

20. 矩形断面泥土圧シールドによる 下水道トンネルの計画と施工

日本下水道事業団：成田 愛世
大豊・銭高・安藤建設共同企業体：赤地 秀実

§ 1. はじめに

千葉県習志野市津田沼地区は急激な都市化に伴い、雨期や集中豪雨時には、しばしば浸水被害が多発する地域として知られている。

このため、津田沼地区を南北に流れる菊田川流域の低部や、隣接する船橋市の浸水被害を防止する菊田川2号幹線の整備事業が昭和59年度より進められている。

この幹線工事は、主に開削工法にて施工されてきたが、本文で述べる「その18・22」工事は習志野市藤崎1～4丁目の交通量の多い市道下に敷設することと、路線途中にて県道旭・船橋線（東金街道）を横断することから、シールド工法で計画された。

さらに、円弧状矩形断面泥土圧（DPLEX）シールド工法が採用された理由としては、市道の道路幅員が狭く、必要な断面を有する下水道管渠を、2本の円形シールドにて築造すると官民境に収まらないことと、自然流下の管渠として管底高が決まっており、トンネル上部の埋設物（ガス、水道、NTT管路）との離隔がとれなくなる等の理由より採用された。

本文は主に、往路におけるシールドの掘進結果について報告する。



図-1 路線平面図

§ 2. 工事概要

- ①工事件名 習志野市菊田川2号幹線管渠建設工事その18及びその22
- ②施工場所 千葉県習志野市藤崎1～4丁目
- ③企業者 日本下水道事業団東京支社（習志野市委託）
- ④施工者 大豊・銭高・安藤建設共同企業体
- ⑤路線延長 往路（発進立坑～回転立坑）391.98m 復路（回転立坑～到達部）416.62m
合計808.60m
- ⑥管渠断面 仕上がり内径 3,400×2,800mm
- ⑦セグメント （鉄筋コンクリート、スチール）
外径 横径4,200×縦径3,800mm 内径 横径3,700×縦径3,300mm
桁高 250mm 幅 RC 1.0m スチール 1.0m 0.5m 0.3m
- ⑧土質 細砂（N：～） ローム（N：～）
- ⑨立坑築造工 発進立坑 1箇所 回転立坑 1箇所
- ⑩地盤改良工 家屋防護 1式 シールド離隔間防護 1式
- 図-1に路線平面図 図-2にトンネル標準断面図を示す。

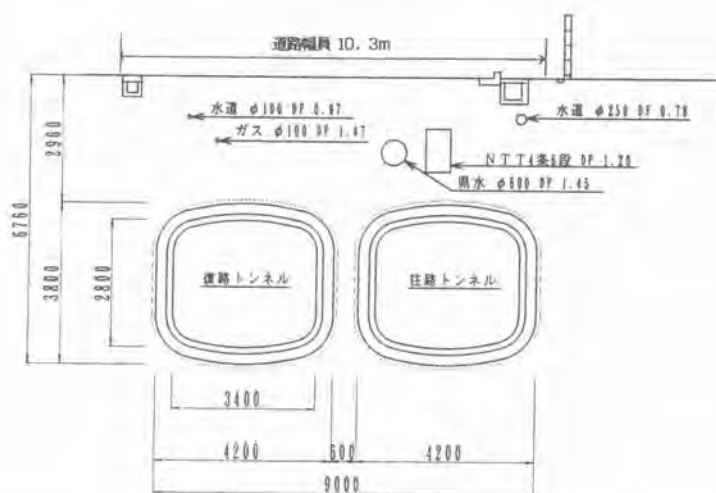


図-2 トンネル標準断面図

§ 3. 円弧状矩形断面シールドの概要

本工区で採用されたシールドは、4基の駆動部よりなっている。それぞれの駆動軸から30cm偏心した位置にフレーム状のカッターを取り付けており駆動軸の回転運動により、カッターを平行リンク運動させることで、矩形断面の掘削を可能としている。切羽の安定には、円形での実績の多い泥土加圧方式を採用している。写真-1、図-3に円弧状矩形泥土圧シールドを示す。

- (1) スクリューコンベア
- (2) エレクタ
- (3) シールドジャッキ
- (4) テールシール(ワイヤーブラシ形2段)
- (5) 右側方向指示
- (6) スタビライザ (2ヶ所)
- (7) カッター駆動装置
- (8) 側面土圧計 (4ヶ所)
- (9) テールクリアランス (規制装置)
- (10) 同時費込注入装置
- (11) 中折れジャッキ (中折れ角4°)
- (12) セグメント押し上げ装置
- (13) 砂嘴材注入口
- (14) 先端土圧計 (1ヶ所)
- (15) 回転子
- (16) 伸縮り受け機
- (17) カッタービット
- (18) 作泥材注入口
- (19) 土圧計 (3ヶ所)
- (20) オーバーカッタジャッキ
- (21) マンホール
- (22) ロング修正装置付シールドジャッキ(10ヶ所)

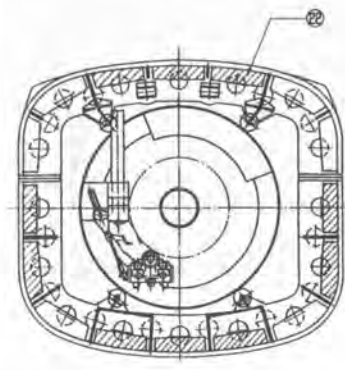
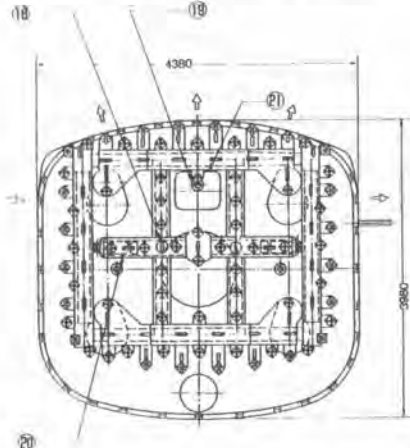
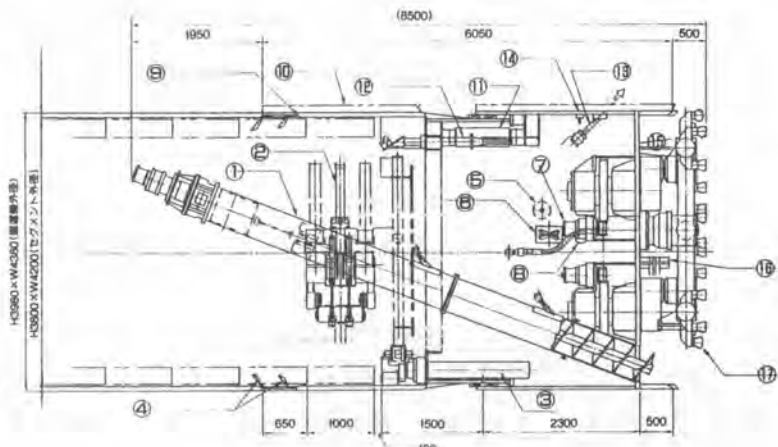


図-3 円弧状矩形泥土圧シールド

シールド		H3980 x W4200
シールド外径	全 長	18500 mm
	機 体 長	6050 mm
	掘 削 力	1780t (113t/m ²)
シールドジャッキ	100t x 350kg/cm ² x 1150mm x 7本	
	120t x 350kg/cm ² x 1150mm x 8本	
中折れジャッキ	120t x 350kg/cm ² x 380mm x 12本	
	シールドジャッキ稼働速度	40 0/min (複数稼働時)
パワーユニット	油圧ポンプ	25.1 0/min x 350kg/cm ²
	電 動 機	18.5kW x 4P x 400V
	台 数	1台

カッター		
駆 動 方 式	油圧駆動	
装 備 ト ル ク	88t-m (22.1t-m x 4M)	
アーム半径	F1300mm	
カッター回転数	0-4.0 r.p.m	
駆動用油圧モータ	124kg-m x 210kg/cm ² x 16台	
パワーユニット	油圧ポンプ	267 0/min
	電 動 機	78kW x 4P x 400V
	台 数	4台

表-1 シールド主要諸元表

§ 4. 往路施工実績

(1) カッタートルク

本機は、油圧モータ16台で合計88t_m (油圧 210kg/cm²時) のカッタートルクを装備している。往路でのカッタートルクの変化を、図-4に示す。往路では発進部の地盤改良区間をのぞき、装備トルクの1/3~1/5程度にて、シールドの掘進が可能であった。

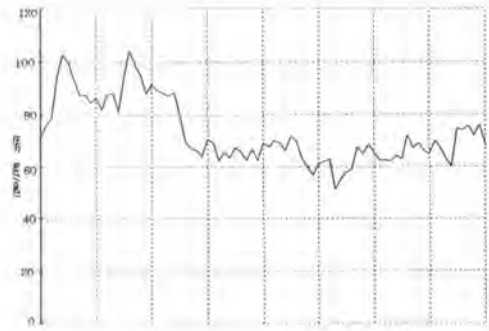


図-4 カッター圧力

② ジャッキ推力

シールドジャッキは、100tfジャッキ7本と120tfジャッキ9本の組み合わせからなり、合計装備推力は、1780tf(113tf/m²)である。図-5に往路でのジャッキ推力を示す。

実掘進では、平均で600tf程度、最大で800tf～1000tf程度の推力が必要であった。この推力を、単位面積当たり直すと平均で38t/m²、最大で63t/m²程度であり、円形断面と同程度の推力で推進できた。

曲線施工などの姿勢制御を考慮すれば 妥当な装備推力と考えられる。

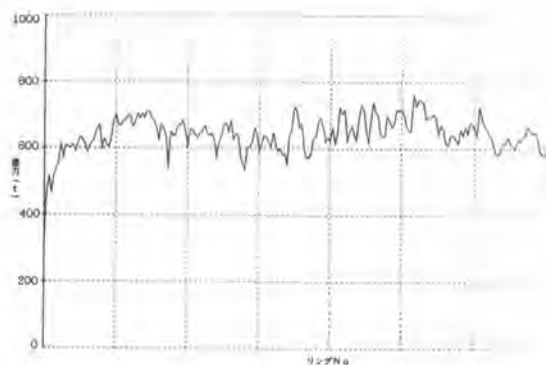


図-5 ジャッキ推力変化図

③ 姿勢制御

シールドの姿勢制御には、ピッチング、ヨーイング、ローリングがある。このうち、ピッチング、ヨーイングは、円形シールドと同様にジャッキ選択により修正可能であった。また、ローリングに関しては円形と異なり、円弧状矩形断面のため、仕上がり精度にそのまま影響することから、ローリング修正ジャッキを装備し発生時には、早期に使用した。

曲線部、直線部のローリング状況を図-6に示す。この結果、曲線施工時に主にローリングは発生し、曲線施工と腐植土の掘進が重なった400リング付近で最大0.7°になったが、その他の部分では、0.4°以下に収まり、ローリング修正ジャッキの性能を確認することが出来た。

本機は、16本シールドジャッキの内、10本にローリング修正機構を設けたが全てのジャッキに修正機能を装備した方が曲線部のローリングにも、対応しやすかったと思われる。

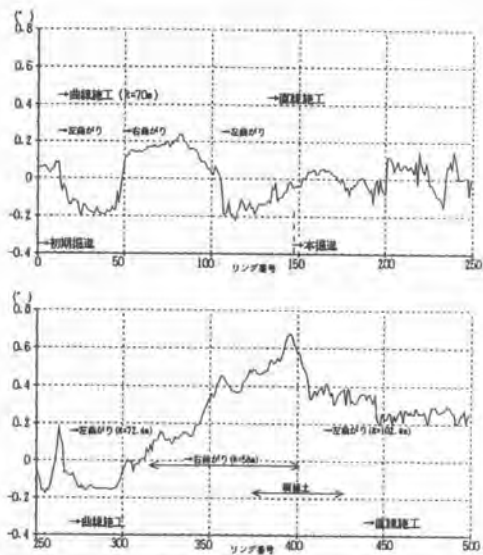


図-6 ローリング変化図

④裏込注入

矩形断面は、円形断面に比べ、地盤変状が発生しやすいと考えられるため、シールドの左右頂部に同時裏込注入機構を設け、どちらからの1箇所から掘進と同時に裏込注入を行った。また裏込材は、二液の可塑状固結タイプを採用した。注入圧においては土被り及び、地下水位から上限管理値を 1.2kgf/cm^2 とし、 $1.0\sim 1.2\text{kgf/cm}^2$ の注入圧で施工した。

今回の様な、小土被りの場合には、裏込材の路上噴出が予想されたため、常に路上監視員を配置して安全作業に努めた。

⑤路面沈下

往路の施工における地表面の最大沈下量は、シールドセンターで 10mm 程度であった。また、道路に近接する民家やブロック積み等への影響は、これまで全く出ていない。図-7に、発進から 350m 付近の成田砂層掘進時の路面沈下経時変化を示す。

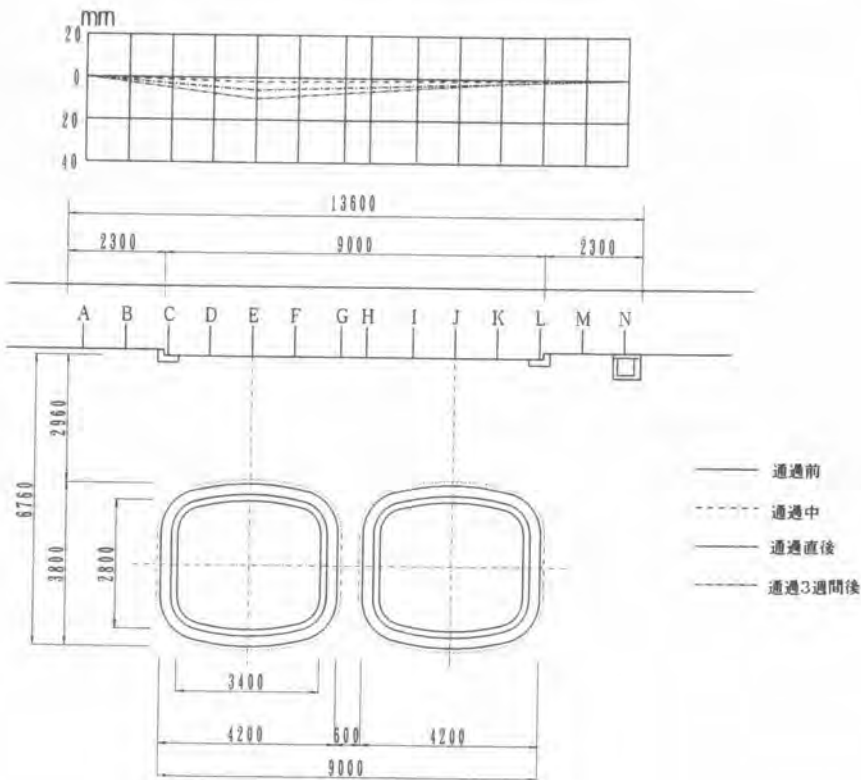


図-7 路面沈下図

⑥ビットの磨耗

シールドのローリングを打ち消す方向で、カッターの回転方向を選定し、往路では、全体の75%を右回転で施工した。ビットの磨耗傾向も、回転方向に磨耗が見受けられた。ビットの磨耗量は最大で、2mm程度であった。カットビット1ヶ当たりの摺動距離は約130kmであり、摺動距離当たりの磨耗率は、0.015mm/kmであった。この値は、円形シールドに比べてもやや小さく、更に本シールドは摺動距離が円形の1/2程度であることから、従来の円形シールドより長距離掘進が可能と考えられる。

§ 5. おわりに

平成7年7月末現在、シールドは回転立坑から再発進し、往路トンネルとの離隔60cm、シールド機との離隔51cmにて県道部まで掘進している。現在までは往路トンネルへの影響もなく順調に推移してきている。今後、機会があれば併設トンネルの施工について、施工報告を行いたい。



写真-2 発進坑口



写真-3 坑内状況