

Technical Report 04

技術レポート

長距離パイプ・イン・パイプ工法 による布設事例

長崎市上下水道局
事業部 水道建設課

中尾 知弘



1. はじめに

長崎市は、東アジアに近い九州の西端に位置し、古くから地理的な利点と豊かな海や港を活かして海外の国々との交流を行い、鎖国時代においては日本で唯一海外に開かれた出島を窓口として、独自の発展を遂げてきた。

長崎水道の創設は、こうした歴史を背景に外国人居留地が建設され、海外との貿易による異国文化の流入と共に、コレラ、赤痢の伝染病の流行にも悩まされ、港湾都市長崎の発展のためには衛生環境の改善が喫緊の課題であるとの見地から水道施設の必要性が提唱されたことにより、横浜、函館に次いで、日本で3番目の近代水道として、1891年（明治24年）に給水が開始され、その後、7回の拡張事業を経て現在に至っている。

このように本市の水道施設は歴史も古く、

また、高度経済成長期においては、多くの施設整備を行ってきており、今後これらの施設が耐用年数を迎えることから、耐震化を含めた更新事業を計画的に進めているところである。しかしながら、交通量が多く、埋設管が輻輳している幹線道路においては、開削工法で施工した場合、交通事情及び他埋設物への影響を考慮しながらの施工となるため、思うような進捗が得られていないのが実状である。

そこで今回、上記現場条件への影響を最小限に抑え、長距離施工することができたパイプ・イン・パイプ工法での布設事例を報告する。

2. 工法検討

本工事は手熊浄水場から浦上浄水場へ送水しているφ700送水管をφ500で更新したも

のである。また、併せて浦上配水池から配水しているφ700配水管が破損した場合でも、給水が継続できるようバックアップ管としての機能を確保する為に不断水工法にてφ700配水管とφ500送水管をバイパス管で接続した。

当初計画ではNS管を開削工法で布設する予定であったが、施工予定区間を調査した結果、地下構造物並びに多くの生活インフラが輻輳して埋設されており、開削工法での施工が困難な区間が存在していることが判明した。

そこで、開削工法では他の埋設物への影響が懸念される区間も含め、非開削工法での布設を検討した結果、φ500にダウンサイジングしても手熊浄水場から浦上浄水場へのネットワーク管を整備したことで今後の水運用については問題なく、施工性、経済性においても有効であることからφ700既設铸铁管を利用したパイプ・イン・パイプ工法を採用した。

図1に工事の概要図を示す。

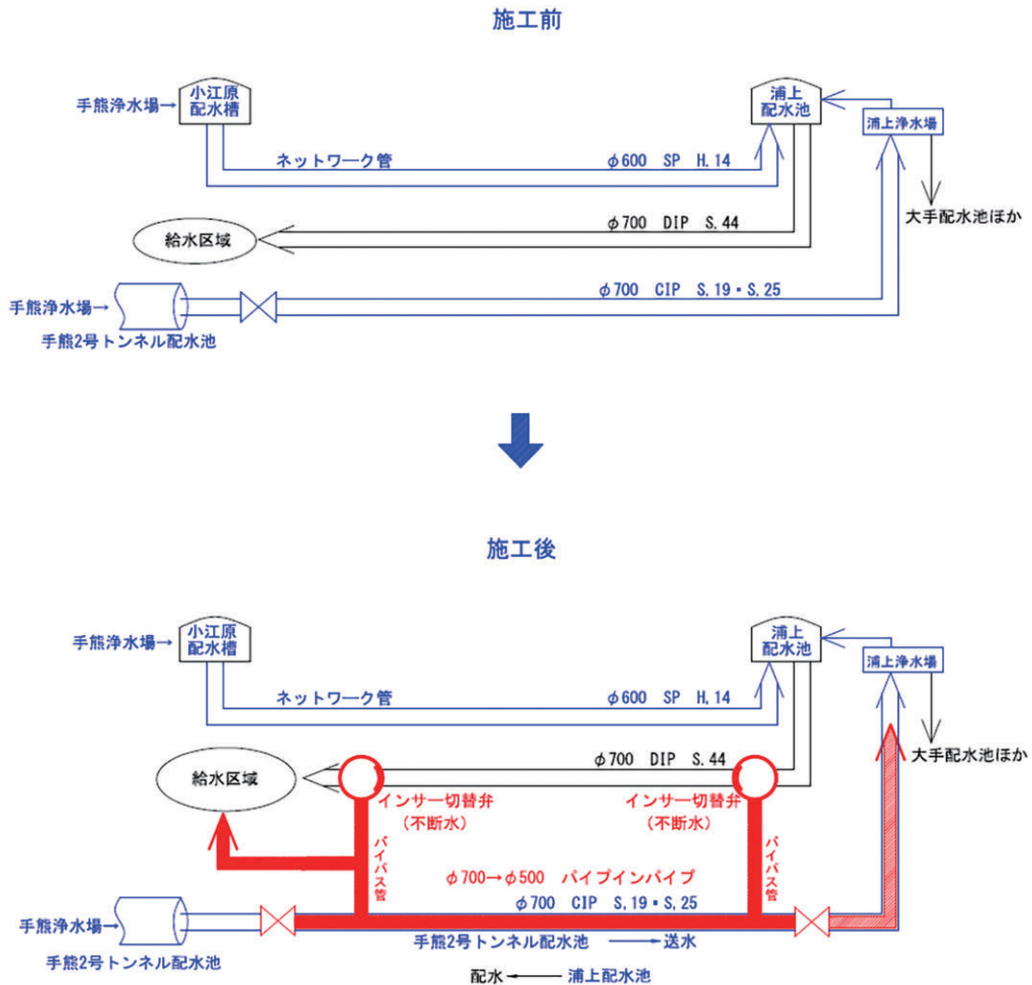


図1 工事目的の概要

3. 工事概要

本工事はφ700既設铸铁管の中にφ500PN形ダクタイル鉄管を挿入するパイプ・イン・パイプ工法を主とした工事である。

図2に各スパンの延長を示す。

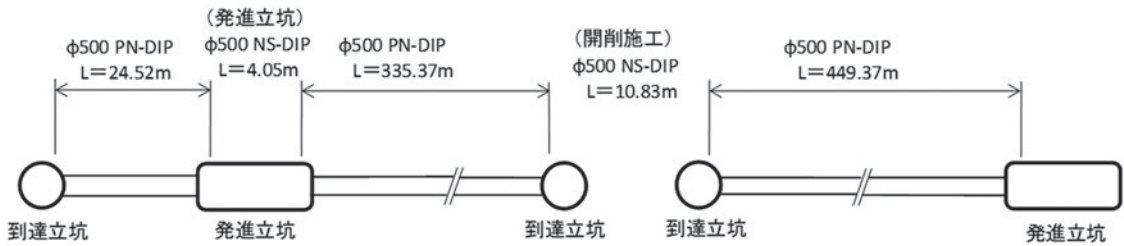


図2 パイプ・イン・パイプ工法のスパン概要

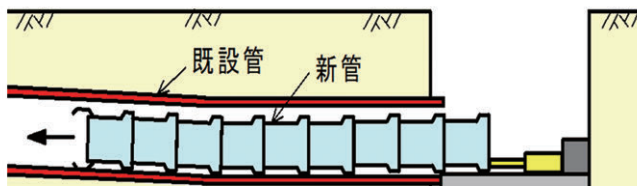


図3 パイプ・イン・パイプ工法の概要



図4 パイプ・イン・パイプ工法手順

4. 新管の仕様検討

(1) 新管仕様の検討内容

新管を押し込む推力は挿し口の溝と受口内に設置されているロックリングが接触して伝達する構造となっている。

継手が真直な状態であればロックリングと挿し口溝の壁は円周全体で接触して推力を伝達できる。

しかし屈曲すると接触面積が少なくなり、真直と比較して伝達できる推力が低下する。そのため、既設管の継手の屈曲状況を正確に測定して、発生する推力に耐える管の仕様を検討することが重要となる。

管の仕様を決めるための具体的な作業内容は次の通りである。

- ① 既設管の継手の屈曲角度を測定
- ② 既設管内を通過したときのPN形継手の屈曲角度の算出
- ③ 推力の算出
- ④ 屈曲角度における許容抵抗力と推力の比較により、確実に推力伝達が可能な管の仕様の決定

(2) 管の仕様

管の仕様は図5に示す3種類があり、それぞれの継手の屈曲角度における許容抵抗力を表1に示す。

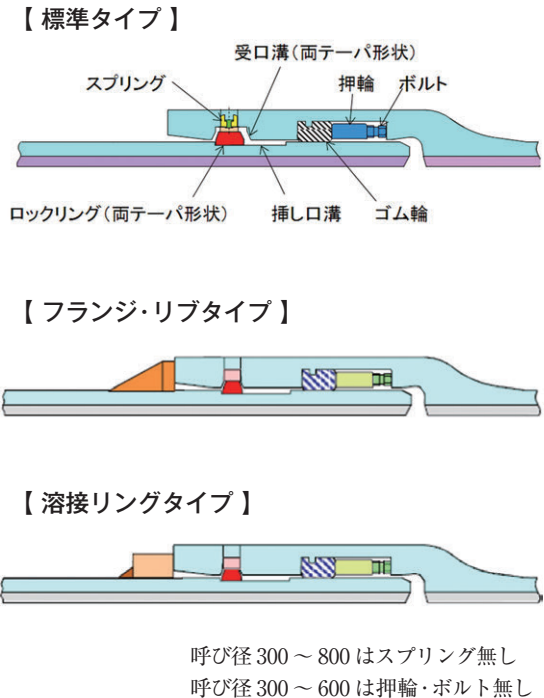


図5 PN形の各タイプの構造

表1 屈曲角度と許容抵抗力

タイプ	呼び径	許容曲げ角度 θ_a	許容抵抗力 (kN)							
			0	$0.15 \theta_a$	$0.25 \theta_a$	$0.40 \theta_a$	$0.50 \theta_a$	$0.75 \theta_a$	$0.86 \theta_a$	$1.00 \theta_a$
標準タイプ	500	4°	750	480	300	264	241	202	185	適用せず
溶接リングタイプ			1500	1180	980	670	460	420	398	370
フランジ・リブタイプ			2870	2750	2250	1500	1000	900	878	850

5. 模擬管による既設管の調査

新管の仕様を決定するためには既設管の継手の屈曲角度を正確に把握する必要がある。

最も正確な測定方法は管内に作業員が入りトータルステーションを用いてトラバース測量を行うことであるが、今回の既設管はφ700のため作業員が管内に入ることができない。

このような場合の既設管の継手屈曲角度の測定方法としては、次の2種類がある。

- ① 自走式テレビカメラで管内から継手の胴付き隙間を測定して角度を計算する方法
- ② 継手の屈曲角度を測定できる模擬管を既設管内に通す方法

なお、新管の仕様検討に既設管継手の屈曲角度を用いる場合、それぞれの測定値に表2に示す安全率を乗じた値を用いる。

表2 屈曲角の測定結果に対する安全率

さや管の呼び径	700以下	
設計値	調査方法	
	模擬管調査 ¹⁾	テレビカメラ ²⁾
安全率	1.3	1.5

注1) 継手の屈曲角度が測定可能な模擬管を使用し、測定した屈曲角度に1.3を乗じた屈曲角度を新管の継手屈曲角度とする。

注2) 測定した屈曲角度に1.5を乗じた屈曲角度を既設管の継手屈曲角度とし、その角度から新管の継手屈曲角度を計算によって求める。

模擬管は新管がどのように屈曲しながら既設管内を通過していくか把握することができ、管の仕様を高い精度で精査することができる。そのため、測定した値に安全率1.3を乗じたものを新管の屈曲角度として検討できる模擬管調査を採用した。

使用した模擬管の構造を図6、測定方法の概要を図7に示す。

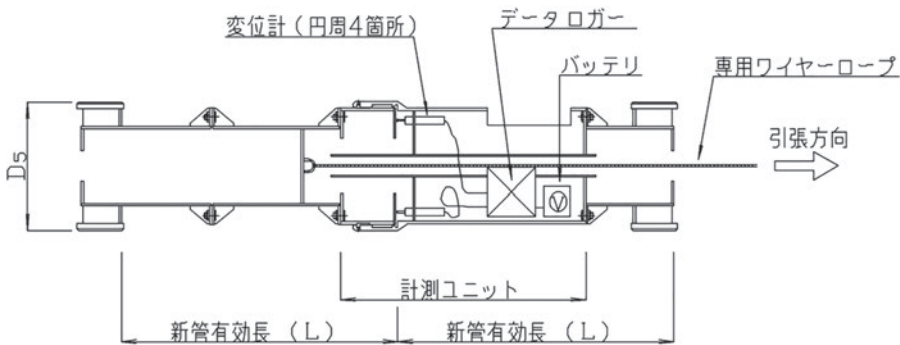


図6 継手屈曲角度測定可能な模擬管の構造

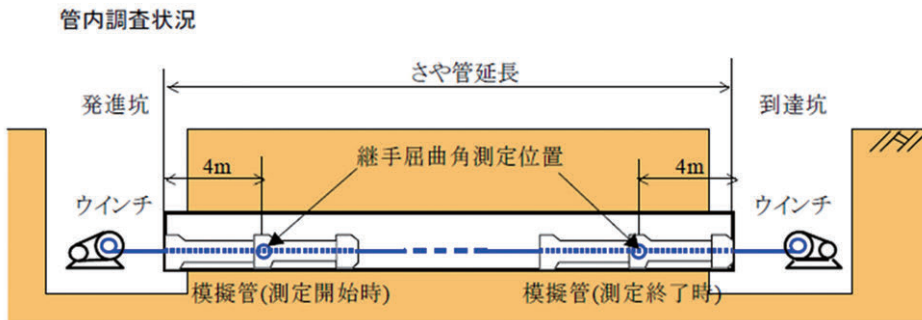


図7 模擬管による管内調査の概要

2本の模擬管を接合した状態で発進立坑から到達立坑に向けてウインチで引っ張り、模擬管の継手の上下左右に取り付けられた変位計で継手の伸縮量を測定し屈曲角度を算出する。

写真1に継手の屈曲角度を測定できる模擬管の測定ユニット、写真2に測定値を保存するデータロガー、写真3に変位計を示す。



写真1 測定ユニット



写真2 データロガー



写真3 変位計

6. 施工状況

今回の工事の状況を以下に示す。

(1) 既設管の調査

既設管の錆びをスクレーパーで清掃した後継手の屈曲角度を模擬管で測定した。

なお、清掃については模擬管調査において既設管内状況を正確に把握する為に入念に行った。

その後、管挿入工事に問題ないか確認するため、管内の状況をテレビカメラで確認した。

写真4に管清掃状況、写真5に模擬管調査状況、写真6にカメラ調査状況を示す。



写真4 管清掃状況



写真5 模擬管調査状況



写真6 カメラ調査状況

また、模擬管で測定した最も長いスパンの結果を図8に示す。

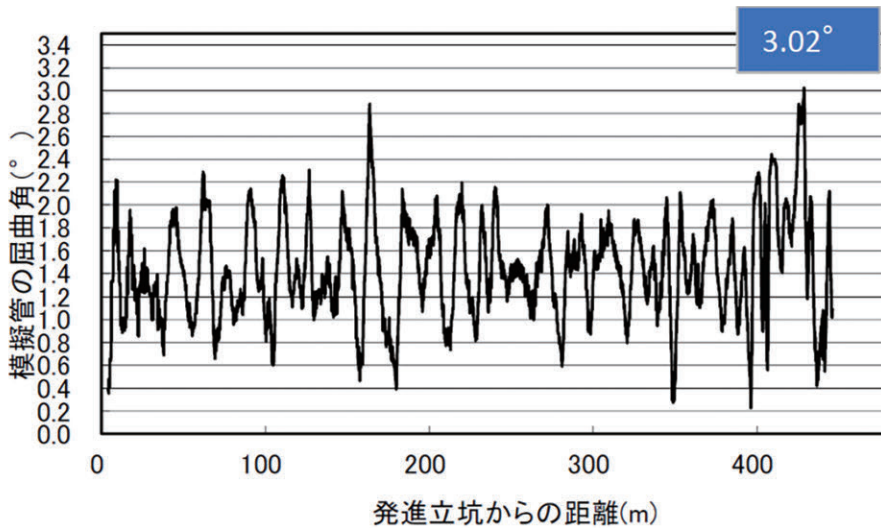


図8 既設管調査結果

(2) 管の仕様の検討

本工事における最大延長区間(L=449.37m)において測定した結果を解析し、管の仕様を検討した。

その結果を表3に示す。

表3 管の仕様検討結果

発進立坑からの本数	PN形管の仕様
1本目～31本目	フランジ・リブ
32本目～112本目	溶接リング
113本目(先頭)	標準



写真7 管接合状況

(3) 管挿入工事

発進立坑から油圧ジャッキで管を押し込む方法で施工した。約450mという長距離のスパンもあったが問題なく挿入が完了した。

写真7に管接合状況、写真8に管挿入状況を示す。

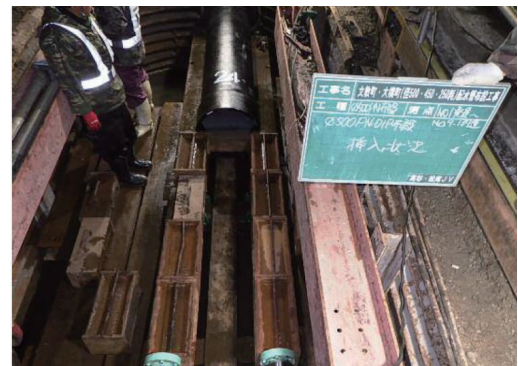


写真8 管挿入状況

(4) 水圧試験

PN形継手に不具合があった場合でも修正ができるように、中詰め注入を行う前に水圧試験を実施した。試験の結果は本市の基準を満たして合格した。

写真9に水圧試験状況を示す。

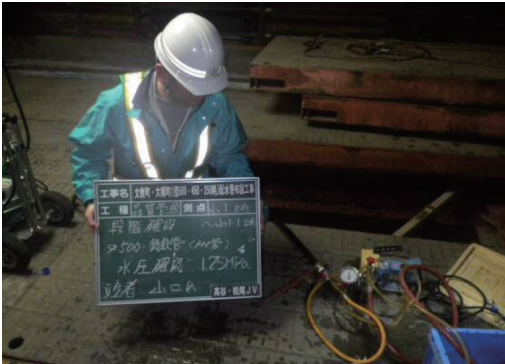


写真9 水圧試験状況

(5) 中詰め注入

長距離の-spanは、発進・到達立坑だけでなく、4か所ある管理用立坑を利用して注入を行い問題なく施工は完了した。

写真10、11に中詰め注入状況を示す。



写真10 中詰め注入状況



写真11 管理用立坑からの中詰め注入状況

7. 終わりに

今回の工事場所は前述のとおり、施工条件が厳しい現場であったため非開削工法であるパイプ・イン・パイプ工法を採用して工事を行った。

また、長距離での施工であった為、既設管の正確な状況把握の重要性を考慮し、屈曲角度を測定できる模擬管を使用して管内調査を行った。

その結果、適切な管の仕様検討が可能となり、長距離の管挿入も問題なく、実施工日数も短縮し完了させることができた。

更に、パイプ・イン・パイプ工法により掘削箇所を最小限にできたことで、住民生活への影響を軽減し、産業廃棄物の削減にも貢献できた。

今後は交通環境並びに地下埋設環境の変化に伴い、開削工法での幹線管路更新が困難になっていくと考えられ、非開削工法の必要性が高まっていくと思われる。

最後に本稿がパイプ・イン・パイプ工法を検討している水道事業に携わる関係各位の一助となれば幸いである。