである。ここに発注者側のご協力をいただいて当初の管渠整備の計画設計から非開削推進の採用及び工法を選択と採択まで、また推進工事については施工全般から結果まで全体の一連の流れをご紹介します。ご記憶に留めていただいて今後の何かのお役に立つ事ができれば幸いです。

## 2. 工事の概要

### 1) 発注内容

工事名 流域下水道整備工事(推進工事)  
発注者 県中流域下水道建設事務所  
施工者 菅野建設工業株式会社

工事場所 福島県二本松市榎戸 地内  
 (あだたら清流センター内)  
 推進工法 鋼製さや管方式・ボーリング  
 方式二重管式  
 管 種 鋼管 径φ1,000mm  
 本管 FPR φ700mm  
 推進距離 21.2m  
 土 質 花崗岩

## 2) 全体の計画について

阿武原あだたら流域下水道(二本松処理区)は平成5年1月に事業認可を受けて平成10年から一部供用開始をしており、現在3/6系列(4,600 $\text{m}^3$ ・日最大)の処理能力を有している。共用当初は流入量の少ないことが見込まれたことから当時はスクリーンポンプ棟(SP棟と呼ぶ)を建設せずにマンホールポンプ(以下MPと記す)で初期対応することで整備を図ることとした。その後の面整備促進による流入量の増加に合わせ、平成21年度の施設供用を目標に平成18年度よりSP棟の建設に着手し現在整備を進めているところであるが、それに伴い、既設のMPと新設のSP棟を結ぶ導入管渠の整備が必要となったのである。



写真-2 現地状況写真  
 (向側の門型クレーン下部が到達MP)



写真-3 SP棟掘削中立坑 (今回の発進側)

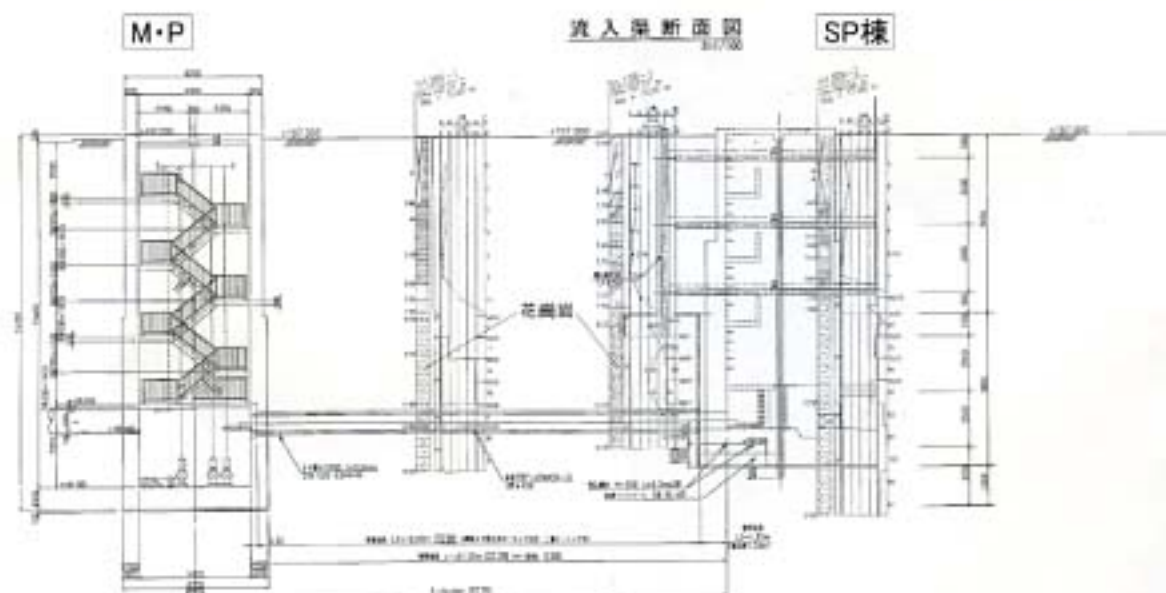


図-1 推進施工計画断面図

流入渠平面図

3/100

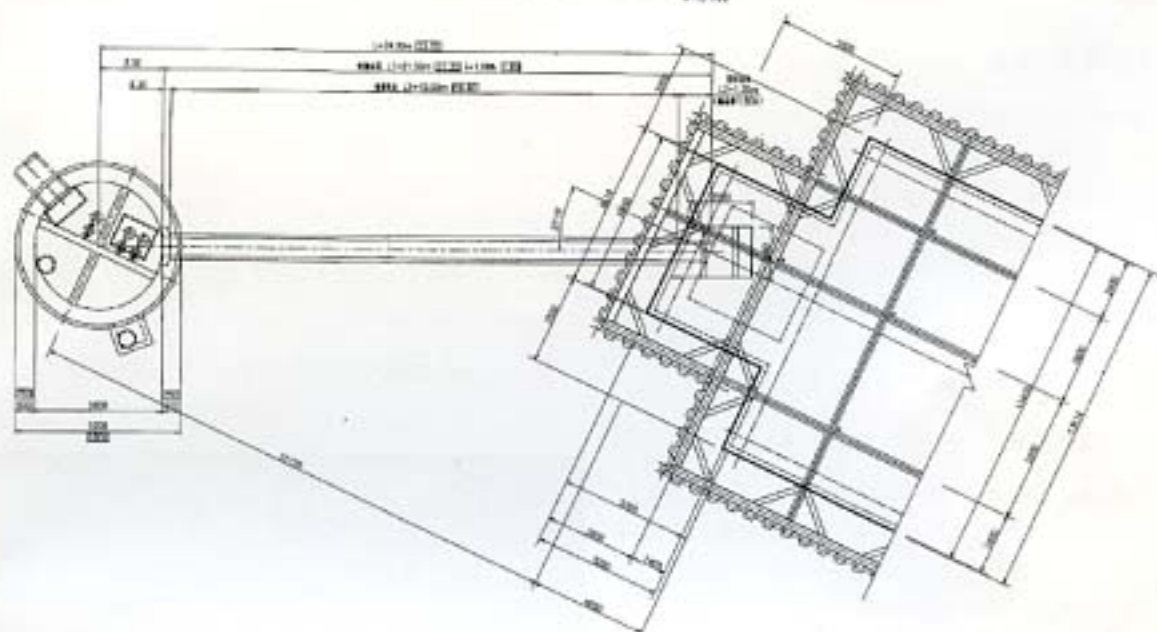


図-2 推進施工計画平面図

### 3) 推進工法の採用と工法の選択及び採択

導入管渠の土被りは約12mで当初の設計の計画は構造物の外から施工できる開削工法を採用し山留めの方法としては接続するSP棟と同様、鋼矢板+ライナーで山留めを行っての岩盤掘削開削工法であった。しかし、下層部の岩盤が当初想定していた軟岩でなく地質柱状図のように硬岩（花崗岩）であり、その結果SP棟において当初の機械掘削を人力岩掘削に変更し施工を行っていた。その状況を踏まえると稼働中のMPまでの開削工法の初期計画は多くの工費や工期を必要とし、かつ施工自体が困難であると考え推進工法での見直しが行われたのである。

推進工法の選定に当たっては経済性を考慮しながらも下記の条件を満たす工法でなければならなかった。

- ① SP棟の人力岩盤掘削施工と平行しているのでヤードが狭い（写真-3の様に奥行きが3m程度しかなく同時施工となる）。
- ② 支圧壁が設置できない。
- ③ 到達が稼働中のMPでありマシン回収はできない。

④ 硬質な岩盤を掘削することが可能である。

⑤ 工期が限定（8月～9月の約一ヶ月）される。

以上の条件を踏まえると一般的なセミシールドタイプでは到達でのマシン回収が伴う為不適と判断、これ等を回収する必要のない工法はボーリング方式であり、たまたま前年度に標中処理区で同様な岩盤をボーリング方式の二重ケーシングで施工した実績があることで、これが有効と判断しさらに以下の検討を行った。

⑥ バック壁が無い、オープンな場所での硬質岩盤の施工実績は無く今回が初のケースとなる為反力の確保はどうするのか？

⑦ 硬岩（花崗岩）の掘削は可能か？日進量はどの程度確保できるのか？

⑧ 到達の際に、MPの仮型のコンクリート片をMPの中に落とさないで出来るのか？（ポンプが焼き付く恐れがありボルト一つ落とせない）

⑨ MP内に足場を設置撤去出来るのか？

以上の条件の検討した結果実施可能と判断し工法を決定したのである。

### 3. 推進工事の施工内容と結果

#### 1) 推進工全般

全体の施工に当たっては場内がジャイアントブレイカー、削岩機等の騒音、粉塵の中での共同作業となる為安全衛生面に配慮した。また立坑も約14mと深く、H鋼梁の合間を縫ってのクレーンでの荷の上げ下げが疲くため細心の注意が必要だった。今回の施工においては底盤がフラットで支圧壁を必要としない工法で採用されたが、設計と現状が多少違っていた為ベースコンクリートの対応力計算が再度必要であった。

#### 2) 推進機械のベースコンクリート

この工法は機械ベース下部と基礎コンクリートに埋設された200mmのH鋼が固定され、支圧壁の代わりに推進力をこれで受ける。基礎となるコンクリートは当初の計画図の形状と若干現状が異なっていたのもう一度計算し直す必要が生じ、また運用推力も出来る限りそれ以下で推進するよう事前協議を行った。

(現状に合った基礎コン及び計算式は下記の通り)

以上の結果、より強度を得るために低盤コンクリートに埋設する鋼材と岩盤とを縫い付けるように岩盤を削孔し16mmの異型鉄筋(L=500mm)を四方に八ヶ所差し込み固着して推進力の支持力、及びこの工法の

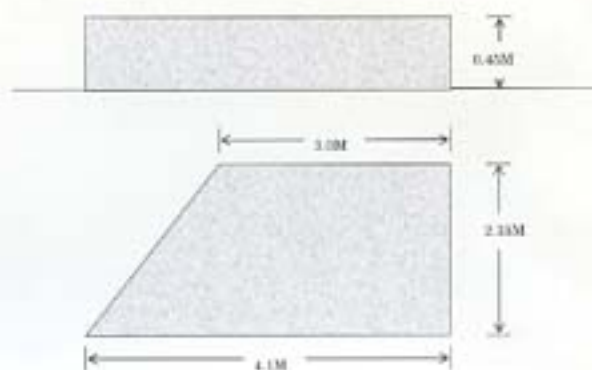


図-3 修正基礎ベースコンクリート平面図及び断面図



写真-4 基礎ベースコンクリート打設完了写真

#### 基礎の滑りに対する安全性の検討

$$F_a = (W \cdot \mu + C \cdot A) / H \geq 1$$

W: コンクリート重量	37.5 kN	$((3.0+4.1) \times 2.35) / 2 \times 0.45 \times 2.35 = 37.5 \text{ t} = 37.5 \text{ kN}$
$\mu$ : 摩擦係数 (岩とコンクリート)	0.6	
C: 地山の粘着力	100.0 kN/m <sup>2</sup>	
A: 底盤の面積	8.3 m <sup>2</sup>	$((3.0+4.1) \times 2.35) / 2$
H: 水平加重	300 kN	推進力 (別途計算)

$$F_a = (37.5 \times 0.6 + 100 \times 8.3) / 300 = 852.5 / 300 = 2.8 > 1 \quad \text{OK}$$

推進力850 kN (85 t) まで対応可能

これにより、滑りに対しては安全である。ただし、ここで使用した岩とコンクリートの摩擦係数は、平坦な状態でのものと考えられるため、地山に凸凹状態とすれば滑りは生じない。また、4辺が岩に密着するため、滑りに対して安全であると考えられる。

アンカー部における推進反力に対するコンクリートの支圧応力の検討

コンクリートの許容支圧応力

$$\sigma_{ca} = 0.3 f_{ck} \quad f_{ck} : \text{コンクリート設計基準強度 (18 N/mm}^2\text{)}$$

$$= 0.3 \times 18,000 \text{ KN/m}^2 = 5,400 \text{ KN/m}^2$$

支圧力が作用する面積は、H型鋼の上部フランジ部を除くウェブ及び下部フランジ面積とする。  
 $A = (0.20 - 0.012) \times 2.0 \text{ M} = 0.376 \text{ m}^2$

よって許容支圧は、 $0.376 \times 5,400 \times 2 \text{箇所} = 4,061 \text{ KN} > \text{推進力 } 300 \text{ KN}$  OK

また、H型鋼の許容せん断応力度 (SS400) は、板厚40mm以下の場合、

$$\tau_a = 800 \text{ kg/cm}^2 = 78.453 \text{ KN/m}^2$$

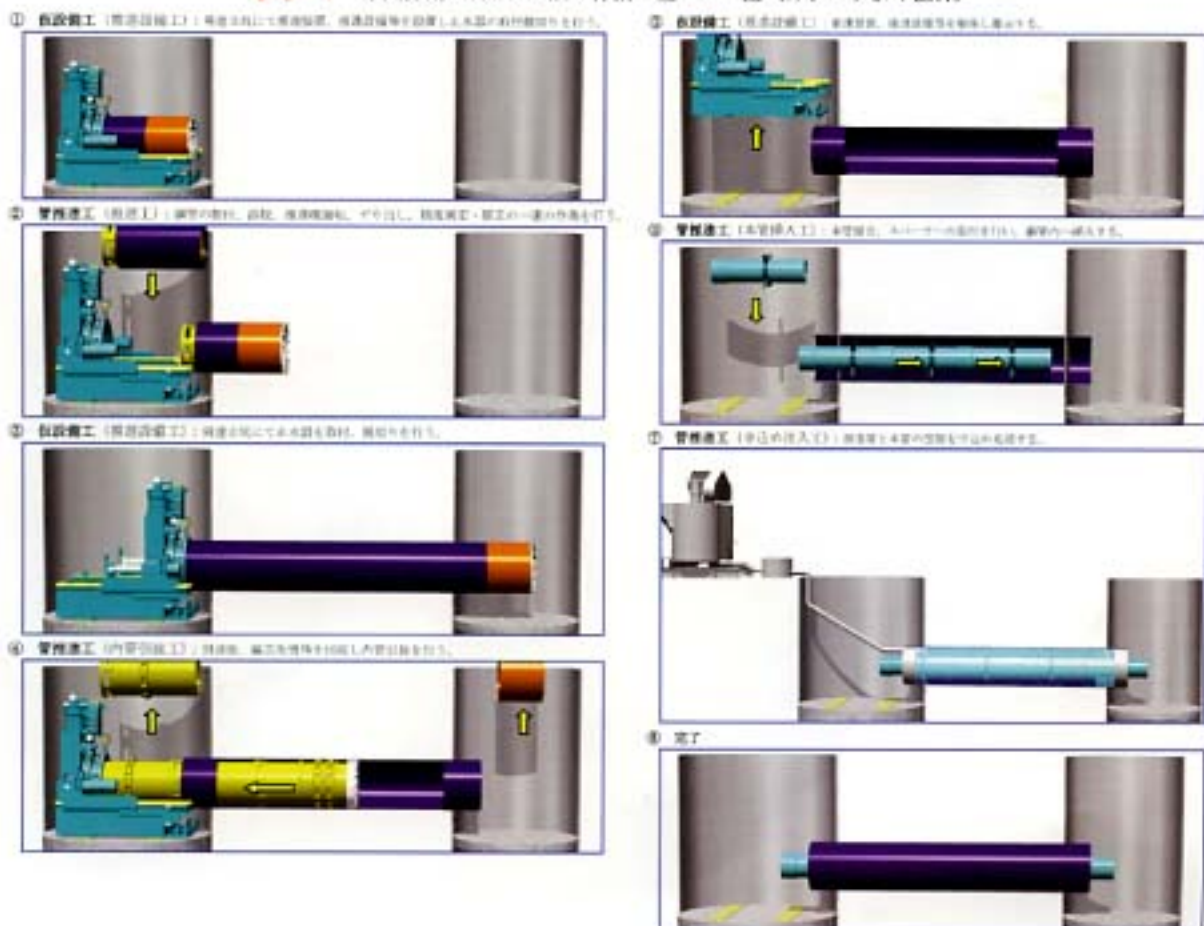
となり、推進力によるウェブに作用するせん断力は、

$$300 / 2 = 150 \text{ KN} < 78.453 \times (0.012 \times 2) = 1.882 \text{ KN}$$

となる。

以上の検討により、推進に対して安全である。

参考-1 今回採用したSH工法の作業工程フロー図 (カタログより抜粋)



偏芯推進力による回転モーメントでの支持応力の強化を図った。

### 3) 推進工

現場の土質は花崗岩で一軸圧縮強度は40MNm<sup>2</sup>程度でありSP掘削中の岩盤を見ると未風化部分もある事から刃先タイプは硬質岩盤用のチップインサート形式のトリコンビットタイプにし、到達のMPコンクリート切削においては外壁にライナーがある為と、MP内にこれ等掘削片を落とせない理由から、コア回収を目的としたメタルビットタイプを使用する事とした。一方推進機は工事の予定工程に少しでも合わせる為、立坑幅に少し余裕があったことから当初予定していた小型立坑用のSHM610型(回転トルク35t-m)を、推進力およびカッタートルクが一回り大きいSHM800-II型(同4.5t-m)に変更しベース及び押し金を一部若干改造し立坑長3mに合わせて投入した。また測量については、推進到達部分が外部からは全く見えないMP内のセンター位置であるので何度もチェックする必要があった。初期推進において最初からトリコンビットタイプを予定していたが岩盤が斜めに傾斜している為、振動による滑りで方向を維持できない恐れがあり急速メタルビットタイプに変更し初期の推進を行った。その後約1mでトリコンビットに交換、岩質は従前から風化している部分と未風化の部分があったが、交換する為引き抜いた初期推進時のメタルビットの損耗は、硬質岩対応ビットを使用したにもかかわらずかなり磨耗し以後掘削不能であった。これは風化部は柔らかくなく亀裂状態でありその点、その後交換したチップインサートのトリコンビットの耐磨耗率はかなり高く、残りの部分を交換もせずに(日進平均1m程度)推進できたことは、硬質岩盤ではやはり抜群の成績を残すと評価される。推進については今回フラットな底盤上の基礎コンであった為に計算から導いた許容下の推進力で運用されたが、最終MP到達の際の岩盤掘削の推進圧力は距離もある程度弱かったことから、予測通り30t~35t程度であった。ただ岩盤推進中に所々亀裂があり、推力を上げるとこの亀裂方向に方向を取られる現象があり推力を下げてかなり慎重に推進を行なわなければならなかった。その後MPのコンクリート外周部(L=19m地点)でこのトリコンビットを引き抜き、コア回収する為再度メタルビットに交換したが、この刃先交換できるシステ

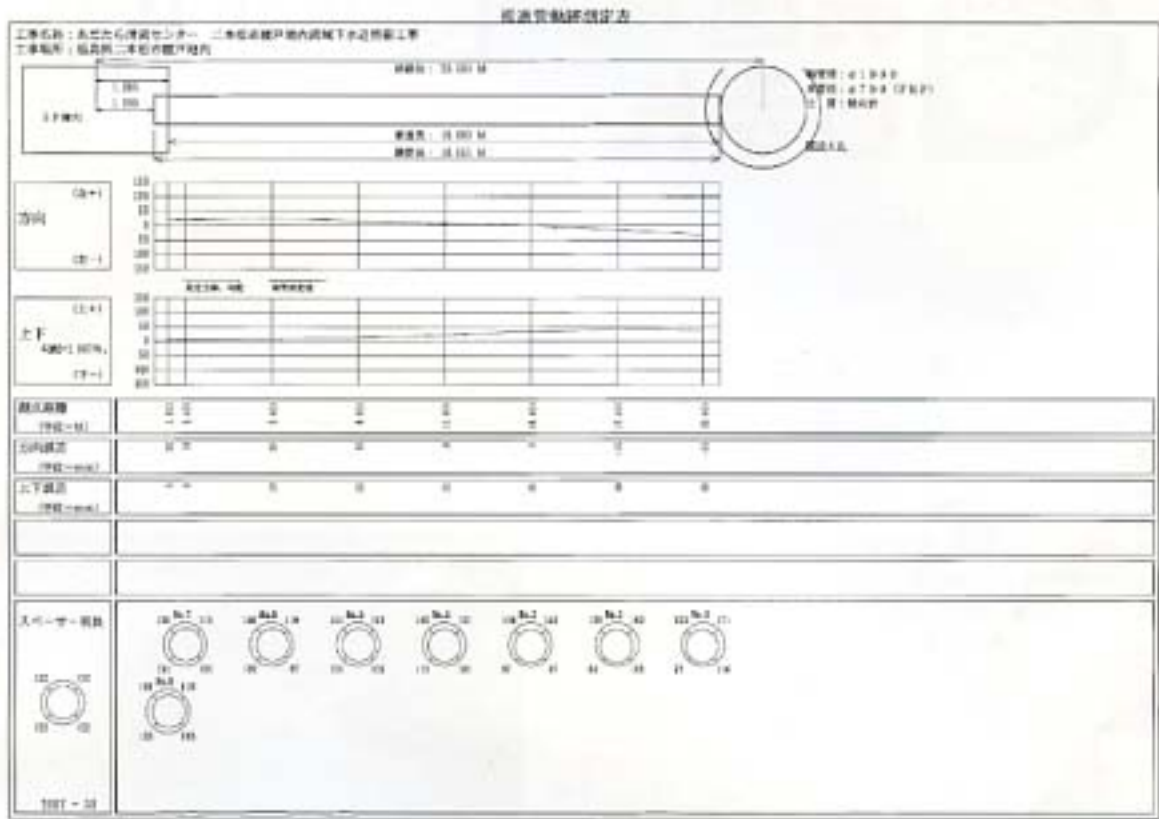
ムはかなり便利であり今回の条件には確かに当てはまった工法であった。交換後、細心の注意を払いながらMPのコンクリート壁を削孔した結果、写真-5のようにMP内のコンクリート壁にまさに埋め込まれたような状態に到達し、掘削コンクリート片の落下も皆無に近い状態でMPコンクリートコアを刃先内に回収し、内管のケーシングロッドを引き抜き推進を完了した。一番心配していた基礎のコンクリートについてであるが岩盤亀裂の削孔時、時々推進機が反トルクでショックを受けていたが、最後まで動く事もなく計算通り充分推力に耐えていて支圧壁を必要としない工法としての実力は実証できた。

### 4) 本管敷設

この工法は推進した鋼管内に本管を敷設する複合型であるので、推進鋼管の蛇行を測量し4枚羽のバンド(スパーサー)で本管を調整して敷設し、その後推進した鋼管と敷設した本管外の間隙をグラウト充填して完了する。ケーシングを引き抜き鋼管内を測量した結果、推進施工時における蛇行修正で鋼管は設定基準値内に収まっており、蛇行は別紙の通りであった。これに合わせてスパーサーを加工し本管敷設を行い間隙をグラウトし、本管敷設を完了した。結果については本管測量したが設計通り敷設されており満足を得られるものであった。



写真-5 M・P壁切削後到達したメタルビットタイプ刃先



#### 4. 全体感想

推進工事専門ではないので一般から見た推進工事の大体の流れをご紹介した。今回の工事で何回もおバとの協議を行うことで、非開削に興味を持ち始めお蔭様で多くの工法を知る事が出来た。当たり前のことであるが我々請け負う側はプロであり、顧客ニーズに合わせて工程期間の厳守を前提に飽えず推進工事がスムーズ且つ安全に行えるように全体のチェックに心がけた。また今回特に推進施工に関連する到達MP内の足場であるが、この地域一帯を受け持つ生きているマンホールである。設置する際は水位を低下させないと設置できず発注者側は我々施工業者、処理場管理者、運転委託業者との綿密な連絡調整を必要とし細心の注意を払った。ポンプが露出する寸前まで水位を低下させ、さらにその状態で15分～30分以内に設置しないとポンプが焼付く危険性があるのだ。話が余談になるが、ボルトひとつ落とせないそんな緊張する条件下に限って

作業員がクランプを手から…慌てた格好で辛うじて溜んだ瞬間、居合わせた全員が一瞬どよめきの声とすぐホッと胸を撫で下ろして安心した状況は、まさに優勝のかかったプロが最終ホールで30cmのパターを危うく…そんな心臓に悪い状況の感じに似ていた。また発進側はSP種の岩掘削工事で隣接していた為粉塵、騒音、輻射する作業に対する安全対策に苦勞した。しかし、結果的にはこの推進工事に携わった全員が目標達成に向け創意工夫しながら見事に数多くの難題な諸条件をクリアーして安全且つ経済的に施工を完了することができた。今後においては諦めかけていた困難な場所においてもこのような工法の持つ各利点を生かし、数多くの工法が更に改良され大いに採用されることを望む所である。

協力 (株)常磐ボーリング代表取締役 瀬谷陽一  
(株)ハンナンテックス  
取材協力 SHスーパー工法協会  
県中流域下水道建設事務所