

Technical Report 02

技術レポート

既設導水管を利用した 呼び径 1000 PN 形ダクタイトイル鉄管の パイプ・イン・パイプ (PIP) 施工事例

京都市上下水道局
水道管路課
橋井 巧



1.はじめに

京都市の水道事業は1912年(明治45年)の蹴上浄水場の給水開始から始まり、その後、本市の発展に伴う水需要の増大に対応するため、8期にわたる施設能力の拡大と管路の延伸に注力した結果、1996年(平成8年)度には施設能力が105万 m^3 /日となった。以降、節水型社会の進展・定着による水需要の減少を踏まえ、2012年(平成24年)度末に山ノ内浄水場を廃止する等施設規模の適正化を図り、2017年(平成29年)に統合した山間地域を含め、施設能力は79.1万 m^3 /日となっている(2018年(平成30年)度末時点)。

本市の水道事業の特徴としては、山間地域を除くほとんどの地域での琵琶湖を水源とする安定した水量の確保と高低差のある地形の

利用があげられる(図1、2参照)。

水道原水は主に琵琶湖から琵琶湖疏水を通じて自然流下で各浄水場に運んでいる。また、本市の地形は北から南へと傾斜しており、この地形の高低差を利用することで、市内全体の約4割の水道水を各浄水場から自然流下のみでお客様に供給している。

本市では、蹴上、松ヶ崎及び新山科の3浄水場からの給水で区域分けし、さらに地盤高で区分した大ブロック(標高順に、特最高区・最高区・高区・低区)と、各配水池からの幹線配水管(呼び径350以上)で区分した中ブロックに分けて管理している。

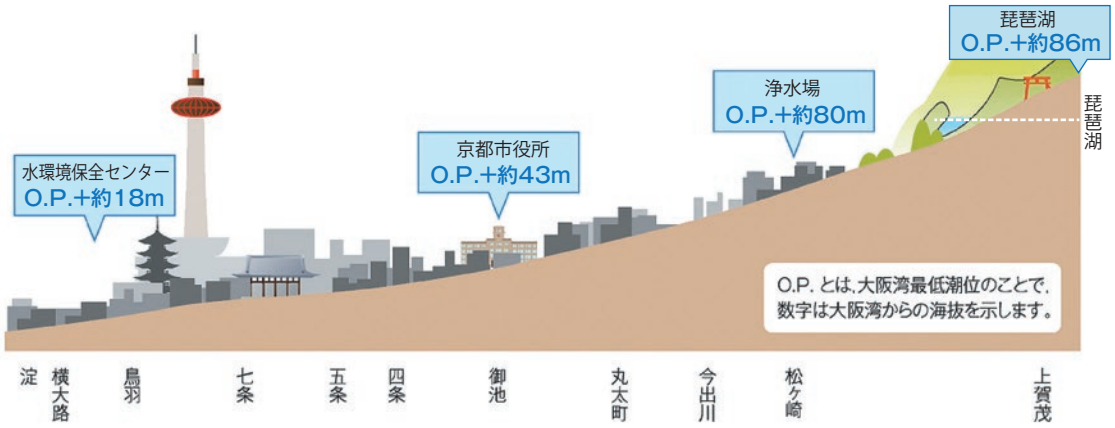


図1 高低差のある地形を利用

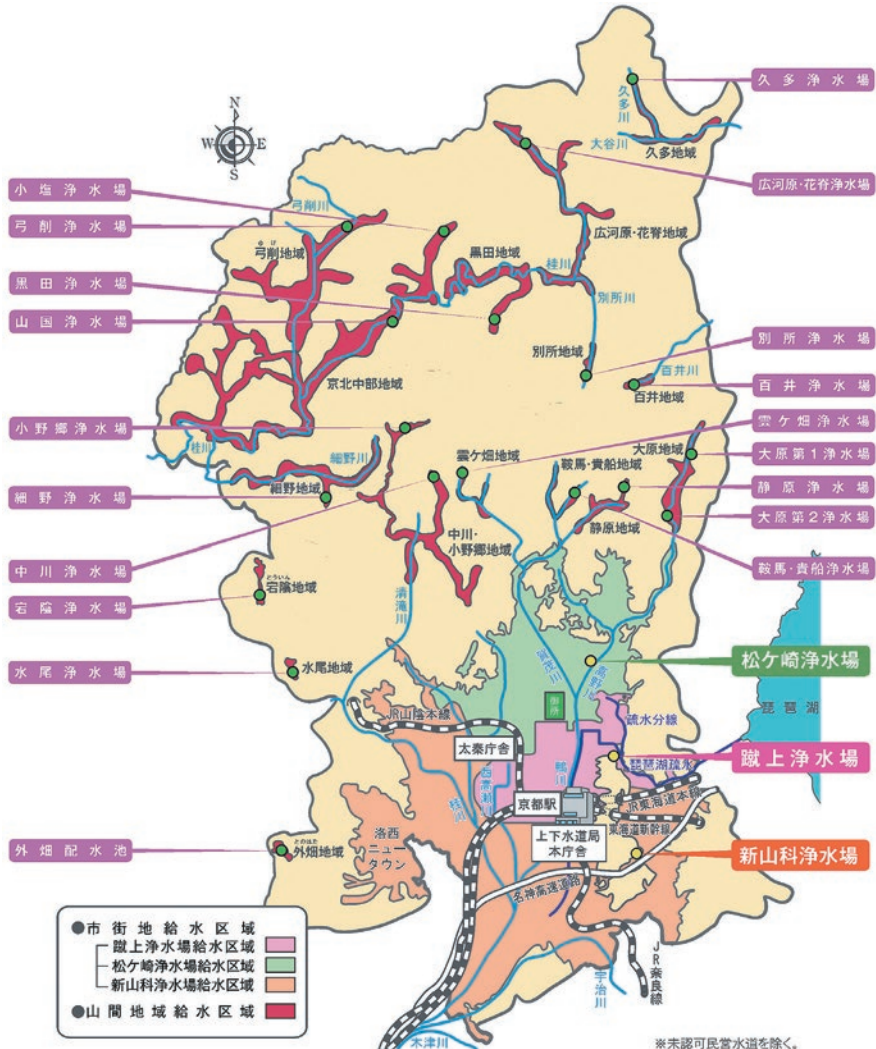


図2 京都市給水区域図

2. 現状の課題

節水型社会の定着等により、水需要はピーク時から2割程度減少しており、今後の人口減少に伴う料金収入減で、必要な財源の確保が困難となる懸念がある。

一方、1965年（昭和40年）頃以降の事業拡張期に整備した大量の管路や浄水施設の老朽化が進み、改良・更新時期を迎えていることから、限られた財源を有効に活用し、緊急度、重要度を勘案し、出来る限り事業費の平準化を図り、優先順位の高い事業から計画的に実施する必要がある。

こうした状況から、2018年（平成30年）3月に「京（みやこ）の水ビジョン」を策定し、老朽化が進む配水管の更新及び耐震化を推進するとともに、地震等の災害により一部の幹線配水管が破損した場合でも、給水が継続できるよう、隣接する給水区域の相互融通を可能とする連絡幹線配水管を整備し、バックアップ機能の強化を図っている。

本稿では、蹴上浄水場と新山科浄水場の間で水道水を相互融通するために進めている「御池連絡幹線配水管布設工事」について報告する。

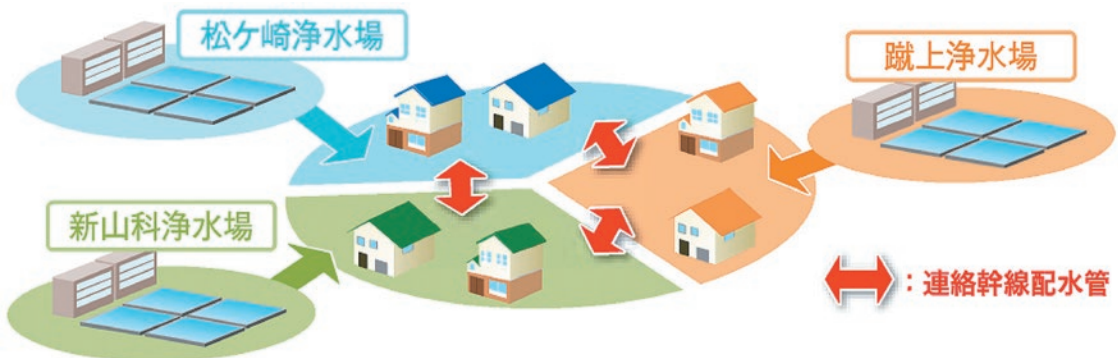


図3 連絡幹線配水管による給水のバックアップ機能の強化イメージ

3. 御池連絡幹線配水管整備事業の概要

3-1.事業の背景・目的

本市では、水需要に応じた施設規模の適正化及び施設の再編に取り組んでおり、2012年(平成24年)度末に山ノ内浄水場を廃止し、従来の4浄水場体制から蹴上、松ヶ崎及び新山科の3浄水場体制へ移行した。

山ノ内浄水場の廃止に当たり、それまで山ノ内浄水場が受け持っていた区域に給水を

継続するため、山ノ内ポンプ場を建設したが、当該ポンプ場への送水は新山科浄水場からの1系統のみである。また、当該系統は、市内で最も長距離の送水となっているため、バックアップ機能の強化を図る必要があった。

そこで、山ノ内浄水場の廃止に伴い不要となった導水管(呼び径1650)を利用し、御池連絡幹線配水管を整備することとした(図4参照)。



図4 御池連絡幹線配水管布設工事(概要図)

3-2.工区及び進捗状況

御池連絡幹線配水管は、京都市中心部を東西に走る幹線道路である御池通(おいけどおり)に位置し、2022年(令和4年)度の完成に向けて2015年(平成27年)度から全長約4.6kmの区間を7工区に分割して、布設工事を進めている(表1参照)。これらの工事の大部分

は、呼び径1650の既設管内に新設管を布設するパイプ・イン・パイプ工法(以下、PIP工法)で計画している。新設管は、浄水場の施設能力に基づく応援可能水量や水質保全(残留塩素確保)の観点から呼び径1000とした。

2019年(令和元年)8月現在、7工区の内3工区が完成し、進捗は全体の約20%である。

表1 工区及び進捗状況

工 法	その1	その2	その3	その4	その5	その6	その7
延 長	25m	510m	660m	1000m	630m	1100m	700m
進捗・計画	2015年度 完成済み	2017年度 完成済み	2018年度 完成済み	工事中 2020年度 完成予定	工事中 2020年度 完成予定	計画中 2021年度 完成予定	計画中 2022年度 完成予定
工 法	開削	PIP押込	PIP押込・持込	PIP持込	PIP持込	検討中	

3-3.工法の選定

御池連絡幹線配水管布設工事ではPIP工法を採用しているが、ここでは当該工法の選定に至った検討例について紹介する。

一般に、配水管の布設工法は開削工法と非開削工法に分けられ、さらに非開削工法には、PIP工法、推進工法、シールド工法等が

あるが、各工法の適用性及び経済性を比較した結果、既設の休止導水管(呼び径1650鋼鉄管)を利用したPIP工法の採用が最も合理的であると判断した。(表2参照)

なお、本市では、PIP工法を採用する場合には、原則として鋼管より安価なダクタイル鉄管を採用している。

表2 工法選定の検討例

工 法	PIP工法	開削工法	推進工法・シールド工法
適 用 性	・立坑部以外は、交通への影響や他企業埋設物への影響がない ・既設休止管(呼び径1650)がさや管として利用できる	・幹線道路下であり、交通への影響が大きい ・上水、下水、電力等の埋設物が多く、上越し・下越しする物理的スペースがない	・地下駐車場、地下街があり、土被り3.5m以上は施工不可 ・更に地下鉄があり、下越しは土被り20m以上となり維持管理が困難
施 工 性	○	×	△
経 済 性	○	△	×
採 否	採用	不採用	不採用

4. ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法

4-1. PN形ダクタイル鉄管

PIP工法用の耐震型ダクタイル鉄管には、離脱防止力1.5DkN(Dは呼び径を示す)のPII形と後発で開発された離脱防止力3DkNのPN形があったが、現在はPN形が主に使用されている。

また、PN形は、従来はロックリングを受口外面

の長穴から継手内に挿入する方式であったが、現在は受口内面にロックリングを預けて接合する方式とする等、接合性の改善が図られている(ここでは、便宜上、長穴のあるタイプを「従来PN形」、長穴のないタイプを「現行PN形」と呼ぶこととする。図5参照)。

御池連絡幹線配水管布設工事では、その2~3工区では「従来PN形」で工事を行い、その4工区の工事以降は「現行PN形」を採用する。

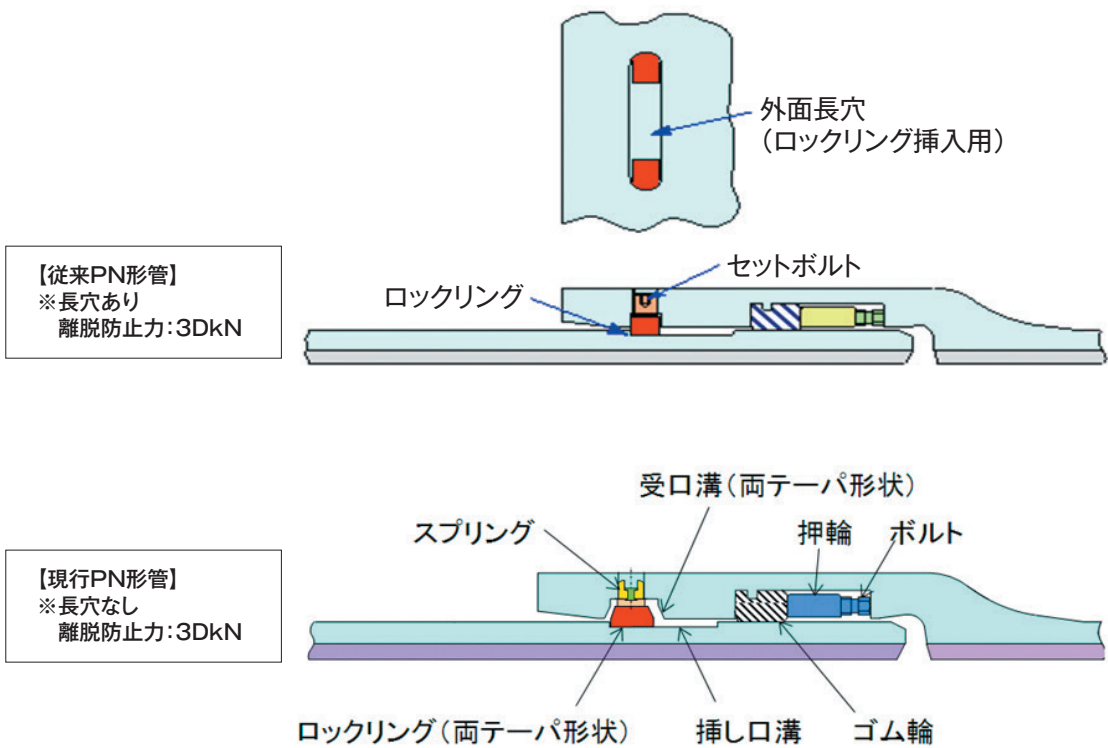


図5 PN形ダクタイル鉄管の継手構造

4-2. 押込工法と持込工法

PIP工法には押込工法と持込工法の2つの方法がある(図6参照)。押込工法は、発進立坑内で新管を接合し、順次さや管内に挿入していく工法で、直線又はRの大きな曲線区間に適用される。持込工法は、バッテリーカー等を用いて新管をさや管内に持ち込み、さや管内で

順次接合していく工法で、新管の運搬が可能な範囲で比較的Rの小さな曲線へも適用できる。

御池連絡幹線配水管布設工事では、その2・その3工区では押込工法を採用し、その4・その5工区では持込工法を採用した。

なお、ダクタイル鉄管で施工が難しい急曲線部のみ鋼管の持込工法を採用した。

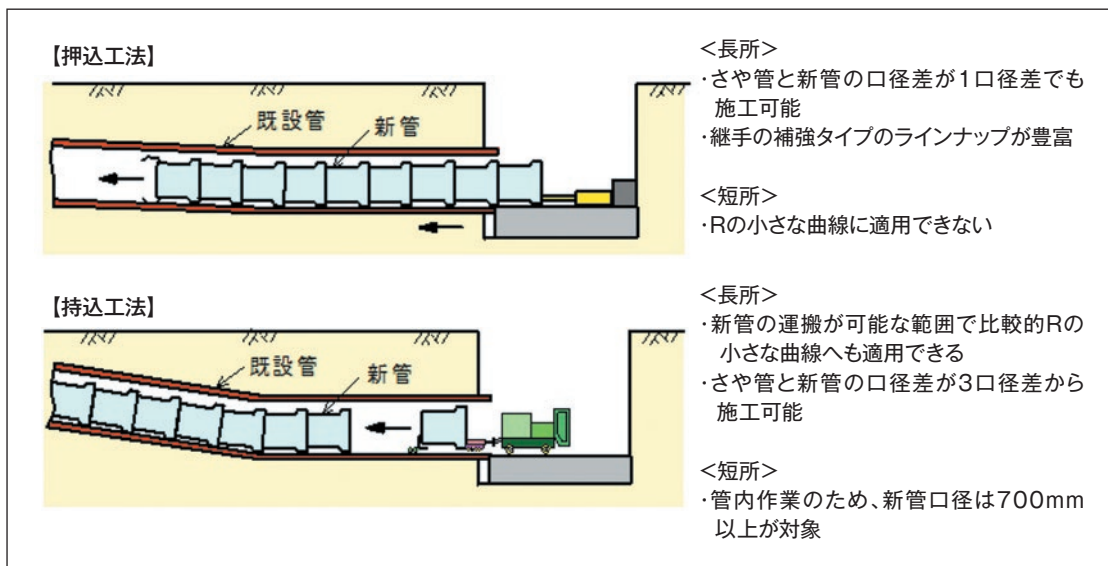


図6 押込工法・持込工法の一般的特徴

5. 御池連絡幹線配水管布設工事の事例

5-1. その3工区の例(押込・持込工法区間)

①その3工区の施工

その3工区では、京都市中京区の御池通で西小路通から西大路通までの約660mのPIP工事を実施した(図7参照)。当該工区では

区間中央部付近に既設管の地下道下越し部があるため、下越し部の両側にそれぞれ立坑を設けて、PN形ダクタイル鉄管による押込PIP工法で施工した。なお、下越し部は鋼管による持込PIP工法で施工した。



※No.4、No.5立坑は既設バタフライ弁があったため、バタフライ弁を撤去して通過立坑とした。

図7 その3工区の施工概要図

②管材の選定

その3工区での管材比較を表3に示す。

これにより、PN形ダクタイル鉄管(押込工法)を基本とすることとした。

表3 管材の比較

工法	PN形ダクタイル鉄管(押込)	鋼管(持込)
概要	発進立坑内で新管を接合し、順次さや管内へ挿入施工する	新管をウインチでさや管内に引き込み、さや管内で溶接により新管を順次接合する
工事費	○	△
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 立坑内で接合し挿入するため施工性に優れる 継手接合に特殊な技能を必要とせず、メカニカル継手のため、溶接よりも接合時間が短い ロックリングを管外から挿入する工具が必要 ※従来PN形のため 重量が比較的重い 	<ul style="list-style-type: none"> 既設管内での溶接、塗装作業及び換気が必要 溶接作業には高度な技術が必要であり、ダクタイル鉄管よりも時間を要する 現地溶接部に超音波探傷検査が必要 ダクタイル鉄管で施工ができない急曲線に対応可能 重量が比較的軽い
施工実績	小口径から大口径まで一般的に広く採用されている	管内で作業を行うため口径は800mm以上必要
施工期間	2か月(配管工事のみ)	10か月(配管工事のみ)
耐用年数	80年	70年
総合評価	◎	○

③施工結果

その3工区は当初設計どおり、既設の休止導水管(呼び径1650)内に、呼び径1000 PN形ダクタイル鉄管を挿入工法にて挿入し、工期内に無事完了することができた。

当該工事では、既設管内底部に帯状のコンクリートを打設するインバート工を実施(写真1)することで、新管挿入時に既設管の

継手段差等による挿入抵抗力の低減を図った。また、インバートが挿入管を誘導する役割を果たしたことで管挿入が安定し、挿入速度が上がったため、通常よりも工期を短縮することができた。挿入結果を表4に示す。本工事は、既設管口径が大きく、さらに、既設管に対する新管の口径差が大きい好条件であったため、インバート工の施工が可能となった。

表4 挿入工の結果

	日進量(延長:m)
その3工事 (インバート工あり,直線区間)	30m程度
【参考】通常のPIP挿入工法 (インバート工なし)	20m ※水道事業実務必携(H30)より



写真1 既設管内インバート工の状況



写真2 管挿入状況



写真3 立坑内の配管状況

5-2. その5工区の例(持込工法区間)

①その5工区の計画

その5工区では、京都市中京区の御池通で高倉通から河原町通までの約630mのPIP工事を実施予定である(図8参照)。当該工区は、片側3車線の幹線道路であり、交通量は非常に多く、バス路線となっている。また、他工区と

同様に地下鉄、地下駐車場、地下街があり、土被り3.5m程度以深は占用スペースがない。

さらに、当該工区では既設管(呼び径1650)に複数の伏せ越し、切り回し箇所があり、複数の5.625°~45°曲管が存在するため、PIP持込工法で施工することとした。

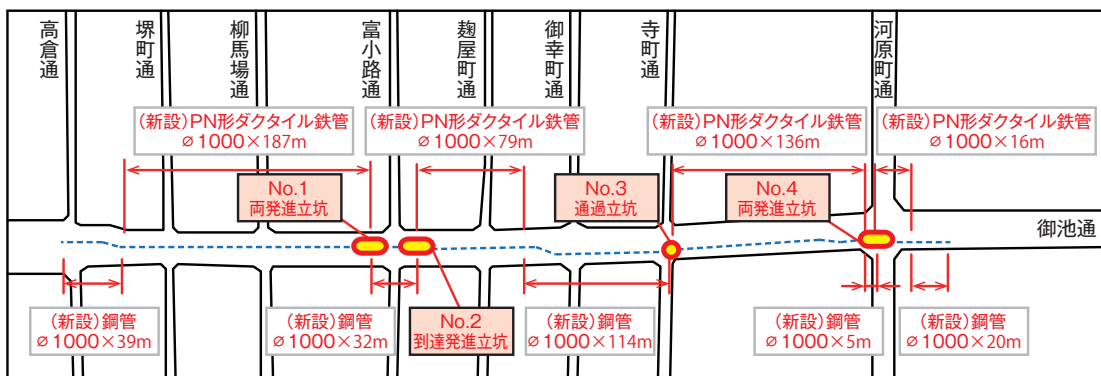


図8 その5工区の計画概要図

②管材の選定

その5工区でPIP工法の経済性を比較した結果、PN形ダクタイル鉄管の方が鋼管よりも安価となった。なお、鉛直曲線区間及び11.25°

を超える水平曲線区間については、通過可能管長等を考慮し、鋼管を用いることとした（表5参照）。

表5 既設曲管(呼び径1650)に対する新管(呼び径1000)の通過可能管長

曲管角度 (既設管)	通過可能管長(新管)	
	PN形ダクタイル鉄管	鋼管
45°	—	3.0m
22.5°	2.5m	4.0m
11.25°	3.0m	5.5m
5.625°	5.0m	7.6m

③施工計画

工期は令和元年8月上旬から令和3年2月下旬を予定している。

施工は、夜間で計画しており、令和元年9月現在、既設管内の清掃を終え、管内調査を行っているところである。管内調査は立坑築造を行う前に既設空気弁室から入って行うことにより、工期の短縮を図っている。

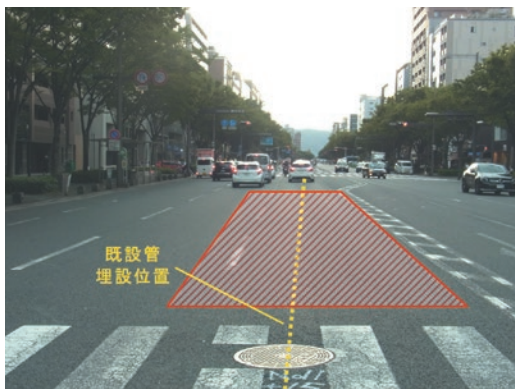


写真4 立坑設置予定箇所(No.1)



写真5 立坑設置予定箇所(No.4)

6. おわりに

「御池連絡幹線配水管布設工事」は、本市の主要幹線道路での工事となり、従来の開削工事では交通への影響や、既設の地下埋設物のため工事が困難であった。

そこで、既設の休止導水管を利用したPIP工法を採用することで、最小限の立坑設置で施工ができ、市民生活への影響を極力抑えながら工事を進めている。

本稿では、ダクタイル鉄管を用いたPIP工法として、立坑内で新管を接合して順次既設管内に挿入することで効率的な施工ができる押込工法と、押込では挿入できない曲線への適用もできる持込工法の施工事例について紹介した。特に、新たに開発された現行PN形管を用いることで、既設管内に新管を運搬し管内接合する持込工法の採用が可能となった。

今後も本市では、地震等の災害に備え、水道施設整備を進めていくにあたり、最適な布設工法を検討し、安全・安心な水道水の安定的な供給に努めていく所存であり、本稿が水道事業に携わる関係各位の一助となれば幸いである。