

技術レポート5

US形ダクタイトイル推進管による 長距離推進工事

八戸圏域水道企業団工務部

計画課長補佐 大沢章宏

建設課技査 笹本民也

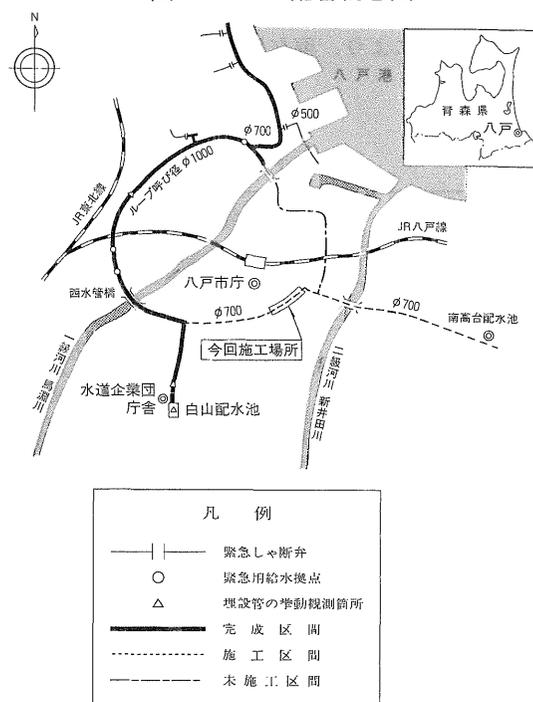
計画課技師 北城祐司

1. はじめに

八戸圏域水道企業団は、その前身である八戸市水道部時代の昭和43年十勝沖地震の被害を教訓として、数々の耐震化を進め、ループ幹線(図1)に昭和49年から全国に先駆けてS形ダクタイトイル鉄管を採用して以来、昭和61年末端給水型広域水道企業団として発足してからもその思想は継承され、その有効性は平成6年12月三陸はるか沖地震において実証された。そして、現在では導送配水管のすべてにS形・SII形等の耐震管を採用している。

今回、ループ幹線の一部となり、かつ、基幹施設である白山浄水場から南高台配水池間を連絡する送水管路の一部を施工するにあたり、交通事情、地下埋設物、土質(地盤)条件などの制約を受けながら、免震管路の特性を継承するための工法を模索した結果、推進工法用ダクタイトイル鉄管(呼び径800mm US形)による最長248.0mに及ぶ長距離直押し推進工法の採用に至り、施工を行った。

図1 ループ配管構想図



本稿では、それらの採用に至るまでの検討過程、施工実績について報告する。

2. 環境(施工)条件

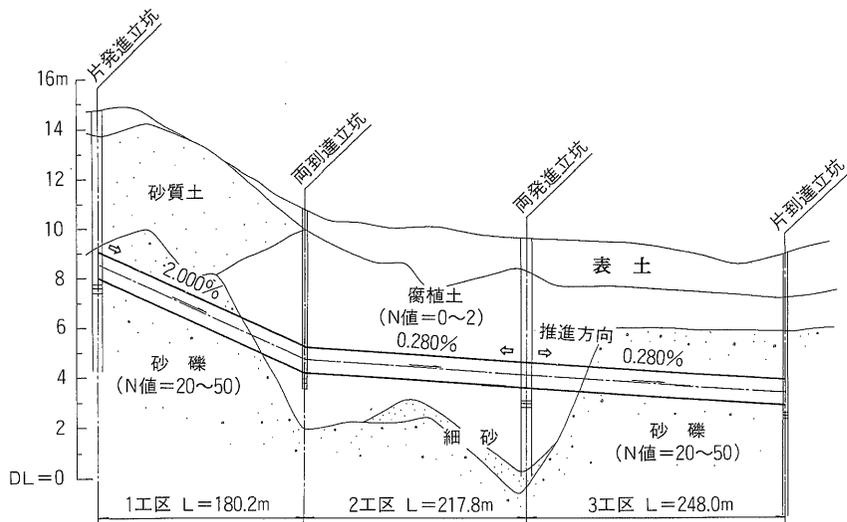
管種、継手、工法などの検討は、下記の施工条件のもとで行った。

- 1) 管路は、呼び径700mmS形ダクトイル鉄管で布設されたループ幹線で、配水池間を結ぶ重要な送水管路であるとともに、災害時には緊急貯水施設の機能を維持すること。
- 2) 市内中心街を東西に通る交通量の非常に多い幹線道路であるため、工事区域は4車

線中、1車線しか占用できない制約があった。

- 3) 上下水道管・ガス管・NTTケーブルなどが輻輳しているため、開削施工は困難である。
- 4) 予定路線の土質は、腐植土層と砂礫層からなり、腐植土層はN値0～2、含水比300～500%で、開削施工の場合、全線にわたり地盤改良などの補助工法を必要とする。また、砂礫層は、N値20～50以上、礫径は5～40mmが主体で、最大礫径は200mmである。(図2)

図2 地層断面図



以上の条件から、全線開削施工、交差点のみの推進工法による施工、全線推進工法による施工などについて検討した結果、開削による近隣家屋の損傷や交通に与える影響が比較的少なく、地下埋設物の下に布設できる推進工法を採用し、地盤が軟弱なため直線推進が可能で、かつ、近隣家屋や地形、交通などを考慮した最大推進可能距離となるように推進立坑位置を決定し、管種、継手などについての検討を行った。

3. 推進の方法および推進管の管種についての検討

- 1) 推進工法用の管種は、推進工法用鉄筋コンクリート管をさや管としてダクトイル鉄管を挿入する方法と、推進工法用ダクトイル鉄管を直押しする方法の2工法で検討した。この2工法を比較すると、さや管方式はより長距離の推進が可能のため立坑数が少なく、交通に与える影響が比較的少ないが、経済比較した場合1.6倍と高価になる

ため直押し方式とした。

- 2) 管路は呼び径700mmS形であるが、US形推進管の最小規格呼び径が800mmであるため、呼び径800mmUS形推進管とし、この管は継手部の曲げ剛性が大きいいため、カーブ推進の採用は困難と判断し、直線形とした。
- 3) 鉛直方向荷重に対する推進管の管厚は、水圧・土圧などの鉛直方向荷重がすべて同時に作用するとした管厚計算式から求め、9.7～9.9mmとなり、4種管 (T=10.0mm) で設計管厚を満たし、推力に対する許容抵抗力は490tfである。推力の安全率を1.25 (許容抵抗力の8割) と設定すると、推力は392tf以内となり、地質によっても異なるが、推進可能距離は233mとなる。そこで、推進距離の長距離化を図るため、また、送水管路の重要性や施工時の安全性を鑑みてグレードをワンランク上げ、3種管 (T=11.0mm) とすると、許容抵抗力は590tfで、安全率を考慮した推力は472tfとなり、計算上、推進距離は282mまで可能となるため、3種管を採用することとした。
- 4) 推進管の管長については、推進工法用ダクタイトル鉄管の規格は6m管と4m管の2種類あるが、最近の推進技術の向上と立坑築造費も加味した経済比較の結果、継手数の少ない6m管を採用した。

以上の検討から、推進工法による施工として、近隣家屋や交通に対する作業ヤードの位置などを考慮し、180.2m、217.8m、248.0mの3スパン、立坑数4カ所の長距離推進とし、使用管種は推進工法用ダクタイトル鉄管と決定した。

4. 継手についての検討

今回、施工を行う管路は呼び径700mmS形によるもので、重要度の高い管路であるため、当初求めた機能は、US形推進用管であってもS形と同様の機能 (伸縮量 管長の±1%) であ

る。しかし、呼び径800mmUS形にその機能を持たせた場合、通常のUS形においてもP寸法がS形と比較し75mm長いものが、さらに管長の2% (120mm) 長くなり、P寸法が525mm必要となり受口形状が巨大化し、管の製造上、精度の確保が非常に難しくなる。そのため、伸縮量は管長の1%とし、その1%の配分について+1% (伸びのみ) と±0.5% (伸び・縮み) の2種類として検討を行った。(図3)

- (1) 管長の+0.5% (伸び) ・ -0.5% (縮み) の伸縮量とした場合の施工性

伸縮量を±0.5%とする場合、推力伝達のためのディスタンスピースを継手部内面に挿入し、ディスタンスピース分の隙間の空く外面には、土砂流入防止装置を設け、-0.5% (縮み) の伸縮量を確保するもので、推進完了後、裏込め注入作業の前にディスタンスピースを撤去する。

- (2) 管長の+1% (伸び) ・ -0% (縮み) の伸縮量とした場合の施工性

通常の施工方法で、推力は外装フランジから受口端面へと伝えられ、(1) のような作業は伴わない。

検討 (1) N値0～2の軟弱層において、地下に堆積しているきわめて含水比の高い腐植土の圧密現象が原因で、管路は平常時でも沈下し、軸方向への抜け出しが生じると考えられる。

検討 (2) 前検討より地震時の伸び余裕量を多く確保するために伸縮量を伸び側の+1%にした場合、圧縮力に対しては管の耐圧縮力で対抗する。この場合、地震時に継手部に作用する圧縮力は地震波の1/4の長さ土の摩擦力に相当し、次式にて計算できる。

$$\text{継手に作用する圧縮力} = foL/4$$

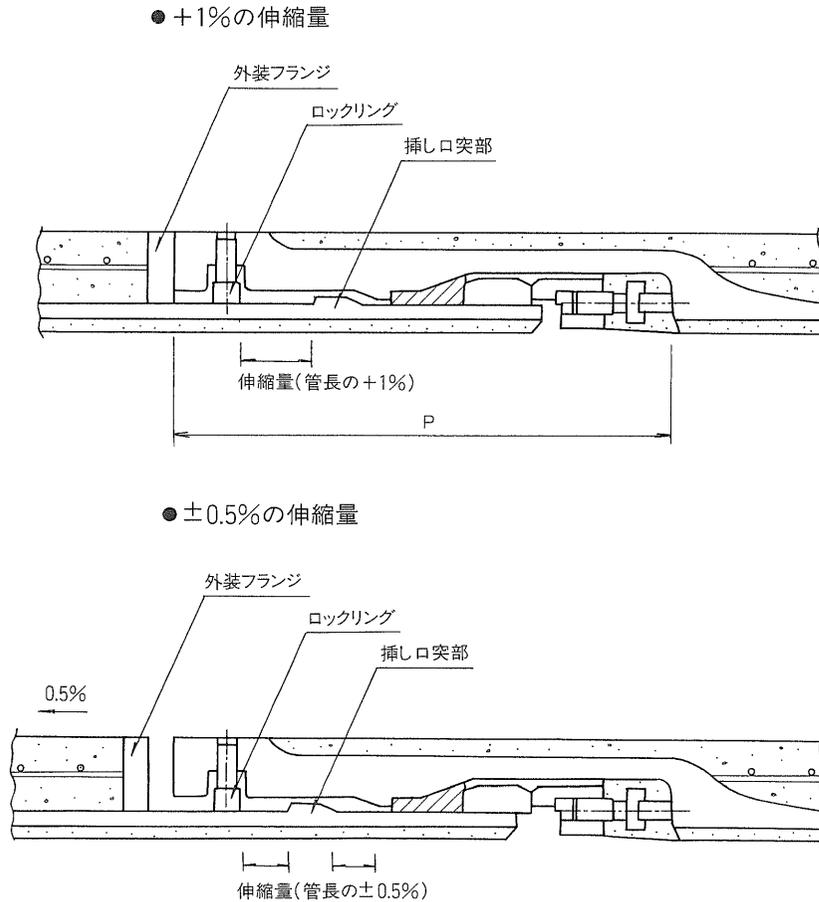
$$= \mu \pi DL/4000$$

$$= 0.075D \text{ (tf)}$$

ただしfo: 管1m当たりの管と土の摩擦力

$$(= \mu \pi DL/1000\text{tf})$$

図3 推進工法用US形継ぎ手構造図



μ : 管と土の単位面積当たりの摩擦力
(=1tf/m²)

L : 地震波の波長 (=100m)

D : 管の呼び径 (mm)

今回用いる推進管は呼び径800mmであるため、最大60tfと計算されるが、3種管の耐圧縮力は、推力に対する許容抵抗力に相当し、590tf (0.74Dtf) で約10倍となるため強度上の問題はないと考えられる。

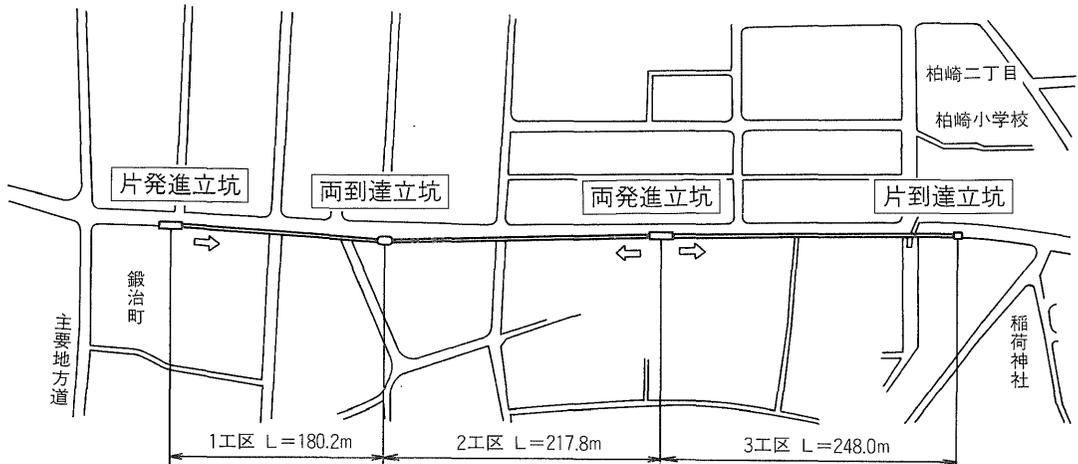
検討 (3) 伸縮量が±0.5%の場合、推進完

了後、外面の推進用の滑剤をセメント系の裏込め剤に置き換えるが、その際にセメント分が土砂流入防止装置の中に入り込む可能性があり、縮み側の伸縮量が期待できない恐れがある。

以上の検討から、本工事における管継手の伸縮量は、軟弱地盤による管路の沈下・地震時の管路の挙動などを考慮し、管長の+1%、-0% (伸び側のみ) にて施工することとした。

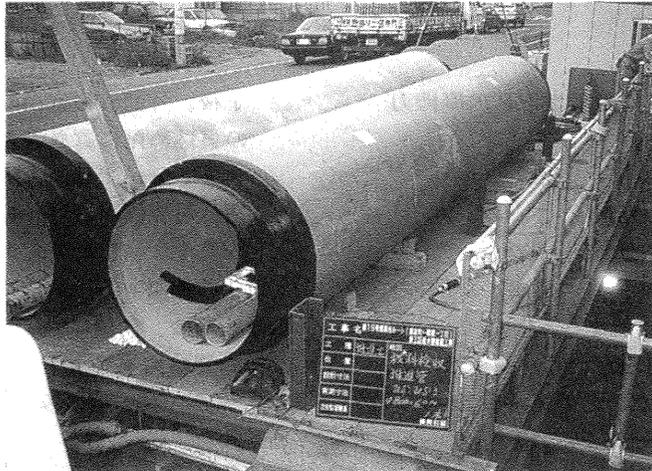
5.工事の概要(図4・平面図)

図4 推進工平面図



- | | |
|--|--|
| <p>①工事件名：南高台ルート（鍛冶町～類家一丁目）東工区・西工区送水管
推進工事</p> <p>②工事期間：平成8年3月22日～平成9年2月14日</p> <p>③施工箇所：青森県八戸市鍛冶町～類家一丁目 地内</p> <p>④工事内容：泥水加圧推進工
施工延長3スパン646.0m</p> | <p>（180.2m、217.8m、248.0m）
立坑 4カ所
開削工 施工延長246.7m（59.7m、187.0m）</p> <p>⑤使用管種：呼び径800mm推進工法用ダクタイトイル鉄管（一部UF形）呼び径700mmS形およびKF形ダクタイトイル鉄管（一部呼び800mm）
（写真1）</p> |
|--|--|

写真1 推進工法用ダクタイトイル鉄管US形呼び径800mm



6. 施工

1) 立坑、推進深度および傾斜

立坑、推進深度および傾斜を表1に示す。

立坑設置位置は、軟弱地盤あるいは高地
下水位のため、坑口前面および底盤の地
盤改良を行った。

表1 立坑

	発進立坑	到達立坑	推進深度および傾斜
第1工区	鋼矢板10.0×2.8×7.4m	ライナプレート5.5×3.0×6.6m	5.5～6.2m、2.00%
第2工区	鋼矢板10.8×3.2×6.4m		5.0～5.5m、0.28%
第3工区		鋼矢板3.2×2.8×6.4m	4.5～5.2m、0.28%

2) 推進機

推進機的主要能力を表2に示す。

今回採用した推進機は、1工程の泥水加圧式であるが、前出の土質条件に対応するため礫対応型の掘進機を採用し、下水道管や水路の基礎松杭が予想されたため、流木に対応できるビットを付加し使用した。(写真2、3)

表2 推進機能力

	推進力	最大ストローク	カッタートルク
第1工区	800tf	1.0m	6.7tf-m
第2・3工区	600tf	3.0m	4.2tf-m

写真2 掘進機（腐食土層用カッターヘッド）

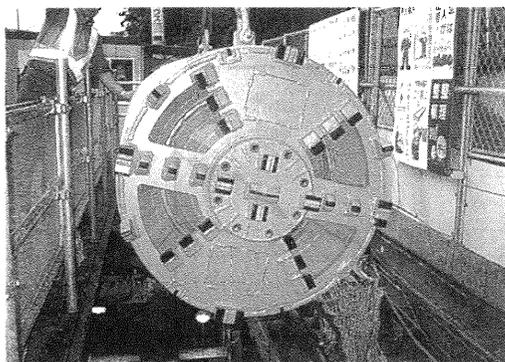
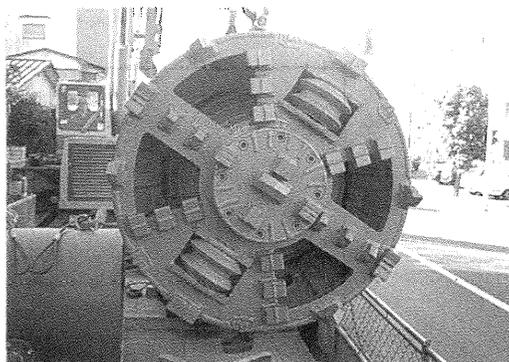


写真3 掘進機（砂礫層用カッターヘッド）



また、本機は下水道推進管用のため、掘進機外周に9mmの鉄板を巻き、US形推進工法用ダクタイトイル鉄管に対応できるように改造した。

3) 推進力および精度

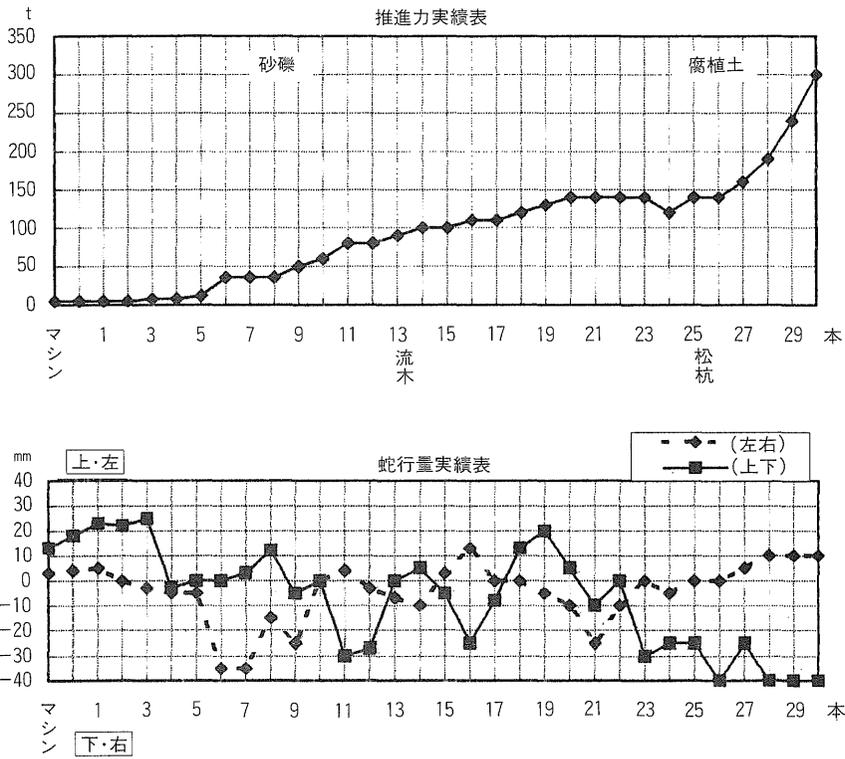
推進力および蛇行量の実績を表3に示す。

①推進力

実績推進力は全体的に計算値を下回る値で推移した。それは、オーバーカッタービットによるオーバーカット（推進管外径973mmに対し掘進機外径1008mm・写真4）と、一液型の高分子溶液の滑剤の積極的な注入の効果があったものと思われる。

表3 推進力実績表蛇行量実績表

1工区



2工区

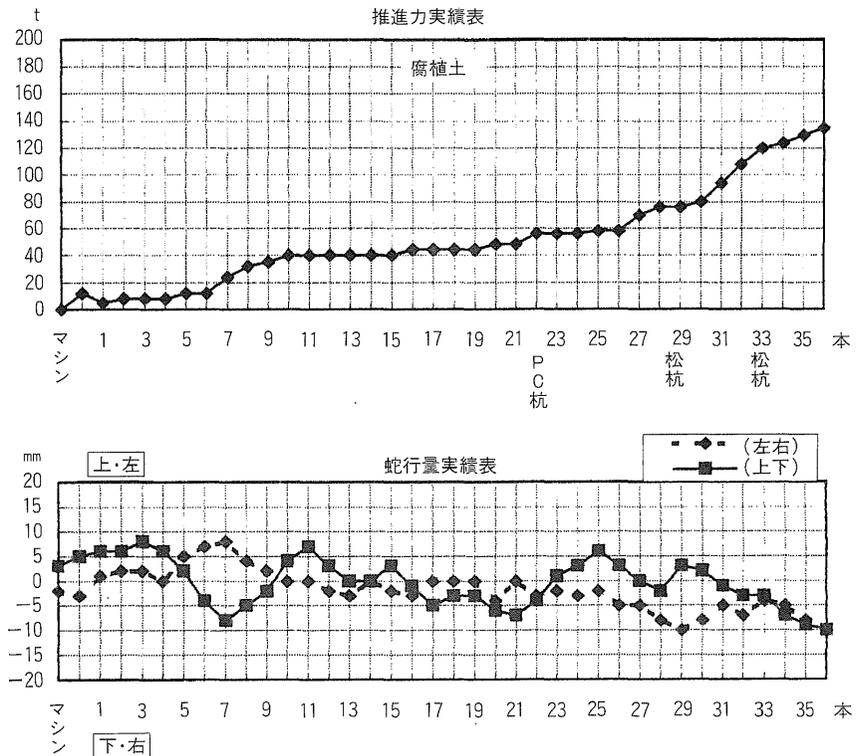
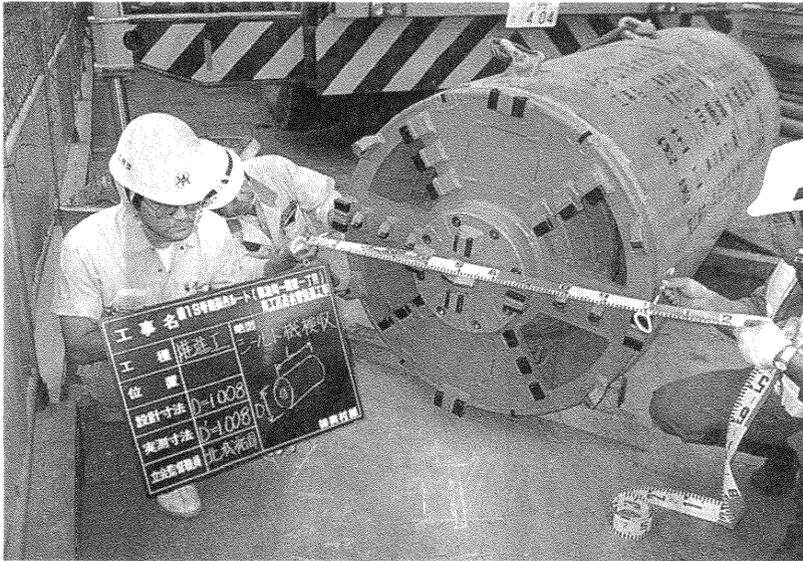


写真4 掘進機（外径呼び径1008mm）



②精 度

今回採用した推進機械は、発進立坑側の中央操作盤にてすべて遠隔制御する方式である。方向の制御は、掘進機後部に設置されたテレビカメラによってテレビモニターに映し出された泥水圧力計などの計器類や発進立坑から推進の中央線に照射されたレーザーがターゲットのどの位置にあたるかを確認しながら行った。また、推進速度、泥水の圧力・流量、滑剤注入などの管理も中央操作盤・油圧ユニットにてすべてリアルタイムで制御することができた。そのことにより、良好な到達精度を得ることができ、心配された両到達立坑内における接続も支障なく行うことができた。

(表4、写真5、6、7、8)

写真5 掘進機据え付け状況

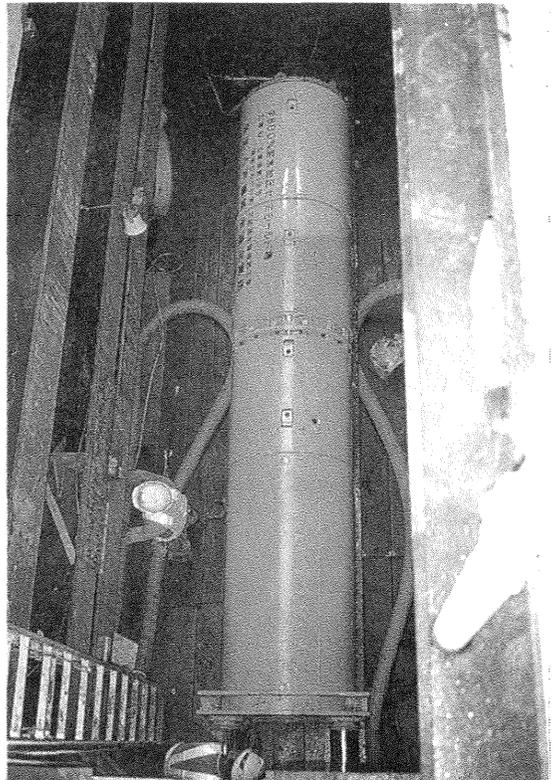


表4 推進力および到達精度実績表

	推進力 (tf)		到達精度 (mm)	
	計算値	実績値	上下	左右
1工区 (180.2m)	344	300	下40	左10
2工区 (217.8m)	445	135	下10	右10
3工区 (248.0m)	417	160	上16	右15

写真6 推進状況

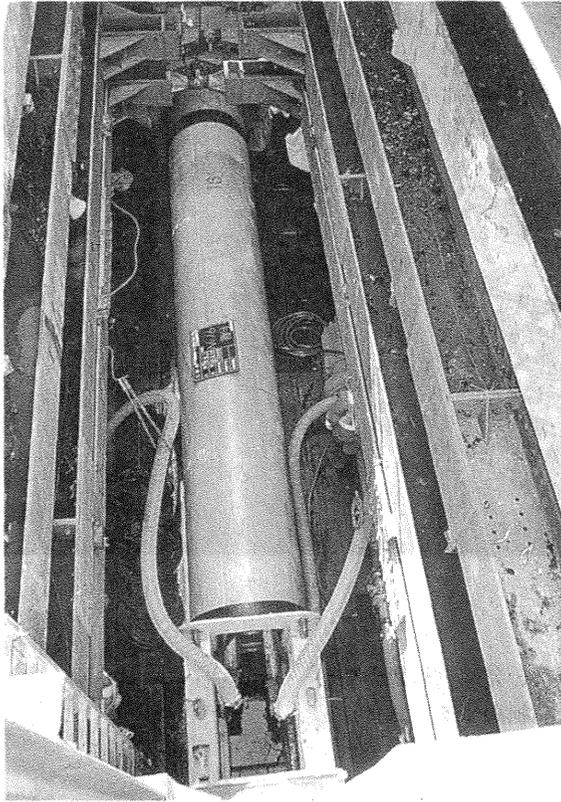


写真7 到達状況（腐食土層側）

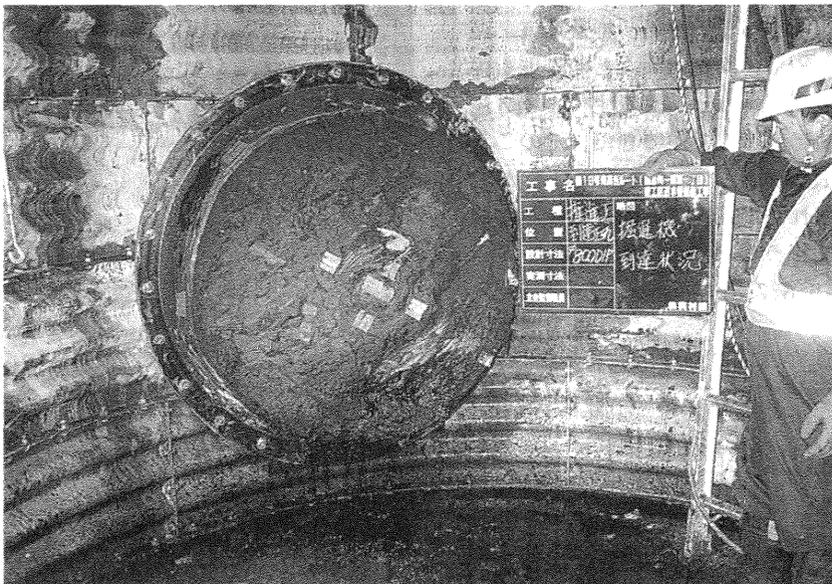
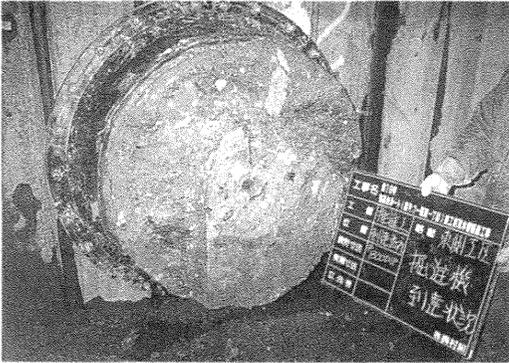


写真8 到達状況（砂礫層側）



③地盤の沈下

推進による地盤沈下の有無の確認のため沈下測量を行ったが、全線にわたり沈下は見られなかった。

7.おわりに

S形鎖構造の管路上で、いかに耐震性を継続させるかという点に重点を置いて検討をし施工を行ったが、全国的に見てもまれなケースで計画の段階から苦慮したが、US形推進工法用ダクトイル鉄管による長距離推進工事は、地元対応、交通事情、軟弱地盤および礫地盤に対応した施工面などにおいて適切な選定であったと思われ、懸念された6m管という通常の推進管よりも長い管による方向修正も特に支障なく行うことができ、施工結果も予想以上の成果を得て無事終了した。

今後、地方都市でも都市化が進み、工事には多種多様な制約が課せられ、施工条件が厳しくなり、今回のような長距離による推進工事が増加すると予想されるが、その際、本報告がなんらかの参考になれば幸いである。

最後に、今回の推進工事を無事故で施工された工事関係者および支障物件の移設など、ご協力いただいた関係各位に感謝する次第である。