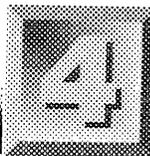


技術レポート



千葉県工業用水道における パイプ・イン・パイプ工法 による管路更新事業 (呼び径1100mm石綿セメント管更新)

千葉県企業庁工業用水部

次長 白坂精一郎

千葉県企業庁千葉工業用水道事務所

工務第二課長 木村晴夫

副主査 千野 薫

1. はじめに

五井姉崎・千葉地区工業用水道については本県における県営工業用水道7事業の中で、その規模において根幹をなす事業である。

これらの施設は給水開始後20余年を経過し施設の老朽化の進行、不同沈下などにより、事故や機能低下を招いているのが現状である。

とりわけ、臨海部の管路施設は、地震時の液状化の危険度が高いことに加えて石綿セメント管が多用されており、昭和62年に発生した千葉県東方沖地震に際しても大規模な漏水事故が発生し、これを契機に施設の改良へ向けての計画が具体化され、国庫補助事業としての採択を受け、平成元年度より着手したものである。

2. パイプ・イン・パイプの採用の理由

本工事の五井姉崎地区II期管路は、京葉臨海工業地帯への安定給水に対して重要な役割を持っており、早期に機能低下、耐震対策が必要である。そこで、改築事業を実施するにあたり各種布設替え工法の検討を行った結果次の理由で本工法を採用した。

- (1) 改築する管と平行し、京葉臨海鉄道と工業用水I期管(呼び径900mm石綿セメント管)が布設されているため、地盤の緩みの影響が少ない工法である。
- (2) 本工事箇所は、地下水が高く、かつ軟弱な砂地盤であるため、開削部(立坑部のみ)を最小限にする。
- (3) 開削工法に比べ工期が短い。
- (4) 開削工法に比べ工事費用が安価である。

3. 管種の選定

パイプ・イン・パイプ工法に実績があるダクタイル鉄管と鋼管の2管種に絞り、比較検討を行った。表Iの比較表に示すごとく、検討結果により施工性、耐震性、経済性、工期とも鋼管より優れたダクタイル鉄管(P II形)を採用する。

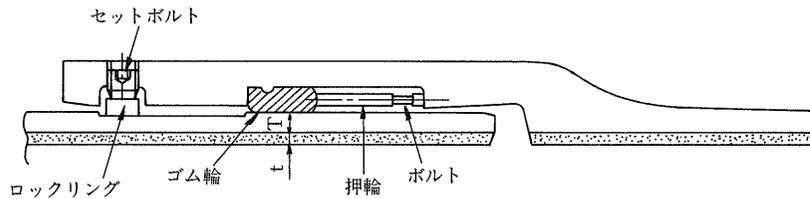
表1 比較表

工 法			
管 種		ダクタイル鉄管	鋼 管
継手の種類		P II形 (離脱防止タイプ)	普通溶接タイプ
挿入方法		立坑内で接合し、ジャッキを用いて管を挿入する。	鋼管を既設管内に引き込み、所定の位置で溶接を行う。
特	曲管部	対応できる。	同左
	腐食性	耐蝕性は優れている。	腐食しやすいので防食対策が必要である。
	耐震性	鎖状離脱防止形継手により地盤の変化を伸縮屈曲により吸収するものであり、耐震性に優れている。	継手は溶接により一体構造となり、地盤の変化を管体応力として吸収するもので耐震性に優れている。
	作業環境	立坑内作業が主体であり、多少の雨天でも作業ができる。 また、若干の管内滞留水があっても問題はない。	管内作業が主体であり、水場での作業が難しい。 さらに、作業時に換気が必要となる。
徴	工 程	継手挿入が一連作業であり、鋼管に比べ工期が短い。	狭い既設管内での作業であり、完了まで引込・芯出し・仮付・溶接・塗装の5工程の作業となり、工程はダクタイル鉄管より劣る。
	強 度	強度上は問題ない。	同左
経 済 性		鋼管より若干有利。	ダクタイル鉄管より僅かに高い。
実 績		実績も多く、信頼性も高い。	実績は多くない。
評 価		◎	○

表2 P II形の継手性能

項目	性能
離脱阻止力	150tf
抜け出し余裕量	60mm
許容屈曲角	3°
曲げ剛性	12.2tf・m
限界屈曲角	3°22′

図1 P II形直管呼び径1000mm



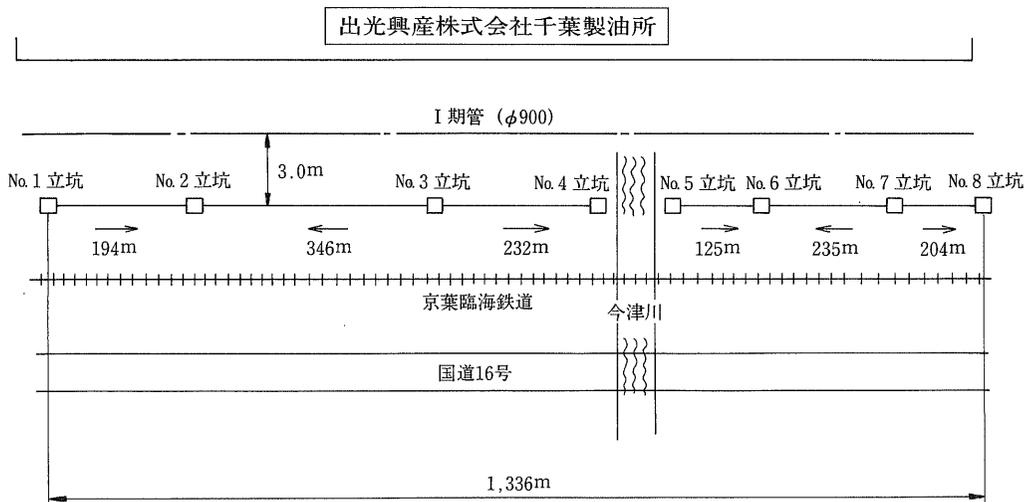
4. 工事概要

- (1) 工事名：呼び径1100mm既設管（石綿セメント管）内呼び径1000mmダクタイトイル鉄管挿入工事
- (2) 工事場所：千葉県市原市姉崎海岸地先
- (3) 工期：自平成4年9月8日
至平成5年3月26日
- (4) 使用管種：呼び径1000mm P II形 4種管
4 m、2 m管

(5) 施工延長：(図2)

パイプ・イン・パイプ箇所：
 呼び径1000mm
 $l = 194\text{m}$
 $l = 346\text{m}$
 $l = 232\text{m}$
 $l = 125\text{m}$
 $l = 235\text{m}$
 $l = 204\text{m}$
 総延長 $l = 1,336\text{m}$

図2 管路状況



5. 施工

1. 管内調査

管内調査は各既設管ごとに継手目地の間隔段差、屈曲角および管長について詳細に測定した。

調査結果は、屈曲最大角が $4^{\circ}53'17''$ あり、角度の大きい箇所は立坑を設置するものとしたが、一部立坑部を少なくするため、2 m管を使用した。

2. 詳細設計

1. 立坑レイアウト

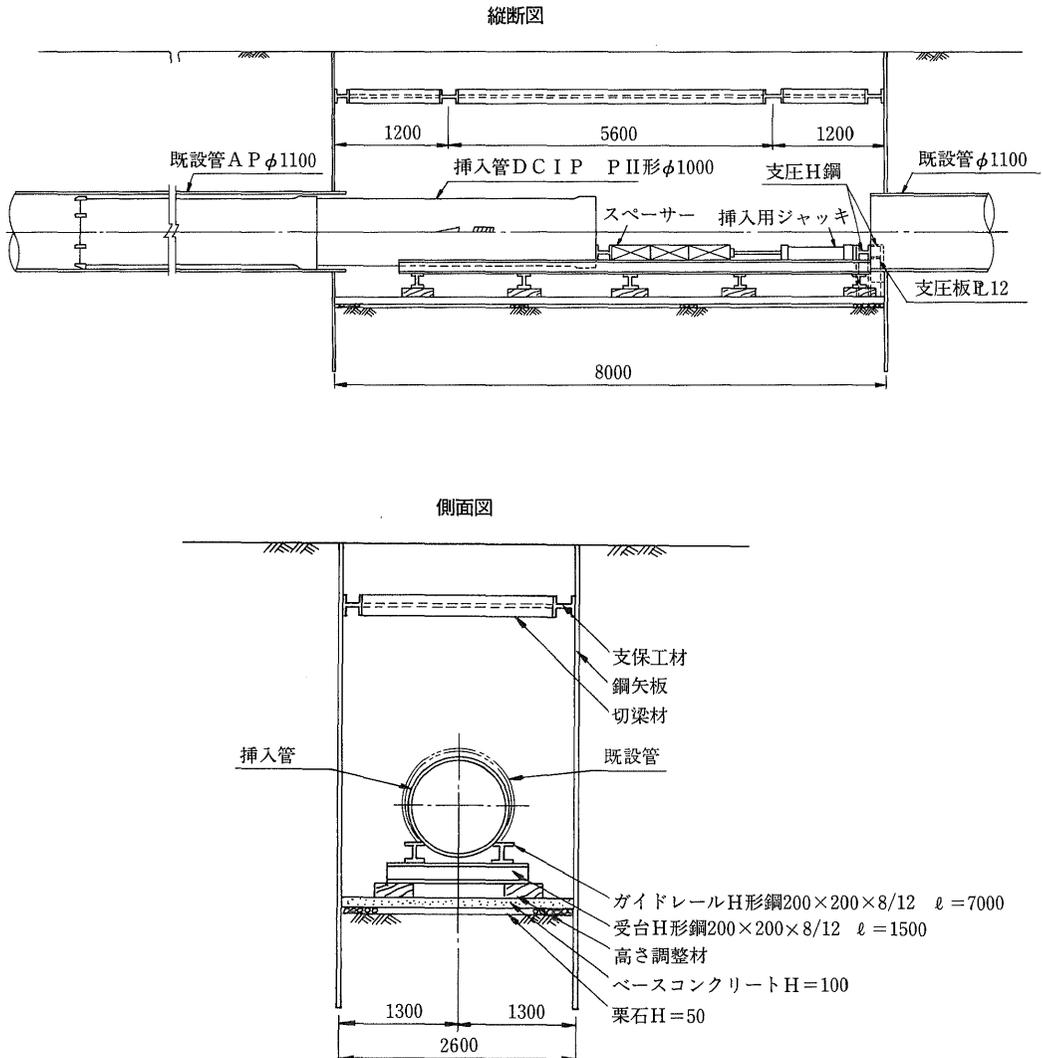
立坑の大きさは、以下とした。

発進立坑：8.00m×2.50m

到達立坑：6.00m×2.50m

構造は鋼矢板として、歯抜け防護および挿入時の反力壁としての機能を兼ねてジェットグラウト工法を併用した。

図3 発進立坑レイアウト図



2. 挿入力および挿入管長の検討

(1) 新管の挿入力

新管を挿入するのに必要な挿入力を、管自重による既設管との摩擦抵抗力として計算する。

$$F = w \times \mu \times L \quad (\text{最長スパン})$$

$$= 0.378 \text{ t} \times 0.5 \times 346 \text{ m}$$

$$= 65.4 \text{ ff}$$

F : 挿入力 (tf)

μ : 既設管と新管の摩擦係数 (0.5)

W : 新管の単位長当たりの重量 (tf/m)

L : 新管挿入長 (m)

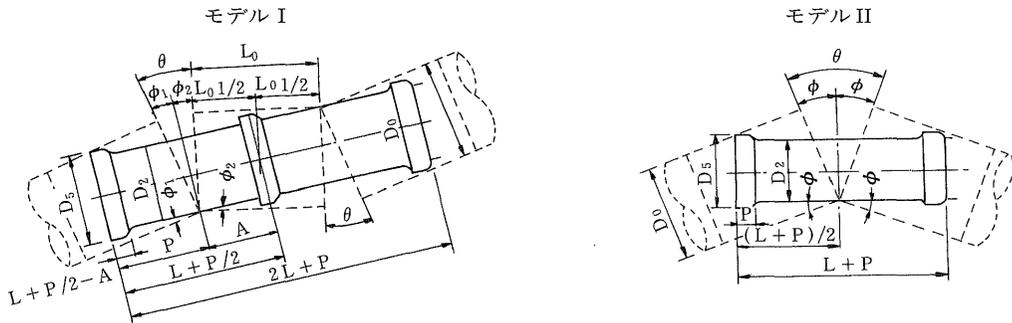
(2) 挿入管長の検討

既設管呼び径1100mm石綿セメント管内データより、既設管最小内径を求めると1083mm、継手部の最大曲がり角度は $3^{\circ}07'43''$ である。

また、立坑部を除くその他の継手箇所はすべて $1^{\circ}30'$ 以下である。

したがって、当該部分を通過可能な挿入管長を図4に示すモデルI、モデルIIについて計算し、短い方の管長に管長余裕代500mmを加え挿入長を求めた。

図4 挿入管長の計算モデル



$$L = \frac{D_0 - \alpha \cos \phi_1}{\sin \phi_1} + A - \frac{P}{2}$$

$$\alpha = \frac{D_2 + D_5}{2}$$

$$\alpha = \frac{L_0}{2 \cos \phi_2} + \frac{D_2 \cdot \tan \phi_2}{2}$$

$$\phi_2 = \tan^{-1} \left(\frac{D_0}{L_0} \right) - \sin^{-1} \left(\frac{D_2}{2} \right)$$

$$b = \sqrt{D_0^2 + L_0^2}$$

$$\phi_1 = \theta - \phi_2$$

$$L = \frac{2 (D_0 - \alpha \cdot \cos \phi)}{\sin \phi} - P$$

$$\phi = \frac{\theta}{2}$$

(注) L : 新管の管長 (有効長)

D_2 : 新管の管体部外径

D_5 : 新管の受口部外径

P : 新管の受口部呑み込み寸法

L_0 : 既設管の管長 (有効長)

D_0 : 既設管の最小内径

θ : 既設管の曲がり角度

計算条件および計算結果を表3に示す。
計算結果より挿入管長を以下とした。

継手角度： $3^{\circ}07'43'' \rightarrow \ell = 2 \text{ m}$

継手角度： $1^{\circ}30'$ 以下 $\rightarrow \ell = 4 \text{ m}$

(定尺長さ)

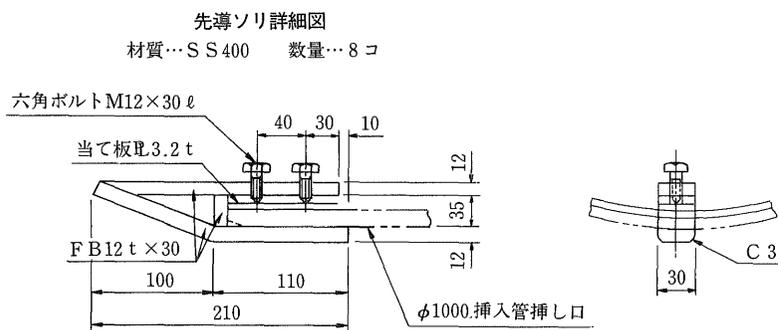
表3 計算条件、結果

計 算 条 件							計 算 結 果	
既設管寸法			新 管 寸 法				挿 入 管 長	
内径	屈曲角度	管長	受口最大 外径	管の最大 外径	受口呑 込み	管長余 裕代	挿 入 管 長	
							モデル I	モデル II
D_0	θ	L_0	D_5	D_2	P			
mm	度	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1083	$1^{\circ}30'$	4984	1073	1016	260	500	4893	5136
1083	$3^{\circ}7'43''$	4984	1073	1016	260	500	2826	2089

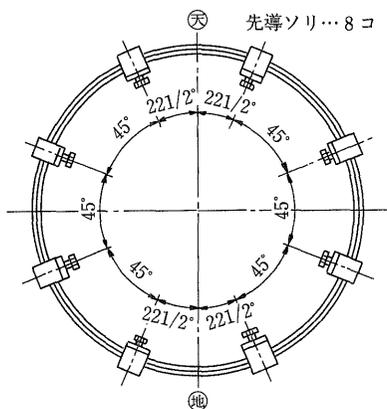
3. 先導ソリの設計

挿入先導管へのソリ取り付けは、管のローリングを考慮して管周8ヵ所に設置するものとした。(図5)

図5



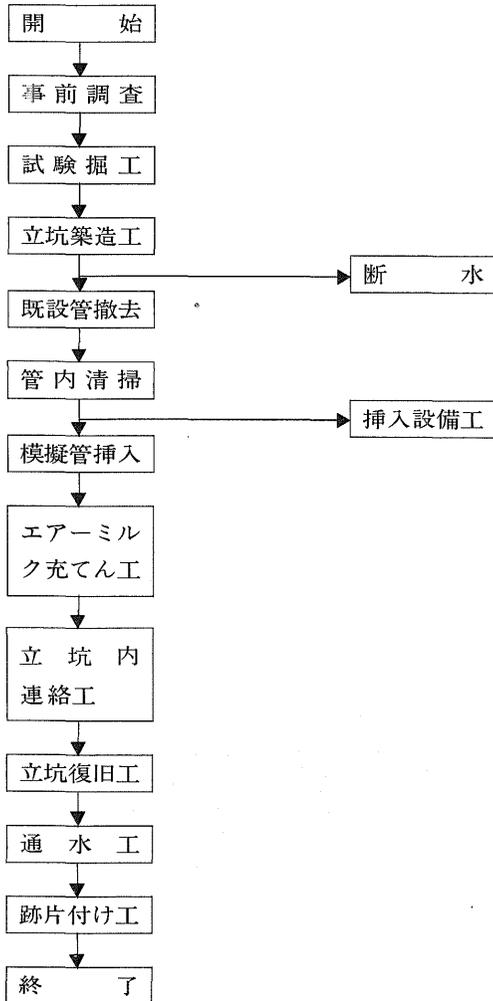
先導ソリ取付位置図



3. 工事実績

1. 施工フローチャート

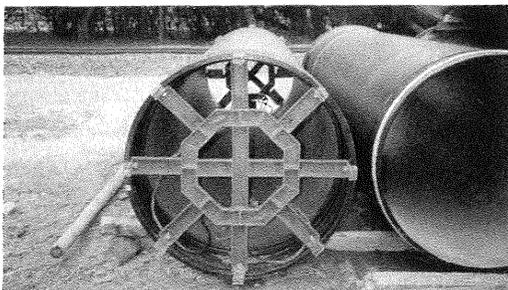
図6 施工フローチャート



2. 模擬管の挿入

管挿入に先き立ち、模擬管を挿入し、その通過性を確認した。(写真1)

写真1 模擬管



3. 挿入工

挿入に際し、管の先端の円周方向45°の間隔に8カ所に鋼製のソリを取り付け、既設管の段差をスムーズに通過するよう、また、ローリングしても支障なく挿入できるように配慮した。

この結果、すべての工区において無理なく管を挿入できた。(写真2、3)

写真2 立坑内管投入状況

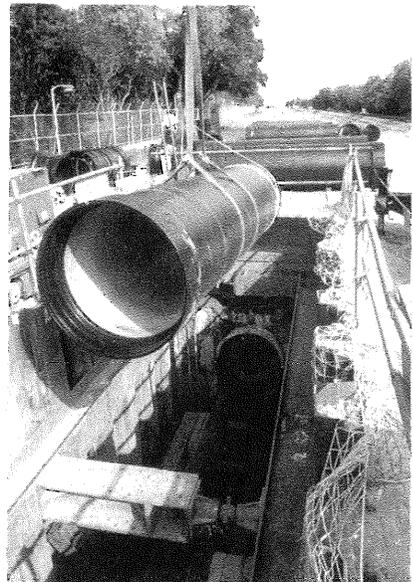


写真3 管挿入状況

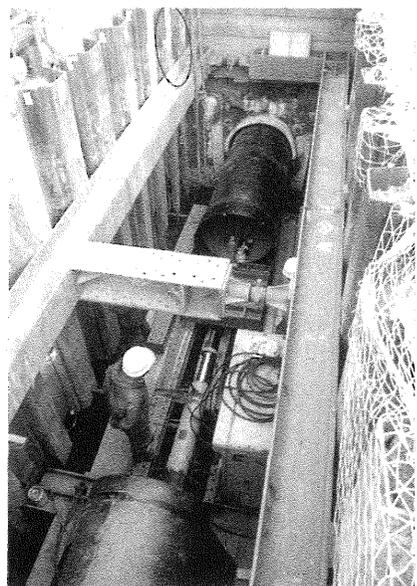


表4に最長工区の挿入力計算値および実測値を示す。

挿入は1日当たり5～7本(20～28m)と施工効率は良好であった。

表4

挿入長 \ 挿入力	計算挿入力	実測挿入力	実測 μ
346m (No.2立坑→No.3立坑)	65.4tf	86.5tf	0.66

4. エアーミルクの充てん

既設管(呼び径1100mm)と新管(呼び径1000mm)との空げきに、エアーミルクを挿入口、到達口に閉塞コンクリートを打設後、グラウトポンプにて注入した。

6. おわりに

石綿セメントをさや管としてのパイプ・イン・パイプ工法は、施工事例が少ないため所要の挿入力に懸念があったが、実績が示す通り摩擦係数換算で0.7程度であり、設計値よりも高い値を示したが、350mスパンにおいても継手許容強度に対して余裕を持ってクリアすることができた。

営業中のパイプラインの一部を断水しての工事は、その所要工期が短いことが重要な検討要素であるが、今回採用したP II形ダクタイル鉄管ではその特性が十分に発揮され、所要工期内で完工できた。