

沖積砂礫層地盤での 親子シールド地中分離方法

服部 鋭啓¹・半田 剛²・野本 英晴³・高井 竜太⁴

¹正会員 大林組 浅田シールドJV工事事務所 (〒430-0854 浜松市中区瓜内町1825中部浄化センター内)
E-mail: hattori.toshihiro@obayashi.co.jp

²正会員 大林組 浅田シールドJV工事事務所 (〒430-0854 浜松市中区瓜内町1825中部浄化センター内)
E-mail: handa.tsuyoshi@obayashi.co.jp

³非会員 浜松市上下水道部 (〒430-0906 浜松市中区住吉5丁目13-1)
E-mail: gesuiken@city.hamamatsu.shizuoka.jp

⁴非会員 浜松市上下水道部 (〒430-0906 浜松市中区住吉5丁目13-1)
E-mail: gesuiken@city.hamamatsu.shizuoka.jp

断面寸法が変化する下水道管渠のシールド工事では、大きさの異なる2台のシールドマシンを使用することが一般的であり、断面寸法が変化する地点にシールドを到達、再発進させるための立坑が必要となる。しかし、本工事における変化地点は住宅が密集しており、立坑の設置が困難であった。そこで、立坑を設置することなく断面寸法が変化する管渠を施工するため、地中にて大きさの異なるシールドを分離できる親子シールドを採用した。本報告では、地中部における親子シールドの分離方法について述べる。

Key Words : parent-child TBM, alluvion gravel layer, sliding screw conveyer, gelation materials

1. まえがき

浜松市下水道は、これまで合流式で整備を行い時間雨量45mm(3年確率)の降雨を対象としてきたが、近年では都市化の進展による下水量の増加や集中豪雨の増加に伴い浸水被害が増加傾向にあり、現状では、豪雨が発生して処理能力を超えた場合、やむをえず周辺の馬込川に下水(雨水+汚水)を放流している。このため現在、浜松市は時間雨量60mm(7年確率)の降雨を対象に雨水事業を進めており、今回の整備は、①下水道の処理能力の向上、②分流式下水道の整備による浸水対策、③馬込川の環境改善を目的としている。

当工事は上記の事業の一つとして、約1600mの下水道をシールド工法(泥土圧シールド)にて施工する。その特徴は掘削外径が下流側でφ4680mm(延長L=1012m)、上流側でφ3280mm(延長L=574m)と断面の大きさが異なる管渠である(図-1)。断面の大きさが変わる位置は、交通量が多く、幅6.5mの狭い生活道路直下であり、かつ住宅が密集しているため、立地条件からシールドを到達、再発進させる立坑を設置することが困難であった。

そこで、立坑を設置することなく断面の大きさが異なる

る管渠を施工するため、地中部で分離できる親子シールドを採用した。本稿は親子シールドの分離方法について報告する。

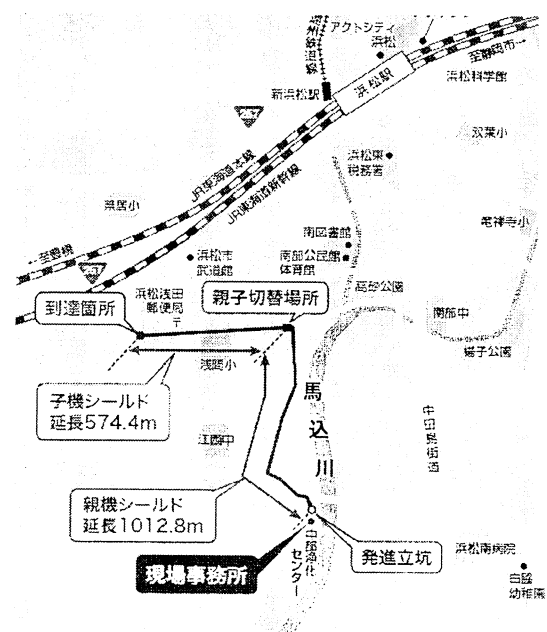


図-1 施工位置

2. 工事概要

工事概要を表-1に示す。

表-1 工事概要

工事名称	平成21年度 都市計画事業 水質保全下水道事業 公共第1号 中部処理区 中央浅田幹線外1線管きよ築造工事 (第1工区)
発注者	浜松市上下水道部
工期	平成22年3月～平成25年1月
工事場所	浜松市中区瓜内町～浅田西
主要工種	シールド工 外径φ4680(親機) L=1012.8m 急曲線(R=15m, R=20m, R=25m) RCセグメント、鋼製セグメント 外径φ3280(子機) L=574.4m RCセグメント、SSPCセグメント

3. 技術的課題

(1) 地盤変状および出水防止

親子分離部(土被り10.0～15.0m)付近の地盤は沖積砂礫層であり、地表面まで沖積砂礫層もしくは沖積砂層が堆積している(図-2)。対象地盤は、粒径0.250～0.825mmが約57%占める細粒分の少ない均一な砂地盤である。一方、

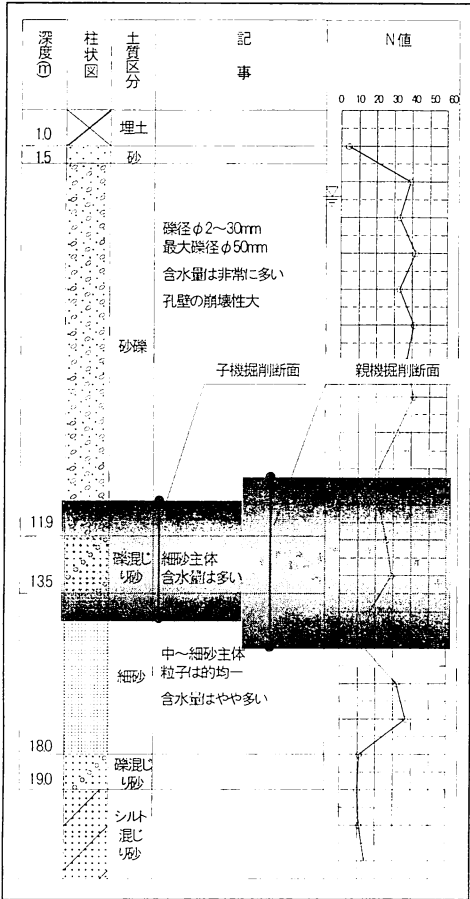


図-2 柱状図

親機シールドを解体し子機シールドを組み立てるためには、親子で兼用するエレクターの撤去設置や子機シールドのスキンプレートの設置に伴い、障害となるスクリーコンベアの撤去設置を行う必要があるが、スクリー切断時に出水が生じると、周辺地盤から砂分も流出し、大きな地盤変状が生じる恐れがある。したがって、地盤変状を抑制するために、チャンバー内の切羽土圧を適切に保持するとともに、チャンバー内からの出水を防止することが重要であった(図-3)。

(2) 子機シールドの掘進精度の確保

親機シールド区間の最終急曲線(R=20m)終点から10m直進した位置が親子分離箇所(図-1)であるため親機シールドの線形精度を確保すること、および親機シールドと子機シールドとのクリアランスが最大4mmと非常に小さいため、いかに子機シールドの直線掘進精度を確保しながら親機シールド内を通過させることが課題であった(写真-1～4)。

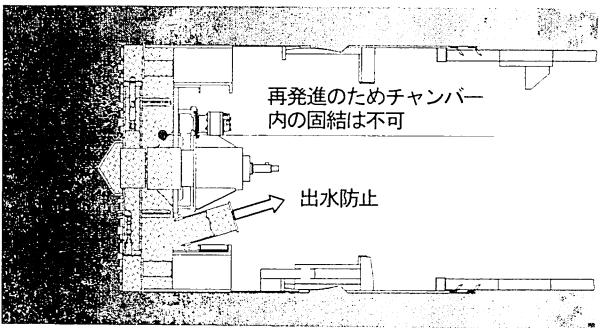


図-3 スクリー切断時

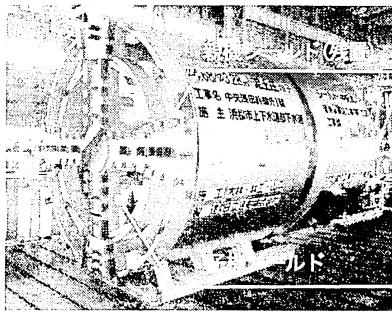


写真-1 シールドマシン全景



写真-2 カッター背面

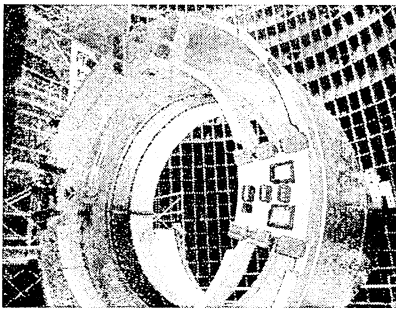


写真-3 シールド(親機残置)

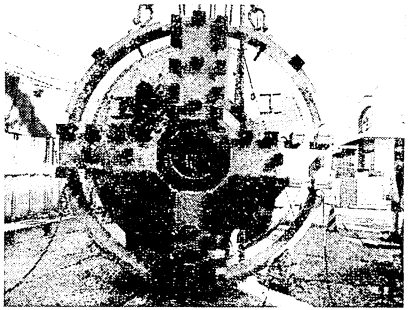


写真-4 シールド(子機)

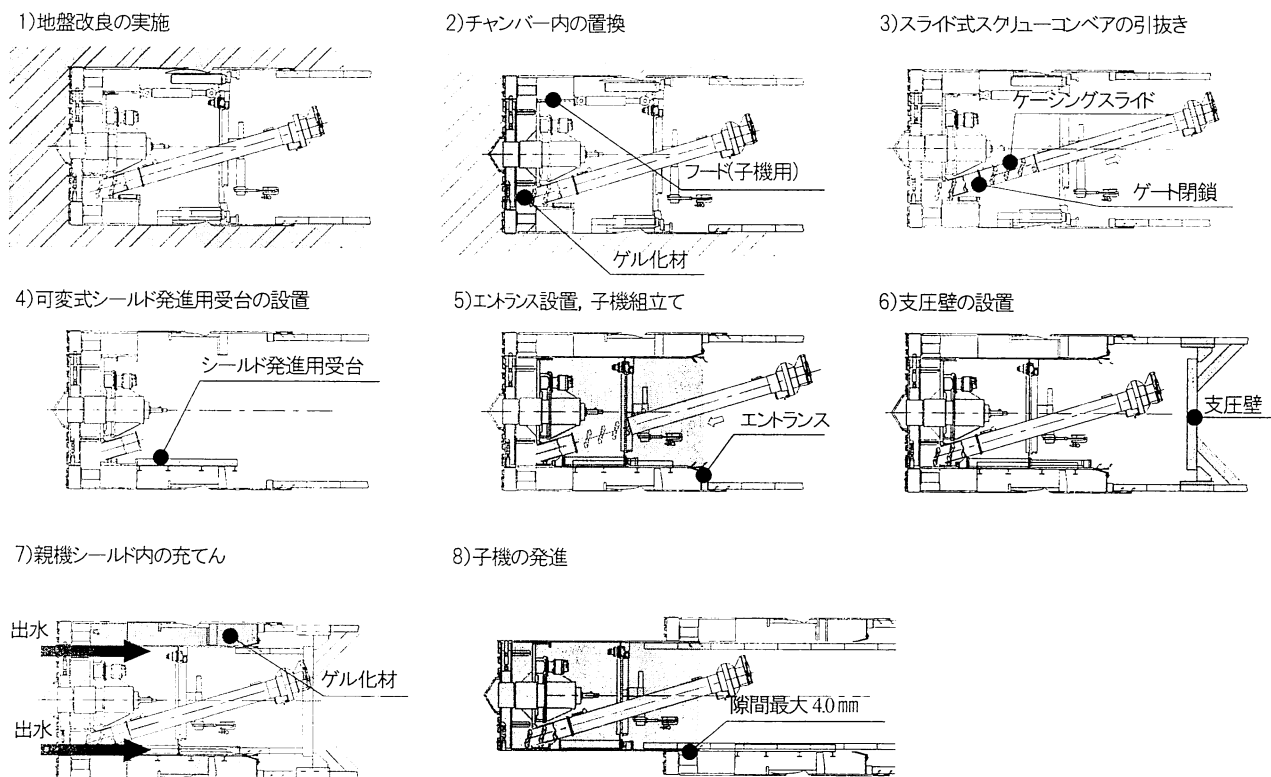


図-4 親子機装手順

4. 解決方法

以下に課題を考慮した親機シールド到達から子機シールド発進までの地中分離方法(親子機装手順)を述べる(図-4)。

(1) 地盤変状および出水防止

手順1) 地盤改良の実施

親機シールドの到達範囲および子機シールドの発進範囲を二重管ストレーナ工法(複相式)にて地盤改良を実施し, 親機シールドへの出水と地盤変状を防止した(図-5)。親機到達部の地盤改良は, カッタービットの摩耗量を目視で確認するため, 親機シールド前面の止水および地山の安定, 背面に対しては, セグメントおよびシールドと地山の間の水みちを塞ぐ目的で行った。また, 子機発進部の地盤改良は, 発進時の切羽の安定を図り, 支圧壁への負担の低減および子機の発進時に子機と親機のクリアランスから親機空隙部へ掘削土が侵入することやそれに伴う地盤変状を防止するために行なった。

手順2) チャンバー内の置換

親子機装工事には子機シールド用フードをチャンバー内に押出す工程(手順5: 子機組立て時)があり, 礫等によりフードの押出しの妨げにならないように最大礫径200mmを含むチャンバー内の掘削土を排出する必要がある。

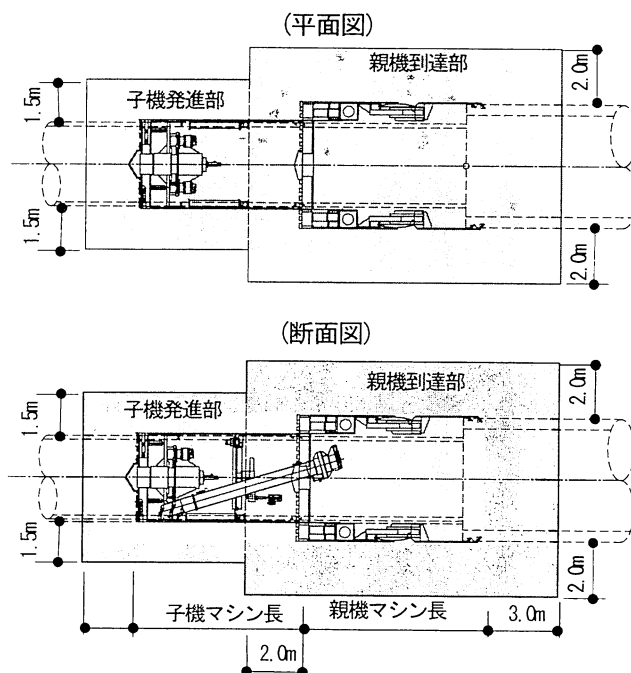


図-5 地盤改良範囲

った。その一方, 再発進までの約2ヶ月間, 切羽土圧を保持する必要がある。切羽保持を行うためチャンバー内を置換する材料には, 現状のシールド設備において使用可能な材料とし, ベントナイトと特殊ゲル化材を混合した充てん材を採用した。充てん材の配合を表-2に示す。充てん材のA液は地上部にある裏込めプラントで作成し, その後掘削に使用する加泥配管を使用しチャンバー内に送泥した。B液は原液の状態で現場に納入し, 裏込めの

表-2 充てん材配合

A液		B液
ヘントナイト	水	ゲル化材
100kg	962L	100L

(1.0m³あたり)

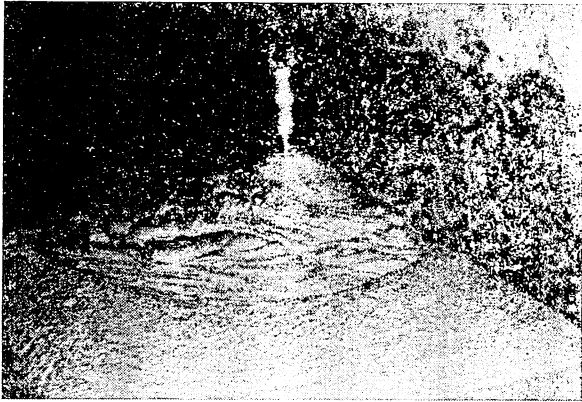


写真-5 充てん材

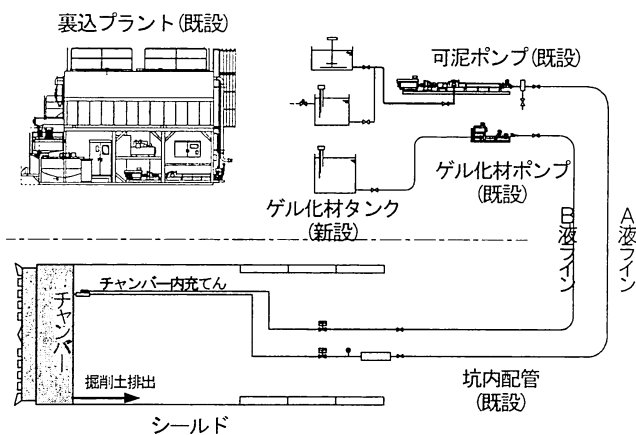


図-6 充てん材注入プラント外略図

配管を使用した。A液とB液をチャンバー直前で混合、ゲル化し、同時にスクリーよりチャンバー内の掘削土を排出しながら注入、充填し、チャンバー内の置換を行った(図-6)。

手順3) スライド式スクリーコンベアの引抜き

子機シールド組立ては、親機のシールドジャッキ、中折れジャッキ、エレクターおよびスクリー等の取り外し、子機シールドのスキンプレート、エレクター、スクリーの設置という手順で行った。エレクターとスクリーは親機シールドから子機シールドに転用した。

子機シールドの組立ての支障となるスクリーコンベアの取外しは、チャンバー内の切羽土圧保持と出水を防止するため、スクリーコンベアのケーシングをスライドすることにより、スクリーをチャンバーから引き抜き、チャンバー側のゲートを閉鎖することで機械的に密閉した状態で行った(図-7)。その結果、チャンバーから出水することなく、スクリーコンベアの取外しを行うことができた。

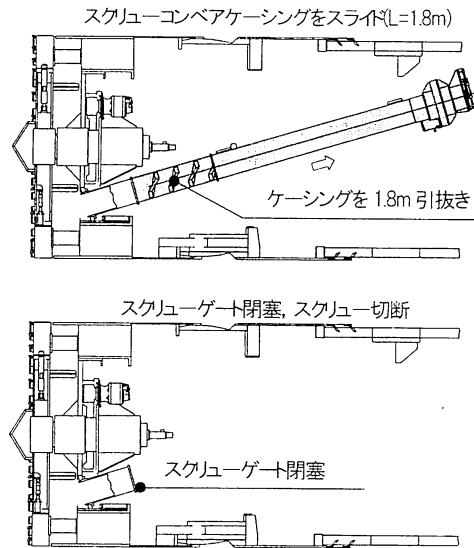


図-7 スクリューコンベア引抜き手順

(2) 子機シールド掘削精度の確保

手順4) 可変式シールド発進用受台の設置

親機シールド内に子機シールドの発進用受台を設置した。子機シールドの組立ておよび掘削精度を確保するため、シールドの位置を容易に調整できる可変式シールド発進用受台(以下、可変式受台)とした。万一、再発進時に子機シールドが親機シールドと接触、干渉した場合、可変式受台を作動させ子機シールドの位置を調整できるよう工夫した。可変式受台は油圧ジャッキで調整できる機構とした。

手順5) エントランス設置、子機組立て

親機シールド内部に子機シールド用のエントランスを設置し、その後子機シールドの組立てを行った。エントランスは親機シールドのスキンプレートに鉄板を介し設置位置A(図-8)に設置した。子機発進直後の親機シールド内へ土砂の流入を考慮した場合、設置位置Bに設置することも考えられたが、エントランスから出水等が発生した場合に対応しやすい同位置に設置した。

このエントランスを設置した後、子機のスキンプレートを設置した。子機は、親機と一体となっている前胴部分(スライドフード部)と中胴、後胴の3つに別れているが、その接続方法については、親機シールドと子機シールドの隙間が最大 60cm と小さく、子機シールドの外側から溶接する作業空間がないため、マシン内側からボルトのみによる締結を行ない、接続部の止水性はシール材で確保した。

スキンプレート運搬は、低床式枕木を採用することによってスキンプレートを円形の状況で発進立坑から親子機装部まで坑内を運搬した。このため、スキンプレートは前胴、中胴、後胴の分割のみで、円周方向の分割がないため、接続作業を削減でき、また真円精度を向上させることができた。

手順6) 支圧壁の設置

子機シールドの支圧壁は、最大 4 800kN(総推力の50%)の推進力に対して変形を抑制でき、設置誤差の少ない構造形式とした。当初、親子機装を行なう親機区間の到達部はRCセグメントで設計されていたが、支圧壁をセグメントに設置するため、支圧壁の反力により発生するセグメントの局部応力や親機シールド解体、子機シールド組立ての施工性を考慮し鋼製セグメントに変更した(図-9、図-10、写真-6)。

手順7) 親機シールド内の充てん

子機発進後、親機シールドマシン内(子機シールド外周部)への土砂流入やそれに伴う地盤変状を防止するため、親機シールドと子機シールドの間にゲル化材を注入して圧力を保持した。ゲル化材は、チャンバー内充てんと同様に現況の設備を利用した。ゲル化材を採用するに

あたり①ゲル化材、②裏込め材、③無対策の3案について検討を行なった。最終的に裏込め材を注入することを考慮すれば「②裏込め材」が最良であるが、裏込め材の固結によるシールドの推力増加に伴う支圧壁の変形が懸念されたため、ゲル化材をいったん注入し、子機を発進した後、子機シールドが親機シールドから抜け出す直前に裏込め材で置換する方法を採用した。なお、ゲル化材はエントランス部の排出口より排出した(図-11、図-12)。

手順8) 子機の発進

子機シールドが親機シールドを完全に通過する7Rまで、シールドが若干前のめりになる傾向にあったものの、懸念されていた推進力の増加による支圧壁の変形や親機との干渉といった不具合の発生はなく、順調に掘進することができた。

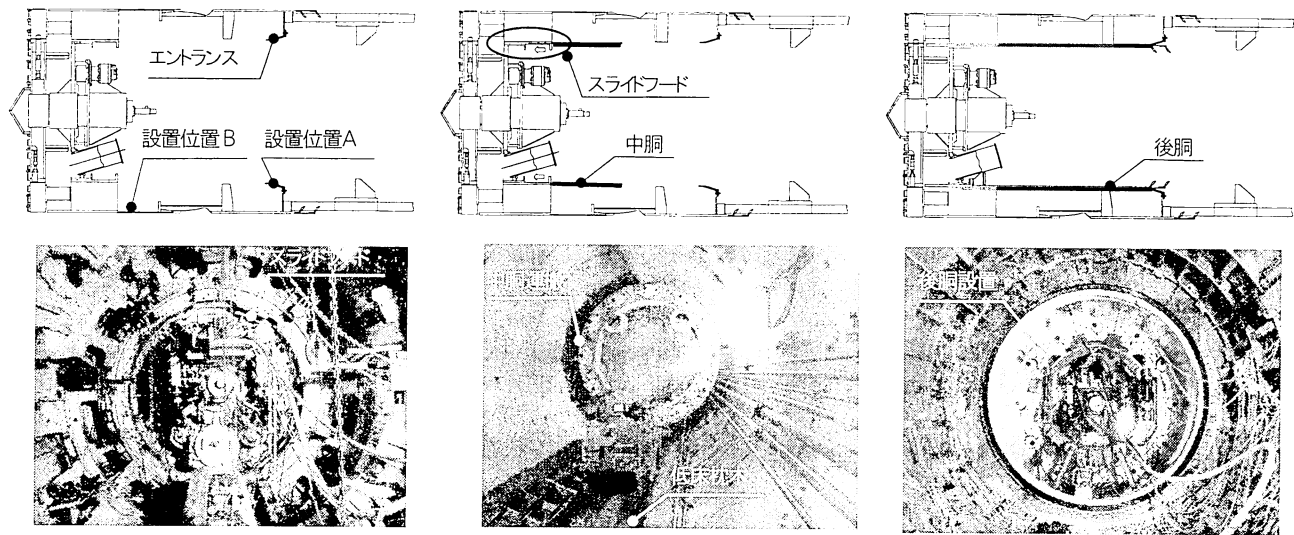


図-8 エントランス設置、子機組立

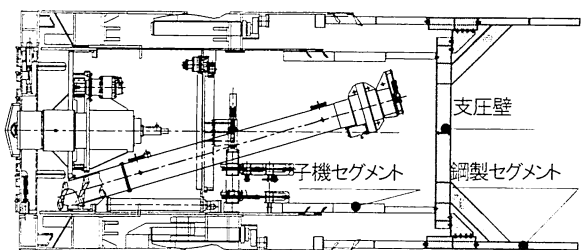


図-9 支圧壁設置状況

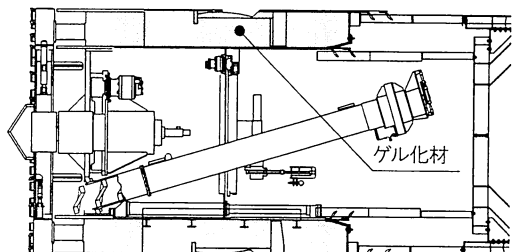


図-11 ゲル化材充てん

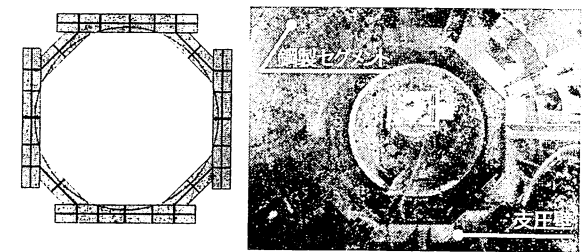


図-10 支圧壁概略図

写真-6 支圧壁設置状況

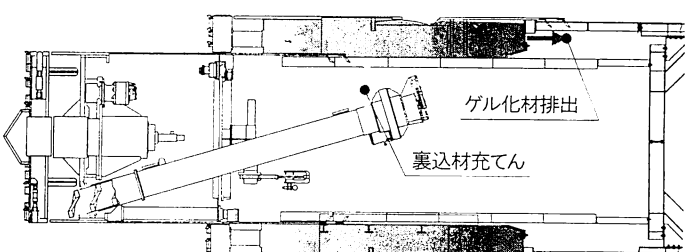


図-12 裏込め材充てん

5. 結果

(1) 地盤変状および出水防止

親子機装箇所における地盤変状は、直上の地表面位置で最大 3mm であり、出水の発生もなく、一連の手順で安全に親子シールドを地中で分離し子機を発進することができた。ただし、それには地盤改良の効果が大きく寄与していると考えられる。今回チャンバー内を大気解放させないために設置したスライド式スクリーコンベアのゲートが砂の噛込みにより完全に閉まりきらず、万一、地盤改良の効果がなければ出水が発生していた可能性があった。今後、確実に密閉できるスライド式スクリーコンベアのゲートを開発し、地盤改良を省略することが今後の課題として挙げられる。

(2) 子機シールドの掘削精度の確保

以下の工夫により、子機シールド発進時の施工精度を確保することができ、かつ過大な推進力が作用することや支圧壁が変形することなく子機を発進させることができた。

- ・「シールドのボルト締結方式」「可変式受台」「スライドフード」の採用による狭隘な作業空間での子機組立ておよび据付制度の確保
- ・「トンネル内支圧壁の設置」「同設置のための鋼製セグメントへの変更」による子機発進時の確実な反力受け構造の配置。

以上より、沖積砂礫層において地中で子機シールドを安全に分離し、発進することができた。

(2012.9.3受付)

Application of Nesting Parent-Child TBM in an Alluvial Gravel Layer

Toshihiro HATTORI, Tsuyoshi HANDA
Hideharu NOMOTO, Ryuta TAKAI

When boring a shield tunnel for sewerage with changing tunnel diameters, the ordinary method is to use two tunnel boring machines (TBMs) with different diameters. This requires a vertical shaft for arrival of a TBM and launch of another one at the point where the tunnel diameters change. In this project, however, it is difficult to construct the vertical shaft because of a lot of existing houses on the ground level at the changing point of the tunnel diameters. Therefore, a Nesting Parent-Child TBM has been applied to bore the tunnel of different tunnel diameters without the vertical shaft with its technology that the Child TBM with smaller diameter can be launched from Parent TBM. This report describes the Nesting Parent-Child TBM applied in the project.