

20. DOT工法と横二連形実証実験工事

(株)大林組： 宮 清
 大成建設(株)：伊野 敏美
 大豊建設(株)：近藤 紀夫

1. はじめに

近年、都市において地下空間の有効利用が要望されており、シールド工法でも、利用する目的に応じた、不要な空間を持たない断面のシールド工法が求められている。これらのニーズを先取りする形で、昭和56年から研究開発されたのが多連形泥土圧シールド（DOT）工法である。このDOT工法の実用化に向けて、外径2.5mの円形泥土圧シールドを2基組合わせた、写真-1に示すDOTシールド機を製作し、実証実験工事を行った。その結果シールド機の特長や姿勢制御などの施工性や地盤変状について多くのデータを得られたので、ここにその概要を報告する。



写真-1 DOTシールド機

2. DOT工法

DOT工法は、複数のスポーク状のカッターを歯車が噛み合う様に同一平面に配置した多連形泥土圧シールド機（DOTシールド機）を用いて、多連形のシールドトンネルを築造する工法である。ここでDOTシールド機のカッターは、互いに逆方向に回転し接触、衝突を起こさない様、同期制御され地山を同一平面に掘削することが可能である。DOT工法の主な特徴は、次の通りである。

- ①占用幅及び地下の占有面積が小さい：円形断面に比べ不要な断面が少ない為、地上及び地下の占有面積が小さく、地下空間の有効利用が可能である。
- ②円形断面の組合せが自由：円形断面を左右もしくは上下に組合わせることが可能であり、設計、計画、周辺条件に応じた最適な断面形状を選択できる。
- ③切羽を同一平面で掘削できる：カッターを同一平面に配置しているため、切羽の安定がよく、掘削に伴うカッターの掘削抵抗が打ち消され、掘進のバランスが良く掘進管理も円形シールドと同様である。
- ④経済性に優れている：不要な断面が少ない為、掘削土量等が少なくなると共に、立坑も浅くできることから従来の円形断面に比べ経済性に優れている。

3. DOT工法実証実験工事

①実験工事概要

実験工事は昭和62年11月から

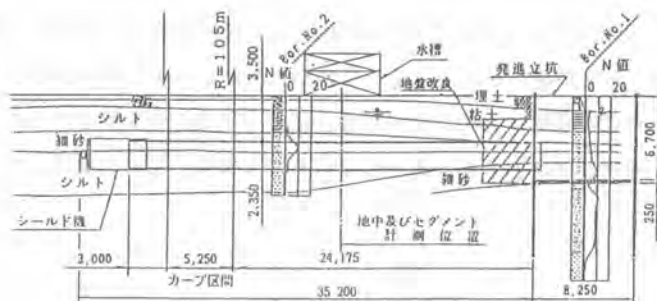


図-1 実験路線図

ら仮設備、立坑に着手し、昭和63年2月～3月に掘進実験を行った。実験路線は図-1に示した通り掘進延長35.2m、土被り3.5mで水平に掘進し、途中でR=105mの曲線施工を行った。掘進部の土質は沖積世藤代層と呼ばれ、細砂、シルトがそれぞれ薄く堆積している。N値はシルトで0～2、細砂で8～10と軟弱であり、含水比は細砂が30%、シルトが58～61%で液性限界(44%)を越えている。

②DOTシールド機及びセグメント

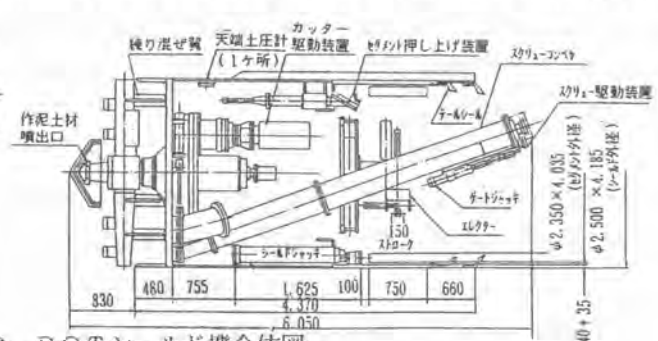
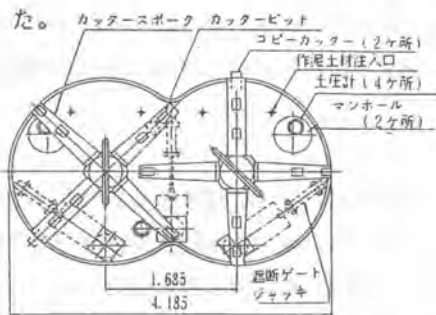
本実験で用いたDOTシールド機の全体図は、図-2に示すもので主な仕様は以下の通りである。

- ・シールド縦径×横径：φ2500mm×4185mm
- ・シールド本体長：4370mm
- ・シールドジャッキ総推力：80tf×12本
- ・カッター駆動方式：電動機駆動
- ・カッタートルク：最大 22tf×2基
- ・カッター回転速度：0～2.8rpm
- ・カッター回転制御方式：インバーター制御
- ・ローリング修正ジャッキ：8本
- ・スクリーコンバア回転速度：0～1.6rpm
- ・セグメント押上げ装置：2基
- ・エレクター形式：リング式×2基

本実験に用いたセグメントは、RCセグメントであり主な仕様は以下の通りである。

- ・セグメント縦径×横径：φ2350mm×4035mm
- ・セグメント幅：750mm
- ・円弧部セグメント厚さ：125mm
- ・セグメント分割数：9分割
- ・中柱部セグメント厚さ：160mm

曲線区間はテーバー量42mmの両テーバーセグメントを用い、テーバー：標準=2：1で使用した。



4. 実験結果

図-2 DOTシールド機全体図

①シールド機の特長及び施工性

1) シールド機の姿勢制御

掘進時の姿勢制御のうち、ピッチング、ヨーイングは従来の円形シールドと同様にジャッキ操作で制御可能であった。ローリングはカッターの回転方向に無関係で且つ殆ど発生しなかった。シールドジャッキのうち、左右の外側に配置した8本のジャッキ(ローリング修正ジャッキ)の後端部を円周方向に移動させ、偏心させることにより強制的にローリングを発生させることが可能であった為、この方法がローリング修正に有効であることが確認できた。(図-3参照)

2) カッターの同期制御

本シールド機のカッターの回転同期制御にインバーター制御方式を採用した。左右のカッターは45°の位相差をもって配置されており、この角度を維持しながら互いに逆方向に回転するもので、

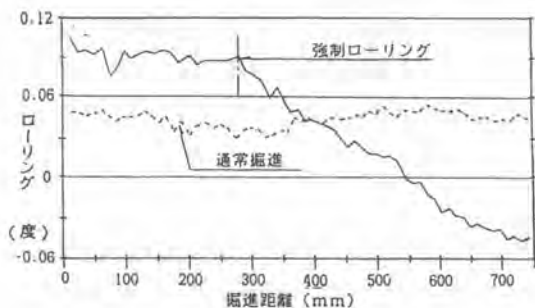


図-3 1リング掘進中のローリング変化図

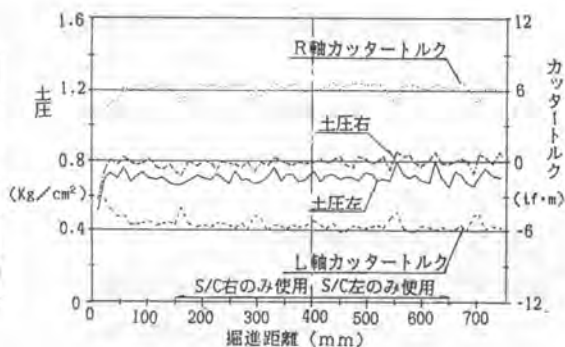


図-4 片S/C時の泥土圧及びカッタートルクの特性

この正規の角度からのズレ角を偏差角度という。そして、この偏差角度は実験工事の全線を通じ最大で0.1度（制御目標3度）であり、同期制御方式の信頼性を確認できた。

3) スクリューコンベアの配置と本数

今回の実験では左右のスクリューコンベアを同時に使用して掘進する場合と、左又は右のみを使用した場合のそれぞれについて、左右の泥土圧及びカッタートルクの変化を比較した。図-4は片側のみ使用した掘進時の左右のカッタートルク及び泥土圧の変化を示すグラフである。このグラフから排土スクリューコンベアの位置を変えても、カッタートルク、泥土圧に変化は見られず、チャンパー内の泥土は均一な塑性流動性を保ち、スムーズな土砂移動が行われていたことが推定される。又、左右2本での掘進時も片側のみ使用した場合と同様な結果が得られた。従って、チャンパー内の泥土が塑性流動化されていれば、スクリューコンベアの配置や本数は切羽安定等に関して無関係であると判断できた。

4) 切羽土圧管理

本シールド機は泥土圧シールド機であり、切羽土圧はシールドジャッキの推進速度とスクリューコンベアの回転速度によって制御される。本実験ではシールドジャッキの推進速度をほぼ一定に保ちスクリューコンベアの回転速度の調節によって切羽泥土圧を制御した。全工程を通じチャンパー内の泥土圧は、 0.7 kg/cm^2 前後でスクリューコンベア速度、ジャッキ速度と共にほぼ一定の安定した掘進状態であり、円形の泥土圧シールドと同様、正確な土圧管理が可能であることが確認できた。

5) セグメントの組立性能

セグメントの組立は、下部のジョイントセグメントを設置し、円弧セグメントを左右のエレクターを用いて同時に行い、上部ジョイントセグメントを設置した後、柱部のパネルセグメントを水平に挿入した。パネルセグメントの組立には、図-2に示すセグメント押上げ装置を使用し、組立済みの円弧セグメントを押上げ、パネルセグメントの組立スペース



写真-2 施工完了全景

を確保することで容易に挿入、組立ができた。テーバーセグメントについても標準セグメントと同様全く問題なく組立ができた。(写真-2は施工完了全景)

6) 曲線施工性

曲線半径R=105m, 曲線長C.L.=5.25mの曲線施工は、シールドジャッキの選択のみで計画通りの線形を施工できた。

7) 同時裏込め注入

DOTシールド機の上下のくびれ部に設けた同時注入管から、二液混合の可塑状固結形の裏込め材を注入した。この結果、上部あるいは下部のヶ所からの注入で、ほぼ均一に注入できることがセグメントに取り付けた土圧計により確認できた。注入率は、150~200%, 注入圧は、二液混合直前のホース先端部で、2.2~2.6kg/cm²であった。

②地盤変状

1) 計測機器, 計測装置

シールド掘進に伴う地盤変状の計測の為、土水圧計、層別沈下計、沈下板、水盛式沈下計等を配置した、計器の配置平面図を図-5に示す。

2) 計測結果

図-6はシールド機先端通過時前-2mから通過後掘進完了時の沈下の変化を表したものである。沈下は地盤が軟弱で土被りが小さいにもかかわらず、最大で12mm程度であり、影響範囲は、シールドに外接する45°の線とほぼ一致している。

5. おわりに

DOT工法の実用化に向けて横型二連形の実証実験工事を行った結果、シールド機の特長や施工性、地盤変状、セグメント等いずれの点においても、従来から行われてきた円形泥土圧シールド工法と大きく変わるところはなく、切羽の安定その他の優れた利点を生かした工法であることが確認できた。今後は、更に、縦型二連形へと発展させるべく新たな実験を行う予定である。最後に、本実証実験工事を行うにあたりご指導、ご協力をいただいた関係各位の皆様へ深く感謝します。

凡 例

× 地中沈下測点(ワイヤー式)	● 地中水平変位測点
⊗ 地中沈下測点(ロッド式)	○ 土中間隙水圧測点
△ 地表面沈下測点(レベル)	□ 地中側方土圧測点
▲ 地表面沈下測点(水盛式)	

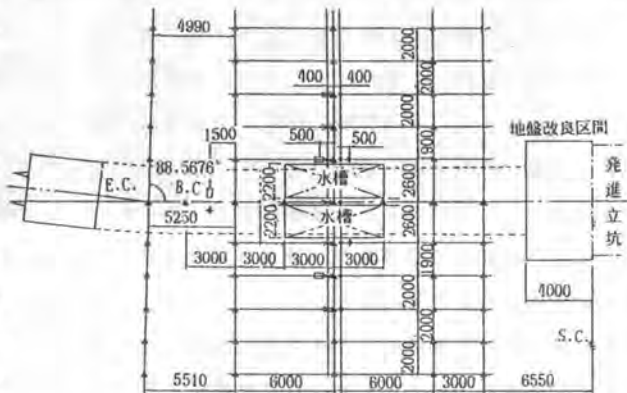


図-5 計器の配置平面図

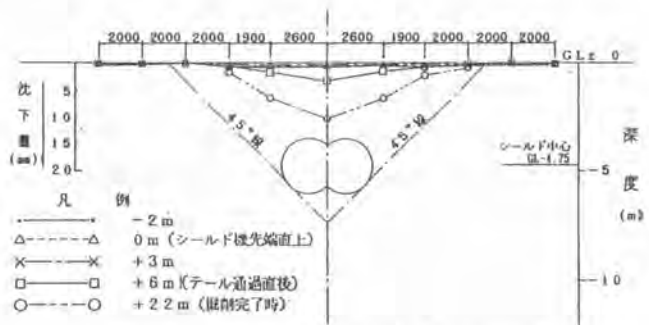


図-6 シールド機の接近・通過に伴う地表面沈下横断分布図