

投稿論文 (和文報告)

**TECHNICAL
REPORT**

シールドトンネルの機械式直接地中 接合法における止水工法の開発

渡辺俊雄*・萩原英樹**・西岳 茂***・
杉山雅彦****

近年、シールドトンネルの立坑用地の確保や立坑施工が困難な場合が増え、トンネルの長距離化のためにも地中接合技術が要望されている。地中接合における課題はシールド機間の隙間からの崩壊や地下水の噴出をいかに防止するかにあり、凍結などで地盤強化して施工しているが、こうした補助工法を使用せず、直接的かつ機械的に接合させる新工法を開発した。

Key Words : *underground docking, water cut-off performance, sealing performance test, the practical work durability test, position confirmation, deformation test of rubber*

1. まえがき

大都市の地下にトンネルを造る技術としてシールド工法は一層重要性を増し、さまざまなニーズに答える工法開発が盛んに行われている。

長距離のトンネルをシールド工法で構築する場合、シールド機の施工可能延長が限定されるため、中間に立坑を何箇所か設け、シールド機を各立坑間で発進・到達させ最終的に全体を連係させることが一般的である。

Fig. 1に1台のシールド機による施工延長の現状を「シールド工法の都市トンネルへの適用性に関する調査報告」¹⁾ から工区延長と工事件数の関係を円グラフに整理してみた。これによると500~1,500mの延長のものが全体の77%を占めており、この辺りが標準的な1台当りの施工延長といえよう。このことは地下鉄の駅間距離、ケーブルの接続箇所などトンネルの機能と符号していることもその理由である。

一方、立坑設置の工事環境は道路交通量の増加や生活環境保全の観点から厳しさを増し、設置が困難になりつつある。また、海底トンネルのように中間に立坑を構築することが不可能な場合、あるいは大深度になって立坑建設コストが莫大になる場合、さらにシールドトンネルの機能としては立坑を必要とせず、長距離化を求められている導水路、パイプラインなどが増加している。これらの点を解決するため、2台のシールド機を直接接合することによって立坑の構築を省略する工法に関心が高まってきた。^{2) 3)} Fig. 2に地中接合法のニーズをまとめている。

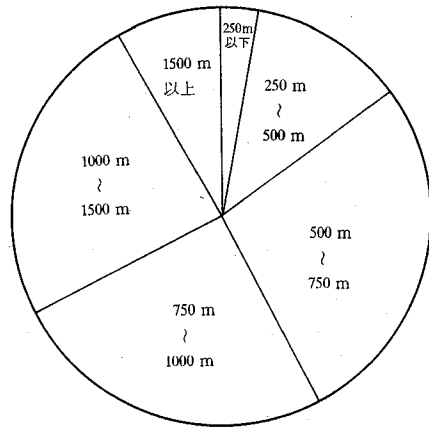


Fig. 1 Overall tunneling distance with shield machine

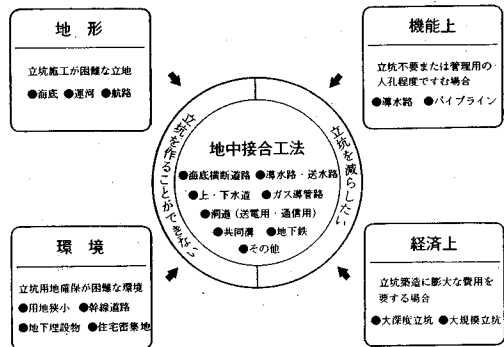
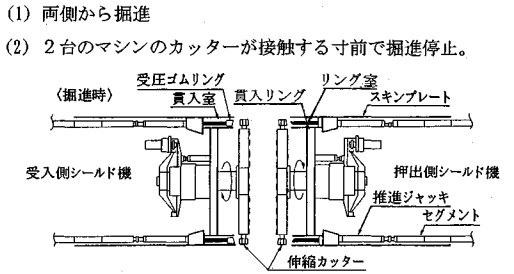


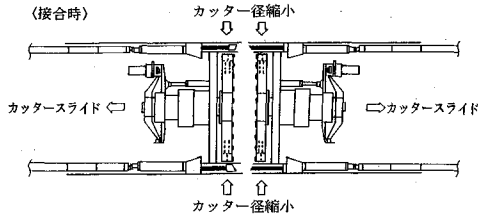
Fig. 2 Needs for underground docking work

都市域のシールド工事対象地盤は軟弱な沖積層が多く地下水も高い場合が多い。シールド機は当然のことながら密閉型シールド機となり、接合完了まで人の手が入ることは不可能である。したがって、地中接合のためにシールド機の隔壁を取り除く作業にあたり、事前にシールド機周囲の地盤が自立でき、地下水が噴出しないように

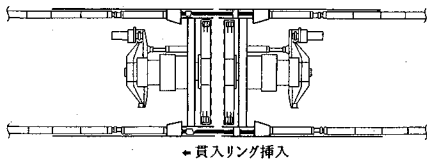
* 正会員 清水建設(株) 技術開発本部 土木技術開発部 副部長 (〒105-07 港区芝浦 1-2-3 シーパンスS館)
** 正会員 清水建設(株) 土木本部 土木技術第一部 副部長
*** 正会員 三菱重工(株) 神戸造船所 建設機械部 設計課長
**** 正会員 三菱重工(株) 神戸造船所 建設機械部 設計課



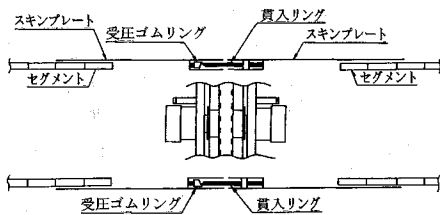
(3) マシン内部から切羽に向かって泥土圧をかけながらマシン前面の伸縮カッターを縮小し、シールド機を前進させてスキムプレート(鋼製のマシン外殻)内に収納する。



(4) 2台のマシンを再接近させ、押し出しマシンの貫入リングを受入側マシンの貫入室に挿入し、接合が完了。



(5) マシン解体



(6) トンネル内2次覆工

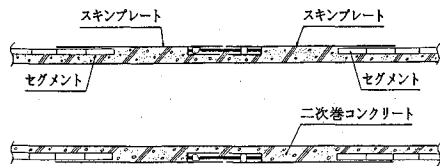


Fig.3 Detailed procedures of docking

地盤改良工法や凍結工法により防護し、シールド機解体後、接合作業を行っている。

接合地盤の防護工法には薬液注入工法、ジェットグラウト工法や凍結工法があるが、海底下などの確実な止水性を必要とする場合には、凍結工法が多く使用されている。しかしながら凍結工法では、その準備から凍結完了、さらに解凍までかなりの工期を要し、凍土形成範

差込み継手	検討等	評価
	(1)	○
	(2)	

Fig.4 Review of docking method

囲の確認や解凍時の地盤沈下防止のための薬液注入等が必要となる。

そこで、近年の掘進技術、特に姿勢制御、測量技術等の進歩に着目して、社会の要請に沿うべく新たな地中接合法として対向する2台のシールド機を機械的に直接接合させる機械式直接地中接合法^{4) 5)} (以下MSD工法という)を開発した。

2. 工法概要と開発目標

MSD工法の基本概念は押し出し側、受入側の2台のシールド機が、両側から掘進してきて向かい合った時点でカッターヘッド径を縮小し、押し出しシールド機に内蔵した鋼製の貫入リングを、受入側シールド機の貫入室に圧力をかけながら挿入することで機械的に接合するものである。Fig. 3に詳細手順を示している。この考え方の成立過程は次の通りである。

① 物の接合についての調査

接合について機械工学の継手文献を調べ分類した。

- i) リベット継手
- ii) 軸継手 スリーブ継手
フランジ継手
- iii) 管継手 差し込み(いんろう)継手
フランジ継手

この中で円断面の継手として管継手の適用を考え、差し込み継手が類似していると判断した。

② 案の絞り込み

差し込み継手において同軸、同径とした場合凹凸部の設計を工夫し、Fig.4に示す2案に掘進性、耐久性、接合性、耐土水圧性、止水性、それに機械製作性などの検討を加え原案とした。

MSD工法の相対的な位置関係の許容誤差はTable.1に示す地中接合報告や、シールド機到達での施工実績と挿入可能な構造を検討して定めた。

ちなみにφ4mクラスでは貫入室、リング室の寸法をセグメント内径を冒さないようにセグメント厚さと同寸法として230mmと定めるとFig.5に示すように±50mm、シールド機面角±1°が許容誤差となる。

Table.1 Data of underground docking

	シールド外径	位置	施工地点	出典
A工事	φ 8210	上下 ± 15 mm以内 左右	都市部	参考文献 6
B工事	φ 3840	上下 17 mm 左右 1 mm	海底	参考文献 7
C工事	φ 7600	上下 24 mm 左右 10 mm	都市部	参考文献 8

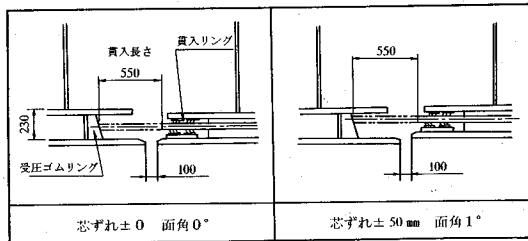


Fig.5 Misregistration for φ 4 m shield machines

MSD工法の具体的開発目標は、接合法比較において検討される項目（土質、施工条件、環境、止水性、工期、経済性、安全性）を集約して

① 周辺地山を乱すことなく、かつ地中における接合管理が容易で、大幅な工期短縮が可能な工法であること。

次いで、高水圧をはじめ止水性がこの技術の最も基本となることより

② 接合部において高い止水性能を有する工法であること。

そして、シールド技術の適用性、特に従来の施工技術、管理技術の範囲にあり、通常の掘進工程確保も可能でなければならないことにより

③ MSDシールド機は泥水ならびに土圧式いずれの工法にも適用でき、従来のシールド機と同様の性能および施工性を有する機械であることとした。

開発目標と本報の位置づけはTable.2に示す通りであり、工法の基本となる止水構造の開発と全体の実証実験工事の結果について報告する。

この工法特有のシールド機開発については、別に報告している。⁹⁾

3. 止水構造の開発

(1) 止水性能実験

a) 実験概要

止水方法として沈埋トンネルで行なわれているゴムガasketを利用し、限定された空間に納まっているゴムに鋼製のリングを押し付けることとした。

限定された空間である受入室において、押し付ける力

Table.2 Relation between objectives of development and this paper

開発目標	確認項目	本文3. 止水構造の開発	本文4. 実証実験
(1) 周辺地山を乱すことなく、かつ地中における接合管理が容易で、大幅な工期短縮が可能な工法であること。	(1) MSDシールド機各部の作動性 ①伸縮スポーク縮小 ②カッタヘッドスライド ③貫入リング挿入 (2) 接合に伴う地表及び地中変位 (3) シールド機相互の位置確認 (4) 接合工期の短縮		○c) 接合作業試験
(2) 接合部において高い止水性能を有する工法であること。	(1) 接合部止水性 (2) 止水部材料の耐久性	○ 止水構造の開発	○d) 止水性能確認試験
(3) MSDシールド機は、 ①泥水式並びに土圧式いずれのシールド工法にも適用できる機械であること。 ②従来のシールド機と同様の性能及び施工性を有する機械であること。	(1) 装備能力 ①カッタトルク ②推力 (2) 操舵性 (3) 土砂取込み (4) MSDシールド機部材応力		○ a) 掘削性能

によって止水性が異なることを確認するため、Table.3に示す2種類の実験を行った。

①の構造は実掘削を想定し貫入リング先端に砂を介在させたものも行った。貫入リングの受圧ゴムへの押付圧をパラメータとして、水圧と漏水量の関係を実験した。

②はブラシシールの向き、配置を変えた3タイプにグラウト材（懸濁型水ガラス系）を注入し、それぞれの水圧と漏水量の関係を実験した。なお、Fig.6に実験①の装置を示す。

接合部への注入孔配置は上下4箇所（計8箇所）とした。

貫入リングと貫入室のクリアランスは、φ 4 mクラスの許容誤差（面角1°、偏芯±50mm）を考慮し、ブラシシールおよびブラシシール取付台高さとして50mm必要とするため、片側100mmとした。

また、実際の地中接合時にはシールド機外側から外水圧が作用するが、装置の簡便化のため空気加圧により内水圧をかけた。

実験方法としては貫入リング内に注水し、空気圧を0~0.8MPaまで段階的にかけて外部への漏水量を経時的に計測した。

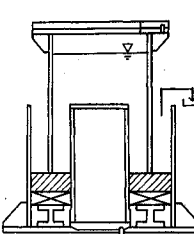
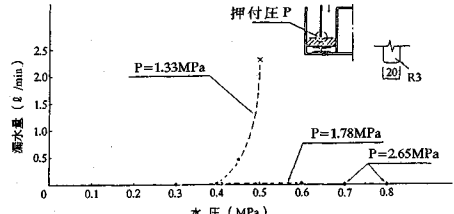
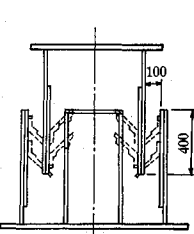
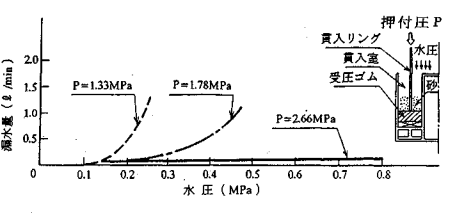
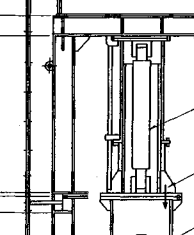
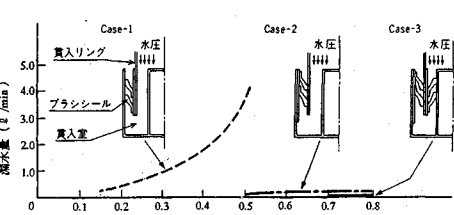
b) 実験結果

実験結果もTable.3に示している。

採用した2種類の止水構造のうち以下の条件でどちらも0.6MPaの目標水圧まで優れた止水性を得ることが確認できた。

貫入リングとゴムの押付圧は1.8MPa、砂が介在した場合には2.7MPaとする。ブラシシールの向きを圧力方向に対して正の向きに2段以上とする。

Table.3 Sealing performance test

実験内容	止水メカニズム	結果
 <p>①</p>	<p>鋼製の貫入リング先端を貫入室に設けた受圧ゴムに押し付けることによる止水構造</p>	
 <p>②</p>	<p>砂を介在させたケース</p>	
 <p>③</p>	<p>貫入室に設けたブラシシール、又は貫入リングに設けたブラシシールと貫入室側面との接触による止水構造</p> <p>case-1 水の流れるに順ずる方向のブラシシール case-2 水の流れるに抵抗する方向のブラシシール case-3 1, 2を重ねた形</p>	

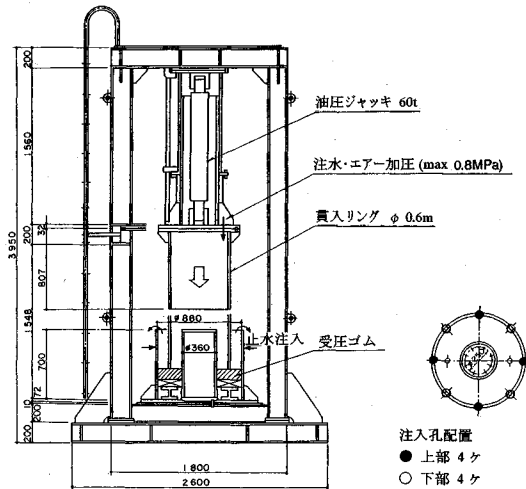


Fig.6 Sealing performance testing apparatus

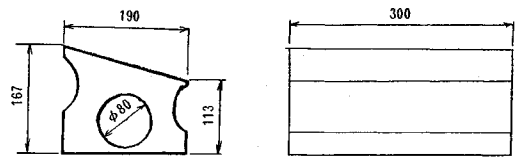


Fig.7 Test piece

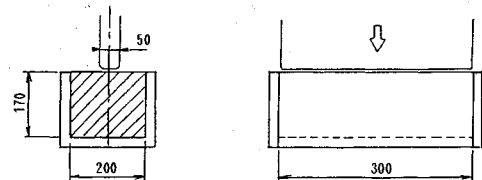


Fig.8 Natural rubber compression testing apparatus

(2) 受圧ゴム圧縮実験

a) 実験概要

3. (1)において受圧ゴムと貫入リングによる止水の有効性が判明したが、受圧ゴムに貫入リングが傾いて押し付けられた場合、受圧ゴムへの貫入リングの貫入量が異

なる。即ち端部が接触しても他端部は未接触であり、ジャッキを押し続けて接触させ、さらに押付圧を立たせなければならない。この時、先に接触している端部はより大きな変形を続けることが可能であることが必要となる。そこで実機(φ3.5m クラス)用に検討した受圧ゴム断面形状が、押付圧に対し貫入量を効率よく吸収するか

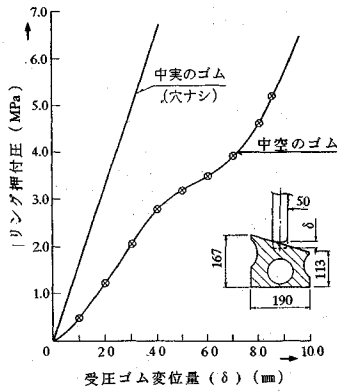


Fig.9 Relation between fit-in ring compression stress and rubber piece deformation

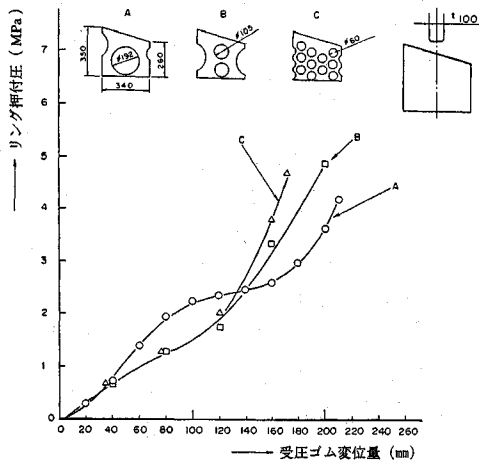


Fig.10 Compression test

を確認するため、ゴムピースに貫入リングに相当する鋼材を押し付け、その荷重とゴム変形の間を調べた。

材質は天然ゴム（硬度65°）で形状はFig.7に示すように中空と中実の2ケースとした。

Fig.8に示すような鉄製の箱にゴムを入れ、アムスラー万能試験機により圧力を加えながら鉄板を挿入し、その圧縮量と所要荷重を計測した。

b) 実験結果

結果はFig.9に示す通りである。

ゴムの形状変化を押し付けと変位量でみると、ゴムに中空断面の穴を設けることにより中実断面に比して、接合時の押し付けが、2.0~3.0MPaの場合2倍以上の変位量が得られ、この変位量で面角1°に対応できることが判明した。そこで、シールド機の接合において偏芯、面角を効率良く吸収し破断することなく接触させるため、円断面の中空穴を設けたゴムを採用することとした。

c) 大断面用圧縮実験

大口径シールド機の場合シールド機相互の面角が1°

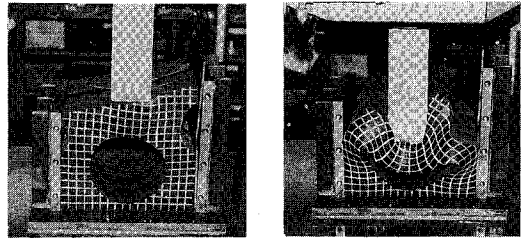


Photo.1 Compressed-from change of natural rubber

Table.4 Outline of work

名称	地中接合実証実験
実験場所	千葉県市川市塩浜
工事期間	(自) 昭和63年2月 (至) 昭和64年1月
実験規模	発進立坑 W6.74 × L10.74 × D8.5m 到達立坑 W6.74 × L7.54(9.94) × D8.5m シールド機 φ 3.47 × 5.63m (泥水式・MSD工法押出側) 受入装置 φ 3.47 × 3.89m (MSD工法受入側) 一次覆工延長 40m セグメント φ 3.35 × L0.9 × T0.125m (スチール)

程度でも $\tan 1^\circ \times 10m = 17.5cm$ となり、円型の中空穴で吸収できるかについて実験した。

実験は3種類の円形組合せで、貫入リングの厚さは100mmとして行った。その結果はFig.10, Photo.1の通りである。これによりa)の実験と同形状の単一円のものがある一定押し付けに対する変位の伸びが大きく、面角吸収の性能が優れていることが判明した。

これにより大断面における目標面角に合わせた受圧ゴムの設計が可能となった。

4. 工法実証実験工事

(1) 工事概要

MSD工法の実証実験工事の概要はTable.4の通りである。

(2) 土質概要

Fig.11に立坑位置の土質図を示す。

(3) 実験内容

各基礎実験より得られたデータおよび成果をもとに、総合的な工法の実証として、掘削中および接合作業を通して各試験項目についての確認、データ収集を行うため、押出側MSDシールド機(φ3.47m, 泥水式)で約40m掘進し、到達立坑に予め設置した受入装置(φ3.47m)に接合した。Table.5に実工事の接合フローとこの実証工事で実施した止水確認までの試験項目、およびその結果を一覧している。Fig.12に実証実験概念図、Fig.13,

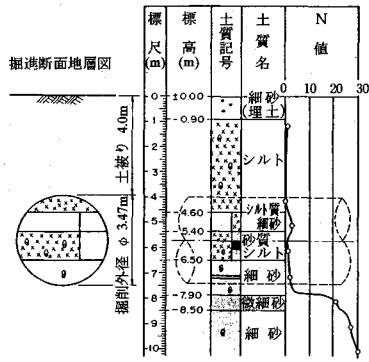


Fig.11 Soil condition

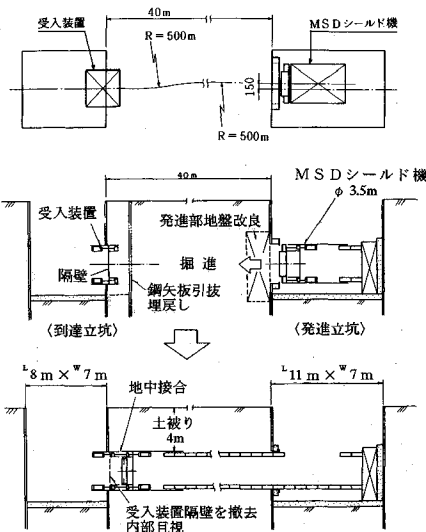


Fig.12 Concept of demonstration test

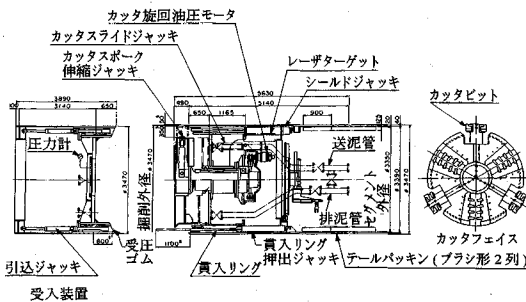
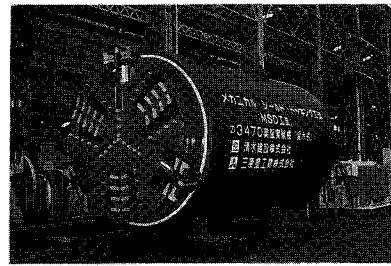


Fig.13 MSD slurry-type shield machine

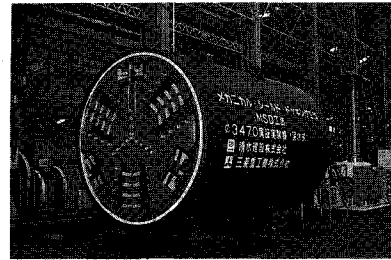
Photo. 2, 3にシールド機および受入装置を示す。

Table. 6, 7はシールド機および受入装置の諸元である。

シールド機は外径3.47m, 機長5.63mの泥水式であり本実験の目的である機械式地中接合装置を装備している。なお、両機とも中間の高さに水平ボーリング用仕切弁(ボールバルブ)を取り付けている。



掘削時



接合時

Photo.2 Shield machine

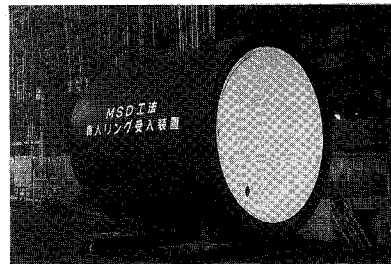


Photo.3 Receiving equipment

(4) 各試験結果

a) 掘削性能試験

通常の泥水式シールド機と比較して同等の掘削が行えることを確認するため、各種計測を行いながら掘進した。掘進に伴う地盤変状は、土被りが4mで軟弱層であること、埋立地特有のガレキにぶつかったことから、一部泥水の噴出、地表面沈下もあったが、通常のシールド機と同等の掘削が行えた。操舵性については、掘進中における蛇行の最大は水平で42mm, 鉛直で51mmであったが、従来シールド機と同様に軌道修正を行うことができ接合地点では水平で7mm, 鉛直で20mmの誤差であった。また、面角は0.2°であった。

b) 位置確認ボーリング試験

接合時に必要な坑内測量の再確認として、対向するシールド機を直接測量するシステムを実証した。

Fig.14 に直接測量に必要な施工手順を示す。結果はボーリング精度(±2mm), 口元・受口装置の作動状況は良好であったがケーシング引抜強度の安全率が低く、ケーシング内に鋼棒を通してこれを介して引き抜いた。今

Table.5 Docking flow and demonstration test

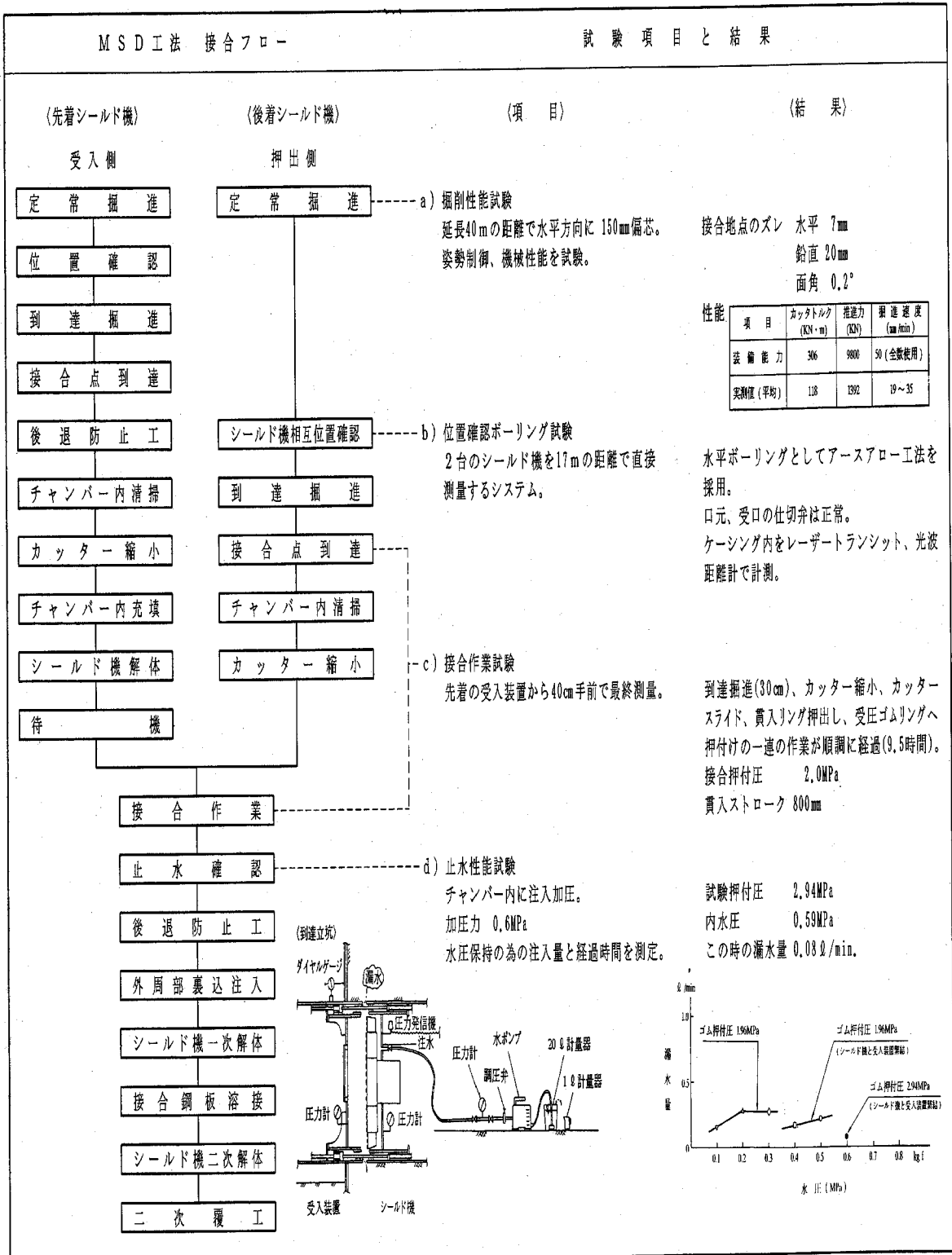


Table.6 Specification of slurry shield

カッタ 関係	
回転数	1.69rpm
掘削トルク	309KN・m (常用) 463KN・m (最大)
カッタスライド	588KN × 450s × 2本
カッタスポーク伸縮ジャッキ	588KN × 400s × 1本 588KN × 300s × 2本
シールド 関係	
シールドジャッキ	920KN × 1,050s × 10本
シールドジャッキ伸長速度	5 cm/min (全数作動時)
貫入リング押しジャッキ	588KN × 1,100s × 5本

Table.7 Specification of receiving equipment

受入装置	
引込みジャッキ	196KN × 800s × 3.4MPa × 4本
水平ボーリング受口	φ 200
マンホール	φ 1,200

後、本工法採用時は推進延長、摩擦力、引抜方法等に検討が必要である。

c) 接合作業試験

シールド機カッタヘッドが受入装置より 約40cm手前 (45リング掘削終了時) に到達した時点で最終確認測量を行い、測量終了後約30cm掘進し、全シールドジャッキを張って後退防止として掘削を終了した。以後カッタ縮小、貫入リング挿入など一連の接合作業を行い接合当日の作業は約10時間で終了した。止水性能試験後にチャンパー内に入り確認した接合状況は Fig. 15の通りである。

d) 止水性能確認試験

接合作業終了後、止水部材の性能確認を行った。

接合時の押付圧は2.0MPaから序々に上げて実験した。

加圧力を上げると立坑を反力としている受入装置側の後退防止工が弱く、シールド機との間が開いていくことが分かったため、両者を鋼棒で緊結して実験した。最終内水圧0.6MPaで漏水量は0.08ℓ/min、止水部単位長さあたりでは8cc/min/mであった。

5. おわりに

建設省が昭和62年に創設した「民間開発建設技術審査証明事業」において、MSD工法は、(社)日本建設機械化協会・建設機械化研究所が実施している民間開発技術の技術審査 (委員長 山本 稔, 都立大学名誉教授) を受け、以下の審査証明書を取得して、開発の主旨・目標を達成した。

- ① 機械的な接合であるために接合時に周辺地山を乱すことなく、地中接合管理が容易であることが認められた。また、試算結果によれば接合に要する工期は凍結工法に比して約 1/3に圧縮可能となる結果が得られた。
- ② 接合にあたり0.6MPaの水圧に対して高い止水性を有する工法であることが認められた。

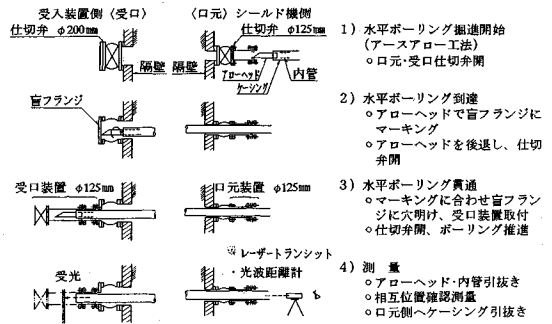


Fig.14 Boring test procedures for positional confirmation

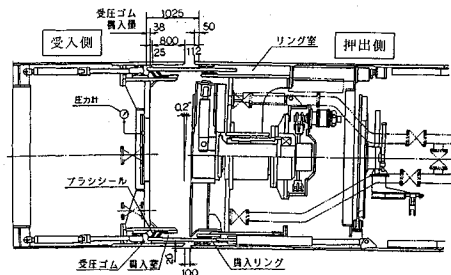


Fig.15 Situation of docking

③ MSDシールド機は、泥水ならびに土圧式のいずれのシールド掘削工法に対しても、従来通りの使用ができ、また、従来のシールド機と同様の性能および施工性を有する機械であると認められた。

この評価により機械的な直接地中接合法として工法が確立したため、冒頭にあげた各補助工法との比較検討を行った。Table. 8はその結果である。

都市が益々過密化し、各種ライフラインの整備が待たれる中で、シールド工法の長距離化を実現するMSD工法の役割はいよいよ重要である。

シールド工法に関する技術開発は施工機械に関するもの、断面・形状に関するもの、自動化・ロボット化に関するものなどが数多い。

地中接合に関するものでは補助工法の工夫により社会の要請に答えている中で、MSD工法は補助工法を使用しないということの一つの革新であるが、今後の課題として以下のことが考えられる。

- ① 同軸・同径を前提としているが、軸芯がズレいたり、径が異なる場合の合理的な接合法への発展
- ② φ2mクラスの小径シールドに適用できる接合機構の簡素化

更には押出側、受入側の2台のシールド機で成立しているのを後着となる押出側のみでできる工法など、アイデア創出も合わせて研究開発を継続するものである。

最後に、本工法の開発にあたって御指導頂いた民間開発技術審査証明事業の関係各位に深く御礼申し上げます。

Table.8 Comparison of underground docking methods

工法	補助工法		直接工法																																																																																											
	置換工法 (C J G)	凍結工法	直接地中接合法 (MSD工法)																																																																																											
項目																																																																																														
地山の強化	セメントミルクによる置換などで強度大	確実に強化できる	必要としない																																																																																											
止水性	モルタルと同様で問題ない	確実に止水できる	<ul style="list-style-type: none"> ○機械的止水構造 ○確実に止水できる 																																																																																											
土質への適応	あらゆる土質に適応	ほとんどの土質に適応	ほとんどの土質に適応																																																																																											
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ○プラント設備として基地が必要 ○スライムが発生する ○坑内施工が不可 	<ul style="list-style-type: none"> ○プラント設備として基地が必要 ○坑内作業が多くラップする 	シールド掘進に高い精度が求められる																																																																																											
経済性	地上条件で高価となることがある。	高価	中位																																																																																											
工期	<table border="1"> <thead> <tr> <th>月数</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>準備・撤去</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CJG造成</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>補助注入</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>マシン解体1次覆工</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>事前に施工が可能</p>	月数	1	2	3	4	5	6	準備・撤去							CJG造成							補助注入							マシン解体1次覆工							<table border="1"> <thead> <tr> <th>月数</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>準備・撤去</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>凍結・解凍</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>マシン解体1次覆工</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>凍土造成・解凍期間が長い</p>	月数	1	2	3	4	5	6	準備・撤去							凍結・解凍							マシン解体1次覆工							<table border="1"> <thead> <tr> <th>月数</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>準備・撤去</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>接合</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>マシン解体1次覆工</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>短い</p>	月数	1	2	3	4	5	6	準備・撤去							接合							マシン解体1次覆工						
月数	1	2	3	4	5	6																																																																																								
準備・撤去																																																																																														
CJG造成																																																																																														
補助注入																																																																																														
マシン解体1次覆工																																																																																														
月数	1	2	3	4	5	6																																																																																								
準備・撤去																																																																																														
凍結・解凍																																																																																														
マシン解体1次覆工																																																																																														
月数	1	2	3	4	5	6																																																																																								
準備・撤去																																																																																														
接合																																																																																														
マシン解体1次覆工																																																																																														
備考	<ul style="list-style-type: none"> ○海底・河底下接合には不適 ○接合位置の深度により工期が影響を受ける 	<ul style="list-style-type: none"> ○凍上・解凍沈下対策が必要 ○地下水流があるときは対策が必要 	合理的な工法である																																																																																											
条件	地上施工	シールド内から施工																																																																																												

参考文献

- 1) J T A 研究開発委員会 シールド工法調査小委員会 「シールド工法の都市トンネルへの適用性に関する調査報告 (1)」, トンネルと地下 P.58 第19巻 10号 1988年10月
- 2) 堀内公雄: シールド工法の進歩 建設機械 P.35 ~ P.36 1986年8月
- 3) 姫路昭夫: シールドの地中接合の自動化技術について 土木学会 第7回建設用ロボットに関する技術講習会 1988年9月
- 4) 中島・渡辺・東: MSD工法 (メカニカル・シールド・ドッキング工法) の開発 - その1 土木学会 第42回年次学術講演会 1987年9月

- 5) 渡辺・宮沢・西岳: MSD工法 (メカニカル・シールド・ドッキング工法) の開発 - その4 土木学会 第44回年次学術講演会 1989年10月
- 6) 富沢・加藤・加藤: 大口径シールドの凍結地中接合トンネルと地下 P.11 第20巻9号 1989年9月
- 7) 山下・稲田・和佐野・小林: 大深度ケーソン立坑と高水圧海底シールド工事 土木学会論文集 VI-12 1990年3月
- 8) 赤井・堀田・山崎: 大深度シールドの地中接合トンネルと地下 P.28 第22巻9号 1991年9月
- 9) 渡辺・宮沢・大石・杉山: 機械式直接地中接合法用シールド機の開発 土木学会論文集 VI-18 1993年3月

(1992.9.24 受付)

WATER CUT-OFF SYSTEM OF MECHANICAL SHIELD DOCKING METHOD

Toshio WATANABE, Hideki HAGIWARA, Shigeru NISHITAKE and Masahiko SUGIYAMA

These days, there are increasing needs for the underground docking technologies of the shield tunnels because of the difficulty in securing the land for the shafts.

The technical problems for the underground docking are how to dock without affecting natural ground around the shield machines and how to obtain the high water cut-off performance at the joint section.

Conventional underground docking has been commonly performed with the methods in hardening ground.

This paper discusses about the new method called Mechanical Shield Docking (MSD) method in which two shield machines facing each other directly and mechanically dock without any auxiliary work methods.