

解説

水道事業における 縦断推進工法の活用事例

ふたづか やすゆき
二塚 保之
機動建設工業(株)
北陸支店営業部長



1 はじめに

近年の水道ならびに下水道事業を取り巻く環境は、「老朽化対策」「耐震性向上」「技術者や事業費の確保」など、ますますその厳しさを増し、様々な課題に取り組むことが強く求められています。このような社会情勢において昨年4月1日から上下水道行政のうち、環境省が所管する水質基準策定等を除く主要な業務については国土交通省へ移管され、国土強靱化に伴っての「災害対応等の危機管理体制の強化」「利用サービスの向上」の促進が期待されています。これらを実現させるためには、上下水道双方の技術や知見を活かした新技術の開発と導入が必要と考えています。

このような社会的背景のもと、本稿では、石川県の水道事業における推進工法の活用事例を紹介します。

2 石川県の県水送水管耐震化事業(2系統化)

2.1 事業概要

石川県では、昭和55年(1980)に手取川ダムに1日最大44万 m^3 供給可能な水源を確保し、現在、1日最大24.4万 m^3 供給可能な施設で、北は七尾市から南は加賀市まで、送水延長約188kmで9市4町(県域19市町のうち13市町)に水道用水を供給しています。施設の耐震化は、平成7年の阪神淡路大震災を契機に、

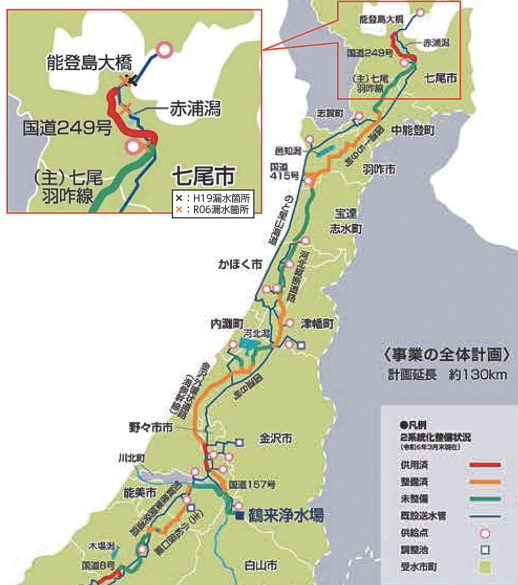
これまで地上部の浄水場や調整池、水管橋など主要施設について順次実施し耐震化を終えていますが、地下埋設の送水管については、1系統であるためなかなか耐震化に着手できず、耐震管は全体の約4割、大半が供用開始以来30年以上経過し老朽化も進んでいる状況でありました。

このような状況下、平成19年(2007)能登半島地震(3月19日午前9時41分、震源：能登半島沖、M6.9、輪島市で震度6強)で七尾市内の送水管の接手がはずれ、広域で断水する被害が発生しました。これにより災害時にも安定して水道用水を供給することの重要性が改めて認識され、平成22年(2008)より新たに別ルートでかつ耐震性の高い水道管(NS形ダクタイル鋳鉄管)を整備する事業がスタートしました。

全体延長約130km、総事業費約860億円、事業期間約20年の大規模な事業です(図-1)。

2.2 事業実施に当たっての課題

県水送水管耐震化事業(2系統化)の事業着手当初は、既設送水管の埋設工事が終了してから既に20年以上が経過していたことから、県の水道事業経験者はすでに退職されていました。同様に地元設計コンサルタント・地元施工業者にも経験者が少なく、年間40億円の事業を円滑に実施するための体制づくりが課題でありました。そのため、県が中心となって設計手法や規格、特に埋戻し材料の規定などを取りまとめた独自の「設計



図一1 県水耐震化計画路線

マニュアル」を作成するとともに、(一社)日本ダクタイル鉄管協会の協力のもと、県内各地で実物管による接手講習会を開催、推進工事については(公社)日本推進技術協会による特別講習会も積極的に開催し、技術力の向上が図られました。

2.3 河川横断部について

河川横断部については、既設管の多くが「水管橋」となっていますが、定期的な再塗装など維持管理費が嵩むことからライフサイクルコストや耐震性も考慮し、新たな河川横断は推進工法（さや管）が基本とされました。河川の下を推進工法で横断する場合、河川占用条件として二重管構造、経年的な河床変動や洗堀を考慮して、最深河床高より $2.0+1.5D$ （ D ：さや管外径）以上の離隔確保が原則とされており、中小河川が多い石川県の場合、河川幅が小さい割に離隔が大きく、立

坑の土被りが大きい推進工法が計画されました。しかし、推進工事を始めたころ、矢板護岸の河川幅の狭い直線の推進工事の発進立坑（土被り20m）でヒービングが発生し、その対応に多くの時間と経費がかかりました。このことを契機に、推進工事が事業全体の進捗と費用に大きく影響することから、より安全かつ現実性の高い経済的な推進工法が求められました。

(1) 縦断曲線推進の検討

推進工法は下水道整備とともに発展してきましたが、下水道管は自然流下が基本であるため道路線形に沿った長距離施工や水平方向の曲線施工が主で、縦断方向に関しては緩勾配の直線で施工されていました。河川横断の推進工法もほぼ水平にすることが一般的であり、その場合発進立坑と到達立坑の土被りが大きくなります。縦断曲線推進工法の実施が可能ならば、推進延長は若干長くなりますが、発進・到達立坑の土被りを小さくでき、立坑築造費や土質によっては立坑底盤の地盤改良費のコストが縮減となり、さらに作業員の安全性の向上にもつながることから具体的に検討が行われました。

(2) 弓取川の河川横断推進工事の検討内容

【推進工事の技術】

弓取川を横断する推進工事において縦断曲線施工の検討が行われました。縦断曲線推進はこれまでの施工実績により $R=100\text{m}$ 程度までの施工は十分可能でありましたが、今回は内部にダクトイル鑄鉄管を挿入しなければならないことから、曲線半径はダクトイル鑄鉄管の定尺管 6m の接手曲げ角度により $R=350\text{m}$ とされました。

【水道工事の技術】

縦断曲線でのNSダクトail管の挿入は、継手の伸縮可とう性を損なわずに、さや管の縦断曲線に追従することが必要で、かつ接手部の耐震性能が確保できるかが一番の課題でありました。これまで直線のさや管内に挿入する際には、推進力によって接手が圧縮されて縮むことのない発泡ポリエチレン製のEPSリングをNS管に取付けていました(図-2.3)が、当該工事では今回は上り・下り勾配の両方を含んでいることから実績もなく、特に下り勾配部では、管にキャスターを取付けて挿入するため、管の自重によって接手が抜け出したり、管自体の滑落の懸念がありました。下り勾配の滑落対策としては、

- ①管にソリを取付けてさや管との摩擦力を増大させる
- ②さや管とソリの摩擦係数を実験測定しソリの最適形状を検討
- ③ソリによる挿入力増加に対応した圧縮強度のEPSリングを採用

が実施されることとなりました。これらにより、直線と縦断曲線を立坑位置と推進延長を組み合わせ、3つのCaseについて比較検討が行なわれました（図-4）。

Case1：直線推進（一般的な工法）

推進延長は最も短い、最も土被りの大きい立坑となる。発進立坑のサイズ（開口部）は挿入管とも経済比較して選定。定尺管6mではなく5m管で挿入。

Case2：曲線推進①

推進可能な最も土被りの小さい位置に発進立坑を設定した場合であり、最も推進延長が長くなる。定尺管6mの挿入が可能。

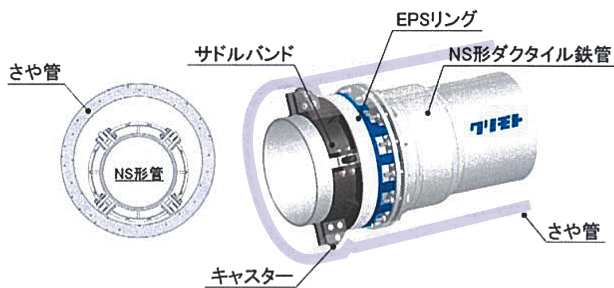


図-2 さや管推進工法（EPS工法）の構造¹⁾

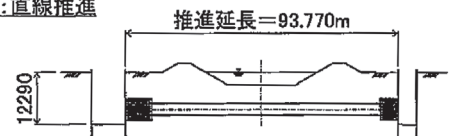
Case3：曲線推進②

定尺管6mが使用可能な大きさとなる立坑で最も土被りの大きい位置で発進立坑を設定し、Case2より推進延長を短くした場合。その結果、Case3が最も経済的となり直線と比較して約8%のコスト縮減が図られました（表-1）。

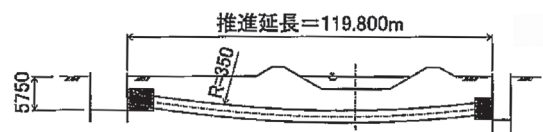
表-1 経済比較検討結果

	立坑 築造費	薬液 注入費	推進 工事費	開削 工事費	合計
Case1（直線）	20.8	4.1	68.5	6.6	100.0
Case2（曲線①）	14.7	4.0	77.3	—	95.9
Case3（曲線②）	16.2	4.0	68.3	3.8	92.4

Case1:直線推進



Case2:曲線推進①



Case3:曲線推進②



図-4 弓取川河川横断計画案²⁾

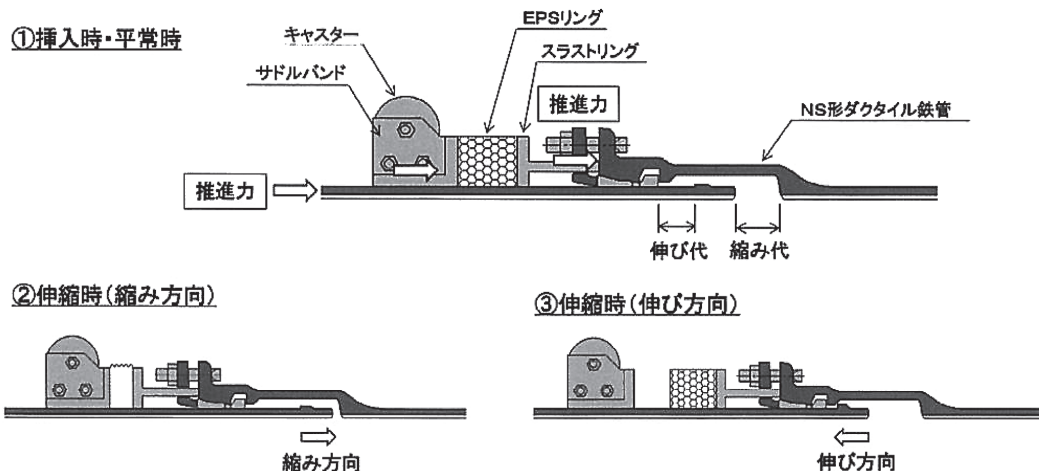


図-3 EPS工法の接手伸縮機構¹⁾

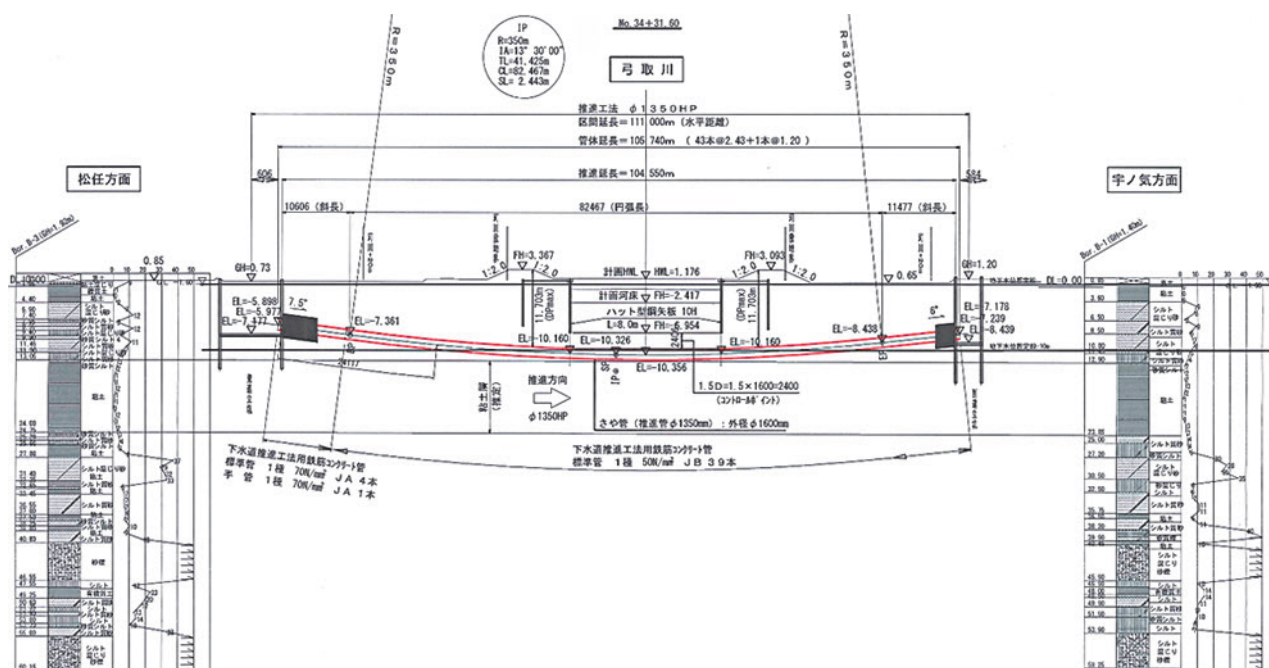


図-5 弓取川横断配管断面

(3) 弓取川推進工事の概要

推進延長：L=104.55m（縦断R=350m）

推進管径：呼び径1350（ヒューム管）

本管φ900mmDIP-NS

土被り：6.9～11.7m

土質：砂質シルト～粘土

発進角度：-7.5° 到達角度：+6.0°

工法：泥水式推進工法

石川県内では初めての縦断曲線推進工事なので、大変注目されましたが、掘進機の沈下対策や安全対策を実施し大きなトラブルもなく無事に工事を完成することができました。その後も、8箇所の河川横断で縦断曲線推進工事が完成し、縦断曲線推進が2系統化事業の進捗に大きく貢献しています。

令和6年能登半島地震（1月1日16時10分、震源：石川県能登地方、M7.6、輪島市、志賀町で震度7）では、中能登町と七尾市の既設管の15箇所で被害（接手損傷）があり、復旧に2箇月がかかりました。一方、二系統化された新設管（七尾市内の9km）には損傷はなく、事業の効果が確認されました。



写真-1 NS形管の挿入状況¹⁾

3 おわりに

能登半島の地震と豪雨による上下水道の復旧工事には相当な期間を要することでしょう。まだ路上には仮設トイレが点在しています。一日でも早い復旧復興のためには、これまで培われた改築推進などの推進工事の技術の導入が期待されているところです。そして、水道事業に関わらず、あらゆるインフラ整備に推進工法の技術が活躍できる「推進工事の将来ビジョン」を描いて、何ができるかをすべきかを考える機会になって欲しいと思います。

【参考文献】

- 1) 河川横断部におけるダクトイル鋳鉄布設のコスト縮減事例：クリモ技報No.66（2017年1月）
- 2) 石建技術誌No.38（2015年）

○お問い合わせ先

〔縦断曲線推進〕

機動建設工業(株) 土木本部

〒553-0003 大阪市福島区福島4-6-31

Tel：06-6458-5461 Fax：06-6454-0274

<https://www.kidoh.co.jp>

〔ダクトイル鋳鉄管、EPS工法〕

(株)栗本鐵工所 鉄管事業部企画部

〒550-8580 大阪市西区北堀江1-12-19

Tel：06-6538-7641 Fax：06-6538-7752

<https://www.kurimoto.co.jp>