

狭隘な条件下における 上下2層大断面トンネルの施工

中西 禎之¹・前川 敦²・高橋 潤³・井上 隆広⁴・花島 常雄⁵

^{1,2} 正会員 首都高速道路株式会社 東京建設局大橋建設事務所 (〒153-0042 東京都目黒区青葉台3-6-16)

¹E-mail:y.nakanishi1410@shutoko.jp

^{3,4,5} 正会員 株式会社間組 関東土木支店土木部大橋出張所 (〒153-0044 東京都目黒区大橋1-8-3)

³E-mail:takahashij@hazama.co.jp

首都高速中央環状品川線は、中央環状線の南側を形成し、中央環状新宿線および大橋ジャンクションを介して首都高速3号渋谷線に接続する、ほぼ全線がトンネル構造の路線である。このうち、大橋連結路工事は、大橋ジャンクションの一部で品川線本線トンネルから分岐する連結路トンネルである。本工事は、密集した市街地にある幹線道路上にシールドの発進立坑などを開削工法で設けた後、シールド工法により上下2層の連結路トンネルを築造し、さらに並走する本線シールドトンネルとの間を地中で切開いて分合流部を構築するものである。本稿では、狭隘な条件下において実施した連結路シールドの施工について報告する。

Key Words : Ohashi Junction, Non-Open Cut Method, Shield Tunneling, CSM Method, DSR Method,

1. はじめに

首都高速中央環状品川線は、中央環状線の南側部分を形成し、高速湾岸線から分岐したのち、目黒川および環状6号線(山手通り)の地下をトンネルで北上し、中央環状新宿線および大橋ジャンクションを介して首都高速3号渋谷線に接続する路線である。本路線が完成することで、東京周辺的高速道路全体のネットワークが効率良く機能し、都心環状線などの慢性的な渋滞が緩和されるとともに、一般道路の混雑も緩和されることで沿道の環

境が改善される。また品川線では、沿道に与える影響を抑制するため、そのほぼ全線においてトンネル構造を採用している。

このうち、大橋連結路工事(以下、本工事と称す)は、大橋ジャンクション(図-1)の一部で、品川線本線トンネルから分岐する連結路トンネルである。本工事は、密集した市街地にある幹線道路上にシールドの発進立坑等を開削工法で設けた後、シールド工法により上下2層の連結路トンネルを築造し、さらに並走する本線シールドトンネルとの間を地中で切開いて分合流部を構築するものである。

本稿では、狭隘な条件下において実施した連結路シールドの施工について報告するとともに、今後の切開き工事の概要を紹介する。

2. 大橋連結路工事の概要

(1) 工事概要

大橋ジャンクションと中央環状品川線を接続する大橋連結路は、分合流区間を除く単路区間において縦断勾配7%を有する延長約610mの上下2層構造となっている。

大橋連結路(図-2)は約110mの開削区間と約500mのシールド区間からなっており、大橋ジャンクションと

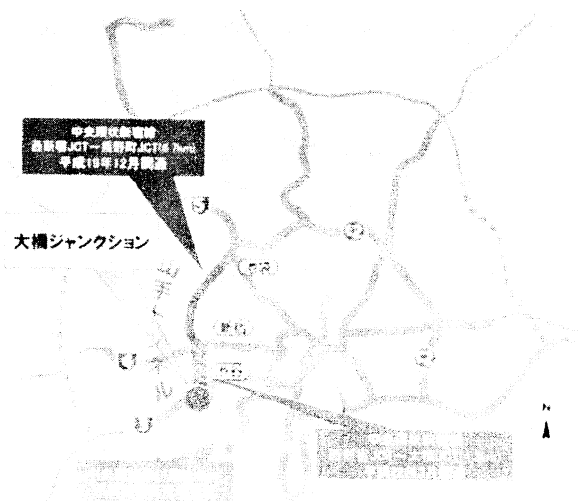


図-1 大橋ジャンクション

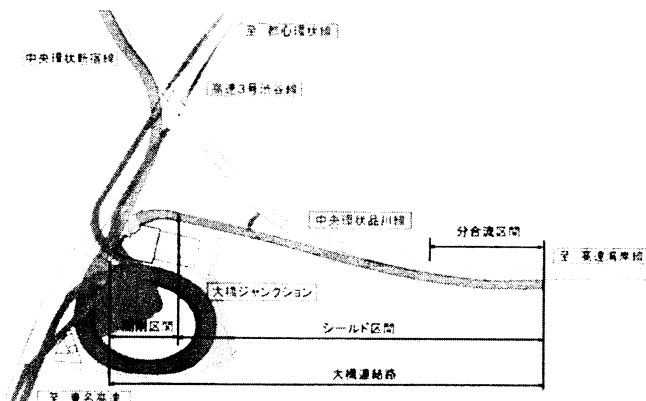


図-2 大橋連絡路

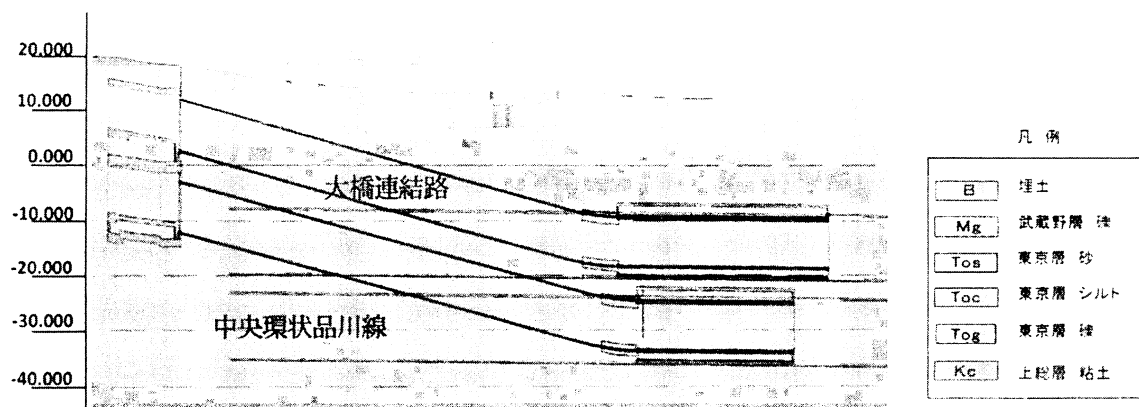


図-4 地質縦断面図

の分合流部およびシールド発進立坑が開削区間である。さらに、シールド区間のうち、到達側の約 200m は中央環状品川線本線との分合流区間となっている。この区間では本線、連絡路がそれぞれ上下 2 層構造となり、計 4 本のシールドトンネルが構築される。その後、本線と連絡路の間を非開削で切開き、一体化して分合流区間を構築する（図-3）。

また、開削切開き工事は、中央環状新宿線を供用しながら上層シールドトンネル（内回り）を約 50m に亘って開削工法で切開き、品川線連絡路下層との合流部を構築する工事である。

(2) 地質の特徴

当該区間の地質は、新第三紀鮮新世～第四紀更新世の上総層群の泥岩（Kc）を基盤岩とし、その上位に第四紀更新世武蔵野礫層（Mg）、東京層砂質土（Tos）、粘性土（Toc）、東京礫層（Tog）および埋土、ローム層、凝灰質粘性土などの地表層（B）が分布する（図-4）。特に、GL-8～13m 以深に泥岩層が厚く堆積している。この泥岩層は一軸圧縮強度が 3N/mm^2 程度で自立性が高く、介在する砂層も薄く、湧水量が少ないと判断できる地層である。

上下 2 層のシールドにおいて、上層シールドは小土かぶり発進（ $5.7\text{m}=0.6\text{D}$ ）となり、初期掘進の約 100m 区



図-3 大橋連絡路本線分合流区間（非開削切開き工）

間は滞水層内に位置する。それ以外の上層および下層シールドの区間は泥岩層に位置する。

3. 発進立坑の構築

(1) 工法の選定

発進立坑（図-5、写真-1）は都道環状 6 号線支線（山手通り支線）に位置しており、作業帯を占用して大規模な土留め壁を構築する必要がある。しかし、当該箇所は道路幅員が歩道を含めて 22m と狭いうえに、沿道には飲食店や商店、集合住宅等が隣接しており、施工に伴う交通渋滞や周辺に与える圧迫感、騒音、振動について配慮する必要があった。そこで、現況車道 4 車線のうち 3 車線を確保し、常設作業帯（幅 6m×延長 60m）で昼間に土留め壁の構築を行うことを条件とした。

このような施工条件を満足するため、コンパクトな機械（クアトロサイドカッター機）で硬質地盤に大深度のソイルセメント壁を構築できる CSM（Cutter Soil Mixing）工法を採用した。土留め壁の構築後、昼夜作業により掘削・躯体構築を行うため、周辺環境への騒音低減を目的として、幅 5.5m、高さ 11m、長さ 74m の防音ハウスを設置した（写真-2）。

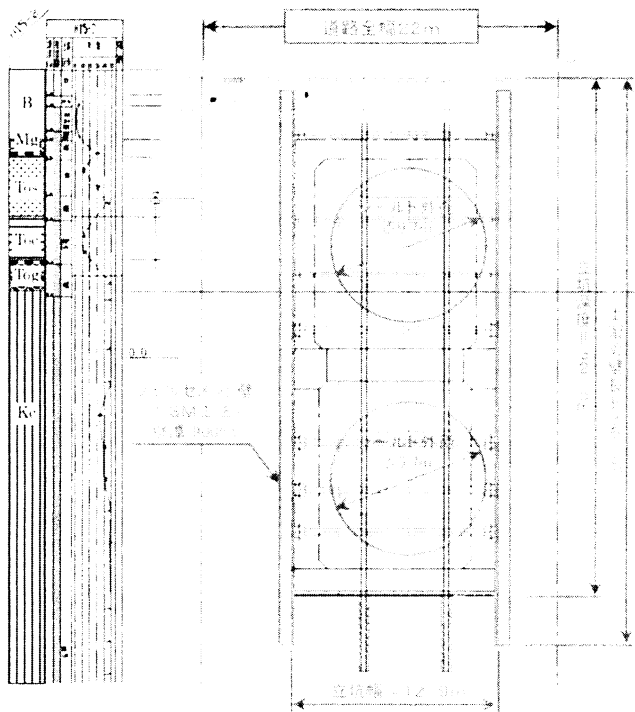


図-5 発進立坑（地山側より）

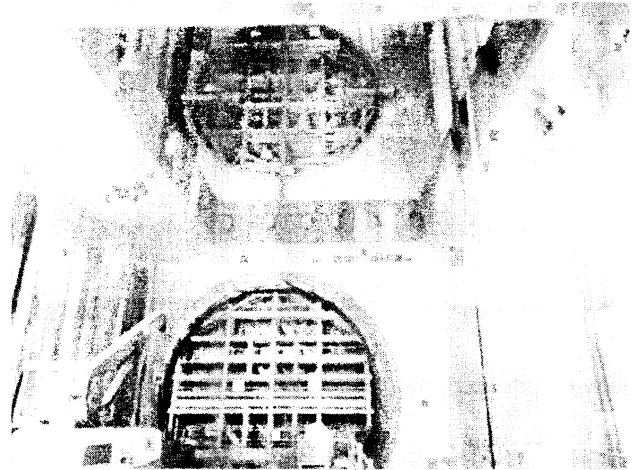


写真-1 発進立坑（掘進方向）

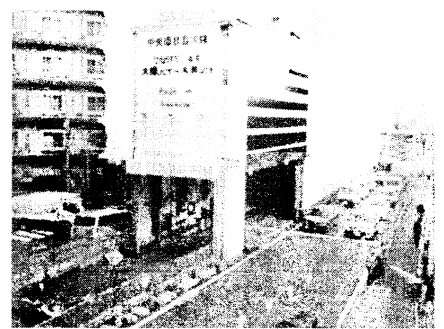
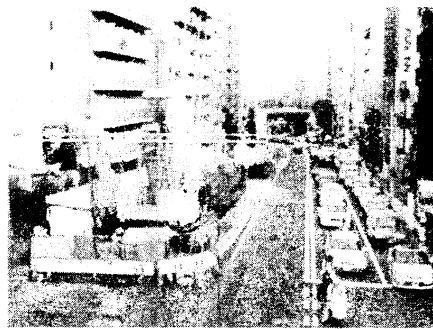


写真-2 立坑および防音ハウスの構築

(2) CSM 工法による地下連続壁の構築

a) 概要

CSM 工法とは、水平多軸回転カッター（Cutter）を用いて、土（Soil）とセメント系固化液を原位置で攪拌・混練（Mixing）して、土留め壁などの等壁厚のソイルセメント壁を造成する工法である（図-6）。SMW 工法など 3 点式杭打ち機を用いる従来工法では、土留め壁建造時の作業帯の幅員が 10m 以上必要になるが、本工事で使用したクアトロサイドカッター機では 6m の幅員で施工が可能となる。さらに、カッターを吊下げ式にして低空頭（高さ 8.5m）であり、リーダー式杭打ち機を用いる従来工法に比べて、沿道住民や交通車両に対して圧迫感が少ない（図-7）。

CSM 工法は、原位置土攪拌混合工法の特長に加え、以下の特長を有する。

- ・ 水平多軸回転カッターの高い掘削性能により、岩盤や硬質地盤においても先行削孔などの補助工法が不要もしくは軽減できる。
- ・ エアブローを併用した高速回転カッターにより、攪拌性能が高い。
- ・ 等壁厚のソイルセメント壁が造成されるので、芯材配置を任意に設定することができ、設計の自由度が高まる。
- ・ 壁体の接続は止水性の高いカッティングジョイントとなる。
- ・ カッター部に内蔵した傾斜計により、リアルタイムでの掘削精度確認が可能である。

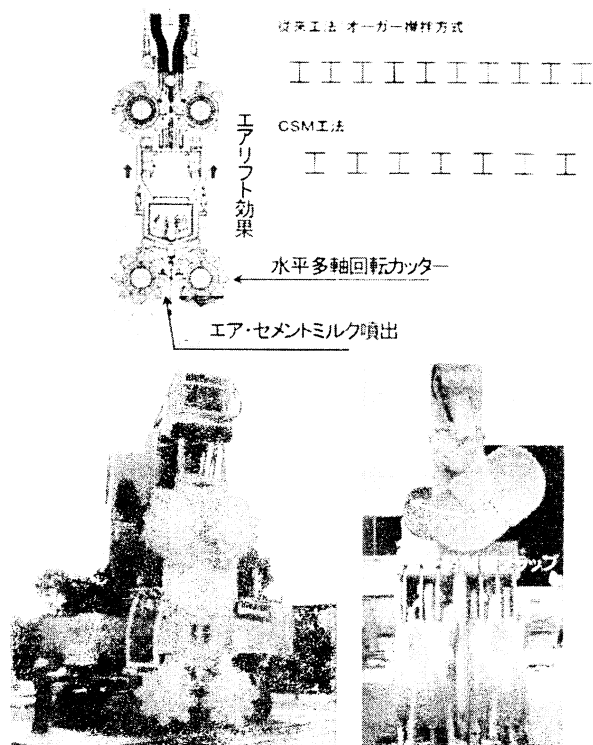


図-6 CSM工法

表-1 施工サイクル（2日／エレメント）

	作業内容	作業時間	備 考
1日目	点検・準備	8:15～ 9:00	壁厚 0.9m, 掘削幅 2.4m
	掘削・引上	9:00～17:00	掘削深度 38.5m (余堀り含む)
	片付け	17:00～17:30	掘削速度 5.5m/hr
2日目	点検・準備	8:15～ 9:00	H-700x30013x24φ600
	造成・引上	9:00～12:00	建込み 4本
	段取替え	12:00～12:30	継手 3箇所/本
	芯材建込み	12:30～18:30	
	片付け	18:30～19:00	

b) 施工

①施工サイクル

施工サイクルの実績を表-1に示す。

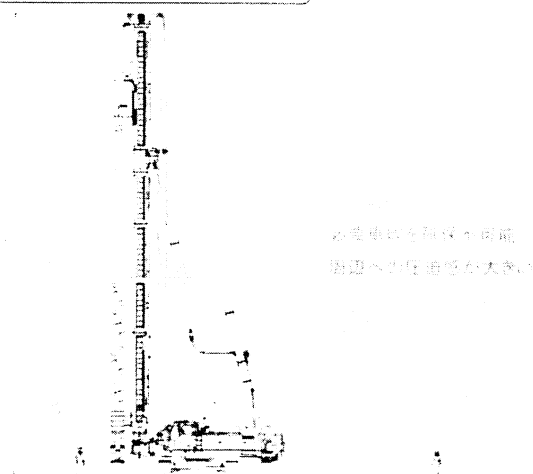
本工事は、大深度かつ硬質地盤での施工であり、また、狭小ヤードでの作業効率の低下等により、掘削および芯材建込みに長時間を要することが懸念された。そこで、施工途中でのソイルセメント強度発現による芯材高止まり等のトラブルを避けるために、掘削と造成を個別に行う2サイクル施工とした。

2サイクル施工とは、1サイクル目にベントナイトを主体とする掘削液により地山を泥土状にほぐし、2サイクル目でセメント固化液を素早く混合して、フレッシュなソイルセメントに芯材を建込む方法である。

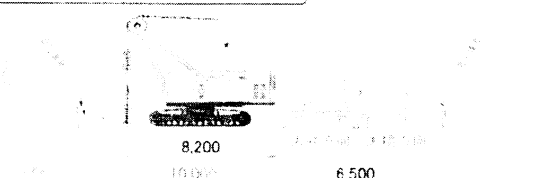
②掘削・固化液の配合

2サイクル施工における掘削・固化液の配合の考え方を図-8に示す。ここで（Ⅰ）掘削液と地山が均質に混練され、排出スラリーと残留スラリーは同一配合になる。

従来工法（SMW工法など）



クアトロカッター（低空頭型）



クアトロサイドカッター（狭隘地型）

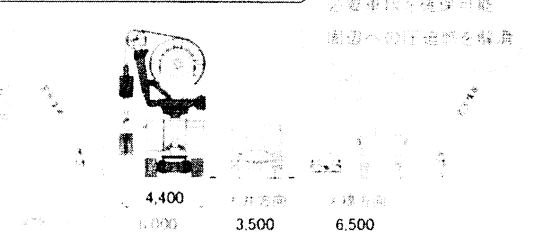


図-7 「クアトロサイドカッターの特長」

（Ⅱ）固化液と残留スラリーは均質に混練され、排出ソイルセメントと残留ソイルセメントは同一配合になると考えている。

実施配合を表-2に示す（設計基準強度 0.5N/mm²）。計画配合に対して、実施配合では掘削能率を優先した結果、掘削液の注入率は計画配合の約 1.5 倍を要し、その分排泥量も増加した。また、真夏の炎天下での施工であったため、ソイルセメントのテーブルフローの低下が早く、遅延剤の添加量は約 2 倍要した。

なお、施工状況に応じて掘削液の配合や注入量を変更すると、最終的な残留ソイルセメントの配合に影響するため、本工事では室内試験で把握した水セメント比と強度の関係（図-9）に基づいて、目標強度を満足するように固化液の配合や注入量を管理した（ $\sigma \geq 28 \geq 1\text{N/mm}^2 \rightarrow W/C \leq 320\%$ ）。

③施工品質

壁体の掘削精度およびソイルセメントの圧縮強度は、表-3に示すとおり良好な結果が得られた。

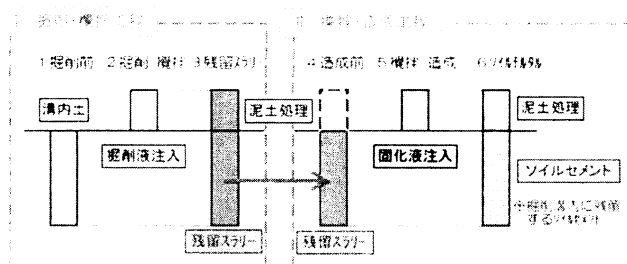


図-8 2サイクルに対する配合の考え方

表-2 掘削・固化液の配合 (kg/対象土量1 m³当り)

	セメント	ベンゾナット	水	遅延剤	分散剤	注入率
掘削液	38 (25)	30 (20)	600 (400)	0 (0)	0 (0)	62.4% (41.6%)
固化液	162 (200)	5 (5)	222 (200)	16 (8)	0 (2)	29.1% (27.6%)

4. シールドの施工

(1) シールド概要

本工事では、狭隘ヤード或小土かぶり、泥岩掘進等の施工条件に適し、経済的な泥土圧シールド（シールド外径 9.7m、機長 10.13m、総重量約 800t）を採用（図-10、表-4）した。

カッター部分は外周リングを設置したスポークタイプであり、スポーク本数は6本とした。その内3本は外周部のみとして可能な限り開口部率を大きくし、泥岩の取込み性の向上やチャンバー内閉塞の防止を図っている。

(2) シールドの組立

シールドの組立は、全て防音ハウス内の2箇所の開口部（幅 4.0m×長さ 3.8m、幅 4.0m×長さ 8.1m）を用いて、発進立坑内へ部材を分割投入して行った。

防音ハウス内の天井クレーンの揚重能力 30t よりシールド各部材の最大重量を決定し、長さ方向に前胴、中胴および後胴の3分割とし、さらにそれらを3～8分割にした。

シールドは立坑内に投入した後、発進架台の上で組立てた（写真-3）。天井クレーン自体の左右の移動距離が約 1.4mに限られていることから、シールドを発進架台ごと左右に移動させて組立てている（写真-4）。そのため、発進架台と立坑底版との間にオイルプレートを設置して、摩擦・摩耗の低減を図っている。発進架台の左右移動は、掘進方向右側の躯体側壁および掘進方向左側の土留め壁に設置したセンターホールジャッキを使用して行った。

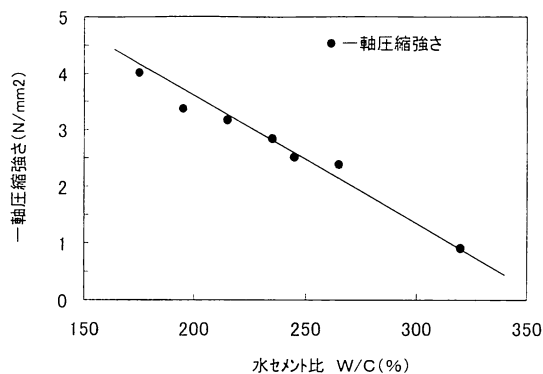


図-9 水セメント比と強度（σ₂₈）の関係

表-3 掘削精度および圧縮強度

	管理値	実績
掘削精度	1/300	面内 1/440～2060 面外 1/825～2090
一軸圧縮強度 σ ₂₈ (N/mm ²)	0.50	1.12～2.56

(3) シールドの発進

シールド発進においては、一般に地盤改良を併用して地下連続壁を事前に撤去する方法が用いられるが、本工事では工程短縮の観点から、土留め壁にシールドで切削可能な部材を用いて直接発進する方法を採用した。

しかし、従来このような部材に太径の炭素繊維ロッドの筋材と高強度石灰石コンクリートを使用することが多く、シールド掘進時の取込み不良や切削性低下、施工条件によっては騒音・振動が問題になる。

そこで本工事では、切削性に優れた新型部材である GRM（Grid Reinforced Mortar）を使用した（図-11）。これは、筋材に薄板状の炭素繊維格子材（引張強度 1,200N/mm²）を束ねたものを使用し、高強度モルタル（設計基準強度 60N/mm²）で形成したプレキャスト部材であり、以下の特長を有する。

- ・粗骨材のないモルタルであり、切削性に優れる。
- ・筋材が薄板状のため切削層が細かく、取込みやすい。
- ・筋材のかぶりを縮小でき、モルタルが大割れしにくい。

シールドには、切削負荷の低減や振動抑制のため鋭利な先行ビットを細かく配置し（パス間隔 80mm）、推進ジャッキを微速制御（1～3mm/min）できるように専用の油圧系統を装備している。さらにカッター中央の GRM 壁を事前に一部撤去し、切削ズリの流路を確保してビットの異常摩耗や過大な推力の防止を図った（写真-5）

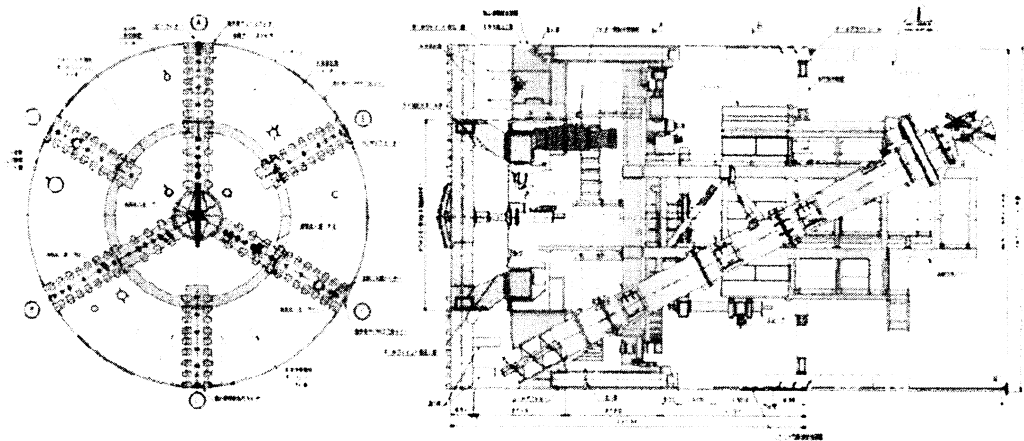


図-10 大橋連結路シールド

表-4 大橋連結路シールドの仕様

項目	詳細項目	大橋連結路シールド
本体 シールド	外径	φ9,700mm
	機長	10,130mm
	テールシール	ワイヤーブラシ耐圧型×3段
推進 装置	シールド ジャッキ	2,500kN×2550st×28本
	総推力	70,000kN
カッター 装置	スポーク本数	主スポーク3本+補助スポーク3本
	支持方式	中間支持方式
	装備トルク	13,900kN・m
	カッター回転数	0.6rpm
攪拌 装置	余掘り装置	コピーカッター1基
	中央部 外周部	なし
裏込 注入	注入方法	即時注入方式

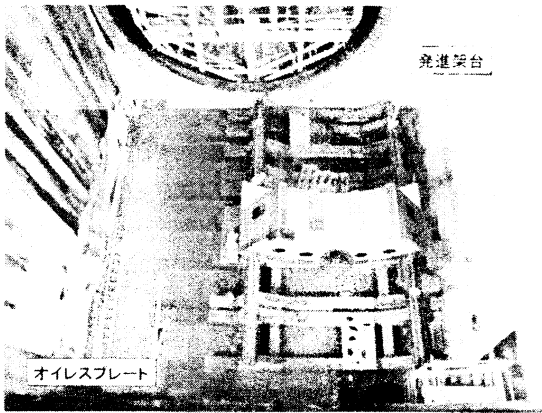


写真-3 発進架台上での組立状況

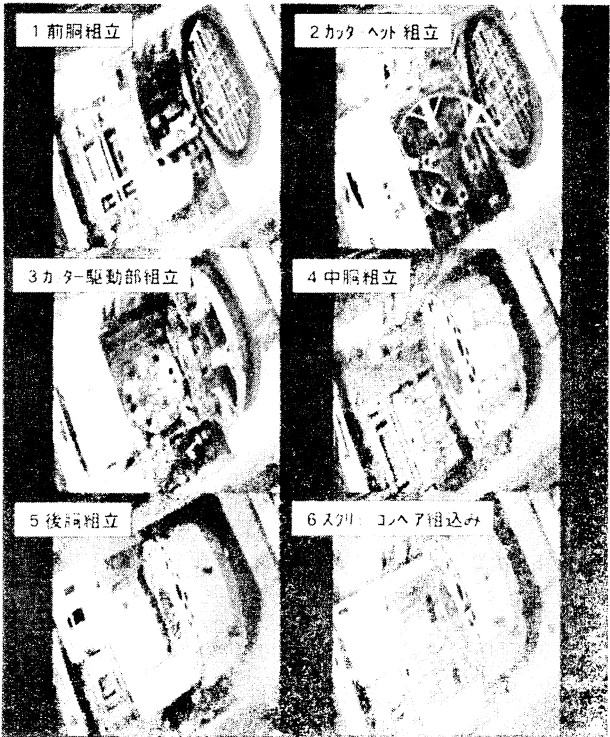


写真-4 シールド組立状況

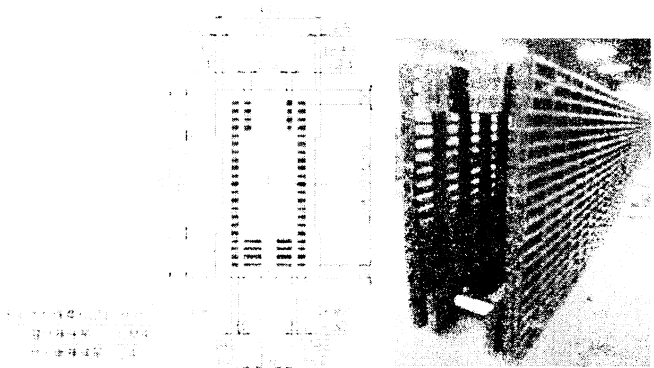


図-11 NOMST断面および炭素繊維補強筋



写真-5 NOMST切削先行ビットおよび中央部切欠き

GRM 壁の切削延長は 1,360mm であり、切削は実質 3 日（6 方、平均掘進速度 1mm/min）で完了した。新型プレキャスト部材（GRM）は、従来に比べて部材が大割れすることなく、格子筋とともに細かく切削されており、切削性は飛躍的に改善されている。先行ビットでの切削痕（写真-6）が明瞭に確認でき、切削性も良好であった。排出された切削ズリ（チャンバ充填材、砂、細粒分は除去）を炭素繊維補強筋とプレキャストモルタル等に分離したものの写真-7 に示す。炭素繊維補強筋は非常に細かく切削されており、最長でも 10cm 程度であった。また、切削ズリも概ね直径 20mm 以下に細分化されており、良好な切削であったことが分かる。

掘進延長に対するカッタートルクおよび推力の推移を図-12 に示す。カッタートルクは切削当初 1,000KN・m 程度（無負荷検査時で約 900KN・m）であったものが、切削面積の増加に伴って徐々に増加し、最大 3,000KN・m 程度（定格 13,900KN・m の約 22%）に達した。これは、従来型に比べて切削による部材のクラックが発生しにくいいため、メインビットを押付け気味となり、カッタートルクが上昇する傾向にあると考えられる。このような傾向は高強度モルタルを用いた新型部材の特徴であると考ええる。カッタートルクはピーク値を示した後は、切削部材の減少により低下している。図-12 に示す推力値は、切削に必要な推力を評価するため、切羽土圧およびシールド発進架台の摩擦力（空推進時の実測値）を控除している。推力値は切削に伴い増加する傾向であった。部材の切削完了後も増加傾向にあり、これは背面地山の切削負荷であると考えられる。



写真-6 NOMST壁切削痕

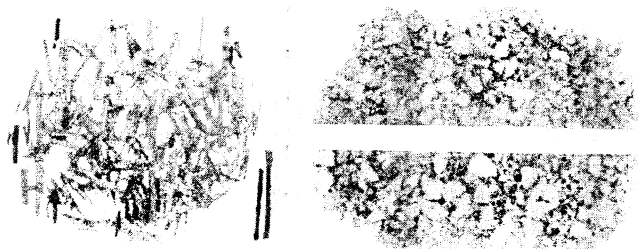


写真-7 切削ズリ（分離した繊維とモルタル）

(4) シールドの転用（DSR工法）

上下2層のシールドトンネルを構築する場合、一般に次の施工方法が挙げられるが、それぞれに課題がある。

①案：2機使用

2機のシールドを用いて2本のトンネルを同時施工する。工期が最も短く、実績も多いが、本工事では施工延長が短く非常に割高なうえ、基地が狭く同時施工が困難であり、メリットが小さい。

②案：Uターン

シールド到達部に回転立坑を設け、Uターンにより1機のシールドで2本のトンネルを施工する。しかし、本工事では街路状況から回転立坑の設置が困難であり、立坑築造費の負担も大きい。

③案：分解・再組立

1本目のシールド到達後に、カッター駆動部を含む複雑な部品を分解・回収し、工場および立坑で2本目のシールドを再度組立てる。コストは最も低いが、分解・再組立に長期間を要する。

そこで、③を基本としたうえで、シールドを外胴と内胴の二重構造とし、内胴に収納したカッター駆動部を分解せずに一体回収して再利用することにより、分解・再組立てに要する工期を短縮することが可能な工法（DSR工法：Draw a Shield for Recycle method）を採用した。本工事における工期短縮効果は3か月であった。

DSR工法は、③案と比較して工期面において、①②案と比較して費用面において優位である。

本工事では、下層シールドを掘進した後、内胴部分を引き抜いて上層シールドに転用、再利用する。外胴部分を除き、1機のシールドで掘削する工法（図-13）である。

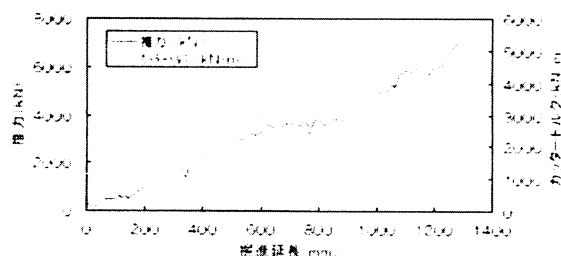


図-12 カッタートルクと推力の推移

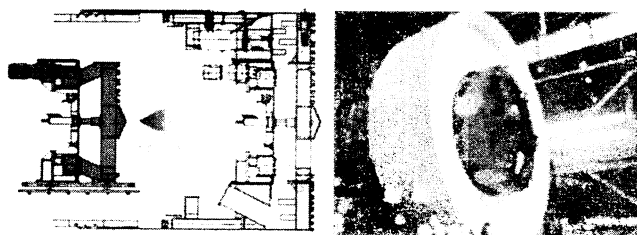


図-13 DSR工法

国内での実績は、これまでシールド外径 2.6～4.6m 程度の下水道工事において数例程度であり、10mクラスでの道路トンネルへの適用は今回が初めてとなる。

以下に、本工事で実施したシールド転用（DSR工法）の施工手順を示す。

○STEP-1：引抜き（下層シールド）

内胴の引抜きに先立って、後続台車・坑内設備の撤去を行う。また、引抜きスペース確保のため、後部作業デッキ、スクリーコンベヤー、真円保持装置、エレクターなどの大型部品を取り外し、発進立坑まで搬出する。

引抜きスペースを確保した後、内胴押さえ装置、シールド溶接等の外胴・内胴間の接続装置を解除する。シールド内にジャッキアップ用架台、その上部に内胴搬送台車（以下、台車と称する）を設置する。

センターホールジャッキ（100t×2 台）を使用して内胴を引抜き（写真-8），台車上に据付け、台車が軌条（H300 - 4 条）に乗り移れる高さまでジャッキアップする。

○STEP-2：坑内搬送

内胴を積載した台車を軌条上で滑らせる形で搬送する（写真-8）。

大橋連結路シールドは、大橋ジャンクションのループ部とトンネル構造の中央環状品川線を接続するため、分合流区間を除く単路区間においては 7%の縦断勾配を有しており、急勾配に対応した搬送方法を選定している。

台車には、下方にスライドジャッキ（100 t×12 台），後方に水平ジャッキ（36 t×4 本），前方にクランプ装置（4 台）を装備している（写真-9）。台車を支持するスライドジャッキは、分合流区間と単路区間との縦断勾配の変化に対応するため、各ジャッキの荷重バランス（油圧計）を確認しながらストローク調整を行う。台車は水平ジャッキの押し動作（ストローク 0→950mm）で前進し、引き動作（ストローク 950→0mm）で盛替える。その際にクランプ装置を軌条に把持させて、台車の逸走を防止する。

内胴の搬送は、

- 1) 水平ジャッキ軌条把持
- 2) クランプ装置軌条把持解除
- 3) 水平ジャッキ推進（950 mm）
- 4) クランプ装置軌条把持
- 5) 水平ジャッキ軌条把持解除
- 6) 水平ジャッキ収納

のサイクルの繰り返しであり、1 時間当たり 15m 搬送することが可能であり、約 500mのシールド区間を約 2 日かけて発進立坑まで搬送する。

7%の勾配で進んできた台車を、発進立坑坑口部でジャッキアップし（100t×12 台），水平状態にする。

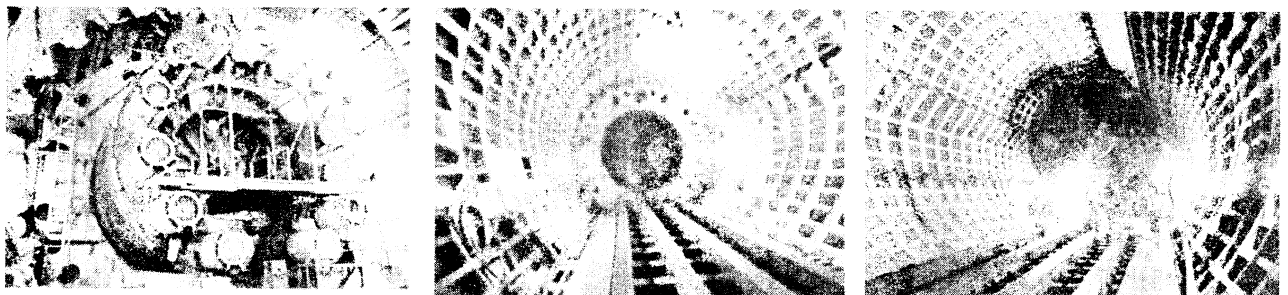


写真-8 下層シールド内胴部の引抜及び搬送

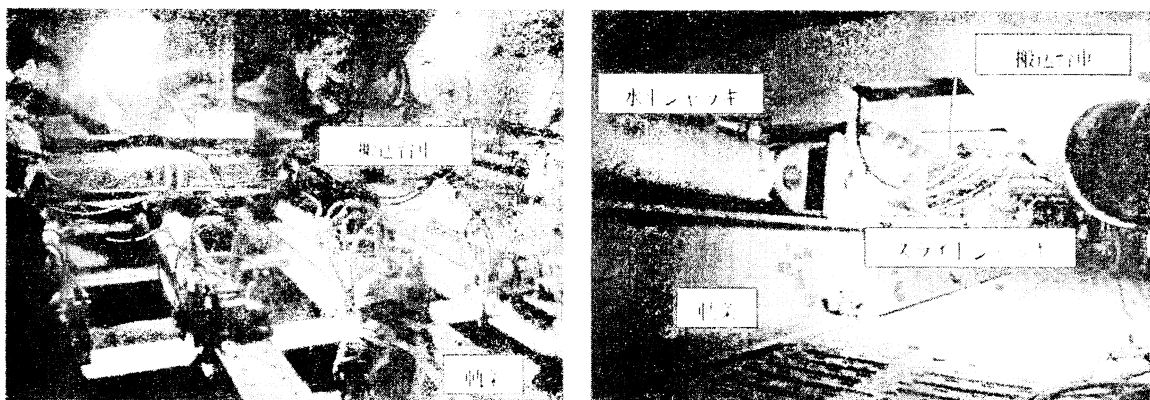


写真-9 搬送設備

○STEP-3：リフトアップ

内胴を上層シールドに組込むため、台車を立坑内に設置したリフトアップ架台（以下、架台と称する）に移動し、ステージジャッキ（揚重能力 240 t×2 台）でリフトアップする（図-14、図-15）。

ステージジャッキのストロークは 3.0mであり、5 回に分けて上層まで 13.5mの高さをリフトアップする（写真-10）。

リフトアップ手順は、

- 1) ステージジャッキで架台を支持
- 2) ステージジャッキを 3.0m リフトアップ
- 3) 3.0m リフトアップされた架台の下に、新たな架台の組立て
- 4) ステージジャッキを 3.0m リフトアップ（計 6.0m）
- 5) 3) ～4) を繰り返し 13.5m リフトアップ

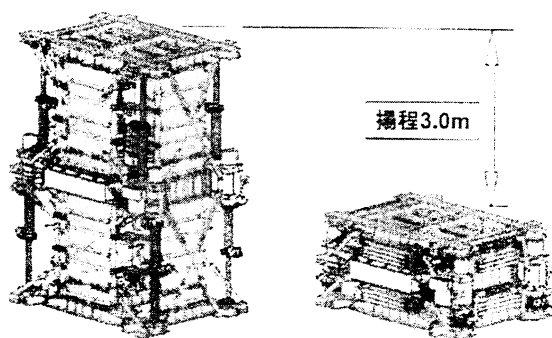
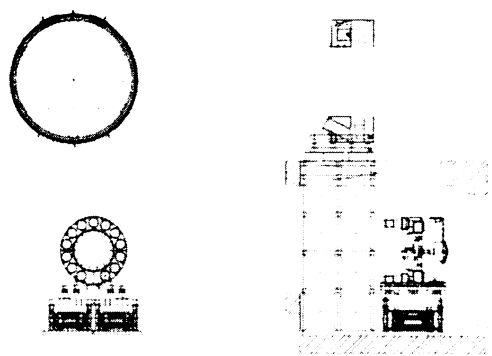


図-14 ステージジャッキ

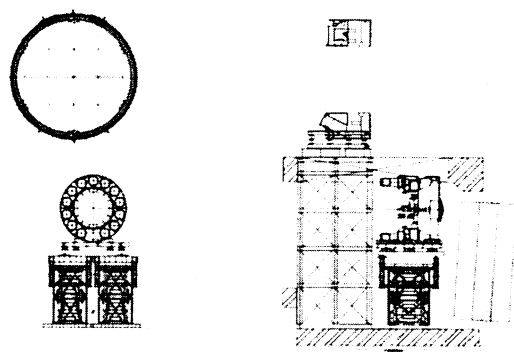


写真-10 内胴部リフトアップ

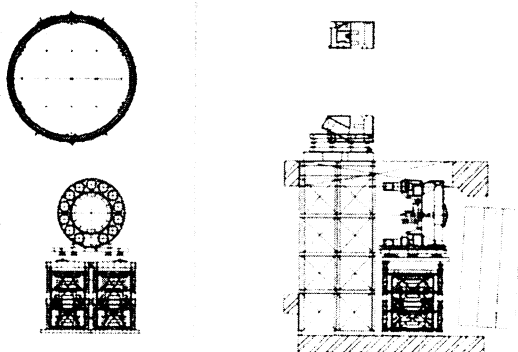
①リフトアップ開始前



②リフトアップ（1ストローク）完了



③リフトアップ架台組立完了



②、③を4回繰り返す

④リフトアップ完了

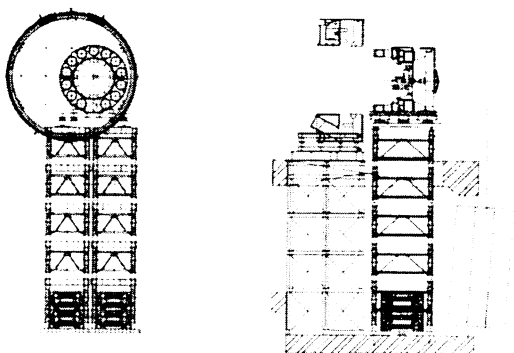


図-15 リフトアップ手順

○STEP4：組込み（上層シールド）

所定の高さまでリフトアップされた内胴を、あらかじめ立坑上層で組立てられた上層シールドの外胴（前胴）にセンターホールジャッキ（100t×2 台）を使用して組込む（写真-11）。

外胴と内胴とのクリアランスは 20mm であり，上下方向の微調整はリフトアップ架台で行うが，左右方向は外胴（発進架台）を移動して行う。

(5) シールド掘進

シールド掘進地盤は，自立性の高い上総層群の泥岩（Kc）であるため，本工事では切羽管理土圧を「間隙水圧±変動圧（15kPa）」に設定した。ただし，上層シールド発進部は小土かぶり（5.7m，0.6D）の未固結地山を掘進するため，地盤の隆起にも注意して，切羽管理土圧を「土かぶり荷重+間隙水圧±変動圧（15kPa）」に設定した。

加泥材は，泥岩の切削トルク低減と切削ズリの流動性確保，チャンバーやスクリーコンベヤーへの付着防止を考慮して気泡を使用し，注入率は 20～25％程度を要した。また，同時にフィッシュテールより 5％程度の注水を行ったが，これがカッタートルクの低減に大きく寄与した。

裏込注入圧および注入量は，それぞれ切羽土圧＋200kPa，テールボイド量の 120％を標準とした。

以上の結果，泥岩の掘進における機械負荷は，標準掘進速度 20～25mm/min に対して，カッタートルクが装備能力の 40～50％，推力が同 50～60％程度であった。また，シールド掘進に伴う地表面変位量は±2mm 程度であった。

また，掘削土砂の搬出方法は，大断面かつ 7％の急勾配施工に対応して連続ベルトコンベヤー方式とし，立坑部の垂直コンベヤーと組み合わせて連続的に坑外へ搬出した。なお，未固結帯水層の掘進を伴う上層シールドの初期掘進においては，噴発に伴う土砂の取込み過多を防ぐため，ポンプ圧送方式を適用した。

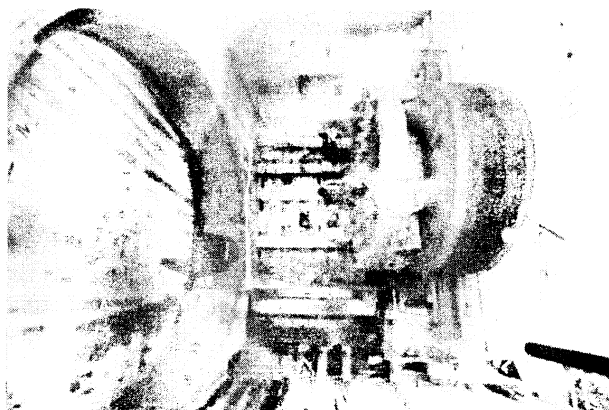


写真-11 上層シールドへの内胴部組込み

5. 分合流区間の施工方法

中央環状品川線本線と大橋連結路の分合流区間は，土かぶり約 19m（上層）と約 35m（下層）の泥岩に位置し，離隔 0.5m で併設するセグメント外径 12.3m の本線シールドとセグメント外径 9.5m の連結路シールドを切開き，延長 210m（上層），180m（下層）の上下 2 層の大断面トンネルを構築する。

この分合流区間は，必要内空幅が 9.0m～最大 17.0m 程度まで断面が変化する。そこで，分合流部の覆工構造を，必要内空幅および本線～連結路の線形と位置関係に応じて，TYPE-A～D と称する 4 つのタイプに区分することで合理化を図っている（図-16）。

土質ボーリング調査では，切開き区間に位置する上総層群の泥岩（Kc）内に挟在する砂層の厚さは数センチから 20 cm 程度と薄く，レンズ状に存在することが多く連続性が低いいため大きな湧水には至らないと考えられるが，開口亀裂や未固結砂層が挟在し，東京礫層と切開き部をつなぐ水みちが存在する可能性も否定できない。

そこで，まずはじめにシールド外周部の水みちに沿った切開き区間外からの地下水の流入防止を図るため，切開き区間の始終端のシールド外周に薬液（水ガラス系懸濁型瞬結材）注入（二重管ストレーナー工法単層式）による充填改良を行った。ゲルタイム 10 秒，毎分 16 リッ

TYPE	概 要
A	【本線単路部】 内空断面の余裕により拡幅の必要のない区間（テーパー先端部）
B	【本線拡幅型】 本線トンネルを切開いて拡幅する区間（拡幅量 1m，2m・テーパー部）
C	【本線・連結路一体型】 連結路と本線を切開いて一体化する大断面の無柱区間（主として加減速区間）
D	【一本柱型】 連結路と本線を切開いて一体化する区間（ハードノーズ以降）

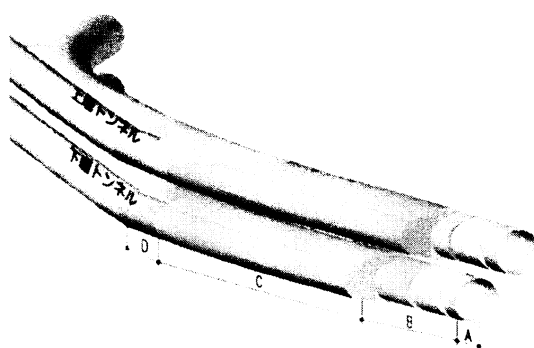
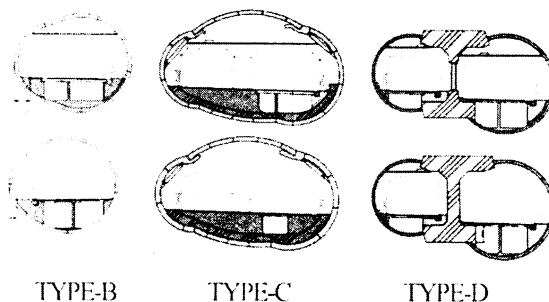


図-16 切開き区間の覆工タイプおよび断面

トル以下、管理圧力 0.5MPa 以下にて定量注入を行った。切開き区間の始終端止水対策後、切開き区間内のシールド外周の裏込め注入の充填確認、補足注入を行って、切開き断面の水抜き（図-17）を行った。湧水量は数リットル／分程度であった。

代表的な TYPE-C の施工手順を図-18 に示す。本線および連結路シールドの構築後、トンネル内に仮設の内部支保工を設置する（写真-12）。

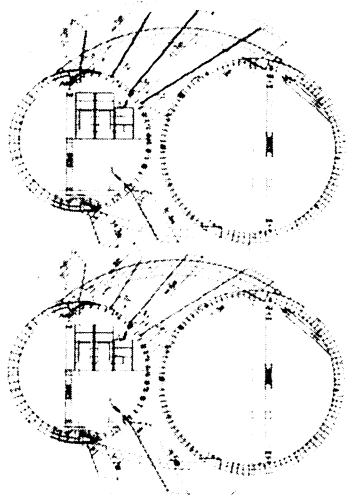


図-17 切開き断面における水抜き

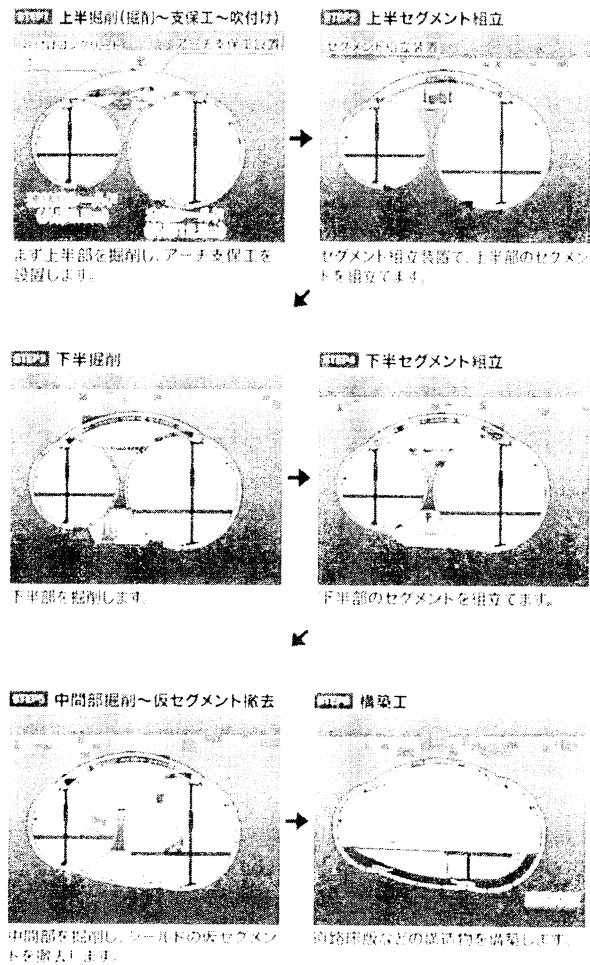


図-18 TYPE-C 施工ステップ

一方、残置した連結路シールドマシン鋼殻を地中発進基地として、本線と連結路シールド間の上・下半部を山岳工法によりアーチ状に掘削し、それぞれ鋼殻セグメントを設置（写真-13）して裏込めを行う。このように、覆工構造を閉合させた後にトンネル中間部のセグメント撤去、地山の掘削を行うことで、トンネル全体の安定を図っている。最後に、下半には鋼殻セグメントと合成構造を成すインバートコンクリートを打設し、内部支保工を撤去することで拡幅工事が完了する。

なお、上半 5 ピース、下半 4 ピースの鋼殻セグメントのうち、本線および連結路シールドに接合する 4 ピースは、シールドの出来形誤差（蛇行、ローリング等）および切開き掘削時の変位を吸収するため、上半および下半掘削後に現地測量を行って製作寸法に反映する。鋼殻セグメント仮組立状況（完成形）を写真-14 に示す。

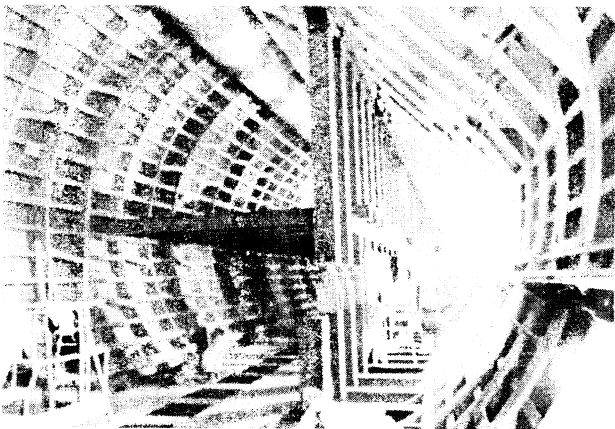


写真-12 連結路内での内部支保の構築

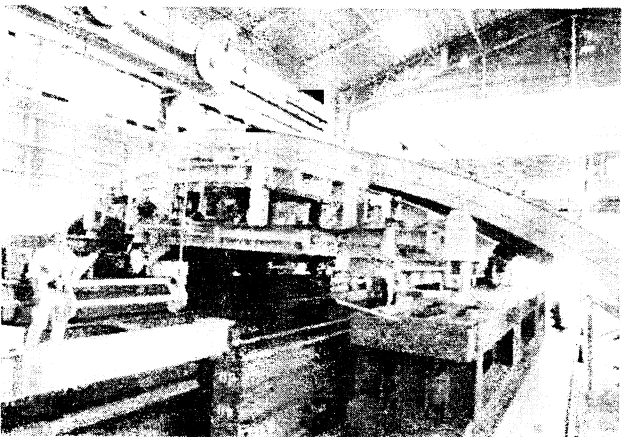


写真-13 上半セグメント組立装置



写真-14 鋼殻セグメント（切開き区間）

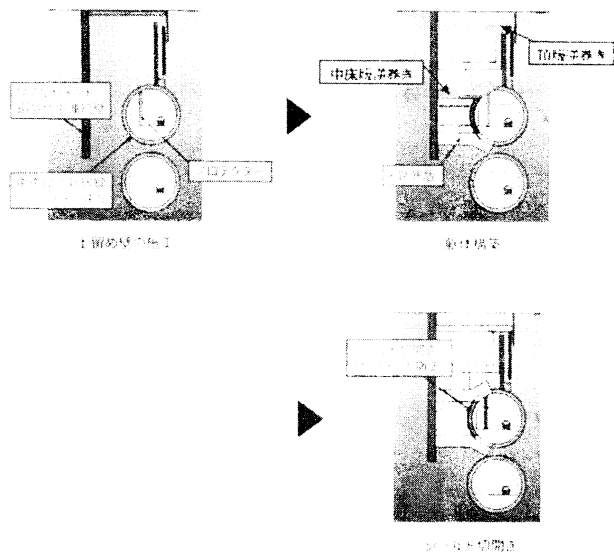


図-19 開削切開き施工ステップ

一方、供用中の中央環状新宿線上層シールドと大橋連結路下層トンネルとの合流部は、開削切開き工法により構築する(図-19)。ここでは、供用下での切開き工事を考慮して特殊な鋼殻セグメントが用いられており、外面スキンプレートを外せば鉄筋を接続してコンクリート躯体を構築できるように、あらかじめ主桁に鉄筋接続用部材と内面スキンプレートが施されている(図-20)。

なお、新宿線上層シールドに相対する側壁は、隣接する再開発事業との用地境界を満足するため、ソイルセメント鋼製地中連続壁工法により土留め壁を本体利用している。連壁の施工時期は大橋ジャンクションの橋梁工事と競合し、狭隘かつ空頭制限下であったことから、大橋連結路の発進立坑で使用した CSM 工法(クアトロサイドカッター)を採用した。

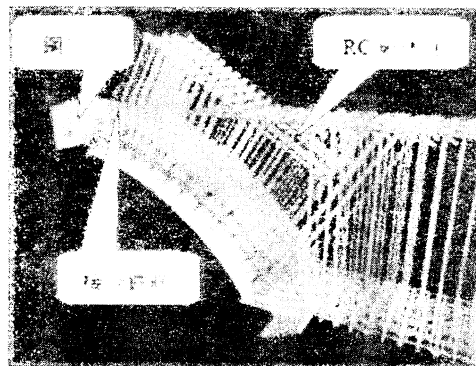


図-20 特殊鋼殻セグメント接合部

6. おわりに

中央環状品川線の本線および連結路の計4本のシールドトンネルの掘進を終え、現在、本線と連結路との分合流区間の非開削切開き施工に着手したところである。地山等の挙動を注視するとともに、有識者のご意見を賜わりながら慎重に施工していく所存である。

(2012. 9. 3 受付)

CONSTRUCTION OF LARGE SECTION TUNNEL OF TWO UPPER AND LOWER LAYERS UNDER NARROW-MINDED CONDITION

Yoshiyuki NAKANISHI, Atsushi MAEKAWA, Jun TAKAHASHI, Takahiro INOUE
and Tsuneo HANASHIMA

The Metropolitan Expressway Shinagawa Section Of Central Circular Route consists almost entirely of tunnels. It forms the south side of the Central Circular route connecting to the Metropolitan Expressway No.3 Shibuya Line through the Ohashi Junction. Among these, the Ohashi connection tunnel is tunnels that diverge from the Shinagawa section to the Ohashi Junction. In order to build these tunnels we constructed the starting shaft of shield on the trunk road in urban area with cut-and-cover method.

After that tunnel of two upper and lower layers was built by cutting the gap between connection tunnel and main tunnel.

This report gives information on the shield tunneling that was constructed under narrow-minded condition