

3-1-1 圧送管設計マニュアルの改訂

建設部 設計調整課 横田 渉

1. はじめに

当局の圧送管は、送泥管、再生水管を始め、一部の汚水・雨水管きよにも用いられており、これまでに約 360 kmを整備してきた。

設計の手引である「圧送管設計マニュアル」は、平成 22 年 6 月の改訂から 13 年以上が経過し、その間、東日本大震災などを踏まえた耐震性の確保、腐食対策、維持管理を考慮した敷設方式、汚水・雨水圧送管の設計手法など多数の課題が生じていた。

これらに対応するため、計画調整部、施設管理部及び建設部のメンバーで構成した設計調整課を事務局とする「圧送管設計マニュアル改訂ワーキンググループ」にて検討・整理し、図や表を多用した、実務に即したマニュアル(図 1)に改訂したので、報告する。



図 1 圧送管設計マニュアル

2. 圧送管の種類

当局の圧送管は、前項で示したとおり、送泥管や再生水管、汚水・雨水圧送管の 3 つに大別される。それぞれの特徴は下記のとおりである。

2. 1 送泥管

下水処理過程で発生した汚泥を効率的に集約し減容化処理するため、ポンプ設備により汚泥処理施設に圧送するための管きよである。東京 23 区の 13 箇所の処理場で発生する汚泥は、送泥管ネットワーク(図 2)により、5 箇所の汚泥処理施設に集約され、焼却処理している。

2. 2 再生水管

通常の下水处理に加えて高度な処理を行った処理水を供給する管きよである。芝浦・落合・有明水再生センターで造水され、西新宿など 7 地区(約 200 施設)に供給している。

2. 3 汚水・雨水圧送管

下水は自然流下が主であるが、低地部や港湾地区の一部では、ポンプ設備による圧送方式を採用している。これまでに、約 25 幹線、約 50 キロを整備してきた。



図 2 東京 23 区の送泥管ネットワーク

3. 改訂方針

旧マニュアルは、平成 10 年に発行した初版をベースとしており、図や表、出典なども現状の設計とは乖離がみられていた。また、ダクタイル鋳鉄管の採用を前提とした解説が中心となっていたため、近年の技術革新等を鑑み、「新しい管材の採用」「送泥管の敷設方式」「汚水・雨水圧送管の設計手法」の 3 点を改定の大きな方向性とした。

3. 1 新しい管材の採用

(1) 管材選定フローの改定

現場条件を踏まえた管材を適切に選定できるように、管材選定フローの見直しを行った。(図3)

旧マニュアルでは、圧送管の主たる管材であるダクタイル鋳鉄管について、継手仕様が多数あり、「どの仕様」を選定すればよいのか不明瞭となっていた。このため、口径ごとの選定項目を設けることで、選定基準の明確化を図った。

また、これまではK形、S形、NS形の採用を前提としていたが、新たに耐震性や防食性、長寿命化に優れた、GX形を採用できるようにした。

(2) ポリエチレン管

ポリエチレン管は、腐食に強く、金属系の管に比べて軽量であり、人力での運搬が容易というメリットがある。図4の現場では、狭隘な道路下で既設管との離隔が10cm程度という状況下でも、大型重機などを用いることなく、施工することができた。

しかし、日本下水道協会の規格や指針でも、従前より使用が認められているが、現状は、ガス管が主であり、下水道圧送管としての導入がなかなか進んでいない。

従って、下水という流体の特性を踏まえ、安全性や耐久性を担保しつつ、採用への道筋をつけるため、下記の5つの使用条件を設けることとした。

【ポリエチレン管の使用条件（概略）】

- ・流体及び周辺温度 40℃以下、かつ最大設計水圧 0.74MPa（静水圧＋水撃圧）以下。
- ・損傷を受ける恐れがない箇所。
- ・屋外の露出管路ではないこと。ただし、紫外線対策を施した場合は、可能とする。
- ・公道下埋設の場合、呼び径 300 mm以下
- ・汚染地盤での埋設管路でない。

一例として、ポリエチレン管は、管厚の10%以上に傷が入ると亀裂破壊を起こす恐れがあることが報告されている。よって、「損傷を受ける恐れがない箇所」と条件を付し、他企業埋設物が輻輳している場所など、管の防護処置を行えない場合は使用できないものとした。

よって、今回作成した新たな「管材選定フロー」を用いることで、これまで以上に現場条件に応じた、適切な管材を選定することが可能となった。

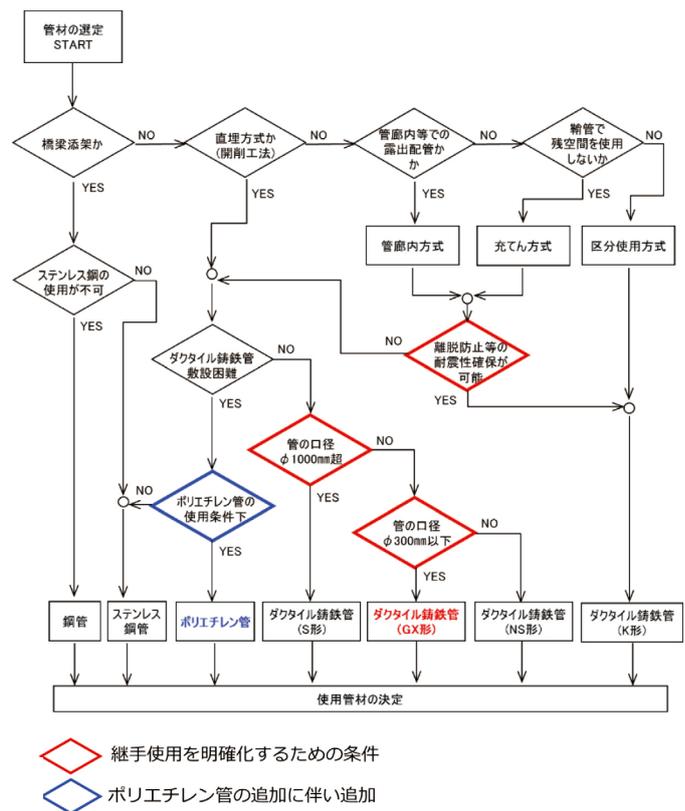


図3 管材選定フロー

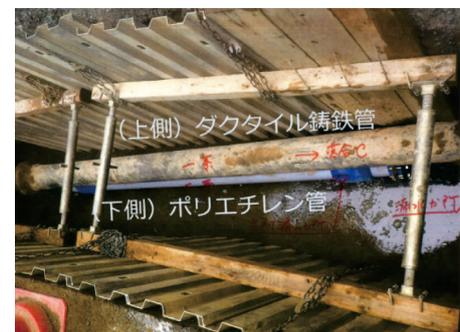


図4 施工状況

3. 2 送泥管の敷設方式

送泥管の整備は、令和4年度に改定した「汚泥処理処分基本計画」を基に、維持管理を考慮した管廊内配管方式を標準としている。しかし、区部においては整備事例が乏しく、管廊内配管方式を選定する上での判断基準や設備仕様が明確となっていなかった。本方式の概要を以下に示す。

(1) 管廊内配管方式

シールド工法等により築造した維持管理性に優れた専用の管廊内に圧送管などを露出配管する方式を指す。本方式のメリットとデメリットは下記のとおりであり、施工環境、建設・維持管理コストを総合的に評価したうえで、整備方式を決定する必要がある。

【メリット】

- ・管廊内に露出配管となるため、送泥管自体の維持管理に優れる。
- ・管廊内で送泥管の敷設替えが可能となり、将来的な再構築に要する費用を縮減できる。

【デメリット】

- ・配管や維持管理スペースを確保するため、管廊は大断面となる。
- ・河川横断や地中埋設物を避ける必要性から、大深度施工となり、工期が長期化する。



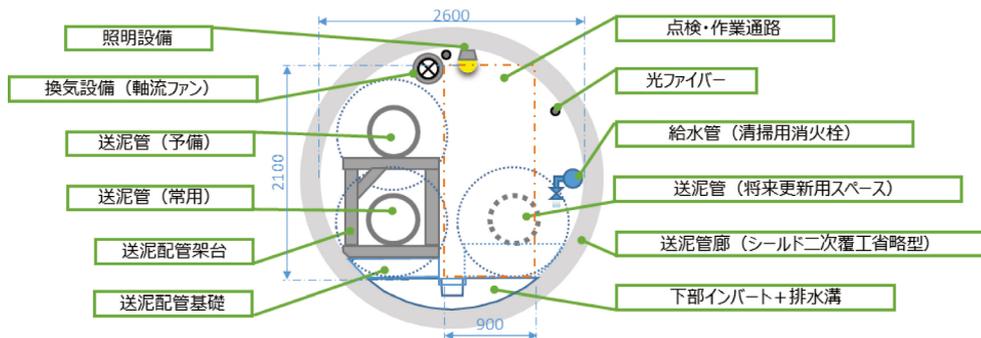
図5 管廊内配管方式の概念図

(2) 管廊内の標準的な設備仕様

区部では本格的な管廊内配管方式による送泥管の整備事例がないことから、多摩地区での先行事例である、流域下水道でのセンター間連絡管を基に設備仕様の検討を行った。また、メーカー、維持管理部署へのヒアリングを踏まえて付帯設備の配置例などを整理した。

付帯設備の仕様について、図6に示す。管廊内には、保守点検時などに入坑して維持管理を行うことから、換気設備、清掃用給水設備、排水設備、照明・動力設備、資機材搬入設備や必要に応じて耐水扉（河川横断箇所など）等の設置を基本とした。

また、清掃用散水栓や電力供給コンセントは50m間隔を基本とするなど、他設備についても、設置基準を明確化した。



3. 3 汚水・雨水圧送管の設計手法

汚水・雨水圧送管の設計は、これまでのマニュアルに記載がなく、送泥管の設計手法を準用していた。一方、既設管の老朽化に伴い、代替ルートなどの整備が既に事業化されている状況を鑑みると、設計手法を早期に確立する必要が生じていた。

(1) 管内流速

送水管は、標準的耐用年数が長い反面、腐食環境下になる場合があり、維持管理上のリスクが大きい。流速から定めた口径を適切に設定する必要がある。これまでは、送泥管を準用し1m/sを標準としていたが、今回の改定においては、下水道設計指針を踏まえ、最小流速は汚水0.6m/s、雨水0.8m/sとし、最大流速は管内壁面や内面塗装等に損傷が起これないように3.0m/s程度に設定した。

あわせて、設計流速を決める際の目安として、「経済流速」という考え方を活用することとした。具体的には、口径を小さくすれば管関係費（建設及び維持管理経費）は少なくてすむが、通水抵抗が増加するため、動水勾配が急となり、ポンプ揚程が高くなる。従って、ポンプ設備費と運転費を要する。逆に、口径を大きくできれば、ポンプ関係費は少なくなるが、管関係費が増加する。これらの相関関係を示した、図-7、表-1を活用することで、設計流速の目安を簡便に把握することが可能となった。

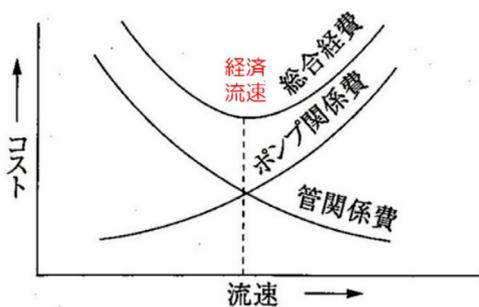


図7 経済性の概念図

表-1 ポンプ圧送式の平均流速の目安

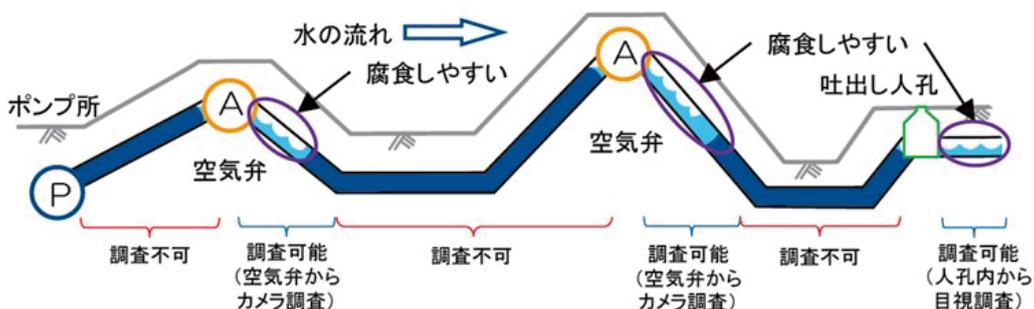
口径 (mm)	平均流速 (m/s)
75 ~ 150	0.7 ~ 1.0
200 ~ 400	0.9 ~ 1.6
450 ~ 800	1.2 ~ 1.8
900 ~ 1,500	1.3 ~ 2.0
1,600 ~ 3,000	1.4 ~ 2.5

(2) 縦断検討上の留意点

送水管の内面は、圧送すると嫌気化が進行し、硫酸塩還元細菌や堆積汚泥中の硫酸塩から硫化水素が生成されやすい。管路内に気相があれば、生成された硫化水素は液相から気相に放散され、気相の内壁の結露水中で好気性の硫黄酸化細菌群等により酸化することで、硫酸となり、モルタルライニングや鉄を腐食させる。

特に、図8に示すように、空気弁下流の下り勾配部などでは、管内に空気が入りやすく、管内面の腐食が起こりやすい。

従って、このような区間がなるべく生じないように、縦断線形を十分に検討することをマニュアルに位置づけた。



4. 最後に

今回のマニュアル改定にあたっては、これまでの設計・施工事例を踏まえ、課題に対する対応策と圧送管設計の基本的な考え方を中心に整理することに努めた。従って、新たな技術や創意工夫を阻害するものではない。あくまでも、各現場の課題に対応する際の一助として、本マニュアルを活用し、圧送管設計業務の充実に役立てて頂ければ幸いである。

最後に、本稿の作成にあたり、当時の設計調整課設備調査担当：星野課長代理には、貴重なご助言などを賜りました。ここに感謝の意を表します。

・参考文献

圧送管設計マニュアル 令和5年2月 東京都下水道局建設部