

マイクロ工法による下水道管渠築造 - 山形下水マイクロ工事 -

東北支店 宍戸 訓
 本社 笹間和也
 本社 中村憲司

概要：山形市公共下水道緊特第3702工区は、山形東処理分区今塚幹線の一部で県道274号中野・長町線より県道275号中野・七浦線を横断し、市道中野・成安線手前までの約210mを推進した。特に、275号線横断部ではN値1～2の軟弱地盤層をR=50mの急曲線でカーブするため、マイクロ工法が採用された。本文では、マイクロ工法による腐食性軟弱地盤層への対応と高精度な小口径長距離曲線推進についての施工記録を報告する。

キーワード：マイクロ工法，小口径推進，長距離推進，曲線推進（カーブ推進），泥水推進，ジャイロ，軟弱地盤，腐植土

1. 工事の概要

山形下水マイクロ工事の概要は次の通りである。なお、図-1に土質柱状図，図-2に平面図，図-3に縦断図を示す。

- ・工事名：山形市公共下水道緊特第3702工区（汚水・流関）工事
- ・施主：山形市下水道部建設課
- ・工事場所：山形県山形市大字中野地内ほか
- ・工期：平成14年7月19日～平成14年10月30日
- ・工事内容：施工延長 L=211.167m（マイクロ工法による施工部）
 曲線部 曲率半径R=50.000m，曲線長 CL=49.624m
 推進管径 400mm

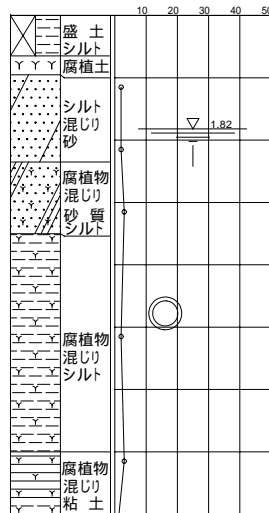


図-1 土質柱状図



写真-1 現場全景



宍戸 訓
 土木事業部
 工事部



笹間和也
 技術本部
 土木技術第二部



中村憲司
 技術本部
 土木技術第二部

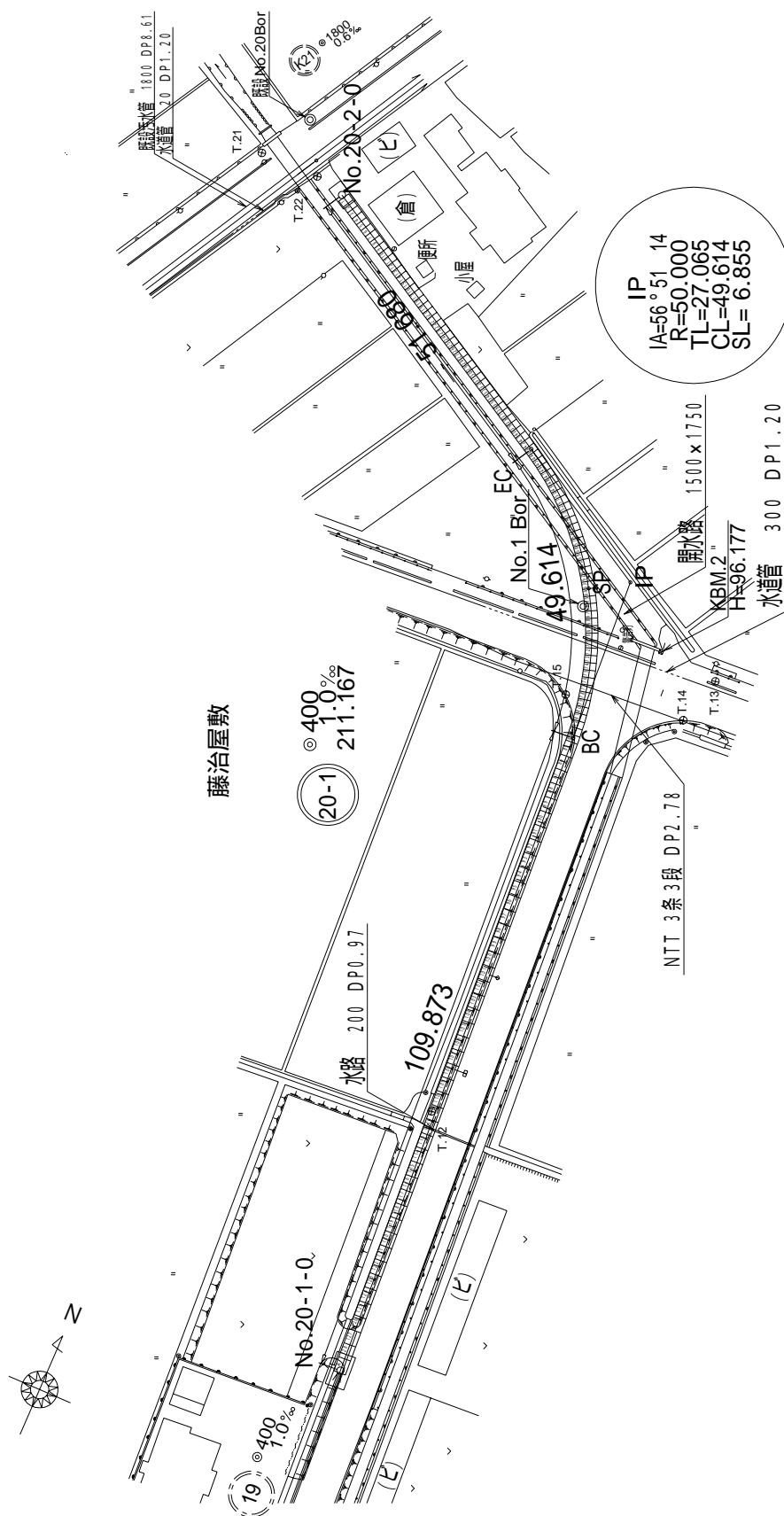


図 - 2 現場平面図

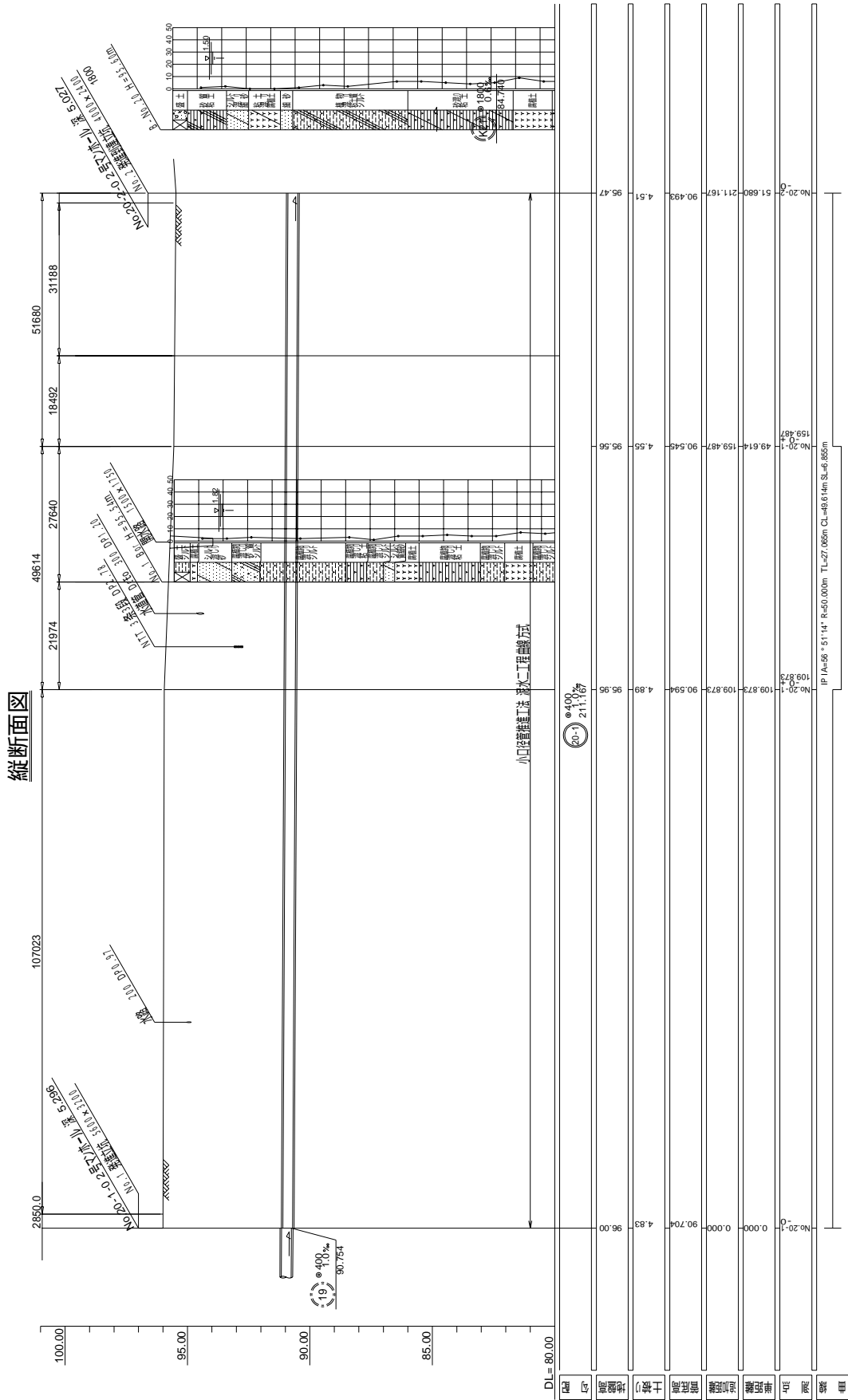


図 - 3 現場縦断面図

2. 施工概要

施工は、昼間施工で県道は発進立坑部のみ片側交互通行により施工した。

(1) 施工機械の概要

施工位置の土質がN値1～2の軟弱地盤の上、腐植物を含んでおり、排泥取込部閉塞による流体輸送の可否が施工上大きな問題であった。(ボーリング柱状図の掘進位置記事欄に「植物を多く含む」のコメントあり)

そのため、写真-2及び3に示す掘進機を改良し、腐植物が面盤裏のコーン内に溜まらない(閉塞しない)ような対策を講じた。



写真 - 2 ミク口掘進機



写真 - 3 掘進機前面

(2) 掘進機の改造

掘進機の改造(植物による閉塞対策)としては、標準型掘進機の面盤裏(排泥取込部前)の写真-4に示すスリットを、腐植物の滞留による閉塞を回避するため写真-5に示すように撤去した。

なお、今回のようにスリットを撤去することは、以下に示すような新たな懸念が発生するため、掘進施工箇所全線の土質物性や腐植物の性状等を確認し、十分な検討が必要である。

- ・ ポンプ筒内のポンプのエンペラー等に腐植物が絡まる
- ・ 礫が混入している場合、破碎不十分な礫が排泥管内で沈降し閉塞する
- ・ 礫の混入量により、エンペラーや配管等を破損するおそれがある
- ・ スリットの撤去復旧費が高価である

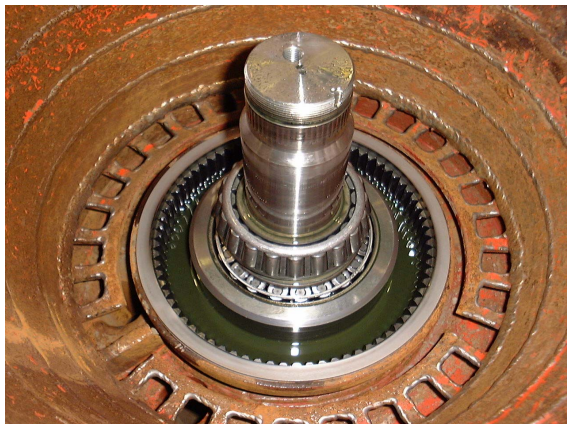


写真 - 4 掘進機内スリット

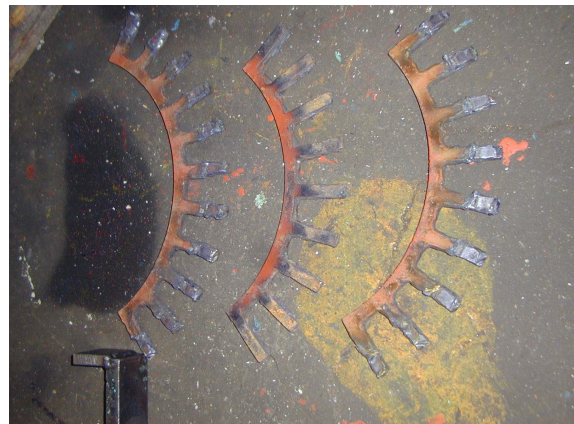


写真 - 5 撤去したスリット

(3) 土質物性

掘進位置の土質物性は室内試験結果より、表 - 1 「土質試験結果一覧表(抜粋)」及び表 - 2 「土の粒土試験(抜粋)」に示すように液性限界値を越える最大粒径2mmのシルトである。

この土質試験結果より、礫分をほとんど含まないシルト・粘土層であると判断される。そのため、前項の「掘進機の改造」を行う土質条件としては問題にならないと判断される。

表 - 1 土質試験結果一覧表(抜粋)

一般	土粒子密度	2.676 g/cm ³
	自然含水比	51.4 %
粒土	礫分	0.0 %
	砂分	14.4 %
	シルト分	85.6 %
	粘土分	
	最大粒径	2.00 mm
コンシステンシー特性	液性限界	39.4 %
	塑性限界	26.3 %
	塑性指数	13.1
分類	分類名	シルト(低液性限界)
	分類記号	(ML)

表 - 2 土の土粒子試験(抜粋)

ふるい分析	粒径(mm)	通過質量百分率
	2	100.0 %
0.85	99.9 %	
0.425	99.6 %	
0.250	99.4 %	
0.106	99.4 %	
0.0075	85.6 %	
	粗砂分	0.4 %
	細砂分	14.0 %
	シルト分	85.6 %
	粘土分	

(4) 施工手順

二工程式推進工法の施工手順は図 - 4 に示すように、発進立坑より掘進を開始し掘進機後方に鋼製の曲線誘導機を順次接続し到達させる。

(5) 施工状況

推進工は、腐植物を含む軟弱地盤層のため掘進機を改良して施工した。特に一工程目の掘進中の推力や送排泥流量の変化を慎重に確認し、線形を保持して掘進した。

また、急曲線部の曲線造成の側面地盤反力が軟弱地盤で期待できないため、掘進機先端の計測と同時に計測ロボットの走行軌跡を解析し、通過部分(掘進機後方から発進立坑)の変状を確認しながら掘進した。

掘進機の方向制御等を行う操作盤を写真 - 6、一工程目の曲線誘導機推進状況(発進立坑)を写真 - 7 に示す。



写真 - 6 操作盤



写真 - 7 曲線誘導機推進状況

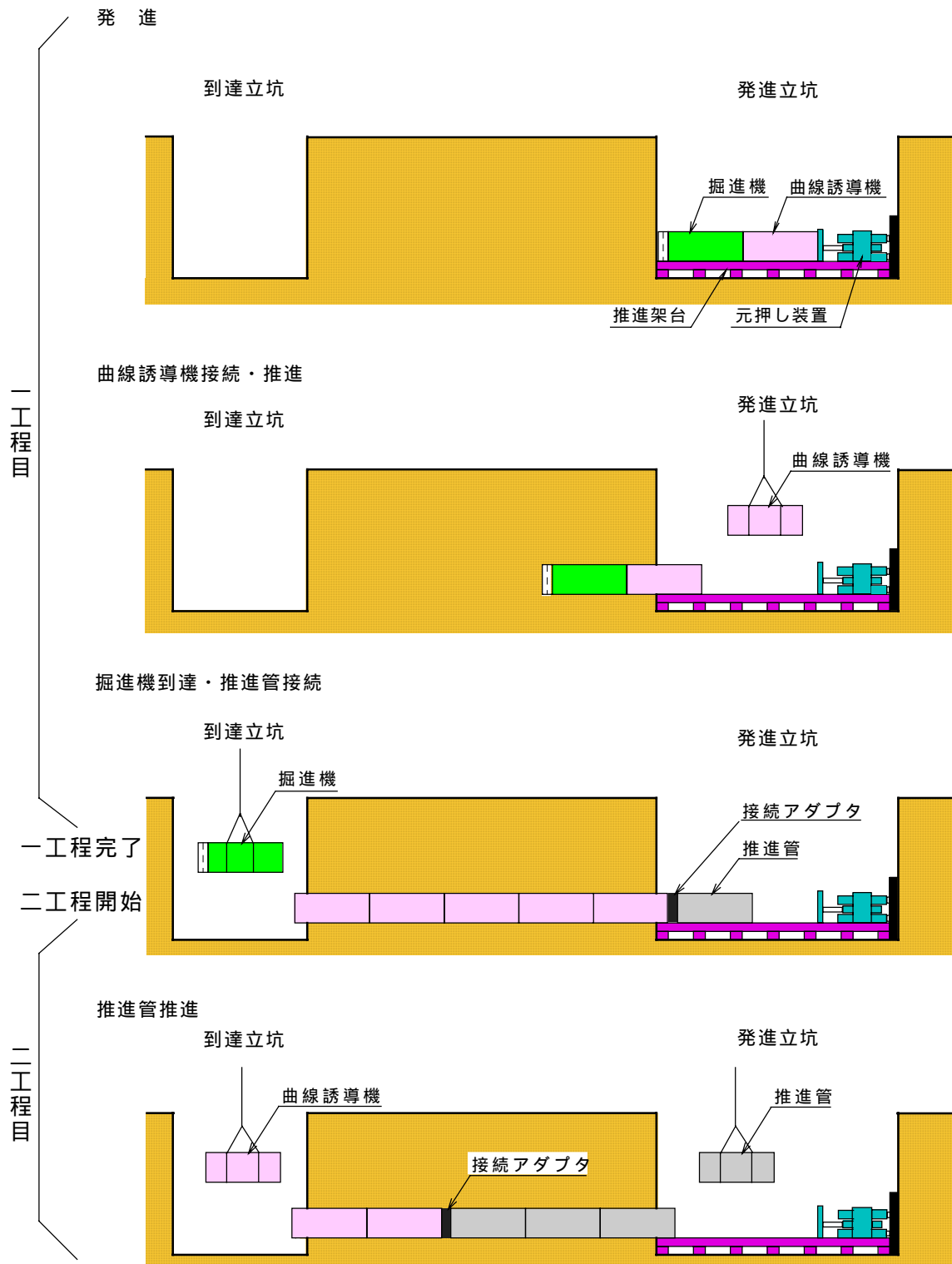


図 - 4 二工程式推進工法施工手順

(6) 施工結果

結果として、写真 - 8 に示すように掘削残土内に腐植物を確認したが、閉塞は生じず、安定した掘進を行うことができた。

一工程目到達までの掘進時の計画線形に対する平面蛇行量を図 - 5，鉛直蛇行量を図 - 6，推力図を図 - 7 に示す。



写真 - 8 掘削残土

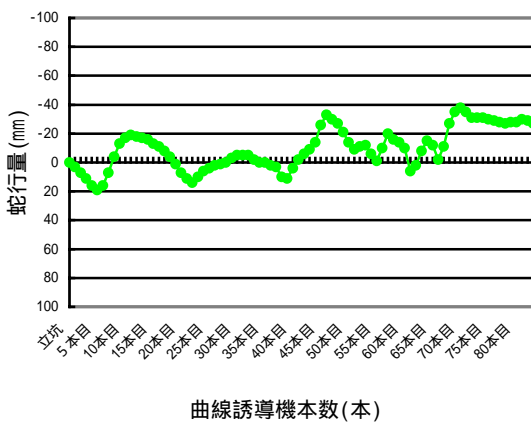


図 - 5 水平蛇行量

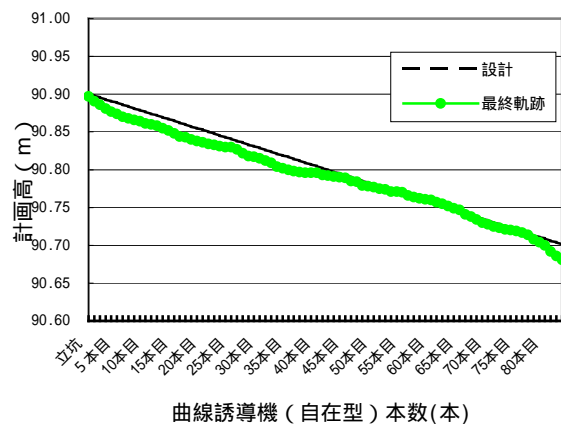


図 - 6 鉛直蛇行量

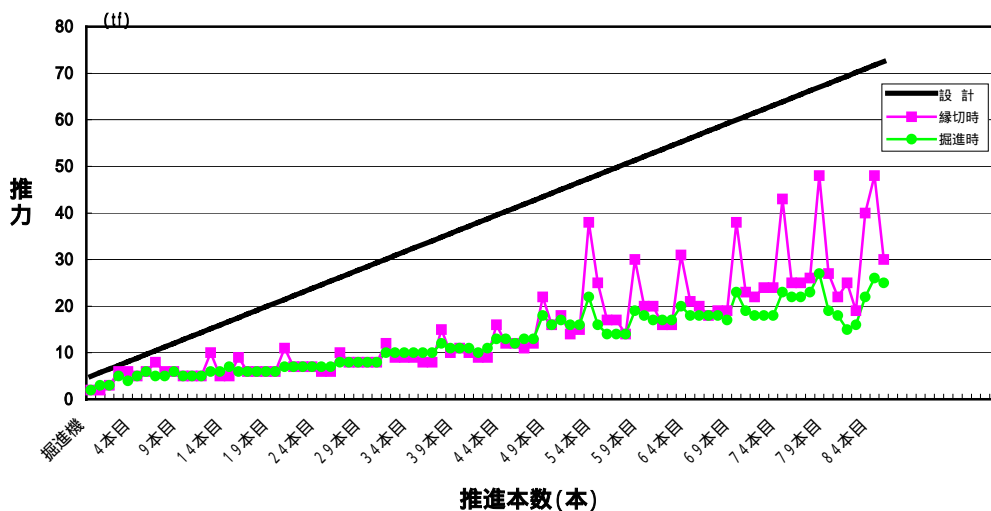


図 - 7 推力図

(7) 掘進機改良の考察

ボーリングデータ及び立坑築造時の土質性状から掘進機のスリットを撤去し、推進を行った。懸念された流体輸送も、終始安定した状態で推進し到達したことは、砂礫分を含まない腐植物を含む粘性土地盤でのスリット撤去の有効性が改めて実証された。

なお、写真 - 9 に別現場での植物による閉塞の状況を示す。

しかしながら、腐植物が流木の場合や、砂礫分を含む場合にはスリットを撤去することによる効果は少なく、かつ、管内閉塞等のリスクが大きくなるため、スリット撤去の判断は注意しなければならない。

このようなことから、今後も難しい地盤について検討を重ねあらゆる土質に対応するノウハウを蓄積する予定である。



写真 - 9 植物での閉塞

(8) 推力に関する考察

掘進中の推力（一工程目）は、図 - 7 に示すように設計推力以下で推移した。これは、以下に示すような要因が考えられる。

- ・ 滑材の周面摩擦抵抗低減効果が十分に得られた
- ・ 管列途中に設置した滑材注入曲線誘導機からの注入により、劣化・消失した滑材層が復元され周面摩擦抵抗の上昇を抑制できた
- ・ スリットを撤去したことによって、閉塞による推力上昇が生じなかった
- ・ 軟弱地盤でありながら、通常の粘性土地盤ほど周面抵抗を受けなかった
- ・ 急曲線部の側面反力が期待できなかったが、強制型曲線誘導機による線形保持で施工可能と判断し、地盤改良を行わなかったため掘進機前面抵抗を最小限にすることができた

3. おわりに

本工区においてマイクロ工法を採用したことにより、県道274号線と275号線の交差点部に中間立坑を設けることなく管路構築が可能となり、工事に伴う交通渋滞も防ぐことができた。

また、推進位置の土質が全線に渡りN値1～2の腐植物を含む軟弱地盤層であったため、掘進機に腐植物対策を講じるとともに急曲線部の線形保持に細心の注意を払うことで、管理目標である平面4.0mm、鉛直5.0mmに対し、最大誤差3.8mm（平面）、1.7mm（鉛直）、到達精度2.7mm（平面）、1.7mm（鉛直）で施工できた。

謝辞

山形市役所下水道部建設課の方々、及びマイクロ工法協会の方々には終始お世話になりました。紙面を借りて厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 三菱建設「技報」Vol.5 1996, ミクロ工法（小口径長距離曲線推進工法）の開発, 中村憲司 高橋弘樹
- 2) 「月刊推進技術」 Vol.15No.10 2001, 社）日本下水道管渠推進技術協会
- 3) 下水道技術・技術審査証明報告書 第0901号「ミクロ工法」, 財）下水道新技術推進機構