

## 可能性に挑戦するアルティミット工法

### —JR北陸本線を横断する長距離・急曲線推進の施工—

えのきその しやういちろう  
榎園 庄一郎

飛島・加賀・酒井特定建設工事共同企業体  
金沢浅野推進作業所所長  
(飛島建設㈱)



いはら しんべい  
伊原 進平

機動建設工業㈱  
北陸営業所工事課  
課長補佐



#### 1 はじめに

下水道をはじめとする管路の非開削技術である推進工法は、適用範囲の拡大・コストダウン・路面交通への影響軽減などの社会ニーズに応え、今や管路の埋設工法になくはならない存在になっている。近年では長距離・急曲線推進技術の開発によってその適用範囲を飛躍的に拡大し、長距離化の面では1スパン1,000m以上の施工が要望されている。推進工法は、先導体の掘進機で前面地山を掘削し、後続の推進管にて推進力を伝達して前進する工法であり、到達するまで管列全体が移動する工法である。そのため、推進中は、推進管外周面を潤滑層として保持しなければならず、長距離化に伴う時間経過に対しては特に留意して、掘削外径を大きくしたり継続的な滑材注入を行ったりすることによって、対処しているのが現状である。

しかし、土質の変化や地下水の変動などの原因で推進管外周の状態を均一な潤滑層として長期間保持することは困難であり、推進工法の長距離化は理論(推進力計算)上は半無限であっても、実施工的には1,000m程度が限界と考

えられる。

また、推進工法の唯一の弱点ともいえる管列全体の移動による周辺地盤への影響懸念については、自動滑材注入システムなどの孔壁保持対策によらなければならない、オーバカットの必要性和相反して根本的な対策にはいたっていないのが現状である。

そこで、従来の推進工法では困難と考えられる1スパン1,000mをはるかに超える超長距離推進を可能にするため、到達するまで管列全体が移動するという既存概念を抜け出して開発された「二重管推進工法」を紹介するとともに、先般施工した事例を以下に報告する。

#### 2 二重管推進工法の構成

本工法の基本的な構成は、推進管の外径に合わせて掘進径を変更できる掘進機と管径の異なる2種類の推進管および管外周の潤滑層を確実に保持するための滑材注入システムよりなる。

推進線形は、使用する推進管の継手構造により異なるが、外管に溶接継手の鋼管を使用する場合は、少なくとも発進立坑側の二重管部分は直線として、それ以降の内管推進部分は曲線を設け

ることが可能である。

#### 2.1 掘進機

本工法に使用する掘進機に要求される性能としては、以下のとおりである。

##### (1) 長距離推進施工

1スパンの推進延長が1,000m以上になることも考慮して、掘進中は作業員が管内に立ち入る必要のない機械式密閉型の掘進機構を備えた遠隔操作型の掘進機を基本とする。また、排土および管内残土搬送についても同様に機械的に連続排土可能な機構とする。

##### (2) 掘削外径の変更

路線前半の外管推進部と後半の内管推進部では推進管外径が異なるため、不必要な余掘りを行ったり必要な掘削径を確保できなかったりしないために、適宜掘削外径を変更する必要がある。

そのため、推進途中で掘進機のカッタの切削外径を遠隔操作で変更できる機構を備える。

##### (3) 内管および

##### 掘進機のスムーズな抜け出し

掘進機は、外管推進時には外管と緊結された状態で推進力を受け、内管推進開始時には内管によって推進力が伝達されてスムーズに押し出される機構が必要である。

そのため、機内から着脱可能な特殊アダプタを掘進機後端部に装備し、外管からの抜け出しを可能にする。

## 2.2 推進管

本工法で使用する推進管のうち、内管は推進管として一般的なヒューム管を使用し、外管は基本的に鋼管を使用する。

その理由としては、内管推進時と外管推進時の切削外径の差をできるだけ小さくして不必要な掘削をせず、なおかつ土圧・水圧などに対して十分な安全を確保するためである。

外管内面は、内管がスムーズに通過できるように、できるだけ平滑でなければならないため、継手は突合せの溶接継手とする。

二重管の隙間（内管外径と外管内径の差）は、できるだけ小さく設定するが、土荷重などによる外管のひずみ・外管および内管の製作誤差などに余裕を加えて決定する。

また、先頭管には、内管との隙間から土砂などの流入を防ぐためのパッキン（ワイヤブラシ）を取付ける。

## 2.3 滑材注入

本工法の二重管部では、土荷重は外管によって保持され内管には影響を及ぼさないため摩擦抵抗は格段に小さくなり、滑材の散逸や劣化もほとんど発生しないと考えられる。

二重管部の隙間には、高粘性の滑材（アルティ K）を事前に注入し、内管の推進時には若干の補足注入程度で十分と考える。

また、外管推進時の推進抵抗については留意する必要があるため、自動的に滑材注入を継続しなければならない。

そのため、先頭管からの一次注入と後続の管列からの二次注入を併用して管外周部の潤滑層を確実に保持するとともに、外管推進が完了すれば直ちに裏込め注入を行い、周辺地盤の安定を

図る。

路線後半の内管推進部も同様に自動滑材注入システムを使用して管外周滑材層を確実に保持する。

## 3 施工事例

### 3.1 工事概要

本工事は、雨水流出抑制対策の一環として浅野ポンプ場系統他滞水池に下水を取り込むための管路敷設工事（ $L = 604.3\text{m}$ ）である。線形は、1 スパン目は JR 北陸本線を横断して道路下を約 340m 直進した後、曲線半径  $R = 50\text{m}$  で県道 159 号線下に入り、約 120m 直進して到達するという長距離・急曲線の線形（ $L = 596.45\text{m}$ ）である。2 スパン目は同じ発進立坑から約 55.8m 直進して曲線半径  $R = 20\text{m}$  で浅野ポンプ場内に向けて到達する急曲線の線形（ $L = 55.8\text{m}$ ）となっている。

本稿においては、二重管推進施工で長距離・急曲線の第 1 スパン目について報告する。

#### 【工事概要】

工 事 名：平成 23 年度浅野 2 号幹線  
管渠築造工事

発 注 者：金沢市公営企業管理者

請 負 者：飛島・加賀・酒井特定建設  
工事共同企業体

施工場所：金沢市京町ほか 4 町地内

工 法：二重管推進工法（泥水式）

推進管径：外管  $\phi 1,300\text{mm}$

鋼管さや管

内管  $\phi 1,000\text{mm}$

ヒューム管

推進延長：外管  $L = 75.5\text{m}$

内管  $L = 596.45\text{m}$

曲線半径： $R = 500、50、150\text{m}$

土 被 り： $6.8 \sim 8.0\text{m}$

土 質：砂礫

### 3.2 工事の特異性

本工事の第 1 スパンは、土質は砂礫

層で推進延長は 596.45m と長距離・急曲線である。施工は発進直後に鉄道横断施工があり、横断後の長い推進施工から線路管理等が長期間に及ぶことから、その課題を解決するために二重管推進工法が採用された。

以上のような土質条件、施工条件で安全確実な推進施工を行うために、施工前に綿密な事前検討を行った（図 1～4・写真 1）。

#### （1）長距離推進

##### ①長距離推進の課題

長距離推進では、滑材の散逸や劣化により推進管外周面と地盤との摩擦抵抗力の増大が懸念される。また、曲線施工では推進力の曲線外側方向への分力による管外周面との摩擦抵抗力が付加される。本工事では、長距離で曲線推進となるため、非常に大きな推進力の増加が想定された。このような推進力の増加は、トラブルの要因となり、推進管の破損や周辺地下構造物への悪影響が懸念される。

##### ②長距離推進の対応結果

事前検討では、計画推進力が推進管の許容軸方向耐荷力より大きくなることから、2 箇所の中押装置が必要となったが、長距離での万が一の不可抗力等による長期間の推進停止にも対応できるように、4 箇所の中押装置を計画した。また、第 2 中押装置は曲線（ $R = 50\text{m}$ ）でも使用できるように特殊中押装置を配置し掘進を開始した。

しかしながら、安全で確実な推進施工を実施するためには推進力を低減させることが最も有効な対策となる。このことより、推進力を低減させるために一次・二次注入を基本としたアルティミット滑材注入システム（ULIS）を採用した。アルティ K は推進管の間に注入することで、より大きな周面抵抗力の低減を図れ、ULIS により二次注入をすることで滑材の劣化も抑制することができる。



結果として計画推進力9,500kNに対し2,800kNと計画推進力の約30%で到達でき中押装置を使用することなく到達することができた(図-5)。

## (2) 二重管推進

### ①掘削外径変更への課題

軌道横断対策として、二重管推進を適用しており一工程目に1,300mmの鋼

管で掘進を行い、二工程目に1,000mmのヒューム管を掘進するため推進管外径が異なり、それぞれにおいて掘削外径を変更する必要がある。

### ②掘削外径変更への対応結果

一工程目の鋼管外径が1,300mmでヒューム管推進時は1,200mmとなるため鋼管推進用に拡張ビットを取付け掘進機機内で操作して掘削外径の調整を行った。発進坑口は二重構造として一工程目では1,300mm鋼管用の坑口を取付けヒューム管推進時は、1,000mm用の坑口を鋼管内に取付けた。

### ③ヒューム管挿入時の蛇行

鋼管内径が1,262mmでヒューム管外径が1,200mmだったため、挿入時に鋼管内でローリングやヒューム管の蛇行が考えられた。



写真-1 No.1発進ヤード 全景

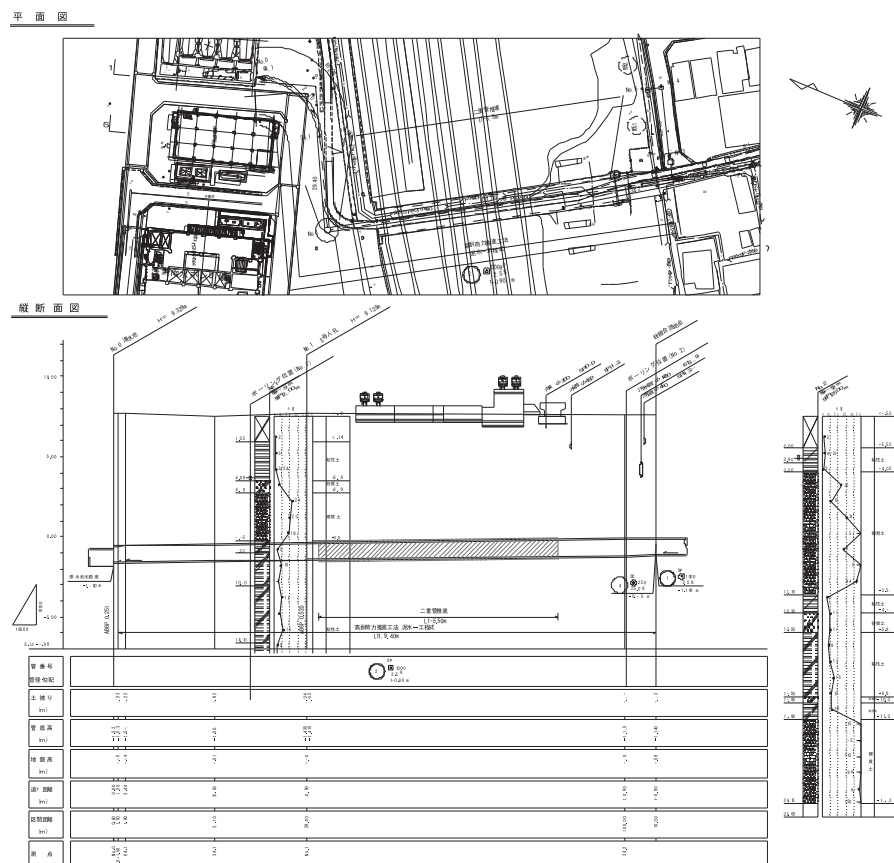


図-3 二重管推進部 平面・縦断面図

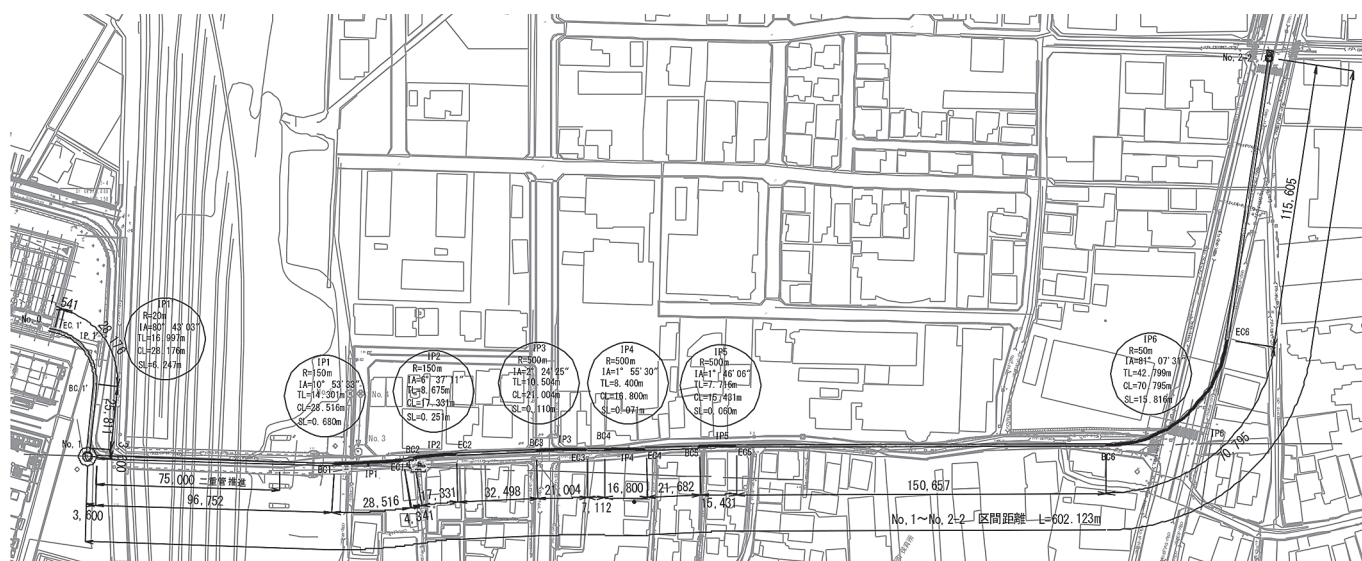


図-4 推進管路平面図

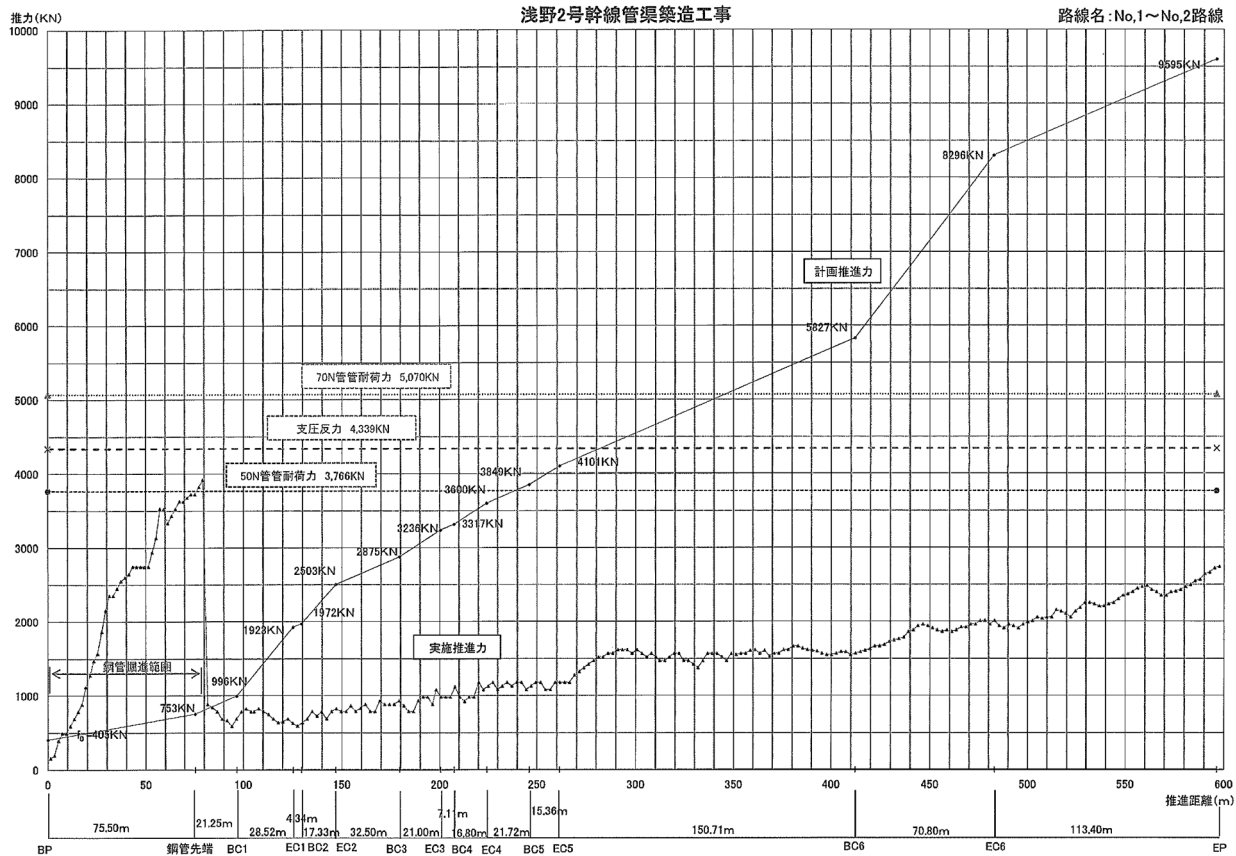


図-5 推進力管理図

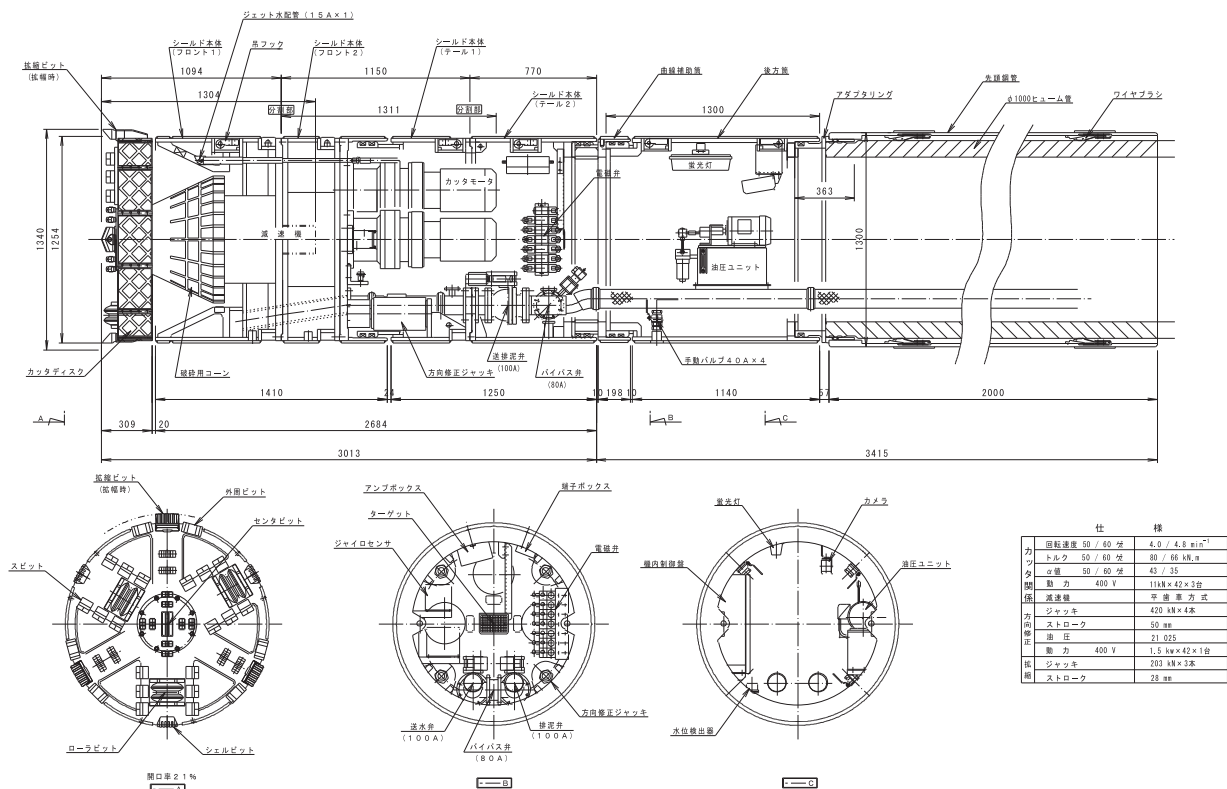


図-6 泥水式掘進機

## ④ヒューム管挿入時の蛇行対策結果

裏込め注入完了後に鋼管内を計測し、鋼管内の変位量にあわせ2種類の丸鋼を取付け挿入レールとして設置した。ま

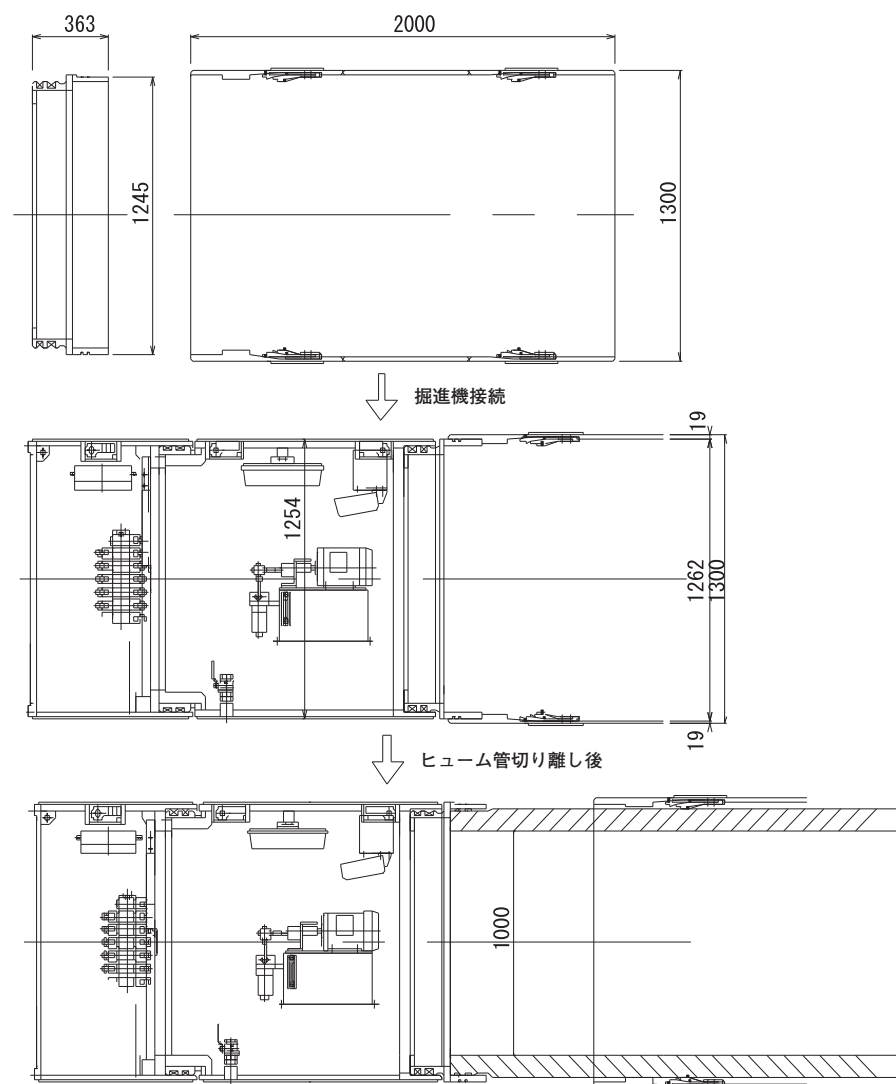
た、後続管が鋼管内を通過するのに支障がないように鋼管内のグラウト注入孔は、セメントで閉塞し突出した部分は全て研磨した。先頭管においては、ワイヤ

ブラシを通過する時にゴムパッキンを損傷する可能性があったため養生リングを取付け損傷することなく通過することができた（図－6、7、写真－2～6）。

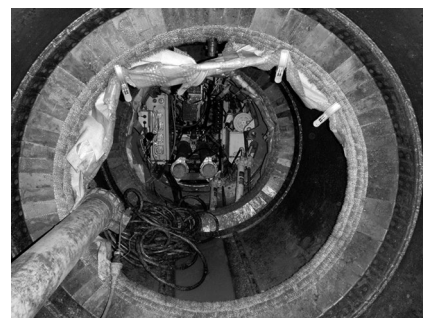
## 3.3 推進時に障害物と接触

### (1) 鋼矢板と接触

鋼管推進において約80m付近を通過時に1回目の地中障害物に接触し調査を行ったところ、残置鋼矢板が確認された。接触した場所は、JR北陸本線の高架下で重機による引抜きができなかったため、鋼材を組み合わせ30tジャッキを利用して障害となる部分を引



図－7 掘進機切り離し概略図



写真－2 先頭管（ワイヤブラシ）



写真－3 先頭管ゴム養生リング取付け状況



写真－4 鋼管内レール材取付け状況



写真－5  $\phi 1,000\text{mm}$ ヒューム管挿入状況



写真－6 掘進機・ヒューム管接続状況



写真-7 鋼管推進状況 [参考資料]



写真-8 ヒューム管推進状況 [参考資料]

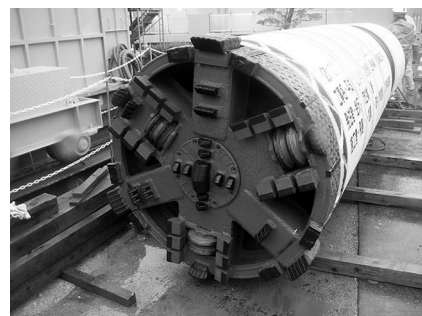


写真-9 φ1,000mm 掘進機搬入時  
[参考資料]

抜いて通過させた。

次に、鋼管を切離し後、約20m付近を掘進時に2回目となる障害物と接触し、再度調査したところ昭和50年代に施工した下水道工事の残置鋼矢板が確認された。鋼矢板は地上より引抜くことができた箇所もあったが、下水管路下の矢板は引抜くことができなかった。そのため周辺地盤を改良し刃口式推進工法で切断撤去作業を行った。それに

よって当初予定していた工期より協議・計画も含め半年近く多くかかり掘進を開始した。

しかしながら、今回は掘進して75m区間が二重管推進部だったため、長期間による地山の締め付けもなくJR北陸本線部分は鋼管で固定されているため軌道への影響もなく障害物撤去後は問題なく推進工事を完了することができた(写真-11～14)。

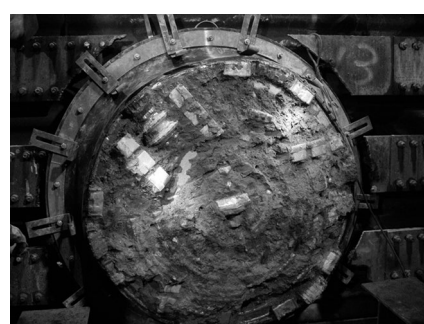


写真-10 掘進機到達状況 [参考資料]



写真-11 第1回目障害物撤去状況  
(JR軌道高架下)

#### 4 おわりに

本工事は、推進開始してすぐにJR北陸本線の横断箇所があり通過後約500m掘進して到達するという特殊な条件に加え、推進障害物の影響もあり線形変更を行ったため、曲線箇所も3箇所から6箇所へと増え計画当初は綿密な計画と検討を行った。その結果、こ

れらの検討結果が全て活かされ軌道や周辺環境にも影響なく工事を完成することができた。また、軌道下通過後は度重なる障害物への接触に苛立ちを感じながらも諦めることなく挑戦し続けたことも完成できた要因のひとつだと考えている。

最後に、本工事の施工にあたり多大なる御支援と御協力をいただいた皆様に謝意を申し上げて結びとしたい。



写真-12 第2回目障害物撤去状況  
(下水マンホール部)



写真-13 第2回目障害物撤去状況  
(下水管路部)



写真-14 第2回目障害物撤去状況  
(下水管路部)