

大型泥水加圧シールド工法の概要

—京葉線・羽田トンネル森ヶ崎運河横断部分について—

大 平 拓 也*

以下、本工事と泥水加圧シールド工法の概要を報告する。

1. はじめに

シールド工法の近年における進歩・発展はまことにめざましいものがあり、地下鉄道、上下水道その他管路などの建設に、各種の断面、方式のシールド機が大活躍している。これは、シールド工法のあまたの進歩・改良と本質的な優秀性によるところはもちろんであるが、とくに都市内およびその近郊における市街、交通事情などの異常な伸展と、上記トンネル管路などのそれら自体のさくそうにもより、これらの建設を往時のように地上からの開削式により施工することが著しく困難化し、どうしても地上ならびに諸構造物と無関係に、いわゆるトンネル式に地下施工せざるを得なくなってきたことが大きな必要要素であると考えられる。

シールド工法は、上記のように、いまや軟弱な地盤の比較的地表から浅いトンネルの建設に王座の地位を占めようとしているが、現在のシールド工法にはなお改善・改良を要するところが決して少なくはない。すなわち、現在の普通のシールド工法においては、その適応はある範囲に限られており、地質条件によっては施工困難をきわめる場合もあって、決してオールマイティーなものでもなく、工事の安全性あるいは経済性においても、さらに改善されることが望まれるところである。

さて日本鉄道建設公団は、京葉線羽田トンネルの森ヶ崎運河水底横断部分を特殊な泥水加圧シールドを採用して工事を進めている。

泥水シールドは、直径約 3 m 以下の小断面のものはすでに多数実施されているが、これを直径 7 m を超す大型断面に飛躍させて使用することは、わが国はもとより世界的にも初めてのことである。この泥水加圧シールド工法には、現段階においては種々の技術上の問題点があるが、従来のシールド工法のつきあたっている壁を破り、将来の発展を期待しうるところ大なるものがある。

* 正会員 日本鉄道建設公団新幹線部長、前東京外環状線第 1 課長

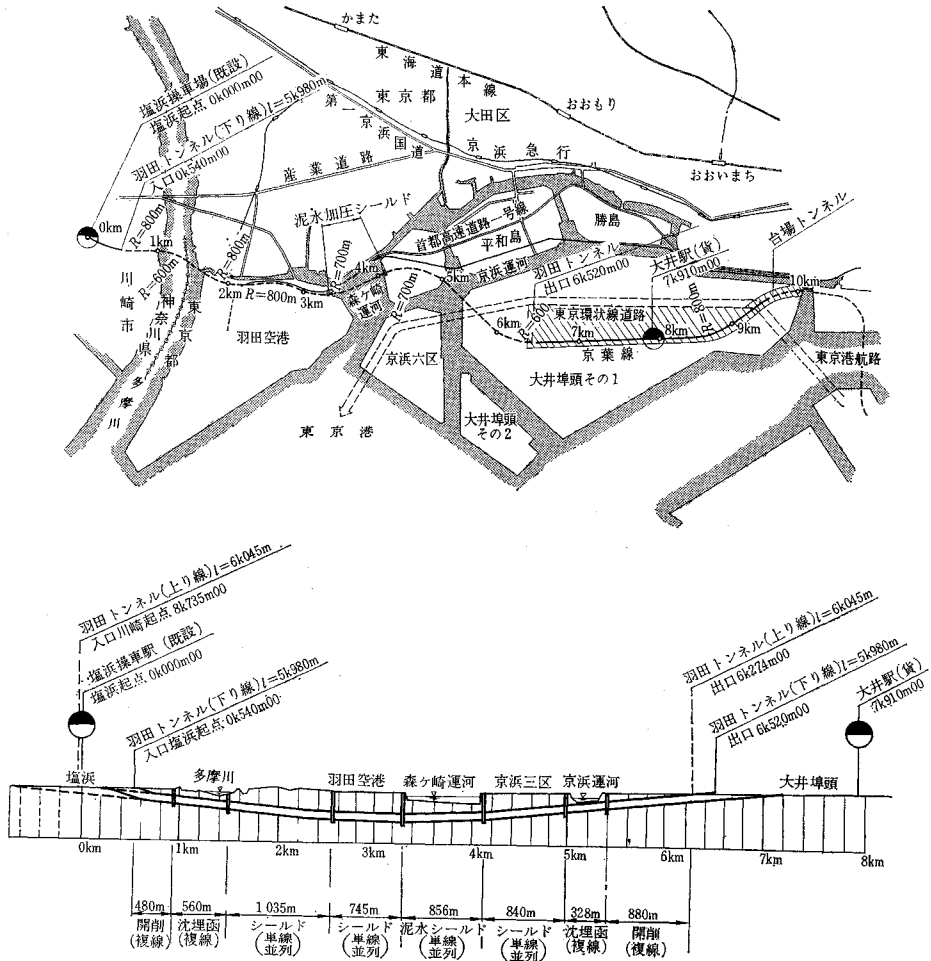
2. 京葉線羽田トンネルならびに森ヶ崎運河横断部の概要

日本鉄道建設公団が建設中の京葉線は、川崎市の塩浜から東京湾岸の埋立地を通り、千葉県木更津に至る延長約 100 km の鉄道新線で、武蔵野線、小金線とともに、いわゆる東京外環状線を形成するものであり、とくにこのうちの塩浜一品川埠頭間については、国鉄が第 3 次長期計画で実施中の、東海道本線線増工事と密接に関連して、その早期完成が要望されるものである。

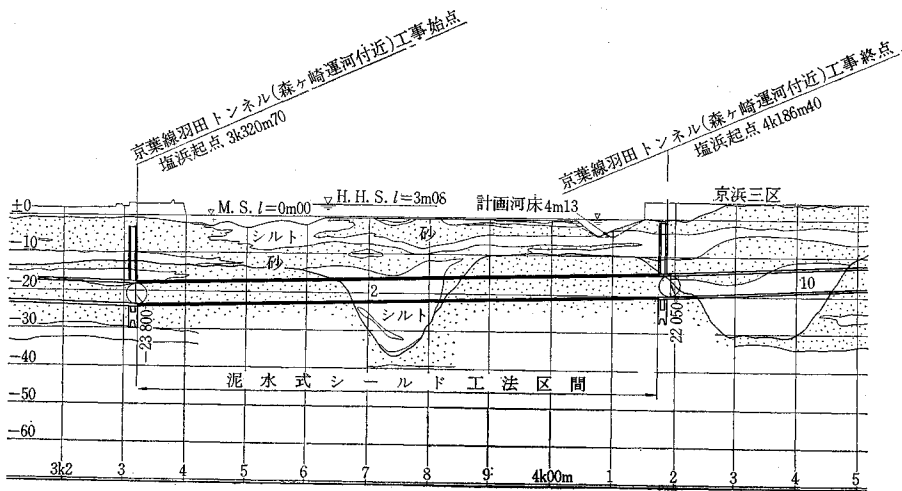
この区間の線路は、本誌第 54 巻第 11 号（多摩川沈埋トンネル工事）でも紹介したところであるが、図—1 のように塩浜駅の構内から、ただちに羽田トンネル（延長 5.980 km）に入り、多摩川河底をくぐり、東京国際空港の西端部、森ヶ崎運河の海底下、京浜 3 区埋立地、京浜運河底をトンネルで通過し、大井埠頭埋立地において地上に出て大井貨物駅を形成し、同埋立地の北端から再び地下に入り（台場トンネル）、品川運河底を横断し、品川埠頭内で右折して、東京港航路の海底下を横断するという水底トンネルを主体とする、きわめて特異な設計となっている。

この羽田トンネルの設計につき慎重に検討した結果、図—1 の下段に示すように、多摩川、京浜運河横断部は沈埋工法、空港内および京浜 3 区埋立地内は普通の圧気式手掘りシールド工法によることとし、森ヶ崎運河横断部については、特殊な泥水加圧式シールド工法を採用することになった。

森ヶ崎運河横断部は、図—2 のように、水底下部分約 700 m、京浜 3 区埋立地南部立坑と空港北部立坑との距離は約 865 m である。トンネルは、図—3 のように外径 7.1 m の単線円形断面の並列で、上下線中心間隔は約 15 m である。地質状態は図—2 のように、中央部に



図一 京葉線・塩浜—大井埠頭間線路図



図二 羽田トンネル森ヶ崎運河部分線路縦断面図

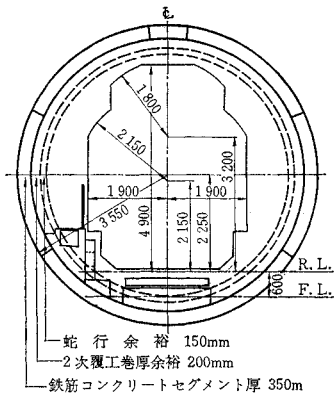


図-3 トンネル断面図

いて洪積層の谷が深く入っており、トンネルはこの部分では谷渡り状に沖積層中を抜けることになる。洪積層はよく締った砂質土で N 値 30~50 以上を示すが、沖積層は N 値 0~5 のやわらかいシルト層である。

水面は京浜 3 区寄りに深さ約 3m の舟航水路があるが、他は一般に浅く、東京国際空港 A 滑走路の正面にあたっており、航空制限を受けて水面上の許容作業空頭は、きわめてきびしい。

シールドトンネルは、京浜 3 区内の東京都下水処理場予定地内に立坑を下して、ここから空港へ向け掘進することになるが、上記のような条件下のシールド工法につき、安全性と経済性の両面から慎重に検討した結果、切羽面を完全に閉そくした無圧気の泥水加圧シールド工法を採用することにしたものである。

3. シールド工法の一般的考察と泥水加圧式シールド

泥水加圧式シールドは、普通のシールドが切羽面に対してオープンになっているのに対して、機械化シールドを隔壁で閉そくし、隔壁の前面を泥水で満たし、カッターで掘削した土砂を攪拌装置にかけ泥水を循環させ、パイプにより排出するシールドである。別パイプにより補給する泥水により、切羽面の泥水圧を自然水圧よりも大として切羽面の安定をはかるものである。普通の圧気式のシールドでは、圧気によって湧水を押えて軟弱な切羽の安定をはかるが、泥水加圧シールドでは、自然水圧にまさる泥水圧により切羽の安定をはかるわけで、場所打ち杭、地中壁などの施工に際して、掘削鉛直壁面の崩壊を地下水圧にまさるベントナイト液圧により防ぐのと同様である。したがって、泥水加圧式シールドは、ちょうどリパースサーキュレーションドリルを横向きにしたものと考えてよい。

シールドは、軟弱な地質中のトンネル掘進に対して、

作業員を保護しトンネル断面を確保するため、切羽面に貫入、推進する強固なる楯と考えられるものであるが、湧水の処理なしで単に強固な楯としてのシールドのみでは掘進はきわめて困難であり、圧縮空気によってこの湧水を排除することにより、シールド工法は大いに伸展したことは歴史的事実が示すとおりで、シールド工法と圧気は切り離すことのできないくされ縁となっているといっても過言ではない。もちろん、場合によっては、湧水のきわめて少ない場合は、無圧気のままシールドを推進することもあり、またディープウェルなどにより、あらかじめ軟弱地盤の地下水低下をはかってからシールドを能率的に推進させることもあるが、地下水面の低下により、地盤沈下などの公害を起こすこともあり、これらのことは状況が許される特殊な場合に限られる。

この切り離すことのできない圧気併用のため、従来のシールド工法には避けることのできない次のような本質的問題点がある。すなわち、空気圧によって湧水を押えることは、ニューマチックケーソンの掘削沈下のように掘削面が水平である場合と、シールド切羽面のように上下の立体的な場合とはまったく問題が異なり、前者の場合は水圧に対して空気圧がバランスすることはありうるが、後者の場合はバランスすることはあり得ず、上部では空気圧が強過ぎ、下部では不足して空気の漏洩は避けることはできない。すなわち、漏洩しながら空気の補給によりある種のバランスが保たれていると考えられる。

この空気の漏洩が、地質的にもまたトンネルの土かぶりからも致命的欠陥を生じなければ問題は少ないが、異常に激しくなってくると危険で、シールド工事にとってもっとも恐ろしいのは爆発的に漏洩する、いわゆる噴発である。過去多くの水底シールドトンネルにおいて、この噴発事故による貴重な人命とともに大きな工事被害を受けている。

圧気のなかで人間の労働しうる限界は 3.5 気圧ぐらいまでであり、また浅いシールドは上述の空気の漏洩、噴発に対して危険であり、通常土かぶりとしてはトンネル断面の 1~1.5 倍はとる必要があるように、シールド使用には、おのずから深さに上下の制限範囲がある。また、圧気のなかで労働することは、きわめて不健康的なことであり、圧気が高いほど作業時間は短く、極端に不経済となる。圧気による止水は上記のような根本的な問題があるうえに、地質状態に大いに支配され、ゆるい細砂層などでは、きわめて困難である。

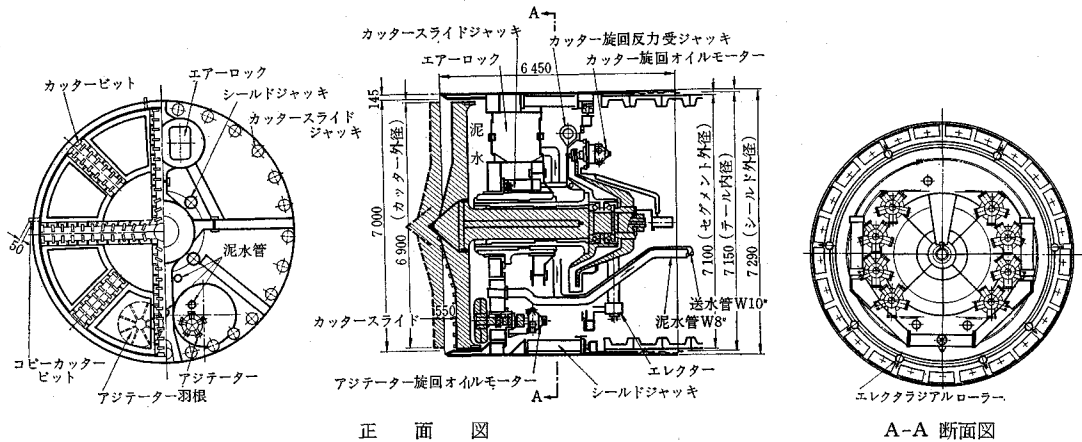
以上、主としてシールド工法の圧気に関係した問題を述べた。圧気とともに進歩・発達してきたシールド工法ではあるが、現在この圧気との絶縁こそ、シールド工法の最大の問題点の一つであると筆者は考える。

このためには、シールドを機械化掘削とし、切羽面を

隔壁でクローズし、作業員は隔壁後方で無圧気下でずり出し、セグメントの組立てその他の作業をする形式（閉そく式）をとる必要がある。限定圧気式シールドもこの形式のシールドであるが、切羽面に対して圧気を使用するわけで、本質的には普通の圧気式シールドと変わりはない。また、軟弱な粘土、シルト質地盤において、隔壁に窓をあけておき、シールドの圧入により、この窓から地山をねん出させて前進する、いわゆるブラインド式シールドは、もちろんこの形式には属さない。

泥水加压シールドでは、泥水圧を地山の自然水圧におおむね並行して対抗しうるわけで、圧気式シールドでは大断面になればなるほど上下端の空気圧と湧水圧の差が激しくなり、止水ならびに切羽の安定が苦しくなるのに比較し、泥水圧では断面が大きくなっても、比較的均等に切羽を押えうる点が大いに異なっている。

この点が、圧気式シールドが小断面のものから一歩一歩大断面に発展してきた歴史に対して、泥水加压式シールドが、すでに実施されている小断面のものから、いっ



| 名 称 | | 仕 様 | | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|---|--|--------------------------------------|--|------|--|
| シールド本体 | 外 径 | 7 290 | テール内径 | 7 150 | リングガーター部板厚 | 40 | |
| | 全 長 | 6 450 | テール板厚 | 70 | フード部板厚 | 40×2 | |
| シールド関係 | シールドジャッキ | 推力, ストローク圧力 | 160 t×1050 S×370 kg/cm ² ×27 本 | | | | |
| シールドパワーユニット | 電 動 機 | 18.5 kW×4 P×3 台 | | | | | |
| | 油 圧 ポンプ | FG 30 ²⁰ / ₂₀ , 26 l/min×370 kg/cm ² ×3 台 | | | | | |
| カッター | 外 径 | 6 900 | | | | | |
| | 回 転 数 | 0.86 rpm | 0 kg/cm ² | 0.52 r ₁ | h ₁ H 210 kg/cm ² | | |
| | トルク | 177 t-m (油圧 140 kg/cm ²) | | 262 t-m (油圧 210 kg/cm ²) | | | |
| | 電 動 機 | 55 kW×6 P×4 台 | | | | | |
| カッターパワーユニット | 油 圧 ポンプ | 2 VS 2~200 l/min (油圧 140 kg/cm ²), 0~126 l/min (油圧 210 kg/cm ²)×4 台 | | | | | |
| | 油 圧 ポンプ | 400 kg-m×48 rpm (油圧 140 kg/cm ²), 590 kg-m×315 rpm (油圧 210 kg/cm ²)×8 台 | | | | | |
| シールド関係 | カッター スライドジャッキ | 130 t×550 S×350 kg/cm ² ×4 本 | | | | | |
| | | パワーユニット | 電 動 機 | 55 kW×4 P×1 台 | | | |
| | 反力受ジャッキ | 80 t×550 S×350 kg/cm ² ×2 本 | | | | | |
| | | パワーユニット | 電 動 機 | 5.5 kW×4 P×1 台 | | | |
| コピーカッター ジャッキ | 7 t×280 S×220 kg/cm ² ×4 本 | | | | | | |
| | パワーユニット | 電 動 機 | 5.5 kW×4 P×1 台 | | | | |
| アジテーター | 外 径 | 1 200 | | 回 転 数 | 54 rpm (油圧 140 kg/cm ²), 33 rpm (油圧 210 kg/cm ²) | | |
| | | 油 圧 ポンプ | FG 6 ⁴ / ₁₂ , 7.5 l/min (油圧 350 kg/cm ²)×1 台 | | | | |
| エレクター | 伸縮ジャッキ | 吊 上 力 | 8.5 t | 押 付 力 | 13 t | | |
| 電 動 機 | 電 源 | A.C. 200 V 50 ~ | | | | | |

図-4 シールド設計図

きよに今回の大断面（直径7m以上）に飛躍・拡大し得た最大の理由といえる。

4. 羽田トンネル・大型泥水加圧式シールド工法の設計

(1) シールド

本工事に使用した泥水加圧式シールドの設計ならびに諸元は図-4のとおりで、設計上とくに考慮を払った点は次のごとくである。

a) 図-2 でわかるように、本トンネルは中央部で洪積層の谷間の洪積層を抜け、シールド機としては極端な硬軟2種の地山を掘進する必要があり、洪積層中ではカッターを前方に押し出し、さらにコピーカッターを出して、刃先部の先掘りができるようにし、沖積層中ではカッターを引き込んでシールド刃先を貫入させ、内部に入る土砂だけを掘り取るように、カッターを前後に55cmしゅう動できるようにした。

b) テール部におけるセグメントとの間からの泥水浸入防止としては、図-5のように、ネオプレンゴムのL型シールによるが、これの損傷取換えに対して、内部に加圧して膨張させ、セグメントを外側から締め付けて完全に止水するU型シール(テール鋼板厚に内蔵)による二重装備とした。L型シールの取り換えはU型シールを使用し、セグメントを取りはずして行なうよう考えた。

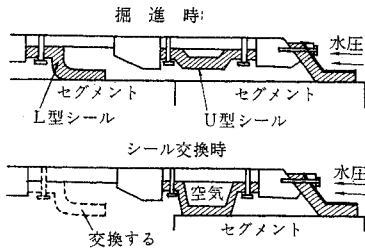


図-5 シールドテールのシール構造

これらのシールについて、大型の実験テストを行なった結果、L型は約 2 kg/cm^2 、U型は約 4 kg/cm^2 の水圧に耐え、おおむね良好な成績を得て、本工事に対しての自信を得た。

c) カッター、隔壁、テール部の防水構造などの構造上、どうしてもシールド機全長が長くなりやすく、操縦困難をきたす恐れがあるので極力その短縮をはかった。

d) 機構的にカッターの駆動を隔壁後方で行なうためセンターシャフト方式となり、巨大なシャフトとなるとともに、これが強い泥水圧が作用するので、回転、しゅう動に対する軸受け機構には泥水圧に打ち勝つ油圧を作

用させて、泥水の浸入による摩耗のないよう考慮した。また、カッターは正逆回転可能として、シールドの傾斜回転に対処した。

e) 泥土の排送に対しては、強力なアジテーターを設けるとともに、排出パイプの取付けを数カ所に設けて、最適な泥水の土砂含有状況を選べるよう考慮した。また送水パイプと泥水パイプとの間にバイパスパイプとバルブを配置して、パイプの閉そく事故に対して逆噴その他補修の影響を局所にとどめるようにした。

切羽泥水圧のコントロール(切羽自然水圧より 0.2 kg/cm^2 程度大とする)は、送水パイプの給水ポンプの速度によるが、圧力変化に敏感に自動的に応じうよう考慮した。

f) シールド機の前進に伴って、送水、排泥パイプは伸びてゆき、とくに排泥パイプの伸びにしたがって、その抵抗も変わってゆくので、シールド機と一定の間隔を保って移動する中間タンクを設けて、いったんこれに泥水を開放し、改めてこの中間タンクより泥水を排送するようにした。

g) 異常の場合には、隔壁前方の泥水を圧気により排除して、点検できるように出入用ロックを設けた。

写真-1は、坑内において作業中のシールドで、8個の回転駆動オイルモーター、エレクトアー、送排泥パイプが見える。

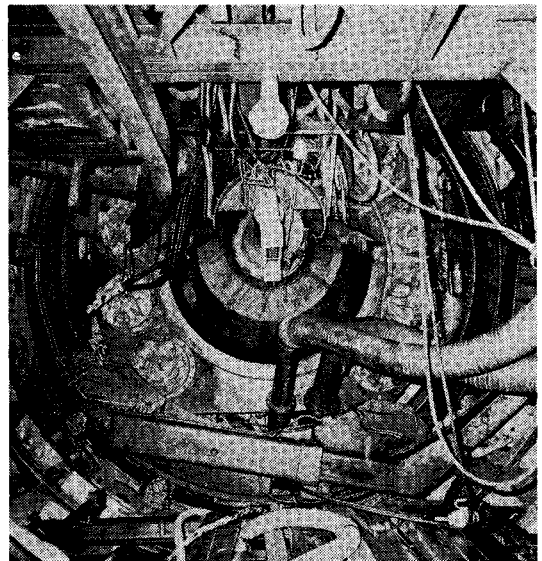


写真-1 坑内作業中のシールド

(2) 坑外設備

普通シールド工法と違って泥水シールド工法においては、坑外に排出されてくる泥水から掘削土砂を分離して運搬することが必要となってくる。

本工事の場合、各種の分離方式、装置につき検討、実

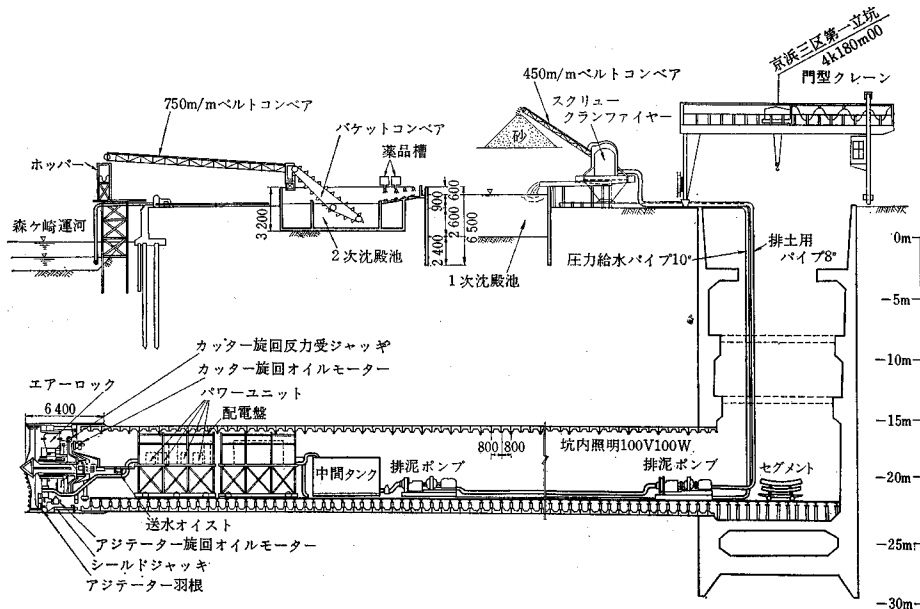


図-6 泥水加压シールド工法設備一般図

験したが、処理量が多量であること、比較的分離の容易な洪積層の砂質土が全体の約 70% を占めていること、また立坑の位置が埋立地(下水処理場予定地)で、東京都の協力もあって、工事中は一応広い面積が使用し得て恵まれていることなどを考慮して、結極方式としては、もっとも簡単な自然沈殿と薬品沈殿を主力とすることとなった。

設計としては、図-6 ならびに図-7 のように、坑内からパイプで排送されてくる泥水を、まずクラッシュファイヤーにかけ、できるだけ土砂を取り除いて1次沈殿池に入れ自然沈殿をさせ、これをオーバーフローする泥

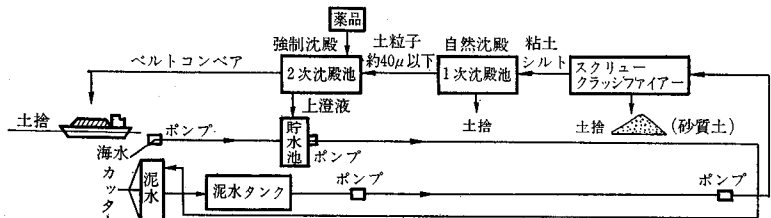
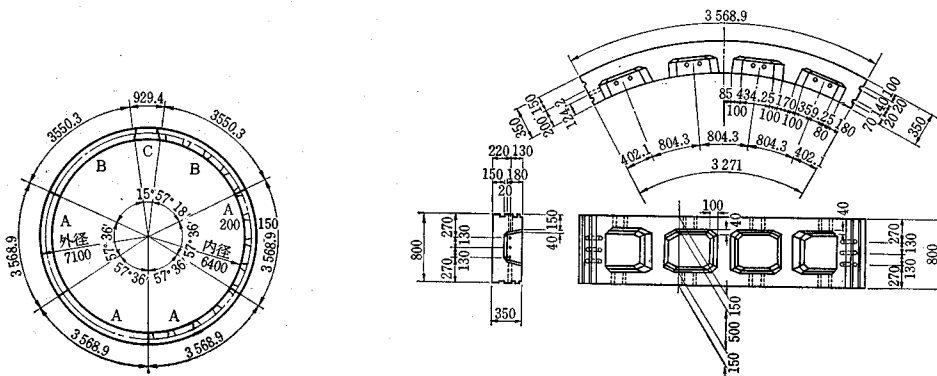


図-7 泥水処理系統図

水に薬品添加して2次沈殿池内に薬品沈殿させる。

クラッシュファイヤーからはただちにベルコンにより1次沈殿池(2区画あって交互に使用)からはクラッシュファイヤーにより排土し、2次沈殿池からは特殊な網目のバケットコンベアにより薬品沈殿したシルト質のフロックを排出するようにした。2次沈殿池のうわ水は、再びシ-



(1) 鉄筋コンクリートセグメント配置

(2) A型セグメント

図-8 セグメント設計図

ルドへ送水されるが、不足量は海から補給する。

(3) セグメント

セグメントは図-8のように中ご式の鉄筋コンクリート製の7ピース、幅800mmとした。水底下トンネルであるので防水性にはとくに留意し、図のようにセグメント側部には深い溝を設けて2条のゴムシールを用いた。

トンネル断面にはシールドの蛇行余裕として150mm、2次覆工巻厚余裕として200mmが見込まれている。

5. 施 工

本工事は当初より泥水加圧式シールド工法を設計、示方して発注したもので、請負会社は西松建設(株)である。昭和44年3月に着工、シールド製作、立坑沈下その他諸般の準備工事を進め、シールドは昭和45年6月10日、8月16日におのおの立坑を発進して46年2月末現在、2回にわたるむずかしい地質の変化点も無事通過して、上下線の掘進合計はすでに1550mに達している。写真-2は無気圧で掘進が続く坑内の状況である。

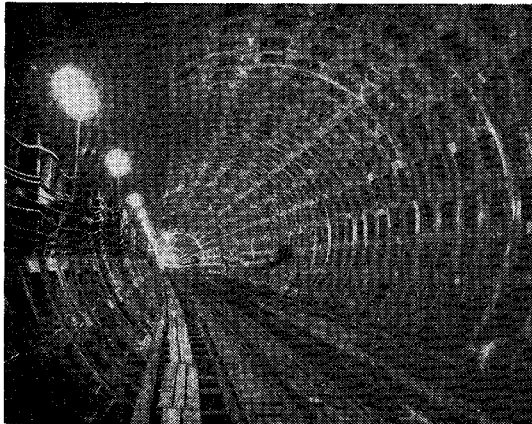


写真-2 無気圧掘進がつづく坑内

(1) シールドの立坑からの発進

泥水加圧式シールドの立坑からの発進には、普通の圧気式シールドとは違った方法をとる必要がある。

立坑に蓋をして圧気により手掘りで壁を破り、機械掘りシールドとして発進(この場合はアジテーターをはずしてここから土砂を排出する)して適当な距離を掘進してから、本来の泥水加圧式シールドとする方法も考えられるが、本工事においては検討の結果、立坑圧気を使用して図-9に示すように、立坑壁とシールド機との間に前述のL型シールと同じ原理のネオプレンゴムのシールを用いて、立坑からただちに泥水加圧方法によりシールドを発進させた。

ニューマチックケーソン工法により沈下した立坑の外

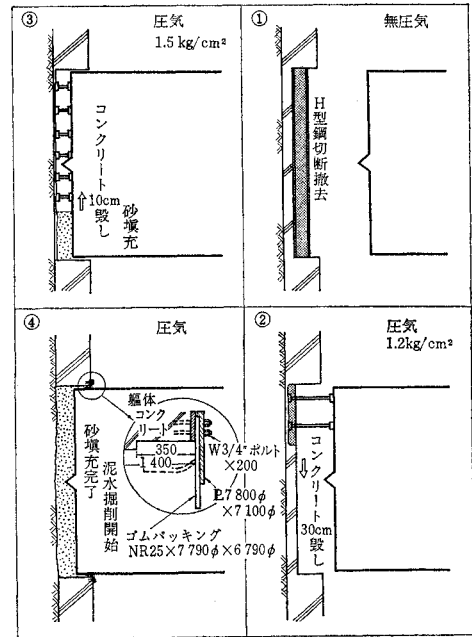


図-9 シールドの立坑からの発進要領

壁面付近の地山はゆるんでいるので、シールド発進に先立ち、発進側の前面を薬液注入により十分に固めた。

(2) シールド掘進とセグメントの組立て

シールドの掘進は、まず水を送水パイプ、掘削チャンバー、排送パイプと循環させ、アジテーターを回転させて各部の状態を点検のうえ、徐々にカッターを回してシールドを前進させる。

泥水圧を確保するのは、送水ポンプの速度による。送水ポンプは速度が可変になっており、設定圧力に対して排泥パイプの抵抗などが変わっても自動的にコントロールされる。

排泥パイプを流れる泥水の土砂含有率のコントロールは、シールドの掘削前進速度による。完全なブラインド掘削となる本工法においては、掘削状況の判断は、排泥

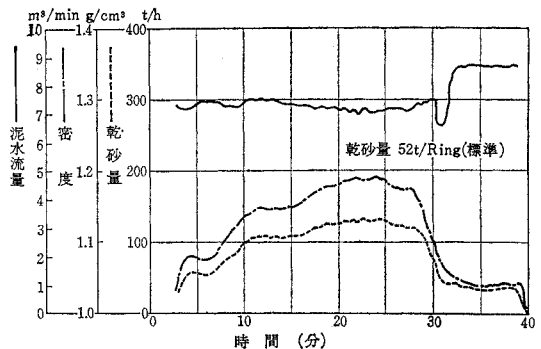


図-10 γ 線密度計および電磁流量計による泥水乾砂量測定記録表

パイプの土砂含有率および沈殿池における排出物の肉眼観察によるほかない。本工事においては、排泥パイプにr線密度計を装着し、刻々の流量に対する七砂含有率、換算土砂量を連続観測できるようにして、これによりシールド推進をコントロールして好成績を収めている。1掘進の自記記録の一例を示すと図-10のようである。

泥水の土砂含有率は15%程度におさえることが適当と考えられるが、塊状物については直径10cmぐらいの塊状固結物が排出されており、排泥パイプは200mmであるが、パイプ径の1/3程度のものは十分排出可能と考えてよいようである。

1日の最高掘進は22リング(17.60mシールドの掘進速度としては記録的なものとする)を記録しているが、1日8リングの作業サイクルを例示すると、図-11のようである。掘削は短時間であるが、セグメントの組立に時間を要してこれに支配されている。

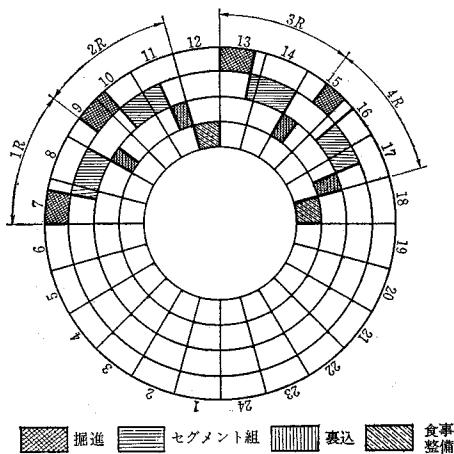


図-11 8リング(6.4m)サイクルタイム表

泥水加圧式シールドの特色として、シールド隔壁には強い泥水圧が作用して常に押されているので、1掘進後セグメント組立のため推進ジャッキを全部いっせいに収縮するとシールドは後退する。したがって、組立に必要な箇所だけの推進ジャッキを収縮し、セグメントそう入後ただちにジャッキをあてがって抵抗する必要がある。また、シールド機の構造が中央部において、カッター駆動装置が大きく空間を占有してエレクターの行動範囲を制限しているため、セグメントの組立作業は普通シールドよりやや困難で時間を要している。

(3) 泥水処理

1次沈殿池をオーバーフローするシルト分の泥水に対して、写真-3のようなパイプにより凝集剤溶液を散布して混合すると、シルトはただちにフロックとなって2次沈殿池に沈殿する。

凝集剤はアコフロック305と称するアニオン系のきわ

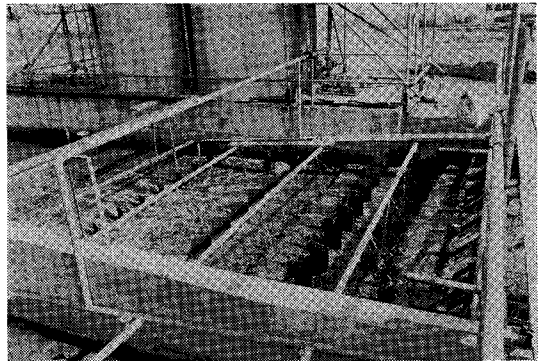


写真-3 凝集剤溶液の散布状況

表-1 薬品添加量

| 泥水濃度 (重量%) | 薬品添加量 (ppm) | 泥水濃度 (重量%) | 薬品添加量 (ppm) |
|---------------|----------------|---------------|----------------|
| 5 | 11 | 12 | 60 |
| 6 | 14 | 15 | 83 |
| 10 | 45 | 20 | 120 |

めて分子量の高いポリアクリルアミドで白色の粉末である。泥水の濃度によって、凝集剤溶液の添加割合を実験により表-1のように定めた。

2次沈殿池からのフロックの採取方法については、各種の方法を検討、実験の結果、30メッシュの網目のバケツで少量ずつすくい上げることが、もっとも経済的にフロックの体積を濃縮しうることが判明したので、特殊に設計した金網のバケツコンベアの使用となったものである。かくして採取されたフロックの体積は地山体積の約230%程度である。

クラッシュファイヤーおよび1次沈殿池からの土砂はダンプトラックにより運搬土捨し、薬品沈殿のフロックはベルコンにより直接土運船に積載し、東京都指定の土捨場に海上投棄した。しかし、いずれも含水率のきわめ

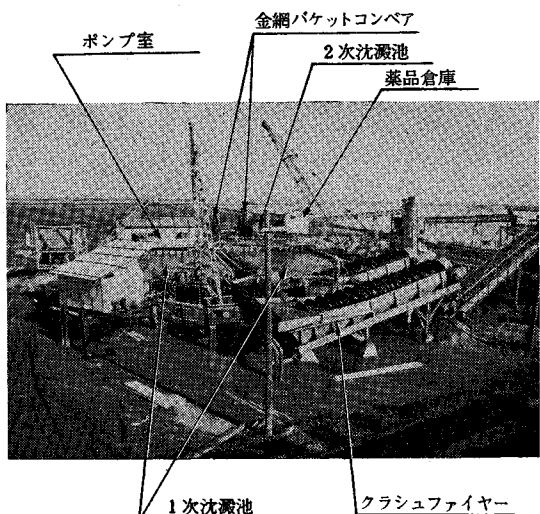


写真-4 泥水処理設備全景

て高い泥土の運搬であり、作業は決して容易なものではなく、本工事施工上の大きな難問題である。

写真—4 は坑外の泥水処理設備の全景である。

6. 問題点, その他

以上が羽田トンネルにおける泥水加圧シールド工事の設計・施工の概要であるが、まだ完工を見ない中間段階での報告であり、すべての問題が出つくしたとはいえないが、現時点で本工法の問題点ならびに将来に対する課題などを述べると次のようである。

(1) 当初もっとも心配したシールドテールからの泥水浸入の防止は、ネオプレンゴムによる L 型と U 型のシールにより、完全ではないが実用上十分な目的を達し成功といえる。将来、さらに強水圧下における泥水加圧シールド工法のもっとも致命的問題と考えられるテールの防水についても、ゴムの性能、使用方法などの研究改善により十分可能と考える。

(2) 泥水処理については、初期の予想よりやや状況が悪く困難をきたしているが、本工事については、埋立地という恵まれた条件下で救われている。

コンパクトにして効果的な分離方法、装置の開発を期待しなければ、都市内などにおいて本工法の使用は実際上きわめて困難であり、泥水処理こそ本工法の将来に対する最大の問題点である。

(3) 泥水加圧の圧力コントロールについては、ポンプによる自動制動で十分可能と考えられるが、問題は切羽の自然水圧の測定方法である。

本工事では、シールド隔壁に水圧計を取り付けて測定しているが、トンネル内へはテールその他から相当の漏水があるわけで、この水圧計に示される値は、漏水により損失した水頭が出ることになり、この方法では実際には、本当の切羽の自然水圧を知ることは困難である。本工事においては、海水面からの全水頭と考えるのが妥当であり、この水頭にプラス α した泥水圧を掛けるようにした。このプラス α の“ α ”は、本工事では場所打ち地中壁施工におけるベントナイト液圧などから類推して $+0.2\text{g/cm}^2$ 程度をとるようにしているが、地質その他の条件に応じて、どの程度が適当であるかはむずかしい問題である。

本工事に先立ち、泥水圧によるシールド切羽面の安定その他の問題点解明の糸口を得るため、写真—5, 6 に示すような実験を行なった。本実験は継続中であり詳細な報告はできないが、現在までにわかった主要な点を述べると次のようである。

(a) 水で完全に飽和した細砂層（実験には標準砂を用いた）においては、圧気によっては切羽の安定、



写真—5 実験設備全景



写真—6 切羽崩壊状況

排水をはかることは不能である（実際のシールド工事においても水圧を有するゆるい細砂層の掘進は、きわめて困難である）。

(b) また、これをまったくの清水による水圧のみで安定させることも不能である。

(c) ベントナイト液によれば、かかる細砂層でも安定をはかりうるが、切羽面の自然水圧に対するベントナイト液圧の範囲は、本実験によれば、おおよそ $0.95\sim 1.2$ の範囲である。

(d) 普通の泥水（本工事現場のシルトの泥水を用

いた)でも、おおむむ同様の結果が得られ、泥水圧がかかっておれば、たとえ泥水の方が沈殿により澄んできても、かなりの時間安定は保たれる。

以上、まだごく初歩的な段階の実験であるが、泥水加圧式シールド工法の本質がうかがえて興味深いと考える。

(4) 圧気式シールドにおいては、テール内において組み立てられたトンネルセグメントは、テールを抜けるとその重量によりシールドの掘削底面に落ちてゆく傾向があるが、泥水加圧シールドにおいては、これが逆に浮力により上端へ浮かび上がってゆくという、まったく違った現象となる。しかし、きわめて軟弱な沖積層においては、シールド通過後、地山はただちにセグメント外面に密着するようで、この場合は土の重量により、また逆に普通の場合のように落ち込む現象となる。また、ただちにトンネルは全水圧を受け、空隙でん充モルタルも水中空隙に施工することとなる。これらの問題に対する新たな考慮と研究が必要と考える。

(5) 泥水加圧式シールド工法は、その性格上、当然地山が水で飽和され、水圧をもっている場合に可能であ

って、まったく水がなければ(かかる場合は、圧気する必要もなくシールド掘進には問題がない)加圧泥水が逸水して不可能となる。

本工事のように全長にわたり水圧下にある場合はよいが、一般的にいえば、水圧が無くなればいつでも単なる機械掘りシールドに簡単に切り換えるようにシールド機の構造を考えることが、将来の泥水加圧式シールドの広範囲な使用のためには必要と考えられる。

7. おわりに

本工事は昭和46年8月完工予定である。したがって、本報告も大型泥水加圧シールド工法そのものの考察に重点をおいた中間報告と考えていただきたいものであり、詳細な実施記録の報告は別の機会を得たいと考える。

泥水加圧シールド工法は、いろいろな問題を含みながらも、将来の発展はきわめて期待すべきものと確信するので、諸賢のご批判を得ることができれば幸甚である。

(1970.11.20 受付)

土木学会新潟地震震害調査委員会編

昭和39年新潟地震震害調査報告

A5
904 10 000 円 (〒 250)

全体を15編に分け、詳細に解説、対策についても触れている。残部100部程度、再版は不可能です。

トンネル工学シリーズ **7** 第6回トンネル工学シンポジウム 最新刊

●特別講演●

日本におけるトンネル工事 / 藤井松太郎

●国内編●

わが国における岩石トンネル掘進機の現状と将来 / 三谷 健

わが国の山岳トンネルにおける不良地盤掘削工法 / 島田隆夫

膨張性地山におけるトンネルの施工法 / 足立貞彦

トンネル土圧の時間依存性について / 村山朔郎

わが国における都市トンネルの現状と特異性について / 西嶋国造

東京地下駅における軟弱地盤の大規模開削 / 横山浩雄

軟弱地盤における地下切広げ工法の問題点と施工例 / 遠藤浩三

わが国における沈埋トンネルとその問題点 / 大平拓也

●国外編●

Present Status and Future Prospects of Tunnel Machines in the U.S.A.
J. GEORGE THON

Mountain Tunnel Driving in Bad Rock Formations. VICTOR L. STEVENS, P.E.
Bored Tunnels Through Water Bearing Strata in Urban Condition in
England. THOMAS M. MEGAW

The Method of Widening the Tunnel Through Soft Sand Layers in
Germany. WILFRIED KRABBE

The Present Status and Future Prospects of Immersed Tunnels in the
Netherlands. H. C. WENTINK C. I.

Some Results in Freeway Tunneling by Means of Grouting Technique.
DIEGO VANONI

B5判 252 ページ

定価 1800 円

全
員
特
価 1600 円

(〒 100 円)

申込は代金に送料
を添え、土木学会
へ……。

TUNNEL SYMPOSIUM '70
の発表論文の集録

発売中

●トンネル標準示方書解説

800 円

●シールド工法指針

800 円