

解説

# トラブルゼロ

## 事前調査と設計検討の留意点



きのした まさと  
木下 正人

日本水工設計㈱  
東京支社下水道一部  
管渠設計課総括主査

### 1 はじめに

推進工法は、下水道の普及および高度化に伴って技術革新を重ね、現在では、推進延長1000m以上の長距離施工や、曲線半径20m以下の急曲線施工、呼び径3000を超える超大口径管推進の施工が可能となっています。また、下水道管路の老朽化に伴う改築・更新の手段として、改築推進工法が採用されるに至っています。一方、推進工事を取り巻く施工環境は、市街地や住宅密集地などにおいて都市の高度化、道路占用物の過密化、発進基地候補地(公園、休閑地等)の減少など、年々厳しくなっています。

このような状況のなか、推進工事においては多種多様なトラブルが発生しており、発注者、設計者、施工者においては、それぞれの立場においてトラブル防止対策が重要となっています。

本解説では、推進工事においてトラブル防止の第一歩となる、設計段階の「事前調査」「設計検討」について、一設計者の立場から、基本的な調査・設計内容を確認するとともに、トラブル防止のための留意点を整理したいと思います。

### 2 事前調査の重要性と調査・設計フロー

下水道管路の詳細設計は、施工現場の周辺環境、支障物、土質条件等に適合する管路施設計画、ならびに最適な施工方法を決定する工事設計であり、求める答えは現場条件が導き出すと言っても過言ではありません。この現場条件は、事前調査によって収集・整理し、設計、施工、維持管理のすべての段階における基礎資料となります。よって、事前調査は、詳細設計および推進工事の成否を左右する重要な工程なのです。

したがって、設計者は、事前調査で設計・施工に係わる現場条件を漏れなく収集・整理し、この現場条件を机上に投影し、論拠立てた設計検討、設計計算を行って、安全性、施工性、経済性に最も優れた施設計画ならびに施工方法等を選定しなければなりません。

図-1に、詳細設計における事前調査と設計検討の一般的な作業フローを示します。

### 3 事前調査の留意点

事前調査は、立坑位置、平面・縦断

線形、管渠の仕様、管渠施工方法、補助工法等を決定するための設計条件(施工条件)を得ることを目的とし、資料収集と現地調査を行って、施工現場の現況条件ならびに将来計画等を収集・整理する作業となります。

事前調査で収集した資料および情報は、設計から施工までの工程における基礎資料となるため、調査不足や見落としが無いようにしなければなりません。万が一、そのようなことがあった場合、その内容によっては重大なトラブルまたは事故を引き起こす原因になる可能性があります。このようなトラブルを防ぐため、調査先および調査項目のチェックリスト、ならびに調査の涉外記録等を作成し、手落ちのない事前調査を行うことが肝要です。

現場条件は、立地条件、支障物条件、地盤条件、環境条件に大別され、主な調査項目は以下のようなものが挙げられます。

#### (1) 立地条件

##### ① 土地利用、権利関係

用途別土地利用状況、用途地域、公園および地権者、土地区画整理事業や土地開発計画等の有無、文化財の有無など。

②道路

道路種別、道路占用計画、防災計画上の避難路指定、掘削規制、最小土被りの制限、交通量、道路改良や拡幅等の将来計画の有無など。

③立坑および発進基地の候補地、用地確保の難易度

休閒地、公園、駐車場等の立坑および発進基地の候補地とその周辺状況。

④河川、鉄道等

河川の現況断面および改修計画と護岸構造物、鉄道の軌道および高架橋、残置仮設物、補助工法など。各種構造物との必要な離隔等、近接施工にお

ける近接影響範囲、近接施工管理基準値、地下鉄・共同溝などの将来計画など。

(2) 支障物条件

①地上構造物、地下構造物

地上構造物の構造形式、基礎の構造・根入れ長、地下部の有無。地下構造物の構造形式、構造寸法。各構造物の管理者および利用状況など。

②埋設物、架空線

地下埋設物（上下水道、ガス、電力、通信、情報等）、立坑築造箇所の埋設物詳細資料と架空線状況など。必要に応じて発注者および管理者と協議の上、試掘や探査等により埋設物の確

認を行う。

(3) 地盤条件

地盤条件は、推進工法において最も重要な条件であり、想定した地盤条件と実際の掘進対象土質に大きな相違があった場合、施工時に種々のトラブルが発生する可能性があります。したがって、土質調査は、地形・地層ならびに管渠の深度等に応じて入念な調査が必要となります。

①地形、地層構成

既存土質資料の収集と現地踏査の結果から、地形および地層構成を把握・想定し、土質調査計画を立案します。また、耐震設計上の地盤面が判る資料の有無を確認します。

②土質、地下水（ボーリング調査）

調査箇所は、一般的に50～100mに1箇所程度と言われ、立坑築造箇所を基本に選点します。また、地層の傾斜が大きい場所や断層等の存在が予想される場合は、地層の変化状況が把握できるような配置とすることが望ましいです。

調査深度は、立坑部では土留工の根入れ等を考慮した深さとし、必要に応じて耐震設計上の地盤面を確認できる深度とします。

調査項目、測定方法、試験方法については、地盤および施工方法に応じて決定する必要があります。特に、砂礫、粗石、巨石地盤の場合、礫径や礫の含有率等の把握が必要ですが、通常のボーリング調査では限界があるため、大口径ボーリングによる調査あるいは立坑築造時の土質確認が肝要となります。また、このような地盤は掘進時のトラブルも多いことから、石分の性状把握が重要となります。

土質調査計画立案時においては、設計検討で用いる土質定数等を想定し、試験項目、試験方法を選定する必要があります。参考として、「土質試験方

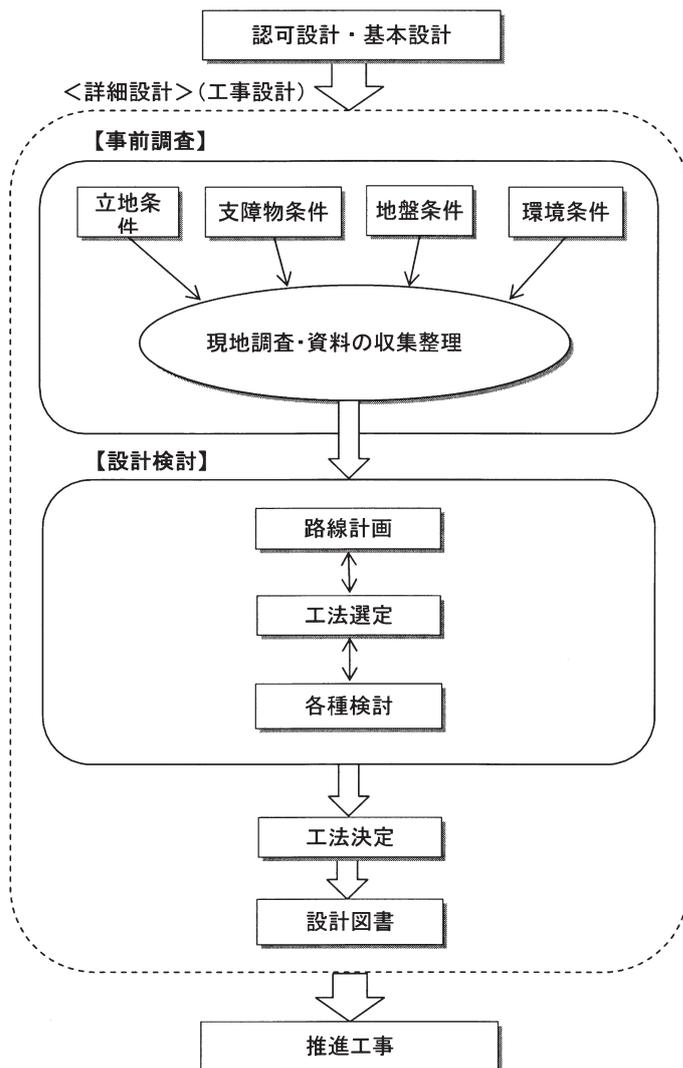


図-1 推進工法の設計手順

法とその利用」を表-1に示します。なお、耐震設計において液化化判定を行う場合、細粒分含有率Fc、平均粒径D50、10%粒径D10、塑性指数IPが必要となります。

#### 4 設計検討の留意点

推進工法の詳細設計における設計検討は、一般的に図-1に示すような手順で、路線計画、工法選定、各種検討を行います。設計を進めるにあたり、事前調査で収集した現場条件を熟慮し、トラブルの要因となりうる問題点を見逃さずに検討を行う必要があります。また、設計検討を行うにあたり、「この検討を誤った場合、どのようなトラブルにつながるのか？また、その影響は？」といった“設計リスク”を認識しておくことが肝要と考えます。

以下に、設計検討とトラブルの関連性を踏まえ、主な検討項目における留意点を整理します。

##### (1) 路線計画

路線計画は、設計検討フローの上流に位置し、その計画内容によっては、施工の難易度やトラブルの発生率をも左右する検討であるため、現場条件および各種検討結果を総合的に判断し、検討結果を路線計画にフィードバックしながら計画する必要があります。

##### ①立坑位置

立坑位置は、流入管計画や維持管理等を考慮した人孔位置、推進可能なスパン割り等を踏まえて選定します。その際、事前調査で収集した地下埋設物等の支障物、道路形態、交通状況、周辺環境、施工ヤードの候補地（公園、休閑地、駐車場等）等の現場条件を十分考慮しなければなりません。また、立坑数は可能な限り少ないほうが社会的影響は小さく、かつ立坑設置に伴う多種多様のトラブルの要因を減らすこ

表-1 土質試験方法とその利用<sup>1)</sup>

名称	試験から求められるもの	結果の利用
試料採取	乱した試料の採取 乱さない試料の採取	地層柱状図、土質縦断図を作成により地層実態を把握
標準貫入試験	N値 地層構成	地層の厚さおよび地層の固さ、強度、支持力の推定、推進力、地盤支持力、地盤反力係数の検討
物理試験	単位体積重量 含水比 粒度分布 間隙水圧	立坑の設計資料 推進管の設計資料 注入工法の検討 添加材の検討
力学試験	液性限界 塑性限界	細粒土の分類 切羽の安定性の推定
	内部摩擦角、粘着力 一軸圧縮強度、変形係数	立坑の設計資料設備能力の検討 推進管の設計資料 切羽の安定性の検討
現場透水試験	透水係数	掘削方法、注入工法等の検討
地下水測定	間隙水圧	設備能力の検討 湧水対策検討
地中ガス調査	ガスの種類 (有害ガス・可燃性ガス等) ガス濃度	安全対策 防爆対策・硫化水素中毒対策・酸素欠乏対策
その他		pHによる地下水調査等

ともつながります。

##### ②平面線形

平面線形は、道路占用条件、地下埋設物等を考慮し、できる限り直線で計画することが望ましいですが、立坑位置および道路線形等に応じて曲線線形を採用する場合、曲線施工の安全性、施工性、経済性ならびに周辺への影響等を考慮する必要があります。

特に、曲線部では推進管の破損事例も多いため、曲線線形を採用する場合、曲線部特有の推進力計算および推進管の検討を十分に行って、曲線半径と推進延長ならびに推進管と推進力伝達材の仕様等を踏まえた平面線形の設定が重要になります。

##### ③縦断線形

縦断線形は、上流管および流入管の高さ、計画勾配を基本として計画し、地下埋設物および周辺構造物との離隔を十分に確保できる線形にしなければなりません。

##### (2) 推進工法の選定

現場条件に適さない推進工法（掘進

機）を選定した場合、掘進不能に陥るだけでなく、推進管の破損、推進設備の破損、地盤の変状など、その影響は測り知れません。よって、工法選定における土質条件の設定および工法比較検討は非常に重要となります。

##### ①土質条件の設定

掘進対象土質が互層地盤や、地層の変化が激しく発進側と到達側で地層が異なる場合など、土質条件の設定によって計算結果が大きく変わるため、土質条件の設定には注意が必要です。また、礫地盤および岩盤の場合、礫率、礫径、強度、RQD等の把握が重要になります。

##### ②工法選定・掘進機

路線計画（呼び径、土被り、線形、スパン割り等）と、現場条件（土質、地下水、支障物、周辺環境等）から総合的に判断し、安全性、施工性、経済性に優れた工法選定が重要です。特に、特殊地盤、長距離、曲線等の特殊条件がある場合は、土質に対する適応性など十分検討を行うとともに、工法協会等への

施工可否の確認も必要になります。

### (3) 推進管の検討

推進工事のトラブルにおいては、推進管の破損やそこから連鎖するトラブルが多いといわれています。破損の原因は、計画値を超える推進力や曲線部での管端面圧縮応力度の増加、礫、粗石、巨石の接触など、さまざまな原因が挙げられます。

ここでは、曲線線形を採用する場合の推進管の検討において、特に注意すべき事項を挙げます。

#### ①曲線部の側方地盤反力に対する管強度の検証

曲線部では、管軸方向の推進力に加え、曲線外側方向に働く推進分力によって、地盤の側方地盤反力を受けます。この側方地盤反力が管の許容等分布側圧を超えると管の破損やひび割れが発生する場合があります。よって、側方地盤反力が許容等分布荷重を超えないよう、推進管の管体長、管種を選

定するとともに、平面線形計画（曲線半径、曲線長、スパン割り、発進立坑・到達立坑の配置等）における配慮も必要です。

#### ②曲線部の管端部の開口保持と応力分散

曲線部では、曲線を造成するために管外側の目地を開口し、管内側の限られた面積で推進力を伝達するため、発生する圧縮応力度が推進管の許容圧縮応力度を超えると管の破損やひび割れが発生する場合があります。そのため、発生する圧縮応力度に応じて、推進力伝達材の圧縮性および厚さ、貼り付け位置等を検討する必要があります。

また、推進管継手部の開口長と地震時の抜き出し長について、従来、各指針で個々に定め設計者の判断で運用していましたが、「推進工法の指針と解説 2010」<sup>1)</sup>において“曲線線形に伴う開口長と地震時の抜き出し長”の両者を一元的に考慮した照査方法が示され

ていますので、これを参考に推進管の継ぎ手選定を行うことが肝要です。

## 5 おわりに

事前調査と設計検討は、詳細設計および推進工事における最上流の作業工程であるため、この段階においてトラブルの芽を摘むことは、以降の設計検討と推進工事において、トラブルの減少につながります。よって、事前調査および設計検討にかかわる設計者は、“詳細設計のリスク”を十分に認識したうえで、「トラブルゼロをめざす」という姿勢と視点が大切だと考えます。

#### 【参考文献】

- 1) 「下水道推進工法の指針と解説 - 2010年版 -」(財)日本下水道協会

残暑お見舞い申し上げます

月刊推進技術 編集委員・編集室スタッフ一同