

解説

千葉市における超大口径管推進工法の 施工例と期待について

高橋 澄夫

千葉市下水道局建設部
下水道再整備課課長



1. はじめに

千葉市の公共下水道は、昭和10年に市中心部において、雨水排除を目的に着手したのが始まりであり、70年の歴史を持っている。この間、行政面積27,208haの約48%に当たる13,137haを公共下水道全体計画区域に定め、中央処理区、印旛処理区、南部処理区の3処理区に分け事業の着実な推進、拡大に努めた結果、平成18年度末の下水道污水处理普及率は96.7%と市街地を概成したところである。

このうち、市の中心部である中央処理区は、1,665haのうち旧市街地941haが合流式、海岸埋立地724haが分流式で整備が完了している。

一方、旧市街地と海岸埋立地は国道14号で分断され、旧市街地では慢性的な交通混雑が発生しており、その対策としてこれら地区を連結する都市計画道路、新港横戸町線が計画され、その未整備区間2.2kmの整備事業が平成21年度の供用開始を目指し、平成14年度より実施しているところである。

新港横戸町線は標準部幅員40mの掘割構造で、

沿道地域の利便性・景観・騒音等の環境に配慮した構造であり、事業内容は、道路工事とあわせて支障となる既存の下水道施設（ ϕ 250～ $\square$ 4200×2600、総延長L=2.7km）の移設工事である。

本稿は、このうち内径3500mm路線の下水管移設工事において、新工法である分割型推進管による超大口径管推進工法を採用した事例について紹介するものである。

2. 採用経緯

推進工法は、下水道をはじめとする管路の埋設工法として、開削工法・シールド工法と並び主要な工法の一つであり、近年の技術開発の進展により急曲線や長距離に対応できるなど、様々な技術開発が行われてきている。

その一方、使用する推進管は、運搬時における「道路法・車両制限令」の積載高さや重量の制約により、呼び径3000mmまでが上限とされており、これを超える管渠の築造においては、推進工法を採用できないのが現状であった。

当事例では、道路の供用時期が決められていた

ことから、下水管の移設にも工期の短縮や移設期限の制約があるほか、旧市街地内での資材搬入、道路工事との作業基地の競合などに厳しい条件があった。

そこで、資材搬入を含め、移設施工延長が短いこと、シールド工法と比べて工期面で有利である推進工法の大断面の管渠の適応について検討を重ねてきた。

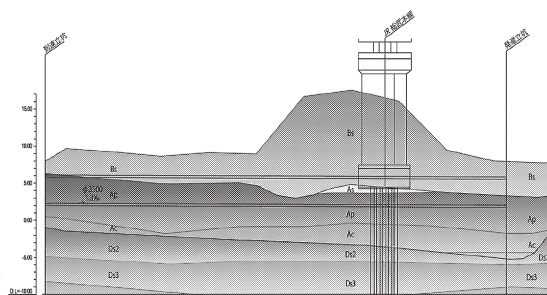
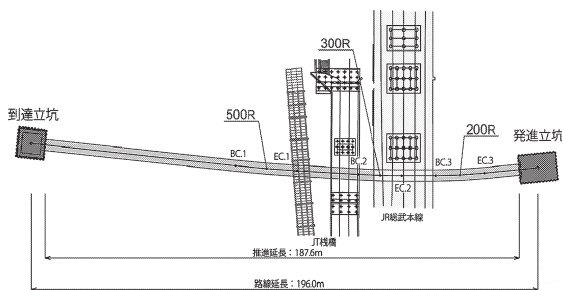
機を得たように、平成16年に管製造メーカーなどにより、一体型の推進管を2分割にし、現場にて組み立てる分割型推進管が開発された。

このような状況を背景に、本市では内径3500mmの下水管移設工事にあたり、2等分割の分割型推進管が従来の一体型の推進管と同等であることを確認したうえで、シールド工法と推進工法の比較検討を実施し、「超大口径管推進工法」の優位性を確認し、採用するに至ったものである。

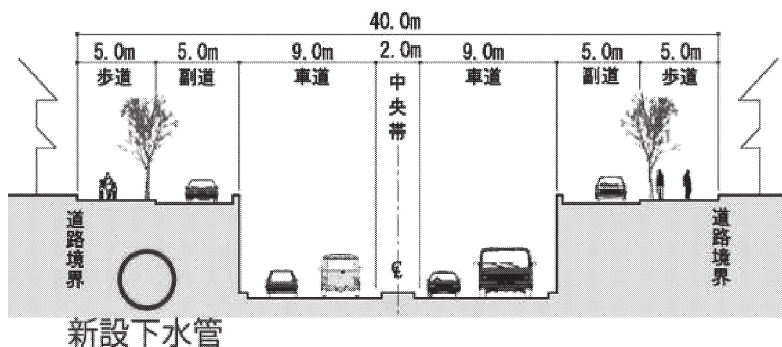
3. 施工事例

本工事は、千葉市稲毛区黒砂台2丁目付近における、内径3500mm、路線延長196mを泥土圧式推進工法にて築造するものである。発進立坑から到達立坑までの間、最小半径 $R=200\text{m}$ の他2箇所の曲線区間、JR総武線高架橋の横断（高盛土部）がある。

また、土質は、洪積層（Ds2）の上に沖積粘性土層（AC）と腐植土層（Ap）が堆積し、地表付近の2～3m程度が埋土層（BS）となっている。このうち掘進位置は埋土層と腐食土層部分にあたるなど施工環境的にも高度の技術と施工能力が要求されている。図－1に平面・縦断面図、図－2に標準横断面図を示す。



図－1 平面・縦断面図



図－2 標準横断面図

4. 施工計画

4.1 分割型PC推進管

今回工事に使用する推進管は内径3500mmであり、道路法による制約から単体での運搬は困難である。

このため、2等分割の分割型推進管RC管とPC管を比較検討し、RC管に対して管厚が薄くて掘削外径が小さく、重量が軽い「PC推進管」を採用した。

①PC推進管の仕様は、本体に埋め込むシースのうち5箇所、円周方向にPC鋼材を通し、緊張して一体化を図っている。また、分割部の継手面には位置決めキー4本を配備し、位置合せとせん断抵抗を兼ねている。図-3に構造図を示す。

②接合位置の検討

2等分割面の継手位置は、荷重に対する発生応力度とPCの緊張応力度との合成応力度を算出して、断面内の応力が圧縮側となる $30^{\circ} \sim 51^{\circ}$ の範囲に設定する必要があること、継手位置と目地開口調整材末端が同位置に配置されないこと及び管製作時の型枠への吊孔設置位置を考慮し 37° とした。

継手位置が連続して同一断面に配置されないよう千鳥配置とした。図-4に接合位置図を示す。

③接続部目地開口長さの検討

曲線半径が同一であれば、管径の大きさに比例して目地開口長も大きくなる。本工事では施工時の目地開口長に加え、軌道横断などのある重要な幹線であることから、地震時レベル2までの安全性の検討を最小曲線半径 $R=200\text{m}$ 区間で行った。

④PC推進管の組立手順

図-5にPC推進管組立手順を示す。2分割で現場に搬入し作業ヤード内に設置した回転架台上で組立を行った。

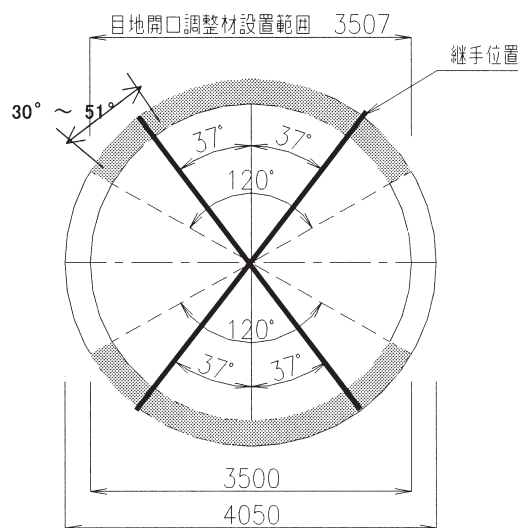


図-4 接合位置図

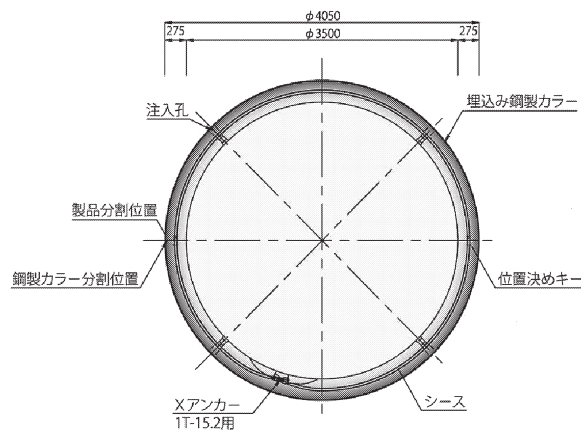
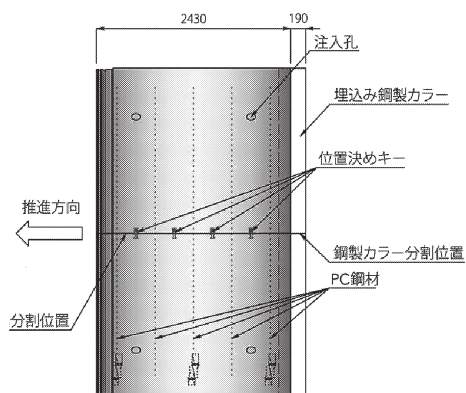
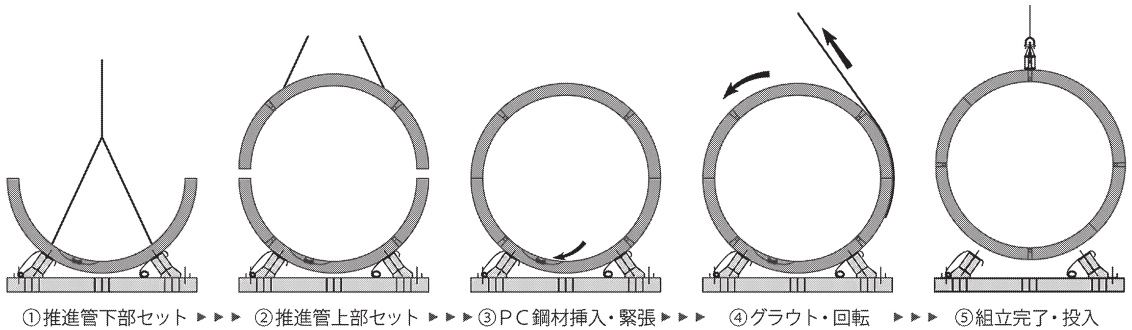


図-3 PC推進管構造図





図－5 PC推進管組立手順

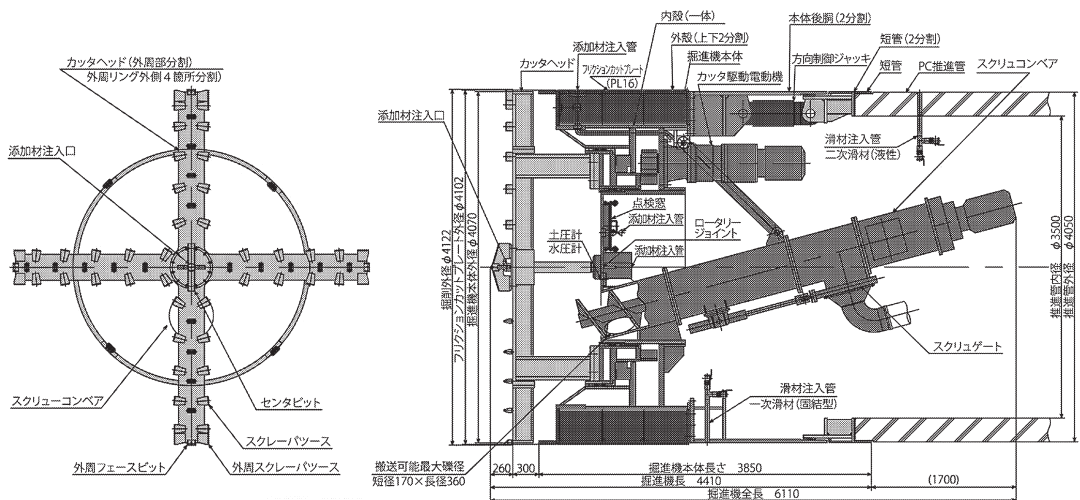
4.2 分割回収型掘進機

工事では推進管と同様、掘進機も単体（外径4070mm、総重量約80t）での道路輸送が困難なため、分割搬入し組立および解体することとした。本工事で使用した分割回収型掘進機の特長を下記に示す。

- ①道路法に抵触せず、掘進機輸送に際して内殻と外殻の分割搬入が可能である。
- ②分割単体最大重量である内殻を、管内を通して発進立坑まで引き戻して回収することが可能である。
- ③外殻（6分割）をボルト接合しており、組立・解体が可能で、転用性が向上する。図－6に掘進機概要図を示す。写真－1に掘進機を示す。



写真－1 分割回収型掘進機



図－6 掘進機概要図

4.3 二層滑材注入工法

超大口径に伴う推力増大への対策として今回の工事では二層滑材注入工法を採用した。当工法は、推進管の周囲に縁切り層を形成する方式で、使用する掘進機は後胴外径を推進管外径より大きくし、さらに前胴外径を後胴外径より拡張しておく、推進時には前胴と後胴とのボイド部に固結型の一次注入を行い、さらに後胴と推進管とのボイド部に液性の二次注入を実施する。これにより一次滑材層により二次滑材の地下水への希釈や地山への逸散を防止し、液性滑材の効果を十分に発揮させ推力の低減を図るものである。

また、当工法は一次滑材に固結型滑材を使用することで、管の周辺地山に浸透してサンドゲル状態となり地山の緩み防止にも寄与する工法である。

5. 施工結果

5.1 PC推進管

(1) 組立

現場での管の組立作業において最も時間を要した作業はカラーの溶接であった。組立作業の効率化のため、今後さらなる接合方法の検討が必要である。

(2) 試験結果

日本下水道協会規格 (JSWAS A-2) に基づき、PC推進管の各種試験を行った。結果は従来の一体型の推進管と同等の性能を有することを確認している。

(3) 推進完了時の管の状況

施工に伴うPC推進管の割れ欠け・クラック・漏水は全く認められず、良好な施工結果を得た。管の目地部には、厚さ20mmの目地開口調整材を貼付している。算定上、 $R = 200\text{m}$ 区間の左右差は49mmとなる。実施工での左右差は $R = 200\text{m}$ のBC手前から曲線中間部にかけてほぼ比例増加し、最大値が63mmとなり $R = 300\text{m}$ 区間では38mmとなった。これは、推進路線の全線に亘って軟弱な腐植土層となるため、曲線外側の地盤反力が不足傾向になり数値にばらつきが出た

ものと考えられる。

5.2 分割回収型掘進機

(1) 組立

掘進機は7分割（外殻6分割+内殻）で現場に搬入し、発進立坑内で組立を実施した。

(2) 解体・回収

掘進機は到達立坑に押し出した後、分割解体を実施した。解体は、施工条件から大型クレーンが使用できないため、外殻上部を撤去した後、内殻は坑内を通じ発進立坑まで引戻して回収搬出した。坑内の引戻し作業にあたっては路線内に曲線区間が設けられていることを考慮し、管にワイヤーが接触しないよう適宜滑車を取り付け、管の損傷と引戻し時の作業性の向上を図った。分割回収型掘進機を採用したことにより、通常の解体作業で必要となるガス切断作業が大幅に減少し良好な環境下での作業が可能となり、掘進機の補修箇所が少なく次期工事への適用が可能となることを確認した。

5.3 二層滑材注入工法

(1) 推力

総推力は9,780kNとなり、ほぼ計画通りの結果となった。

(2) 滑材注入

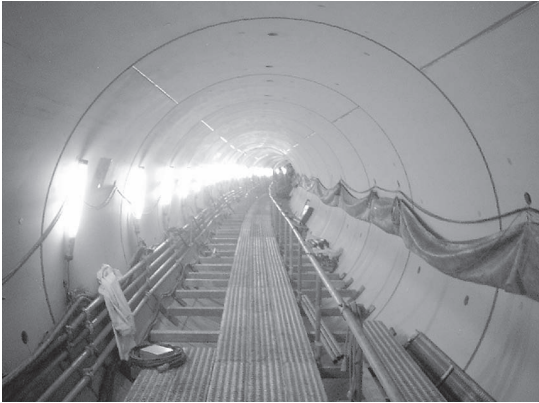
滑材注入量をテールボイド量からの計画注入量と比較すると、一次滑材注入率が全線に亘り約200%程度となった。これは本工事での地山含水比が300%を越える腐植土層であり、注入圧が管理値まで上昇しなかったために増量したものである。二次注入は、圧力管理を基本にほぼ計画通りの注入量となった。地表面及び構造物の変位は発生せず推力の低減を図ることができた。

5.4 周辺地盤への影響

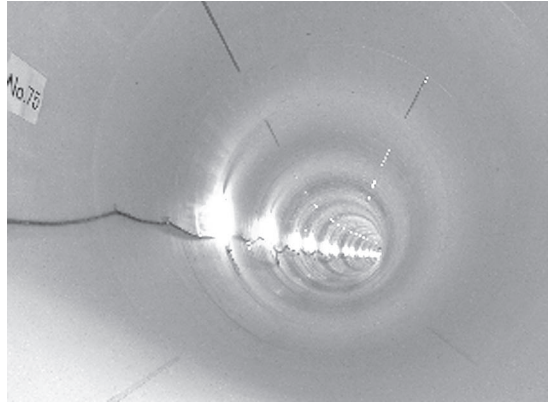
推進機はJR総武線高架橋橋脚との離隔が2.7mと近接施工になるため、設計段階で事前にJR管理者と協議し、FEMによる解析を実施している。

解析値は、橋脚のフーチングの変位で水平3.4mm、鉛直0.0mmであり、杭の応力照査も許容値以下であることを確認している。

また、実際の推進時の橋脚の挙動を確認するた



写真－２ 推進状況



写真－３ 完成状況

めに、推進管が通過する両端の橋脚にて沈下・傾斜について計測を実施した。

その結果、施工時の変位は管理値を大幅に下回る値であった。写真－２に推進状況、写真－３に完成状況を示す。

6. おわりに

今回の工事では、PC推進管の品質に支障は認められず、当初計画した所要の出来形を確保できたほか、道路工事に支障のない工期で完成することができた。今後、都市部における浸水対策や合

流式下水道の改善事業の整備推進が進むことが予測されることから、大口径の雨水貯留管等の整備の手段として、「分割型推進管による超大口径管推進工法」への需要が高まる可能性は十分あると考えられる。

また、分割管を地上で組み立てる作業ヤードについて、立坑での推進管の組立を含めコンパクト化への技術開発やさらなるコストの縮減への取り組みに期待するほか、積算体系・推進管の標準化なども望まれます。

