

解説 進化発展した技術

割って入替え、サイズアップした 新管で流下能力アップ —改築推進工法—

ひらい まさや
平井 正哉

大林道路(株) 顧問
(本誌編集委員)



1 下水管の機能は流下性能

円形管渠による下水道管路の機能は、管路が埋設された道路面上の道路としての機能を確保するために十分な強度を所定の期間保証できる耐久性と断面および勾配（線形）を確保することによる流下能力が求められる。

耐久性と流下能力のいずれか、あるいは両方が不足する管路は、補修または改築することになる。したがって、古くなった管路を調査・診断し、補修・改築工法を選定するにあたっては、耐久性と流下能力および現場に合わせた施工性を考慮して行わなければならない。必要な耐久性は、一般的には耐用年数で30～50年となるが、補修・改築に要する費用とその結果、耐用年数をどれだけ伸ばせるかがポイントである。

下水道管路は基本的には半永久的に使用されるものであり、1回限りの補修でなく、次回、あるいはその次のことを考えておかなければならない。管の流下能力は、有効断面と線形によって決まり、不足すれば管の有効面積を大きくするなどの対策をとる。

管路の劣化は、さまざまな現象として現れてくるもので、直接あるいは間接的に損傷度を調査する方法が提案されているが、劣化の判断は、あくまでも耐久性と流下能力が十分かどうかであり、不足する場合にこれらを回復する方法を検討し、最適な方法を選定する。不足する機能を増加させることの可能な工法を選定すれば、その中から施工性の良い工費の小さいものを選定する。予算のことを優先して、機能回復は十分でない方法を選定することも

場合によってはあるが、所期の目的を忘れてはならない。管路に性能不足を生じる代表的な項目を表-1に示す。

2 補修、改築工法の選定

非開削工法を前提とすれば、劣化した既設管の補修、改築工法は、既設管をそのままにして内面に樹脂材などでライニングする管更生工法と、既設管を破碎し同じ位置に新管を推進工法で押込む改築推進工法がある。図-1は、既設管の調査、診断から工法を選定するまでの経過を示す。ここで、補修、入替え工法の選定を適切に行うためには、適切な調査方法で既設管の状況を正確に把握し、適切な診断基準によって選定することが重要である。限られた財源を使って維持管理をするためには、管路系の重要度に加えて損傷の激しい場合を優先的に行わなければならない。そのためには、調査診断とともに改修方法の選定の基準を明確にすることが重要である。施工費が安価であるとか、あるいは施工が容易ということで選定するのは本末転倒であり、管路の重要度を考慮し、緊急性を重視して補修改築の優先度を決め、損

表-1 管路の性能が不足する要因

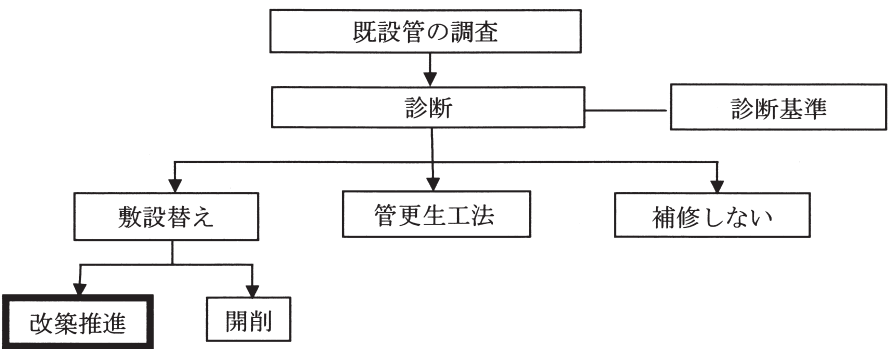
	直接要因	間接要因
耐久性に関わる項目	クラック、破損 磨耗、腐食 変形 管材の劣化	土被り増、荷重増
流下能力に関わる項目	不陸、蛇行 たるみ 継手段差、ズレ 管表面の劣化 変形	計画流量の増加

傷に合わせた最適な工法を選定しなければならない。

3 改築推進工法の種類

下水管として使用される鉄筋コンクリート管や陶管、塩ビ管が古くなって、その既設管と同じ位置に新管を設置するには、既設管が邪魔になり何らかの手段で既設管を元の位置から取り除かなければならない。完全に取り除く場合もあれば、破碎して新管が入るのに支障にならないように移動させる場合がある。管路の両側に土留めして開削工法で取り出す方法が単純でわかりやすいが、設置した数十年前当時と異なり、管の周辺には他の管路、上水道やガス管、電力、通信などが交差しあるいは平行に多数設置され、地上である道路面も交通量は格段に増加している。交通量が激しくなった道路内で安全に土留め材を打設し、敷設替えするのは大変で、支障となる他の埋設管などの移設も大変な作業量である。

改築推進工法はこのような場合に既設管を非開削で敷設替えする工法である。下水道管は30年、50年たって古くなったといっても、ほとんど傷んでいないものから、クラックだらけで、今にも崩壊しそうなもの、継手に段差があり、たるみや逆勾配があるものまでさまざまなレベルがある。非開削工法で既設管をサイズダウンしないで新管に敷設替えするためには、既設管を破碎するか、そのまま取り除く必要がある。既設管の破碎方式によって、①圧力破碎方式②回転破碎方式③ケーシングによる引き抜き方式に分類できる。それぞれの破碎方式に複数の工法があり、同じ破碎方式でも既設管の破損状況や径アップ、施工条件など適用性が異なり、破碎に伴う新設管の設置方法が変る。3種類の改築推進工法は



図－1 既設管調査と補修、改築工法の選択

表－2 管更生工法と改築推進工法

	管更生工法	改築推進工法
工法概要	既設管の内側に、硬化する樹脂で新管を製造する方法と、帯状の樹脂材を巻きつけて固定する方法等がある。	既設管を破碎し、同じ位置に新管を推進工法で押込む工法である。既設管の破碎方法に3種類ある。
既設管	既存のまま形状を変えずに同じ位置に残る。	静的圧力、衝撃力、回転力、引き抜きなどの方法で破碎する。破碎ガラは新管周囲に残地する方法と、土砂と一緒に排出する方法がある。
新管の製造、材料	既設管内で硬化するか、帯状部材を巻きつけて固定する。	一般の工場で製造し、現地に搬入する。推進工法で設置する。
新設管の径	ライニング材分だけ小さくなる。	既設管と同径、サイズアップも可能。
新管の形状	既設管と同じ内側形状で、矩形なども可能である。	推進工法で利用できる円形管に限られる。
作業スペース	既設人孔から施工可能で、完全な非開削工法である。	発進、到達側に2.0～2.5mの円形立坑を設置する。
水替え	既存下水を止水して施工する。	バイパスの仮設管路で施工中排水する。

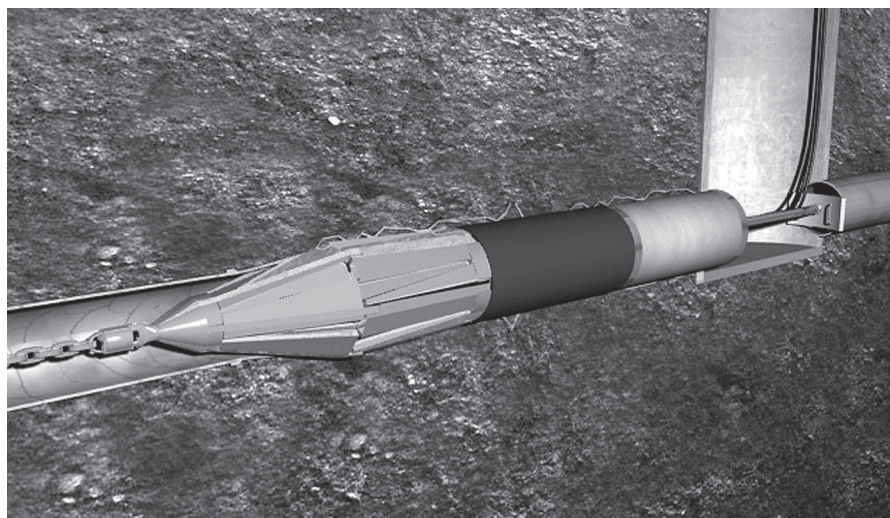
表－3 改築推進工法の破碎方式と主な工法

	既設管破碎方法	主な工法
圧力破碎方式 (静的、衝撃式)	既設管を内側から静的油圧力、あるいは圧縮空気等による衝撃で先導体(破碎装置)により押し広げるようにして破碎する。	EXP工法 スピーダー SPM工法 インパクトモール PRS工法
回転破碎方式	既設管の一部または全部を、推進工法の先導体で破碎する。	アイエムリバース工法 リバースエースシステム パイプキュア工法 OK-PCR工法
引き抜き方式	既設管の外径より大きい管を被せるように推進し、既設管を引き抜き回収する。	UPRIX工法 ベビーモール工法 リキューブモールアーマー工法 刃口式推進工法

これらの改修すべき管路のすべての条件に対応できる工法であり、その中で最も適切な改修方法を選定することが重要である。表－3に破碎方式の分類と主な工法を示す。

4 圧力破碎

静的な油圧ジャッキによる方法と圧縮空気によるエアハンマ等の衝撃力により既設管を破碎する方法がある。静的破碎にはEXP工法とスピーダー

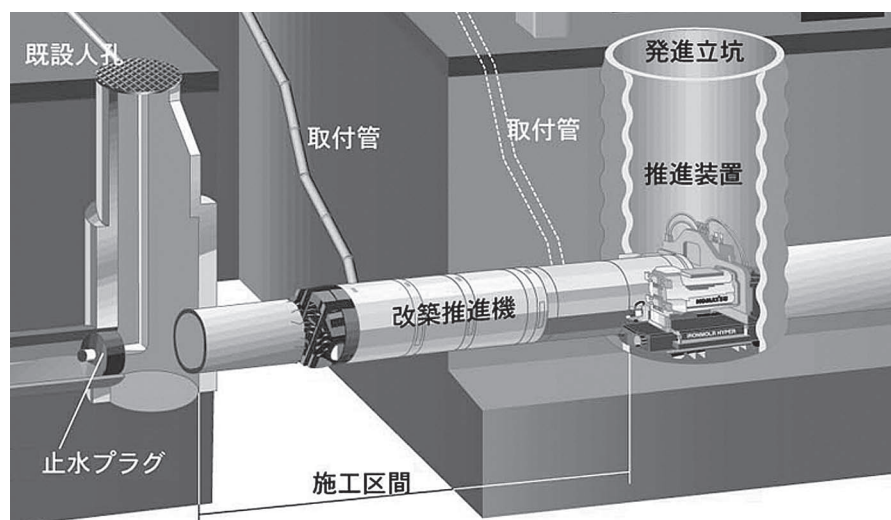


図ー２ 静的破碎方式の例（CG）

SPM工法がある。ジャッキを搭載した先導体を既設管内に引き込み、油圧力で静的に既設管を内側から押し広げるように破碎する。先導体の前進は、到達側立坑に設置した引き込み装置で鋼棒あるいはチェーンで行う。新管の押し込みは、発進側立坑の押し込み装置で行う。鋼棒で先導体に固定し、前方から先導体と一体で引く方式もある。

既設管ガラは破碎されて周囲の地盤内に押し付けられ、新管周りに残置される。図ー２は、EXP工法で使用する破碎機エクスパンディットのCGである。

衝撃破碎方式はインパクトモール工法がある。圧縮空気によるエアハンマ等の衝撃力により既設管を破碎し、破碎した管ガラを破碎機周囲に押し付け新設管を押し込む空間を確保する。新設管は先導体と一体で引き込み、発進側から押し込む。衝撃を使うため、推進速度が速く、欧米などで連続管を新管として施工する例が多い。



図ー３ 回転式破碎方式の模式図（アイエムリバース工法パンフレットより）

5 回転破碎

密閉型の機械掘進式推進機を一部改造して、既設管を周辺の地盤と一体になって掘進機前面で回転破碎し、推進工法と同じ方法で既設管のコンクリート片や鉄筋切断片、掘削土を排出する。新管も推進工法と同じ方法で発進側から押し込む。アイエムリバース工法、リバースエースシステムがあり、他にも密閉型推進工法の改良型が開発されている。回転式破碎方式の例を模式的に図ー３、写真ー１に示す。

6 ケーシング引き抜き

既設管を鋼管内に抱き込んで推進し、既設管と掘進土砂を発進側に引き抜いて除去し、新設管用の空間を確保して新設管を敷設する。UPRIX工法、



写真ー１ 回転式破碎方式先導体
（下水道展'04横浜コマツ・アイアンモール協会・RPS工法協会ブースより）

ベビーモール工法がある。この方式では、既設管より20～30cm大きい径の掘削が必要である。図-4は、ケーシング引き抜き方式の模式図である。

7 既設管の調査、診断

既設管路の調査は、定期的な調査と異常が見られた場合の調査で状況が違う。既設管路に異常が発生すると、応急的な措置に迫られて正確な調査、診断をする時間的な余裕がないことが多く手順を迫った調査や診断が難しい。適切な維持管理のためには、一定期間過ぎた管路を定期的に調査、診断し、補修あるいは改築の工法を選定しなければならない。適切な調査診断を行い既設管に補修、改築が必要と判断される場合は、管路の基本的な機能である流下性能が不足するケースと、管本体の強度、耐久性が不足し、安全性に問題があるケースに分類できる。流下性能の不足は、有効断面の減少などの断

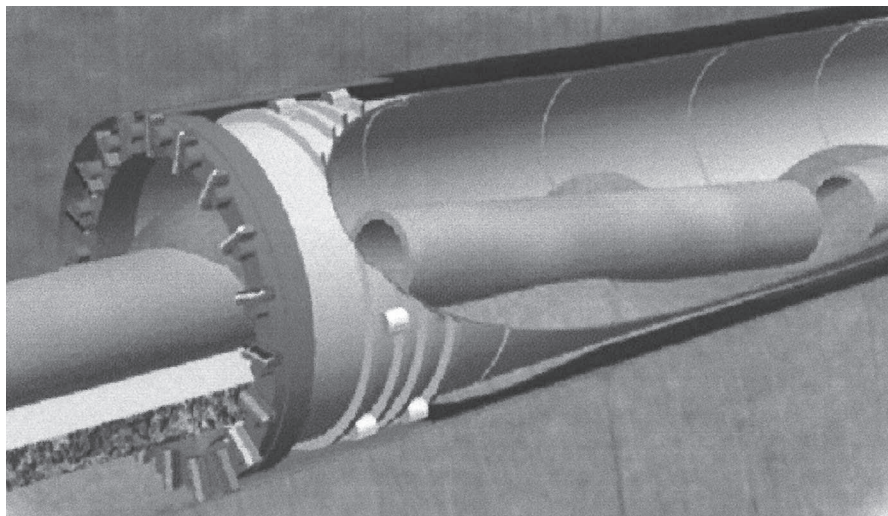


図-4 ケーシング引き抜き方式の模式図

面性能の問題と、管路の線形が所定の勾配を確保できない問題になる。現在の管路の断面および線形が、所定の流下性能を満足するかどうかの判断で、補修、改築の選定をしなければならない。最近の都市部では開削工法は困難な場合が多く、非開削工法である管更生工法および改築推進工法をまず検討し、難しい場合は開削工法で行う。現状の管断面および線形で流下性能を確

保できる場合は管更生工法を検討し、断面あるいは線形を変えなければ所定の流下性能を確保できない場合は改築推進工法を検討する。図-5に、都市部における管路補修改築工法の選定のフローを示す。

8 非開削工法

改築推進工法は、いずれの方式も非開削工法に分類されるが、管更生工法のように完全に非開削で既存の1号人孔の開口から発進・到達が可能な工法は少ない。通常の推進工法と同様に、2.0～2.5mの円形または矩形立坑を発進、到達側に設置して発進側から推進を開始し、到達側から先導体を回収する。立坑のため開削が必要となるこの点は、まったく開削する必要のない管更生工法と比べて短所と見られるが、30～50mあるいはそれ以上に1箇所のことであり、全面的に開削することと比較すれば大きな利点となる。どの工法も、新管として認定工場で製造した規格品である材料を使用するため、小型立坑では短い新管を使用することになり、継手が多くなって管路としては好ましくないことになる。

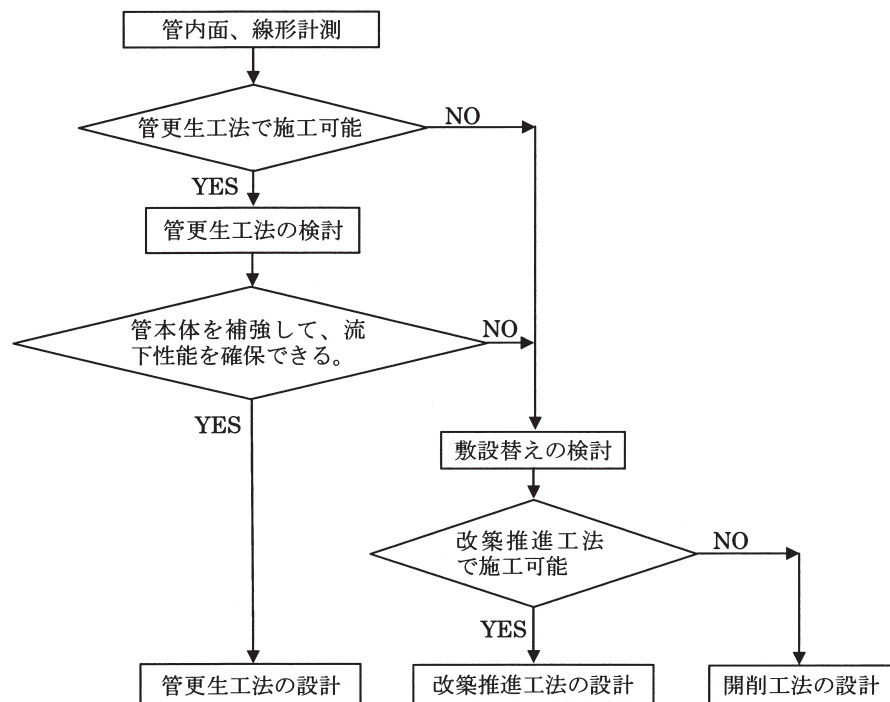


図-5 都市部下水管補修、改築工法の選定フロー

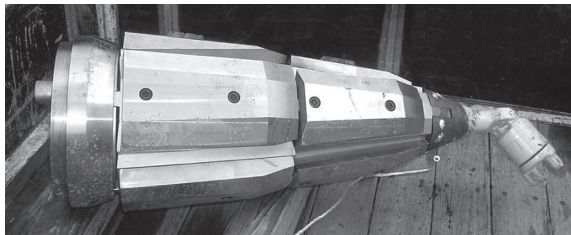


写真-2 EXP-250V先導体

大きな立坑を設置すれば長さ2.4mの標準管も使用できるが、通常は長さ1.0mあるいは1.2mの半管を使用する。工法によっては、1号人孔からの発進到達回収が可能な工法も開発されているが、長さ50cm程度の特種新管を使用しなければならない。写真-2は、1号人孔から発進到達が可能であるEXP工法の新導体である。表-4は、改築推進工法に必要な発進立坑寸法の例である。

9 既設管と同じ場所に新設管

既設管を使用しながら開削あるいは非開削で新管を敷設するには、既設管と平行に位置をずらして施工する。改築推進工法は、いずれの工法も既設管の位置に新管を敷設するものを対象としている。したがって、新設管設置の支障になる既設管の破碎および撤去が工法の特長であり、既設管の種類と状況に適した方法の選定が課題になる。

10 工場製造規格品に入替え

改築推進工法では、新設管として下

水道協会認定の工場で製造された新管を使用する。施工時に確実に品質の確認ができるため、推進時に破損など生じない限りは、新管自体の材質や管の形状寸法に欠陥が生じることはない。

11 流下能力はアップするか

管路の流下能力は、管の敷設勾配と有効断面および管内面の粗度係数で決まる。下水管路の改築では、既設管の設置された同じ場所に敷設替えるので管の勾配を大幅に変更することはできない。このため、同じ管路で流下能力を上げるためには、管径を大きくするか、粗度係数を小さくすることになる。改築推進の各工法は、小さい粗度係数の管種新管に変更し、さらに管径サイズをアップすることで流下能力を大幅に上げることができる。一般には、粗度係数を鉄筋コンクリートの0.013から硬質塩ビ管（合成樹脂）の0.01にして、管径を100mmアップした場合には、表-5に示すように流下能力は2倍以上にアップする。特に回転破碎方式の場合は、既設管径に関わらず破碎機サイズを決定できるので、自由

表-4 破碎方式と標準の立坑規模

	工法例	発進立坑寸法
静的破碎方式	EXP工法	通常は1.5～2.0m円形立坑 φ200,250塩ビ管では1号人孔も可能
衝撃破碎方式	インパクトモール工法	通常は幅2.0m、長さ3.0mの矩形
回転破碎方式	アイエムリバース工法	通常の推進工法と同じ、φ2.0m程度
引き抜き方式	UPRIX工法	通常の推進工法と同じ、φ2.0m程度

に新設管のサイズを決定でき、流下能力のアップも自由である。

12 既設管の変形

静的破碎方式と衝撃破碎方式では、破碎機は既設管の内部に押し込まれて内側から破碎するため、先導体は既設管に沿って推進していく。既設管にたるみがあればそのまま敷設され、たるみや逆勾配の場合も通常は解消することはできない。継手部にズレがある場合は、継手部の前後から徐々に修正しながら新管はスムーズに接続し新管にズレが生じることはない。回転破碎方式は、周囲の土砂と既設管を同じように回転切削し、一般の推進工法と同様に推進するため、既設管の変形やたるみ、逆勾配などとは関係なく、必要な位置に新管を設置できる。コンクリートなどの既設管材と周辺土砂を回転切削するため推進機械の施工精度管理によって新設管の設置精度も決まる。ケーシングによる引き抜き方式は、既設管を抱き込むようにして撤去し、改めて空間に設置するため正規所定の勾配に新設管を設置できる。

13 既設管の種類

既設管と同じ位置に新管を設置するため既設管を破碎しなければならないが、これまで多くの種類や管径の管が使用されてきた。主な管種は、小口径になる呼び径700以下に限っても陶管、

表-5 流下能力比の計算例

既設管	呼び径200 鉄筋コンクリート管	呼び径300 鉄筋コンクリート管
新設管	呼び径300 推進用硬質塩ビ管	呼び径400 推進用硬質塩ビ管
流下性能比	2.9倍	2.3倍

粗度係数Nを、鉄筋コンクリート管：0.013、塩ビ管：0.010とし、径深一定

石綿管、紙材管、コンクリート管、鉄筋コンクリート管、セラミック管、鋳鉄管、FRP管、硬質塩化ビニル管、銅管などがある。これらの管種が、時代と共に開発され開削工法や推進工法で設置され、補修や改築の時期を迎えている。管種や径により損傷の形や度合いが異なり、可能な工法から適切な補修方法の選定が求められる。表-6は、改築推進工法の各条件に適合する既設管の管種と管径の関係の例である。

表-3 各種破碎方式に適合する既設管の管種と管径

対象工法		圧力破碎方式	回転破碎方式	引き抜き方式
		EXP 工法	アイエムリバース工法	UPRIX 工法
管種	改築可能	陶管、(鉄筋) コンクリート管、硬質塩ビ管	陶管、(鉄筋) コンクリート管、推進用鉄筋コンクリート管、硬質塩ビ管	陶管、(鉄筋) コンクリート管、推進用鉄筋コンクリート管、硬質塩ビ管、鋳鉄管、銅管
	改築不可	推進用鉄筋コンクリート管、鋳鉄管、銅管、コンクリート巻き管	鋳鉄管、銅管、コンクリート巻き管	なし
管径	500mm以下	改築可能	改築可能	改築可能
	700mm以下			改築不可
	1000mm以下	改築不可		

14 LCCを正確に計算すると

一旦敷設されると下水道管きよはほぼ永久に使用され、管路に損傷や機能不足が生じると補修や敷設替えを行って使用し続ける。損傷や不足の程度が小さければ簡単な補修で済み、一応機能は満足する。問題はその後の耐久性であり、そこからどれだけの期間補修が必要ないか、あるいは敷設替えが必要ないかで、LCC（ライフサイクルコスト）は大きくも小さくもなる。改築推進工法では、必ず認定工場で作られた新管に入替えるため、改築された管路は、新管を敷設した場合と同じ計算になる。管更生工法なども材料そのものの耐久性ばかりでなく施工を踏まえた耐久性を考える必要がある。

15 取付管の改修

改築推進工法では、既設管を改築するに当り、必ず既設管を破碎する。破碎方法はいろいろあるが、いずれの方式でも既設管に取付けられた家庭への取付管と本管の接続部は必ず破損する。このため、取付管と本管接続部は、本管入替え後に復旧しなければならない。せっかく本管を非開削工法で入替えるので、取付管部の復旧もできれば非開削で行いたい、本管理設深度が

小さい場合は簡単な開削で補修が可能で、非開削で補修を行う手順を考えると、部分的な開削を併用する方が有利である。できれば、将来の維持管理、補修を考えて取付管は人孔に接続する方式に変更をお願いしたい。

16 水替え（仮排水）

改築推進工法ではいずれの工法も管更生工法のように1スパンを半日あるいは1日で施工できるものは見当たらない。推進設備および先導体のセット、初期発進、本推進、到達掘進、先導対の回収を考えると、おおむね10日後の日数を要する。改築する本管、家庭からの取付管は、10日も止めるわけにいけないので必ず、水替え工（仮排水設備）が必要となる。仮排水は、対象とする管路の定常時の排水量をまかなえる径のパイプを地上付近に配管し、ポンプ等で排水する。

17 条件にあった補修、改築工法を選定するために

改築推進工法の紹介を目的として、損傷した既設管の補修から改築には、条件に適した工法を選定することが重要であることを記述してきた。その前提となるのは、正確な現状の把握であり、適切な診断技術である。長年にわ

たり設置してきた下水道管路は、厳しい使用条件にさらされてさまざまな劣化をおこしている。これから半永久的に使用するためには、維持管理、調査診断、補修、改築がきわめて重要になり、適切な手段で実施されることが望まれる。改築推進工法をはじめとして、維持補修工法は多数の工法が開発され、現状ではそれらの適用性が十分に認識されていない。各工法の特長と欠点を正確に把握し、条件に適した工法を選定できる指標や基準の確立と適切な運用が望まれる。下水道展には、改築推進工法もいくつか出展されているのでご覧になることをお勧めする。なお、本稿の執筆者はEXP工法の開発担当者であることを付記する。

【参考文献】

- 1) No-Dig Today No.50,2005年,Jan. 特集「地下埋設管路の改築・更新の最新非開削技術」日本非開削技術協会刊
- 2) No-Dig Today No.71,2010年,Apr. 「最新の非開削管改築技術」一般(社)日本非開削技術協会刊
- 3) 推進工法用設計積算要領改築推進工法編,2009年版,2009年4月,(社)日本下水道管渠推進技術協会刊