

Technical Report 03

技術レポート

シールド内PN形ダクタイル鑄鉄管の パイプ・イン・パイプ (PIP) 施工の 実施事例について



高知市水道局
浄水課 旭更新事務所
所長 手島 和彦

1.はじめに

高知市は高知平野の西部に位置し、北部に四国山地を背負い、これに源を発する鏡川が東西に貫流して土佐湾に注いでいる。また、自然の良港を擁して古くから漁業・製紙業によって発展し、土佐24万石の旧城下町、藩政の中心地として栄えてきた。

現在、本市は、①鏡川水系日量最大6万 m^3 ②高知分水系同6万3千 m^3 ③仁淀川水系同6万 m^3 という3水系の多元的水源を確保し、拡張の時代から維持管理の時代に移っている。

昭和60年6月に「近代水道百選」に選ばれた旭浄水場は、大正14年に誕生して以来、戦災や南海大地震にも耐えて現在も本市の水道を支え市民に「いのちの水」を送り続けている。この旭浄水場についても老朽化が進んでおり、平成17年度から全面的な施設の更新を開始した。

今回、この更新・改良の一環として、鏡川第1取水所から旭浄水場を結ぶ導水管の更新工事を施工したので報告する。

2.工事概要

本工事の施工区間は、国道33号、土佐電鉄・JR土讃線、2河川の横断を含む道路幅員の狭い住宅地であり、更に交通量が多く地下埋設物が輻輳している等の現場条件からシールド工法



図1 高知市の給水区域と主要施設

でトンネルを施工し、挿入管にはPN形ダクタイル鑄鉄管を採用した。

(1) 工事名

旭浄水場(導水施設)更新 施設築造工事

(2) 工事場所

高知市旭天神町外



図2 施工位置図 Yahoo!JAPAN 地図より引用

(3) シールド工法 呼び径1000

当現場の土質条件は、強風化泥岩と普通土の互層で地下水位等を考慮した結果、泥土圧式とした。

(4) 挿入管

呼び径800PN形ダクタイル鑄鉄管(4種)

(5) 施工延長

L=575m

(6) 区間延長および曲線部

水平曲線はR120m×2・R150m×2・R200m×2の6カ所、縦断曲線はR400m×2の合計8カ所の曲線部を含んでいた。

表1 区間延長および曲線部

区間No. 発進側より	区間長 (m)	曲率半径 (m)	カーブ区間の中心角
1	20.652	直線	—
2	43.806	150	16.73°
3	12.589	直線	—
4	40.609	150	15.51°
5	98.505	直線	—
6	2.264	200	0.65°
7	27.279	直線	—
8	12.793	400*1	1.83°
9	36.201	直線	—
10	22.180	200	6.35°
11	105.000	直線	—
12	13.991	400*1	2.00°
13	54.271	直線	—
14	44.764	120	21.37°
15	8.482	直線	—
16	23.931	120	11.43°
17	8.129	直線	—

*1:鉛直方向の曲率半径を示す。

(7) PN形管の継手構造

図3にPN形継手の構造を示す。

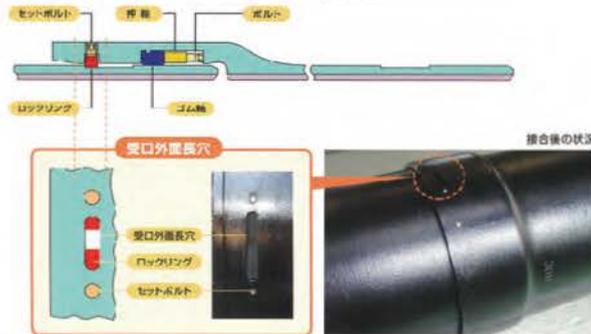


図3 PN形管の継手構造

3. キャスター付きバンド採用の経緯

日本ダクトイル鉄管協会の技術資料「ダクトイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法設計と施工 (JDPA T 36)」の考え方で挿入管の仕様を検討した結果、施工時の挿入力とPN形管の許容抵抗力の関係からPN形標準管の他に、溶接リングタイプ、フランジリブ付きの補強タイプ (図4～図6) が必要となる結果となった。

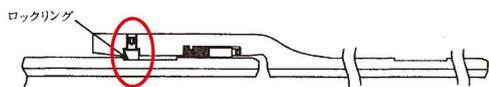


図4 標準タイプ

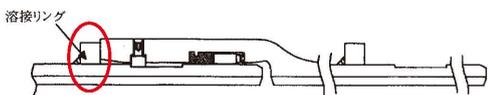


図5 溶接リングタイプ

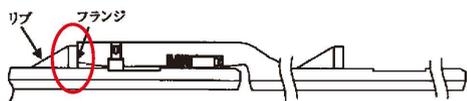


図6 フランジリブタイプ

本工事では、施工延長が長く曲線部が多いため、挿入力を抑制して安全性を高めると共に管材の種類を統一するため、キャスター付きバンド (図7) を取付けた標準タイプをシールド内に挿入する方法を検討した。

なお、キャスター付きバンドは、シールド内のボルト緊結用ボルトボックスの段差をスムーズに通過させるためにタンデム車輪を採用した。

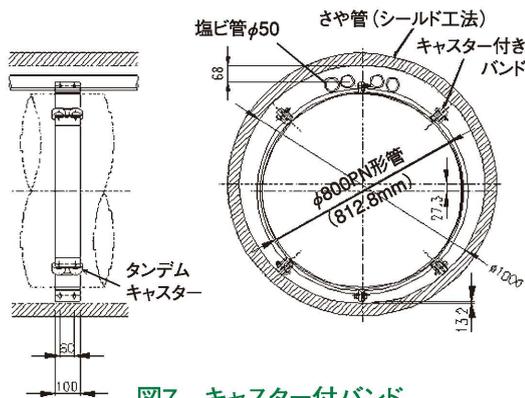


図7 キャスター付バンド

通常のPIP工法の場合は挿入力計算時の摩擦係数には $\mu=0.4$ を用いるが、ここではキャスター付きバンドを使用するため $\mu=0.25$ として挿入力の検討を行った。挿入完了時における設計挿入力とさや管継手位置での新管の挿入施工時の許容抵抗力を図8に示す。

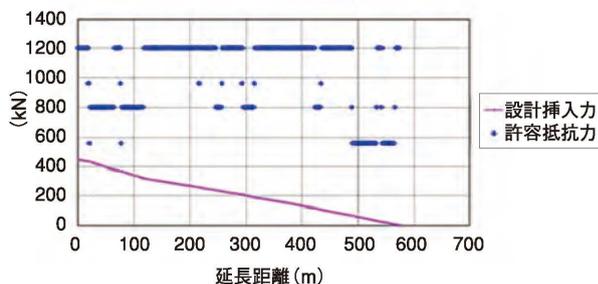


図8 設計挿入力と許容抵抗力 (標準タイプ)

管種の検討には以下に示す項目について検証を行った。

(1) 管の通過検討

8カ所の曲線部に対して管長4mの新管の通過が可能であった。

(2) 継手の屈曲角度

挿入時に継手が屈曲し得る屈曲角の最大値は 1.42° であり、PN形継手の許容曲げ角度 (3°) 以内であった。

(3) 挿入力と継手の許容抵抗力

全延長の継手にそれぞれ作用する力は、継手がシールド内で屈曲した場合の許容抵抗力よりも全て小さかった。

以上の結果から、呼び径800PN形4種管の標準タイプの1種類 (有効長4m、144本) を用いてPIP工法が施工可能であることが分り、この工法の採用に至った。

4. 施工フロー

図9にシールド工法の概念図を以下に示す。

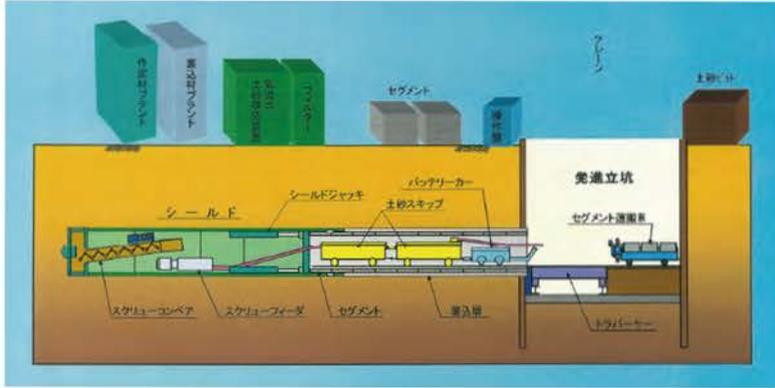


図9 シールド工法概念図

5. 施工状況

呼び径1000のシールドトンネル内に、呼び径800PN形ダクタイル鋳鉄管にキャスター付きバンドを装着し、挿入延長575mのPIPの施工を無事完了することができた。写真1～11に施工状況写真を示す。

写真8、9は管挿入時の摩擦を低減するため

に使用したキャスター付きバンドとその取付け状況を示しており、シールドのボルト緊結用ボルトボックスをスムーズに通過させるため、タンデム車輪としている。また、写真10、11の管挿入状況では、管とシールドの隙間に充填するエアミルク注入管としてφ50塩ビ管4条を管に取付け、同時に挿入している状況が分る。



写真1 シールドマシン



写真3 発進立坑設備全景



写真2 発進基地全景



写真4 1次覆工(シールドトンネル)完了



写真5 PN形 管の吊下し状況



写真8 キャスター付バンド



写真6 PN形 接合状況(ロックリング挿入)



写真9 キャスター付バンド取付状況



写真7 PN形 接合状況



写真10 PN形 管挿入状況①



写真11 PN形管挿入状況②

6.おわりに

本工事における設計時の最大挿入力値は446.9kNであったが、実際の最大挿入力は約100kN、摩擦係数に換算すると $\mu=0.1$ 以下となった。この結果から、キャスター付きバンドを使用することで設計時よりも非常に低い挿入力で施工することができたことが分る。また、表2に示すようにPIPの施工(導水管工)は約1カ月で終了することができた。

本工事の施工について、ご協力をいただいた市民の皆様、関係機関、並びに、安全な施工を行った工事関係者の皆様にお礼申し上げる。

今後も、高知市水道ビジョンの基本理念である「快適な市民生活を支える安心と信頼の水道」の実現をめざして行きたい。

表2 完成までの全体工程

工種	年	平成24年											
	月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
シールド仮設工		■								■		■	
シールド掘進工				■									
導水管工(PIP工法)										■			