

V-29 地下鉄工事に於けるルーフシールド
工法について（中間報告）

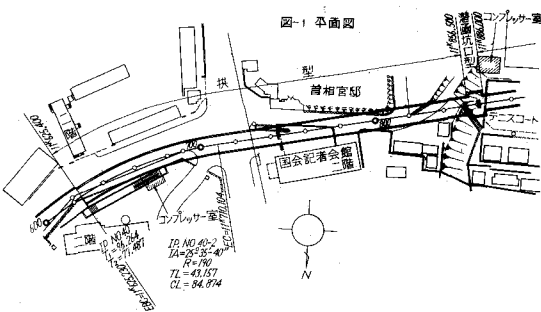
西 嶋 国 造

1. 要 旨

帝都高速度交通営団に於て、東京－新宿間新線建設工事に於て施工中のルーフシールド工法について、本工法を採用した経過、設計概要及び着工より現在迄の工事施工の中間報告をする。

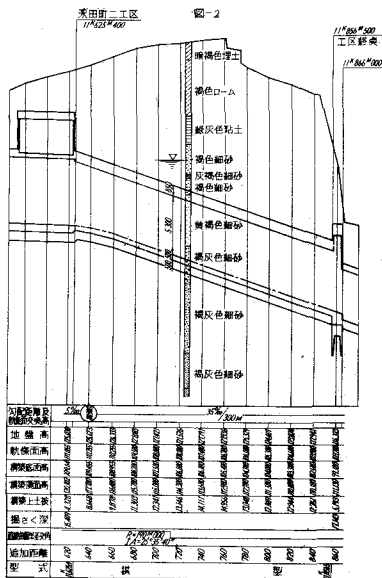
2. 位置，地形，地質

本工法採用区間(図-1, 図-2参照)は千代田区永田町3丁目, 池袋起点1/1杆625より1/1杆856迄の231^m間で勾配は片勾配の3.5%, 線形は半径190^mの曲線85^m, 直線146^mである。地形は永田町首相官邸前は丘陵部の鞍部をなし最大工被15^mで開削工法では施工困難である。地質は図-2に示す如く, 細砂層で湧水試験の結果相当の湧水量でクイツクサンドを起す情况であつた。



3. ルーフシールド工法採用の経過

上記の様な地形，地質であるので最も安全に施行するに如何なる工法を採用すべきやについて，斯界の權威者に委嘱し種々討論の結果，土被，地質，地下水の情況より最も安全で工期が確實な工法として，本工法を採用することとなつた。



4 設 計 概 要

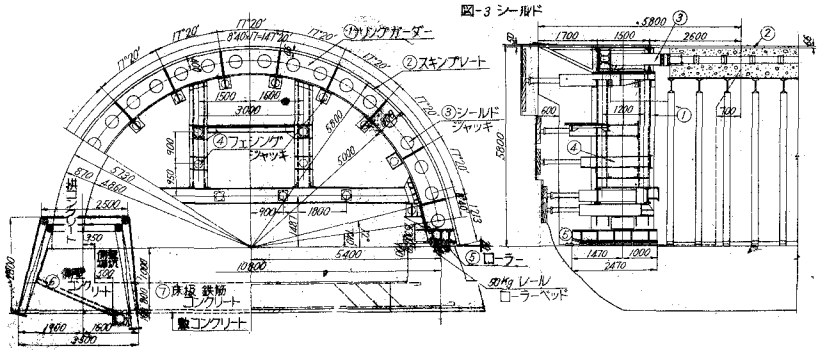
4-1 断面。ルーシールドの設計についても権威者の御指導により、さきに施行された関門国道隧道に於ける施工例等研究の上図-3の様に複線型とし軌道中心間隔4.1m、建築限界に対し左右1.0mの餘裕を取つて半径5.8mの半円形とした。側壁導坑の大きさ及び側壁コンクリートの形は図-3の通り。側壁導坑は圧気掘さくとし貫通后排気して水抜導坑とし、若しシールド推進時に於て湧水多量

でクイツクサンドを起し危険の場合はシールド推進も圧気でやり得る様計画した。

4-2 巻厚。類似の実施例及び図式解法により巻厚は 87 mm とし種々検討の結果、生コンクリートを使用し、一次巻のみで二次巻を節約した。生コンクリート使用のためシールドの推進に対しては、工場生産の鉄筋コンクリートの PUSH ROD を用いること

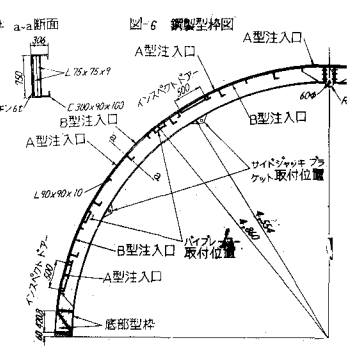
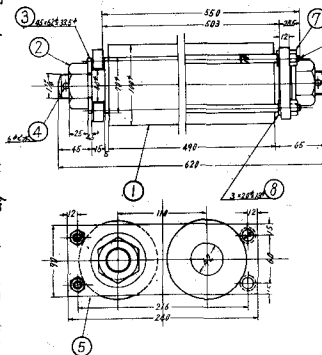
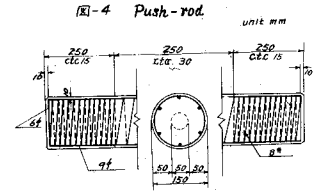
とした。PUSH RODの形状は図-4で強さは100tである。インバートは水平の鉄筋コンクリート厚さ80cmとした。

4-3 シールド。 関門国道隧道の施行例等を勘案して図-3の如き形状とし、約900tの土圧に堪える様設計した。シールドジャッキは水圧ジャッキとし1本の能力100tとし20本をつけた。有効働長は90cmフェイスジャッキは20tのもの18本をつけた。(豫備1本)水圧ポンプはシールドジャッキ用30HPプランヂヤーポンプ1台、同豫備1台としフェイスジャッキ用は同じく15HP1台としボディー上にのせた。此のシールドの全重量は約190tである。製作は川崎重工がなし、大和産業が納入した。製作費約8000万円、支給鋼材は126tである。



4-4 ローラー及びローラーベット。 図5の様にボールベヤリング入りのローラー2本を1組とし片側13組づつ計24組を用意した。ローラーベットは側壁コンクリートの上面に37kgレール3本を逆に入れてある。

4-5 アーチセントル。 図6の如く頂部にヒンジを有する鉄製セントルとし、高さ42cmの鉄製の合楔の上に据付ける様にし、15リング分を準備した。各リングは豆砂利及びモルタル注入用として6~7箇の2インチ注入管を取付けられる様にし検査穴も4箇所づつ取付けた。バルクヘッドは20本のシールドジャッキに支えられ、ブツシユロットを正確に据付けられる様二重支しよう式とした。上端の支持はスキンプレートにアングルを取付け之に固定する様にした。



5 施工法について

5-1 坑口ケーソン。 シールドを組立てるためと側壁導坑の始点として、終点側に内法7.5m×1.3m、高さ8.75mの函型ケーソン基を沈設した。工期41日間で最高気圧14kgであつた。

5-2 堅坑。 側壁導坑の工期短縮のため起点寄りに内径4m、深さ1.67mの堅坑2本を下げた。地下水面迄は素堀とし地下水位以下は鉄筋コンクリートの蓋をなし圧気掘

さくとし逆巻で下つた。工期は1号(本線左)は52日間, 2号(本線右)は37日間
で使用気圧最大 $6 \frac{\#}{\text{sq}}$ であつた。

5-3 送気設備。坑口ケーソン, 堅坑, 及び側壁導坑は圧気工法を用いたため堅坑
方及び坑口ケーソン方に夫々表-1の様に送気設備をした。

電源はA級電源より地下ケーブルにより受
電した。

表-1 送気設備

上 家	堅 坑 方	坑口ケーソン方
コンプレッサー 低 400HP	1台 $98 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$	1台 右に同じ
- 高 75HP	1台 $103 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$	1台 $123 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$
- 低 100HP	1台 $103 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$	1台 右に同じ
レシーバー	3基	3基

5-4 側壁導坑。図-3の如く断面は
 $2 \frac{\text{m}}{2} \times 2 \frac{\text{m}}{2}$ とし $1 \frac{\text{m}}{2}$ の間, 縫地工法とした
。1号導坑(本線左)は7月23日着手9
月21日貫通, 2号導坑(本線右)は7月
22日着手9月30日貫通, 平均67日間

で貫通した。平均1日進行速度は両口で $4 \frac{\text{m}}{\text{日}}$ であつた。測量の照査と保安のため, 左
右の連絡横坑(20×1.8)を5ヶ所掘つた。工期を急ぐため巻立は省略した。そのた
め漏気は可成りあり, かりうじて貫通した。作業気圧は堅坑方 $6.0 \frac{\#}{\text{sq}} \sim 1.3 \frac{\#}{\text{sq}}$, 坑口ケ
ーソン方 $1.3 \frac{\#}{\text{sq}} \sim 1.6 \frac{\#}{\text{sq}}$ であつた。貫通時は堅坑方の漏気多く遂に $1.0 \frac{\#}{\text{sq}}$ に降下したた
めケーソン方を下げて貫通した。漏気防止のため一部薬液注入も施工した。

5-5 側壁コンクリート。漏気のため坑内気圧を充分上げ得ず漏水のため一部基礎
地盤を悪くしたので補強のため約 69 t の鉄筋を入れる事とした。打込は当初坑外より
コンクリートポンプ或いはブレースーで打込む豫定であつたがポンプは故障しブレースー
も圧氣中に吹込みは逆流のため不成功であつたのでベルトコンベヤーに切替之により
コンクリートを運搬打設した。坑内が狭いのと補強のため鉄筋を入れたためコンクリ
ート打は困難をきわめ, 特に硬化熱のため坑内温度は 35°C にも昇り労務者の離散あり難
渋した。コンクリート量, 1690 m^3 , 打込日数, 1号49日, 2号36日を要した。

5-6 排気作業。潮時漏気量多くなり全コンプレッサーをフルに運転しても側壁コ
ンクリート打設終了頃は坑内気圧 $6 \frac{\#}{\text{sq}}$ 迄降下しそのため土圧がきいて来て導坑支保工の
切損多く, コンクリート打設後は之れより水平及び垂直にぼうずをかい補強をなし地質
の悪い処は栗石で埋戻しをした。11月19日 $6 \frac{\#}{\text{sq}}$ より減圧を始め11月26日迄に
無事排気を完了した。湧水量は減圧と同時に漸次増大し減圧前 3 t/h の湧水量が排気后
は $15 \text{ t/h} \sim 20 \text{ t/h}$ になつた。

5-7 シールドの組立。排気后直に送気設備を解体し坑口ケーソンの仮蓋をこわし
て12月1日よりシールドの組立を開始した。本体の組立は12月19日完了しポンプ
据付配管は12月30日終了試運転をなした。

5-8 シールドの推進。最初シールドの推進反力が完全にコンクリートライニング
にかけ得ない間は 300 mm のI-BEAM 2本を組合せたPUSHBAR を8本製作し之れによ
り坑口ケーソンの壁に受けて推進した。シールドのテールが全部地山にもぐり込んだ時
ケーソンの側壁と一諸に4リング分のコンクリートを打込み充分の養生時間を取つて(
此の間にトラベラーの組立を行う)1月31日より本式にシールド推進を開始した。

当初は作業不慣れのため1サイクルの時間も21時間位かゝつたが慣れるにつれて1サイクル14時間位になつた。40~50リングの1サイクルの内訳平均はコンクリート打設2'10"養生5'0"推進4'5",バルクヘッドの取外し4'5" PUSH RODの挿入1'30", セントル組立及びコンクリート段取3'40"である。推進の偏倚量は±2cm位である。硝出しはベルトコンベヤーにて行い、全推力は通常500^t~800^tである。

5-9 トラベラー。鉄製セントルの運搬組立及びコンクリート打の作業台としてトラベラーを作つた。トラベラーは移動用の動力とセントルを上下する100^{kg}/cm²の油圧ジャッキ及び左右に夫々2本のスクリージャッキを持つてゐる。

5-10 コンクリート打込。コンクリートは生コンクリートを支給し坑内運搬をコンクリートポンプ、打込をブレースーによつてゐる。1リングづゝせめを打固めて施行している。打込んだコンクリートとシールドのスキンプレートとのフリクションを切るため32#の波形鉄板を挿入している。

5-11 背面填充。背面の填充は豆砂利とモルタルグラウチングによつて行つてゐる。

5-12 曲線部推進対策。曲線部推進のため PUSH RODの長さの異なるもの三種を作成し、細部の調整は5~10^mの短柱をはさんで調整する。セントルは三日月形のアタッチメントを取付ける。シールドジャッキは左右の使用本数をかえて推進して行く。

5-13 シールドの解体。シールドの解体は前もつて作られた隣接の停車場構内に押込んで解体し坑口ケーソン方より搬出の豫定である。

5-14 工程。側壁導坑は漏気及び地質の関係で排気が1ヶ月遅れたがシールド推進は目下の処順調に進行中で不測の事態の起きない限り7月末か8月中旬迄には貫通の豫定である。

5-15 設計、施行業者及び工費。地質調査及びシールドの設計はバシイフィツクコンサルタンツに外注し、施行は株式会社熊谷組に請負はせた。シールド、ジャッキ、水圧ポンプ及びコンクリートポンプは貸与した。コンプレッサーは400HP 2台国鉄より営団が借り受け貸与した。生コンクリート、鉄筋は支給とした。

シールド工法の工費概算はシールドを全償却とすると1^m当り約150万円である。

6. 結 び

今迄の施工段階に於てはやはり設計当初より問題であつた側壁導坑の漏気の問題が最大の山であつた。然し工事担当者の細心の注意により一応無事切り抜ける事が出来た。今後の施工については湧水部の問題、二次巻を節約した事に対する漏水防止の問題、曲線部の施工の問題等施工中に研究すべき多くの問題があり大方の御批判と御指導を御願ひする次第である。ともあれ現在迄の施行過程に於ては都市内で此の様な地質に於てルーフシールド工法は最も安全、確実で経済的な施行法と云う事が出来ると思う。

最後に思ひきつて此の工法を採用した営団幹部の英断に敬意を表すると共に設計施行法について絶えず御指導をいただいたシールド委員会の各権威者の方々に厚く謝意を表します。