

## 技術レポート



# Sカーブパイプインパイプ工事で 使用された PⅡ形ダクタイトイル鉄管

福岡市水道局 建設部  
施設第2課 橋本 清治

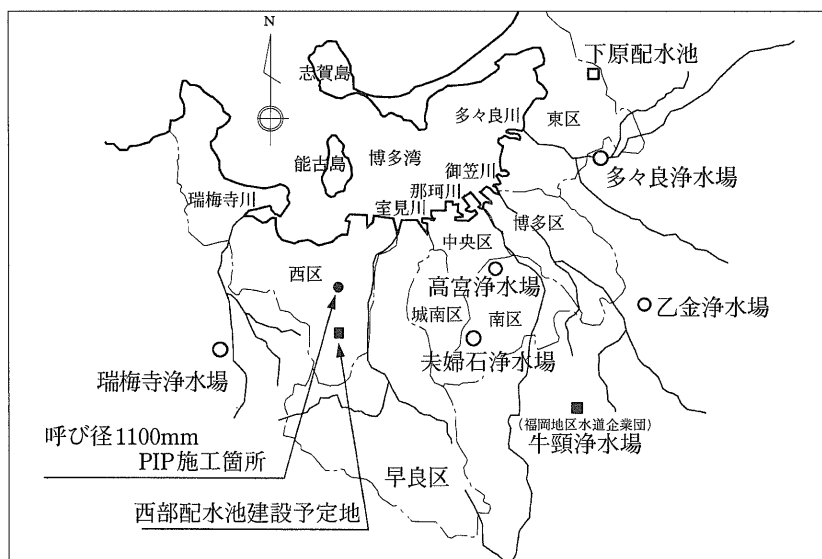
## 1. はじめに

目前に迫った21世紀に向けて、「活力あるアジアの拠点都市」づくりを目指す福岡市は、昭和53年6月1日から287日間に及んだ大渇水を契機に、さまざまな安定給水対策に取り組んできた。

具体的な施策として、①取水系統の複数化②水管理センターによる効率的な配水コントロール③配水幹線の相互連絡化④最近においては海水淡水化事業の執行などがあげられる。

また、福岡市総合計画の一環として、増大する

図1 呼び径1100mmパイプインパイプ施工箇所



水需要に対応するために、西暦2010年(平成22年)に、給水人口146.3万人、施設能力75.91万 $m^3$ /日を目標とする年次計画もあわせて推進中である。

本市の配水管路網は、多々良・乙金・高宮・夫婦石・瑞梅寺の5つの浄水場付属の配水池と専用の下原配水池からなる自然流下系で構成されている。このうち夫婦石および瑞梅寺両浄水場を送水拠点とする西部配水区域は、市内の西区、早良区、城南区と中央区の一部をカバーし、全市配水量の40%を占めている。しかし、送水量の大部分を夫婦石浄水場に依存する現在の給水体系は、幾つかの課題を抱えている。この対策として平成8年度より、緊急時給水拠点確保事業(厚生省の補助)と位置づける西部配水池建設事業に着手している。

今回、この西部配水池に接続される呼び径1100mm配水幹線の一部複数区間において、ダクタイル鉄管によるパイプインパイプ工事を実施した。そのうち、Sカーブ区間で採用した特殊PⅡ形管による施工結果について報告するものである。

## 2. 西部配水池建設事業について

### 2.1 背景

市内西部区域への配水は、西区にある瑞梅寺浄水場(15,000 $m^3$ /日)の一部と施設規模の大きい夫婦石浄水場(174,000 $m^3$ /日)の大部分を利用して行っている。

しかし、夫婦石浄水場は市の中央に位置するため、室見川以西までの配水管延長が長く、将来予想される水需要増加時の有効水頭不足に対処するために、西区の羽根戸地区に容量23,000 $m^3$ の大規模中継配水池(西部配水池)を建設し、室見川以西の安定給水と災害などの緊急時ライフラインの確保をはかるものである。

### 2.2 計画概要

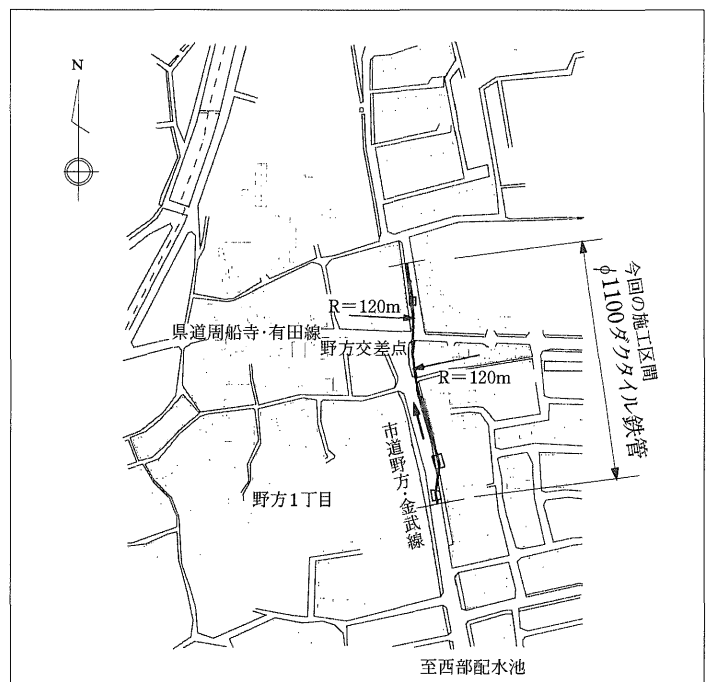
- ① 建設場所 市内西区羽根戸地区内
- ② 計画給水人口 105,000人  
(平成22年度予定)
- ③ 計画給水量 46,000 $m^3$ /日
- ④ 配水池容量 23,000 $m^3$ (RC構造)
- ⑤ 送・配水管口径延長  
呼び径900~1800mm延長 約9km
- ⑥ 事業年度 平成5年度~平成12年度

## 3. 非開削工法による呼び径1100mm配水管布設計画

### 3.1 施工位置と工法選定

図2に福岡市西区野方1丁目地内の施工場所を示す。配水管布設計画の市道野方・金武線とこれと県道周船寺・有田線が交差する付近は、地下埋設物が輻輳し交通量も極めて多い。従って、この県道横断箇所は開削による施工が困難と判断され、推進工法によることとした。

図2 施工区間



### 3.2 線形の決定

#### 1) 平面線形

図2の平面図から明らかのように、配水管予定ルートは県道周船寺・有田線と交差する野方交差点で鍵形にずれている。

道路敷内で管路布設を行うために種々検討を重ねた結果、立坑設置位置の制約から、曲率半径R=120mを連続させるSカーブ線形を採用するものとした。

表 1 Sカーブ諸元

IP 1(右廻り)	直線部	IP 2(左廻り)
R = 120m	—	R = 120m
IA = 17°42'54"	—	IA = 14°30'47"
TL = 18.700m	—	TL = 15.280m
CL = 37.102m	9.523m	CL = 30.396m

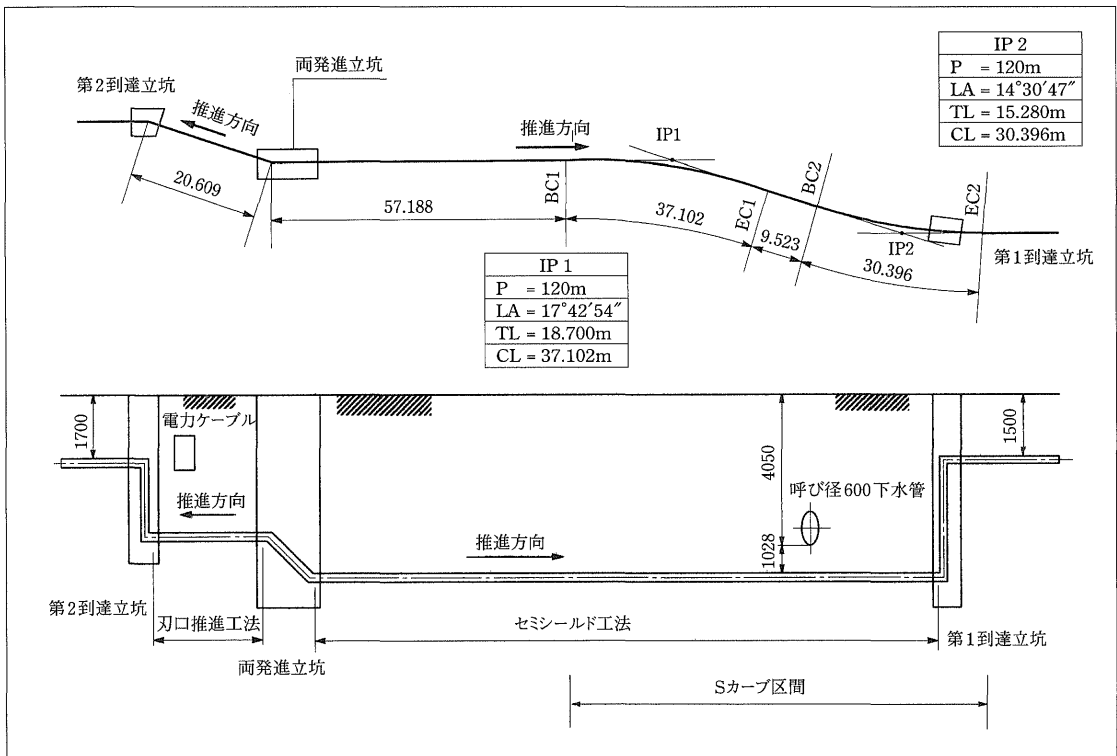
#### 2) 縦断線形

地下埋設物の位置と深さを考慮した結果、推進管の埋設深さは、もっとも深い土かぶりを有する県道周船寺・有田線下の呼び径600mm

下水幹線(生の松原汚水幹線)よりさら下方に1.0m程度の離隔を確保できる深さとした。

以上の結果、平面および縦断線形を次のように決定した。

図 3 平面および縦断線形



### 3.3 パイプインパイプ工法の検討

#### 1) 推進工法および接合形式の選定

推進工法としてダクトイル鉄管による直押し工法とさや管を利用したパイプインパイプ工法の2通りを比較検討した結果、次の理由によりパイプインパイプ工法を採用することにした。

- ① 平面線形にて曲率半径(R=120m)の小さいカーブが存在すること。しかもSカーブであること。これに対しダクトイル推進管によるSカーブ施工実績が少ないこと。
- ② 埋設深さが深く交通量も多いため、トラブルを生じた場合の補修が困難であること。維持管理上、ボーリング調査など地上工事による万一の事故を防止したいこと。

これより、さや管は鉄筋コンクリート管(H P)によるセミシールド工法(泥水密封式推進工法)により施工するものとした。また、パイプインパイプ工法専用管として、P I形、P II形管が規格化されているが、今回

は伸縮・離脱防止形タイプ即ち耐震形構造であり、かつ経済性に優れるP II形管を採用するものとした。

次にさや管の採用呼び径を決定するために、内挿する呼び径1100mm P II形管が、カーブ区間を通過し得る最大管長について検討した。

#### 2) P II形管によるパイプインパイプ工法の検討

##### ① P II形管(標準管)の構造と特長

- ◇ さや管径に対して1口径(100mm)小さい管を挿入できる専用管であり、経済的な施工が可能である。
- ◇ 可とう性・伸縮および離脱防止機構を有する耐震形構造である。
- ◇ ロックリングと挿し口溝部の引っかかりにより、最大165tf(0.15Dトン)の推力に耐える。
- ◇ 原則として直線施工に使用されるものである。ただし、継手部の可とう性により、ある程度までさや管の屈曲に順応しながら挿入することができる。

図4 P II形管の構造と特長

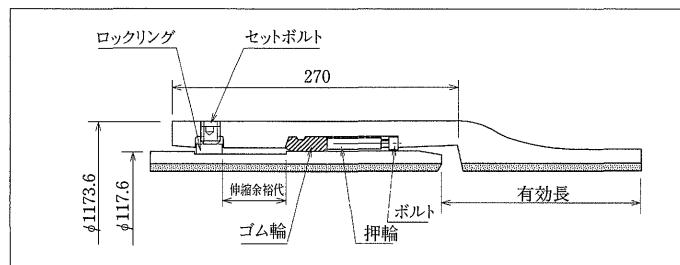


表2 P II形管の性能

項目	φ1100 P II形管	備考
外径(受口外径)	φ1117.6(φ1173.6)	
標準管長	4000mm/6000mm	
許容曲げ角度	2°45′	
抜け出し余裕量	60mm	
離脱防止力	1617kN(165 tf)	0.15Dトン

② 内挿管長とさや管径の決定

◇ 内挿管長と曲率半径

カーブ区間を通過する内挿管の管長は、与えられた曲率半径と継手屈曲角か

ら計算される。施工余裕を見て、PⅡ形継手の許容曲げ角度の1/2に相当する場合の有効管長を求めた。

$$L = 2R \cdot \tan(\theta_a / 2N) = 2.880\text{m}$$

ここに L = 最大管長 (m)

L' = 有効管長 (m)

R = 曲率半径 (=120m)

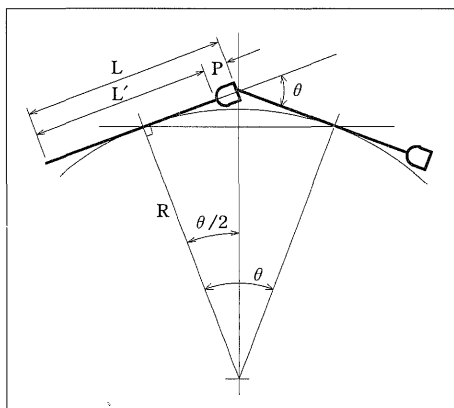
$\theta_a$  = 許容曲げ角度 (=2°45' = 2.75°)

N = 安全率 (=2)

これよりPⅡ形管の受口P寸法 (=270mm) を考慮して、

$$L' = L - P = 2.880 - 0.27 = 2.610\text{m} \rightarrow 2.500\text{m} \text{ とする。}$$

図5 内挿管長と曲率半径の関係



◇ さや管径・PⅡ形管長および曲率半径の関係

さや管呼び径1200mmと呼び径1350mmの2ケースについて試算すると以下の通り。

図6 さや管径・PⅡ形管長および曲率半径の関係(1)

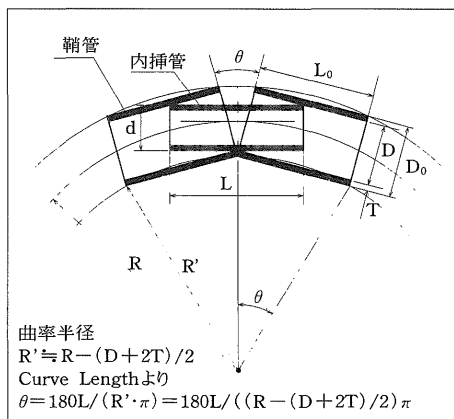
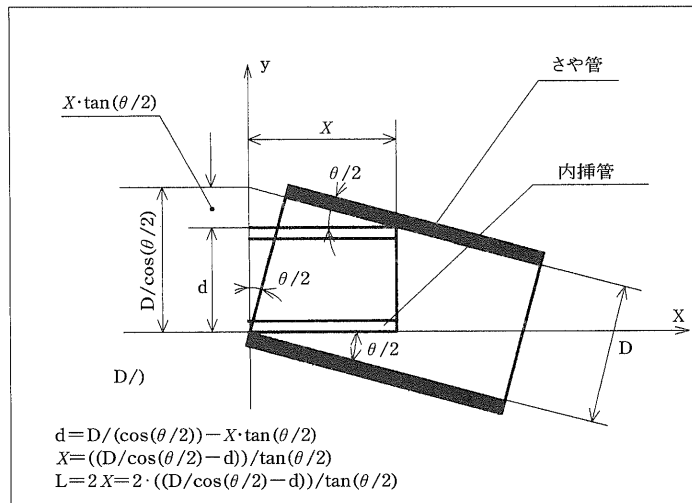


図7 さや管径・PⅡ形管長および曲率半径の関係(2)



## ◇ 内挿管長とさや管径の決定

「呼び径1200mmさや管の場合」

R=120m、D=1.2m、L<sub>0</sub>=2.43m、T=0.115m

d(PⅡ形受口外径)=1.174mより、

$$\theta = 180L / ((R - (D + 2T) / 2)) \cdot \pi = 1.1672^\circ$$

$$L = 2 \cdot ((D / \cos(\theta/2) - d) / \tan(\theta/2)) = 5.117\text{m}$$

受口寸法を除く有効管長を求めると、

$$L' = 5.117 - 0.270 = 4.847\text{m}$$

標準管長4.0mは可能であるが、6.0mは挿入不可能である。

「呼び径1350mmさや管の場合」

R=120m、D=1.35m、L<sub>0</sub>=2.43m、T=0.125m

d(PⅡ形受口外径)=1.174mより、

$$\theta = 180L / ((R - (D + 2T) / 2)) \cdot \pi = 1.1680^\circ$$

$$L = 2 \cdot ((D / \cos(\theta/2) - d) / \tan(\theta/2)) = 34.546\text{m}$$

これより、標準管長4.0mおよび6.0mいずれも挿入が可能である。

以上の結果、内挿管は、立坑寸法を考慮して直線部では標準有効管長L'=4.0mのものを、曲線部ではPⅡ形管の許容曲げ角度か

ら定まるL'=2.5mのものを各々使用することにした。また、さや管は、1口径(100mm)違いの呼び径1200mmHPを採用することにした。

③ 特殊PⅡ形管について

PⅡ形管は原則として直線部に適用されるパイプインパイプ専用管であり、継手部に発生する推力は、受口・挿し口溝部に装着されたロックリングを介して伝達される。(図4参照)

一方、カーブ部を通過するPⅡ形管は、継手部の屈曲によりロックリングが偏芯荷重(応力集中)を受けるため許容耐荷力が低下することになる。また、1口径(100mm)違いのさや管を使用するため内挿管とのクリアランスは直径で26.4mmと小さく、この条件下

でカーブ区間を通過させる場合、挿入抵抗力の増加が予想された。

そこで、これらのカーブ区間に限り、ロックリングに代わって推力を伝達するフランジ付きPⅡ形管を採用することにした。その理由は次の通りである。

◇ 偏芯荷重によるロックリングへの応力集中の回避

◇ 挿入時の耐荷力の向上

なお、推力伝達のためのフランジを補強するリブは、次式により耐荷力を算定して必要枚数を求めた。

$$P_0 = 2n \cdot a \cdot c \cdot \sigma_{aw}$$

$$= 2 \times 22 \times 10 \times 140 \times 10 = 616,000 \text{kgf} = 616 \text{tf}$$

- ここに、 n : リブ枚数 (=22枚)
- a : 溶接脚長 (=10mm)
- c : リブ軸方向長 (=140mm)
- σ<sub>aw</sub> : 許容溶接応力 (=10kgf/mm<sup>2</sup>)

カーブ推進時の偏圧を考慮して安全率=3を考えると、

$$P_{01} = 616 \div 3 = 205 \text{tf}$$

となり、PⅡ形管の耐荷力にほぼ等しくなる。

図8 特殊PⅡ形管

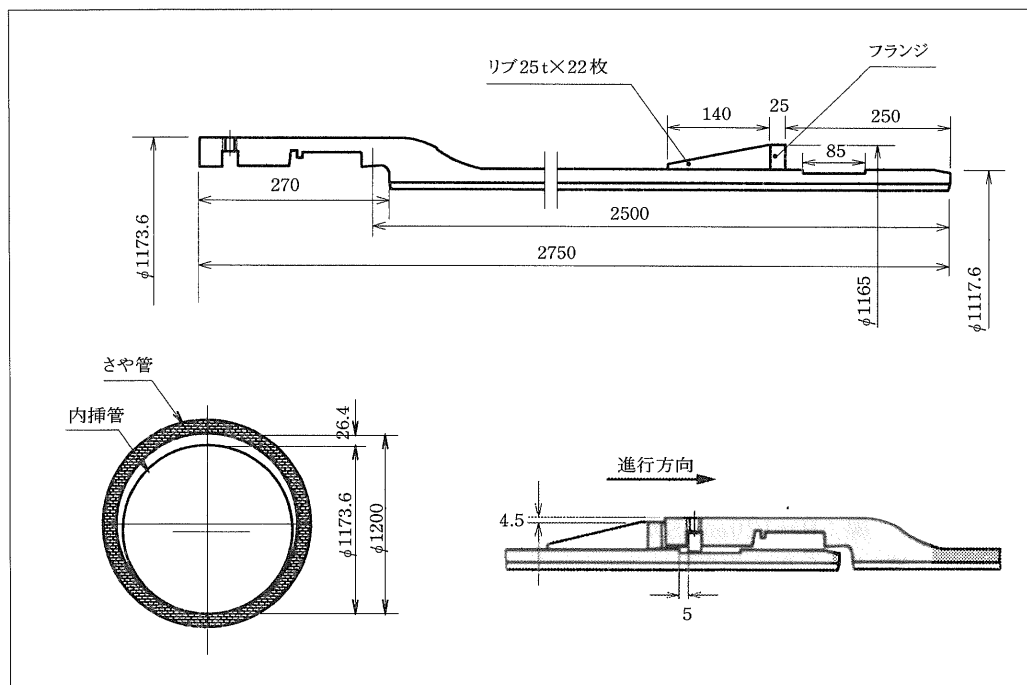


写真 1

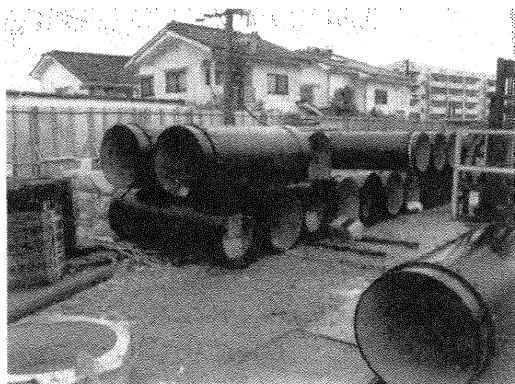


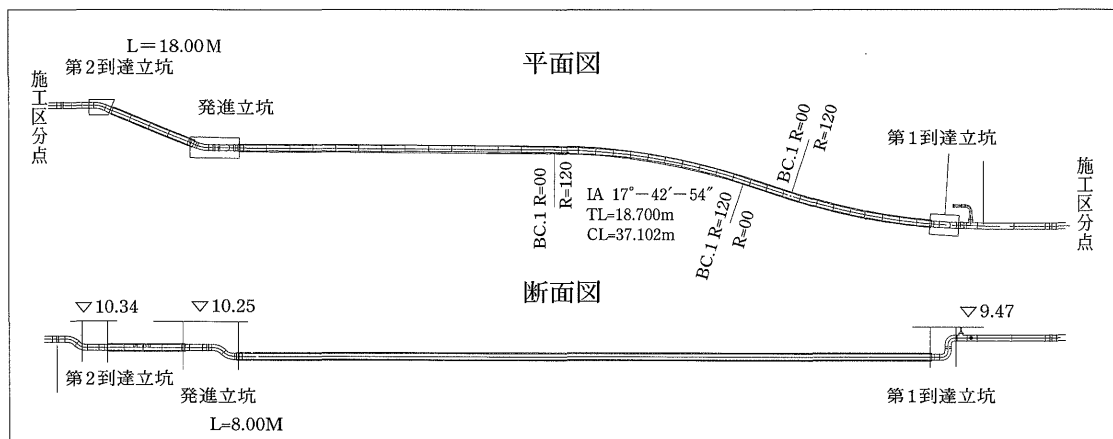
写真 2



## ④ 配管図

図9に全体の配管図(ただし、出来形図と若干異なる)を示す。

図 9 配管図



## 4. パイプインパイプ施工結果

## 4. 1 さや管(呼び径1200mmHP)推進工事概要

- 1) 工事期間：平成10年3月6日～3月30日(準備・撤去工を含む)
- 2) 適用工法：泥水密封式推進工法
- 3) 施工条件
  - ① 管 径：呼び径1200mm HP管 ×2.43m×47本
  - ② 曲 線：R=120mのSカーブ (HP設計曲げ角度;1.16°/継手)
  - ③ 土 被り：5.0～5.9m
  - ④ 平均 N値：N=14
  - ⑤ 土 質：礫質土(礫率29%、最大礫径12cm)
  - ⑥ 透水係数： $1.14 \times 10^{-6}$  cm/sec



## 4) 推進工事結果

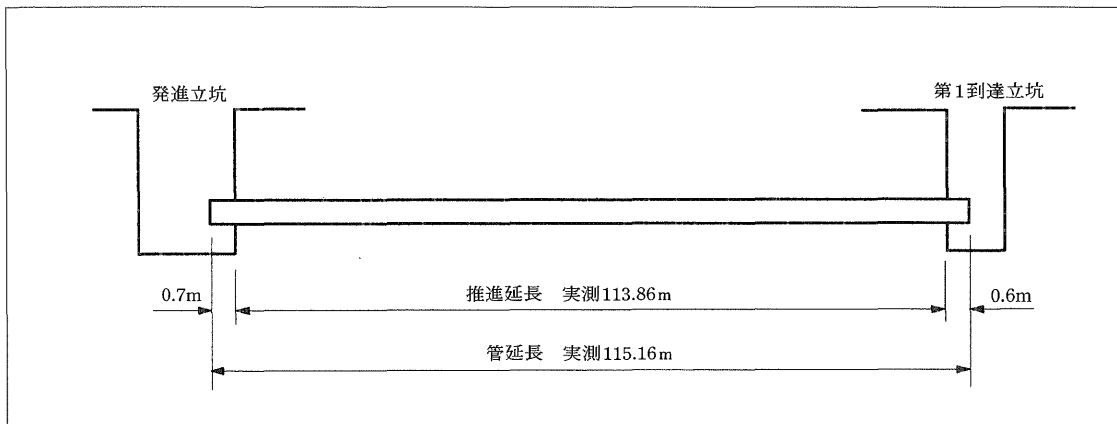
図10、図12にさや管の出来形図および水平方向の偏位量管理図を示す。計画中心法線からのズレ量、即ち、偏位量は直線部では少なく、カーブ部で大きい傾向が見られた。その絶対値は0mm～47mm、平均では22mmであり、これを継手部の屈曲角度に換算すると、各々 $1.11^\circ$ (47mm)、 $0.52^\circ$ (22mm)と計算さ

れる。一方、 $R=120\text{m}$ のカーブを通過する際のHP管( $L=2.43\text{m}$ )の設計屈曲角度は $1.16^\circ$ ／継手であり、これより平均で設計値の約 $1/2$ 程度のズレを生じたことになる。

図11に推力の推移表を示す。最大推力は163tfであり、摩擦抵抗力に換算すると $f \approx 0.32 \text{ tf/m}^2$ となり、ほぼ計画通りの値であった。

## ① 推進延長出来形図

図 10 推進延長出来形図



## ② 推進成果表

図11、図12に推力管理図、左右の偏位量管理図を示す。なお、上下方向の偏位量は非常に小さくほぼ設計値通りであった。

図 11 呼び径1200mmHP推力管理図

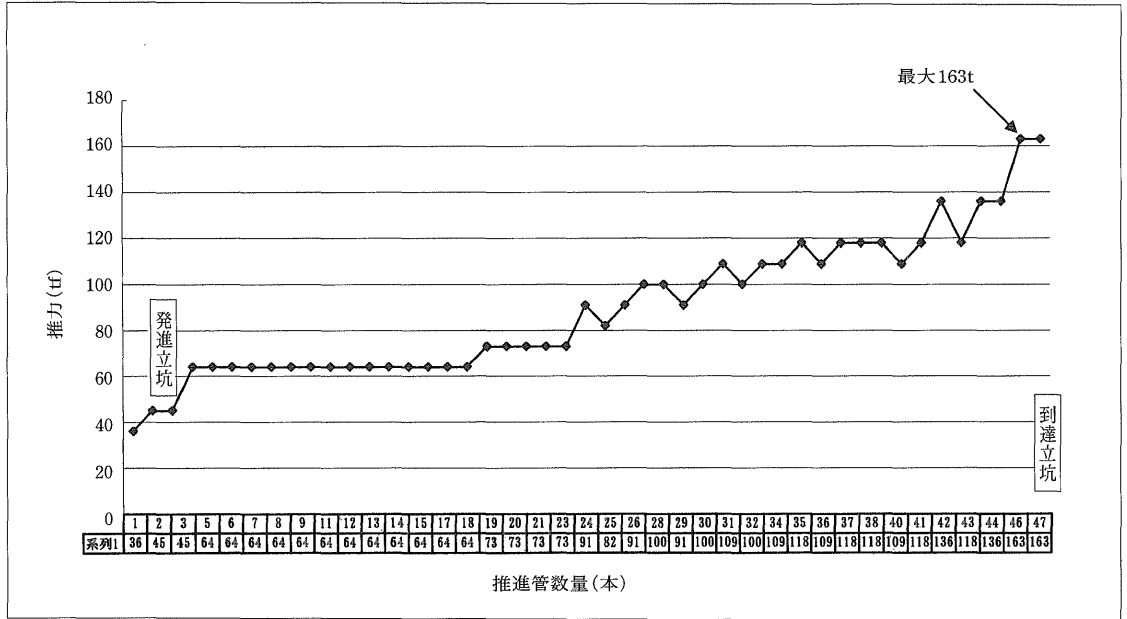
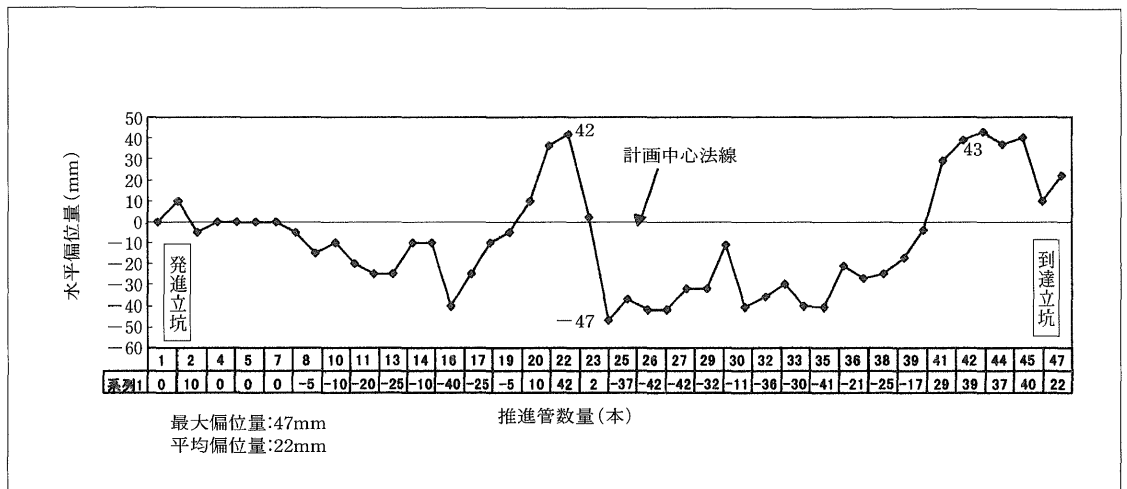


図 12 計画法線に対する水平方向偏位置管理図(呼び径1200mmHP)

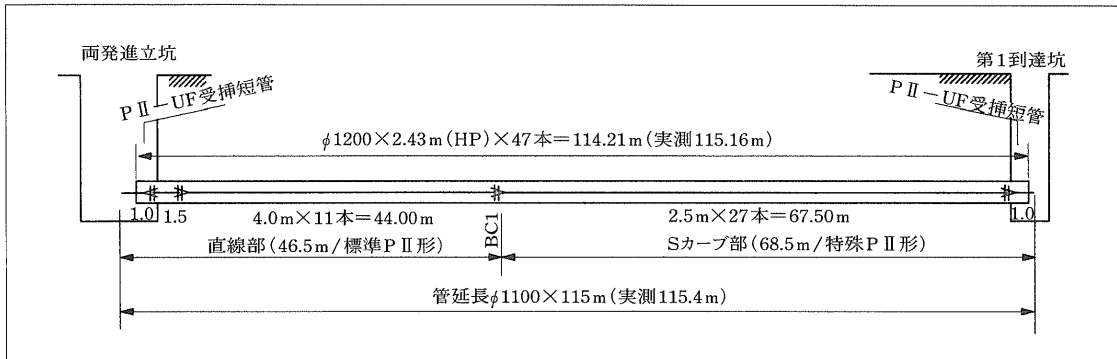


## 4.2 呼び径1100 mm PⅡ形パイプインパイプ工事結果

### 1) 管割図

図13に示すように、直線部、Sカーブ区間に各々4.0m標準管および2.5mフランジ付き管を使用した。

図 13 管割図



### 2) PⅡ形管挿入結果

図14にPⅡ形継手屈曲角度の分布を示す。これは内挿管挿入完了後、実測された継手部左右の胴付間隔から平面屈曲角度を算出したものである。PⅡ形管がさや管に沿って変位していることがわかる。特にSカーブ区間では、右廻りおよび左廻りのカーブに沿って滑らかに線形が形成されている。

各継手は絶対値で $0^{\circ} \sim 1.64^{\circ}$ の範囲で屈曲している。一方、曲率半径 $R=120\text{m}$ 、有効管長 $L'=2.5\text{m}$ における内挿管の設計最大曲げ角度は $\theta=1.375^{\circ}$  (許容曲げ角度 $=2.75^{\circ}$ の $1/2$ )であるが、これに対して一

部オーバーする継手も見られるものの多くは設計値内に収まっていた。

挿入抵抗力は直線部で約20tf、Sカーブ部では最大50tfと計測された。これは当該管路を直線と仮定した場合の設計挿入抵抗力 $24.7\text{tf} (=0.43\text{tf}/\text{m} \times 115\text{m} \times 0.5)$ のほぼ2倍であった。

以上のことより、今回採用したフランジ付きPⅡ形管によるパイプインパイプ工事は、推力の伝達がフランジを介して円滑に行われ、さや管のSカーブなどに良く順応して所定の線形に施工されたものと考えられる。

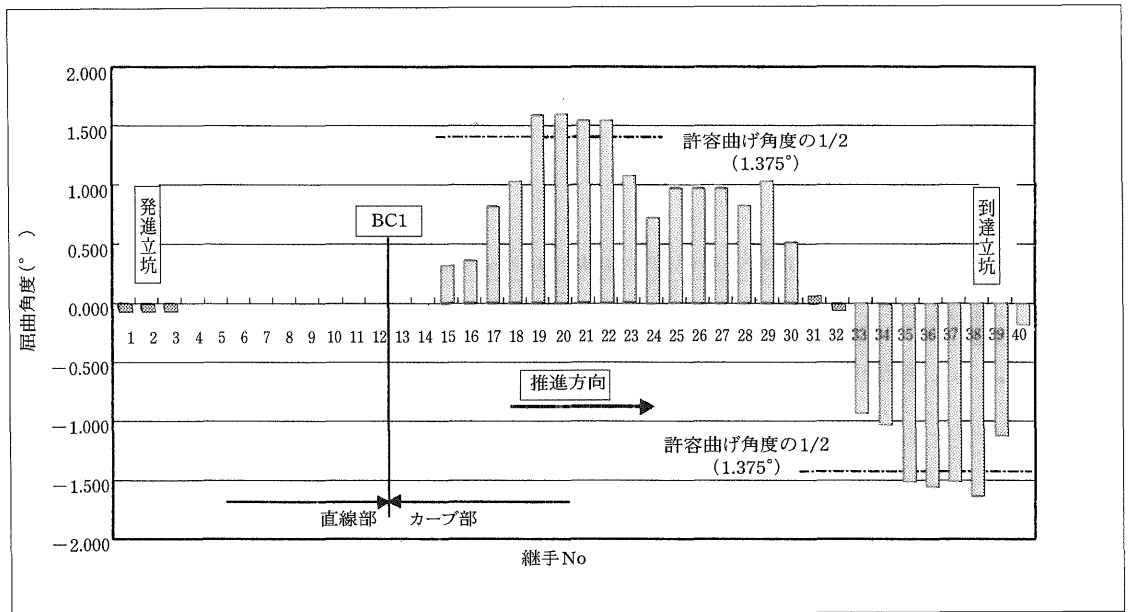
写真 3



写真 4



図 14 呼び径1100mm P II 形継手屈曲角度分布図



## 5. おわりに

西部配水池建設事業の一環として、今回初めて呼び径1100mm配水幹線布設工事にてSカーブパイプインパイプ工法を採用した。本市は過去P II 形管による施工実績を有するが、いずれも直線部での事例であった。初めてのSカーブ推進計画に対し事前調査・各種工法との比較検討

の結果、今回のフランジ付きP II 形管による同工法の採用を決定した。その結果、安全、確実に工期通りの施工を実現できた。

今後、市街地における非開削工法は、長距離化に加えて、カーブ推進工事が益々増加するものと予測される。本報告が関係各位の一助になれば幸いである。