

河川横断部におけるダクタイル鉄管布設のコスト縮減事例

The Case of Cost Reduction for Laying Ductile Iron Pipes at the River Crossing

1. はじめに

管路の布設は通常、開削工で行いますが、開削工事が困難な箇所では、推進工法に代表される非開削工法を用いて布設します。しかし、河川横断などでは管路の高さに制約があるため、直線推進で布設すると、立坑が深くなり、立坑築造費や地盤改良のための薬液注入費といった工事費が割高となる傾向にあります。

本稿では、河川横断部でのφ900NS形ダクタイル鉄管の布設工事を、縦断曲線推進を用いたさや管推進工法（EPS工法）を採用することで、コスト縮減を図ることができた事例を紹介します。

2. さや管推進工法（EPS工法）について

管路の耐震化が進むなか、道路交通事情や地下埋設物などの関係で、非開削工法を用いて布設することが増加しています。

耐震管の代表的なNS形ダクタイル鉄管（以下、NS形管）は、地震時に継手が離脱しないように、継手に伸縮性や可とう性の他、離脱防止機構を有した構造となっています。しかし、さや管推進工法では、さや管内に挿入する際に、推進力によって継手が圧縮されて縮むことがない構造にする必要があります。

当社のEPS工法は、NS形管等の耐震管に、EPSリン

グ、サドルバンドおよびキャスターを取付けてさや管内に挿入する工法です（図1）。挿入時の推進力は発泡ポリスチレン製のEPSリングを介して前方の管に伝達する構造となっており、開発以来、全国で多数の実績があります。このEPSリングは強度の調整ができ、推進力で圧壊しない強度にすることで、図2①のように継手の縮み代を保ったままさや管内に挿入することができます。また、地震などで管路に強大な圧縮力がかかるとEPSリングが圧壊し、図2②のように継手が縮むことができ、引張力がかかると図2③のように継手は伸びることがあります。

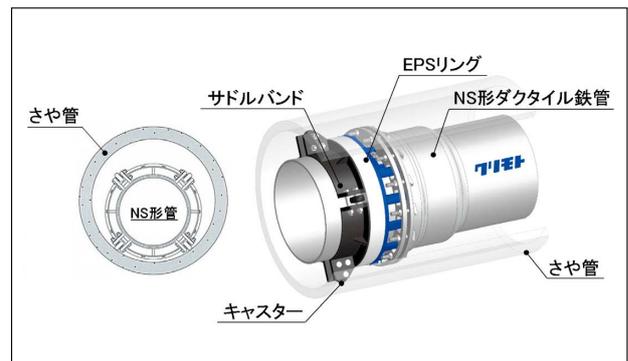


図1 さや管推進工法（EPS工法）の構造

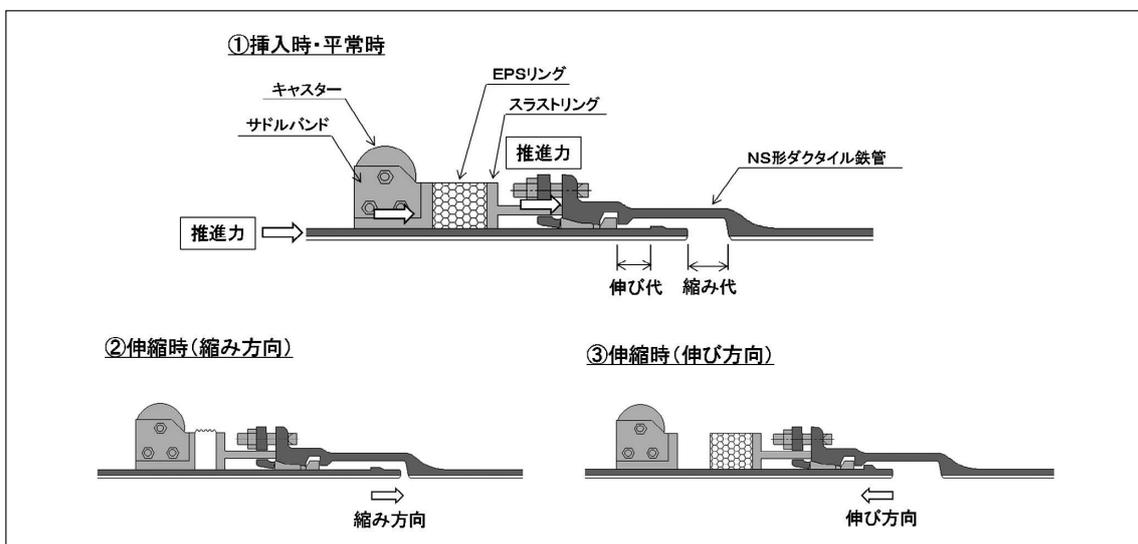


図2 EPS工法の継手伸縮機構

3. 河川横断計画

3.1 河川横断計画の概要

河川横断部の管路は、一般的に二重管構造とするため、はじめに推進工法用ヒューム管等を推進し、その中にNS形管といった耐震性を有したダクタイル鉄管を挿入するEPS工法が多く用いられています。

今回布設した河川横断部の管路は、送水管を耐震化するため、図3に示す河川下をφ1350の推進用ヒューム管で推進した後、その中にφ900のNS形管を挿入する計画(図4)で設計が行われていました。この計画では、将来の河床変動や洗掘を考慮し、管路と河川底との離隔を計画河床高より2.0m+1.5Dm(D:さや管外径)以上、護岸用鋼矢板から1.5Dm以上離すこととなっていたため、一般的な直線推進で設計すると発進・到達立坑が深くなり、立坑築造費や薬液注入費といった工事費が割高になることが課題となっていました。



図3 河川横断部現地写真

3.2 コスト縮減対策の検討

これらのコスト縮減案として、河川部を直線推進ではなく、縦断方向に曲線推進で行い、管路と計画河床高などとの離隔を確保したまま、両端の発進・到達立坑を浅くすることで工事費を抑える方法が考えられます。

ただし、縦断曲線推進は直線推進と比べて日進量が低下し、推進工事費が割高になるといったことが懸念され、また、上り勾配と下り勾配の両方を含む縦断曲線でのEPS工法は過去に施工実績がありませんでした。

そこで、発注者や設計コンサルタントらと協議を行い、さや管となるヒューム管の推進工法の選定やNS形管の挿入方法を検討したうえで、最終的に直線推進と縦断曲線推進との経済比較によって決定することになりました。

また、縦断曲線推進の曲率半径は、φ900のNS形管の定尺管が6mであることと、継手の曲げ角度を許容曲げ角度の半分の1°であることから曲率半径をR=350mと設定しました。

3.3 推進工法の選定

縦断曲線推進は、土質条件や曲率半径の大きさ、過去の推進工事の施工実績等から、推進工法用ヒューム管での縦断曲線推進の施工は可能であることが分かりましたが、河川下での推進工事であるため、施工時の安全性を考慮し、推進管内での人力作業がない泥水式推進工法を採用することとなりました。

3.4 NS形管の挿入方法

縦断曲線でのNS形管の挿入は、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必要があります。

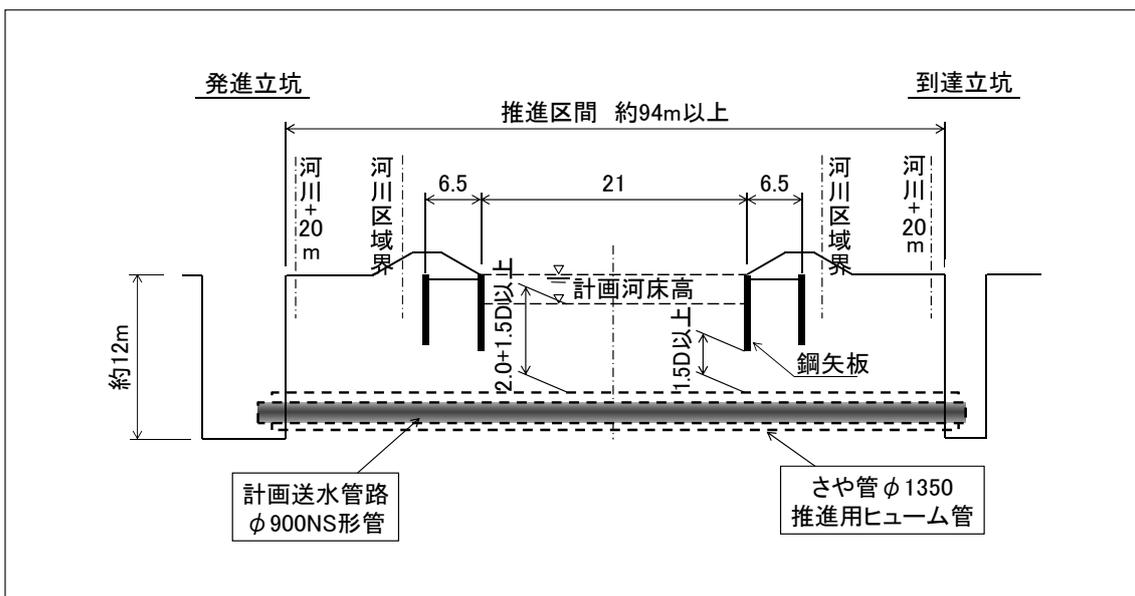


図4 河川横断部の概要

EPS 工法は、さや管の曲線に追従しながら挿入できることを確認していますが、縦断曲線推進の下り勾配部では、管にキャスターを取付けてさや管に挿入するため、管の自重によって継手が抜け出したり、管自体が滑落したりする恐れがあります。

そのため、下り勾配での滑落対策として、当社で以下の検討を実施しました。

- ①管にソリを取付けて、さや管との摩擦力を増加させて滑落を防止する。
- ②工場内試験によるソリの最適形状の検討や管とソリとの摩擦係数の測定。
- ③②に基づいて計算した挿入力に対する EPS リング

の圧縮強度の検討。

以上の検討により、さや管との摩擦力が増加しても EPS リングやサドルバンドなどが強度などの面で問題ないことを確認しました。

3.5 直線推進と縦断曲線推進との経済比較

以上の検討から、縦断曲線推進による NS 形管の布設が可能であると判断できたため、直線推進と縦断曲線推進について経済比較が行われました。

以下に、経済比較を行った 3 案の概要を示します (図 5 参照)。

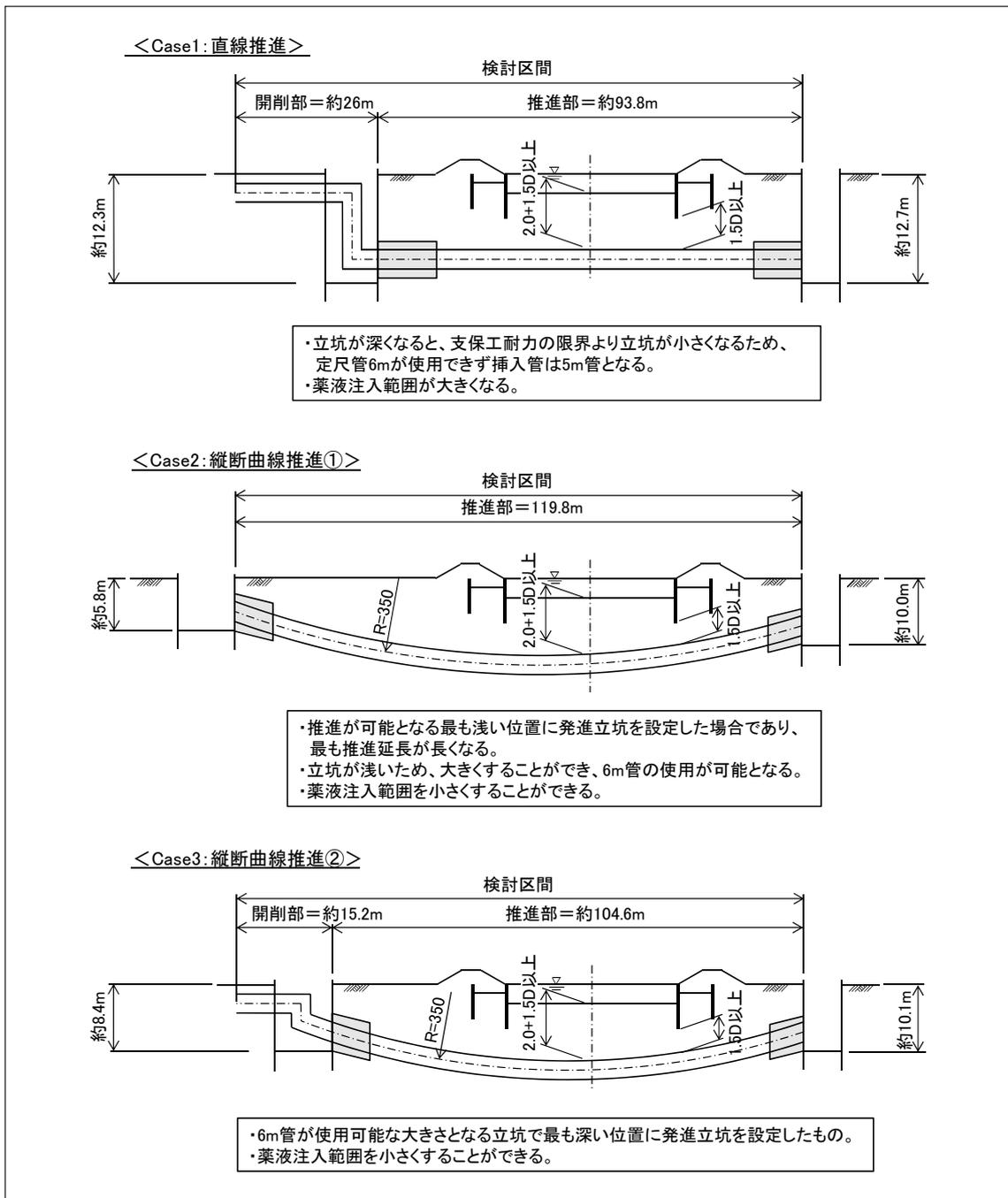


図 5 河川横断計画案

Case1：直線推進

推進延長は最も短い、立坑深が深く、支保工耐力の限界から立坑は小さくなり、挿入管は6mの定尺管が使用できず5m管となる。

Case2：縦断曲線推進（曲線①）

推進可能な最も浅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。6m管の使用が可能。

Case3：縦断曲線推進（曲線②）

6m管の使用が可能な大きさの発進立坑を最も深い位置に設定したもの。推進延長はCase2より短くなる。

Case1（直線）の合計を100としたときの、経済比較結果を表1に示します。

比較検討の結果、一番安価であったCase3が採用されました。

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

4. 施工

4.1 施工状況

縦断曲線推進は土質の異なる複数の土層を通過するため、上り勾配、下り勾配での掘進機の方角制御が重要となります。

また、NS形管の挿入は、発進立坑から下り勾配となるため、万が一の管の滑落に備えて管をワイヤで固定しながら挿入するなどの安全対策を行い、全ての管が順調に挿入できました（図6、図7）。



図6 NS形管の挿入状況



図7 挿入完了（到達立坑側）

4.2 NS形管挿入時の推進力の検証

EPS工法は全国で多数の施工実績がありますが、今回の事例のような上り勾配と下り勾配の両方を含む縦断曲線での施工は全国初の試みでした。

そこで、施工業者の協力のもと、検討時に計算で求めた挿入力値を検証するため、施工時にNS形管挿入力の測定を行い、計算値と比較を行いました。

その結果、挿入力は最後管の挿入完了まで計算値に近い値を示し、上り勾配と下り勾配を含む縦断曲線においてもEPS工法によるNS形管の布設が問題なく施工できることを確認しました。

5. おわりに

今回の河川横断工事は、縦断曲線推進工法とNS形管を用いたEPS工法とを組み合わせることで、耐震性だけでなく、経済性を考慮した管路の布設を行うことができた事例であったと考えます。

以上、本布設事例が管路建設におけるコスト縮減や更新事業の参考になれば幸いです。

お問い合わせ先：

- 鉄管事業部 技術本部 エンジニアリング部
- ・東部技術推進グループ TEL：03-3450-8516
- ・西部技術推進グループ TEL：06-6538-7869