

大断面長大シールドトンネルの 高速施工に向けた取り組みについて

中央環状品川線シールドトンネル工事-2

大成・大豊・銭高建設共同企業体
作業所長 谷口 敦

中央環状品川線が整備されると、中央環状全線が完成する。これにより都心環状線に集中する交通の迂回・分散が図られ、高速道路全体のネットワークが効率的に機能する。さらに、山手通り（環状第6号線）を利用している自動車が品川線を利用するようになり、山手通りを通行する自動車の台数が1～2割程度減少するものと考えられる。

この効果として、生活道路本来の機能が回復し、交通安全の確保と生活環境の改善が図られる。

また、環境に与える効果として年間約9万トンのCO₂を削減でき、環境改善にも大きな効果があると考えられる。

技士会は、12月3日（金）、「中央環状品川線シールドトンネル工事-2」の現場見学会を開催、約40名が参加した。今回は、その工事概要について報告する。

1 はじめに

首都高速中央環状品川線は、全長約47kmの中央環状線の南側部分を形成する路線であり、環状線の最終整備区間であることから、早期完成が待ち望まれている。このうち本シールドトンネル工事は、品川区八潮に位置する大井北立坑を発進基地として、泥土圧シールド工法により、延長約8kmの道路トンネル（大井ジャンクション方向）を構築するものである（図1）。

本稿は、この大断面長距離シールドトンネル工事の高速施工に向けた取り組みについて述べるものである。



図1 ●中央環状品川線

大断面長大シールドトンネルの 高速施工に向けた取り組みについて

中央環状品川線シールドトンネル工事-2

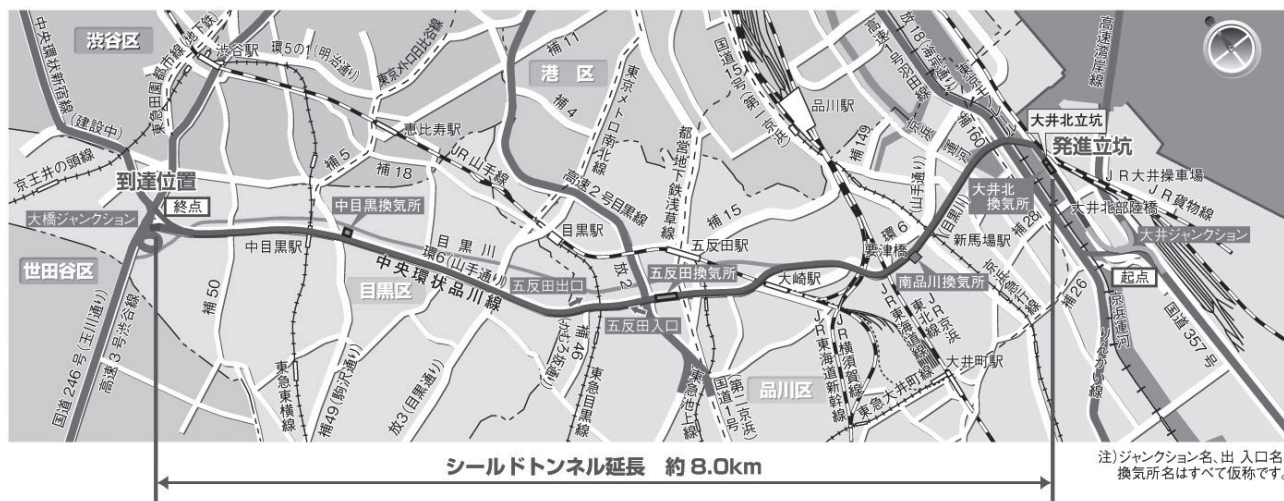


図2 ●中央環状品川線平面図

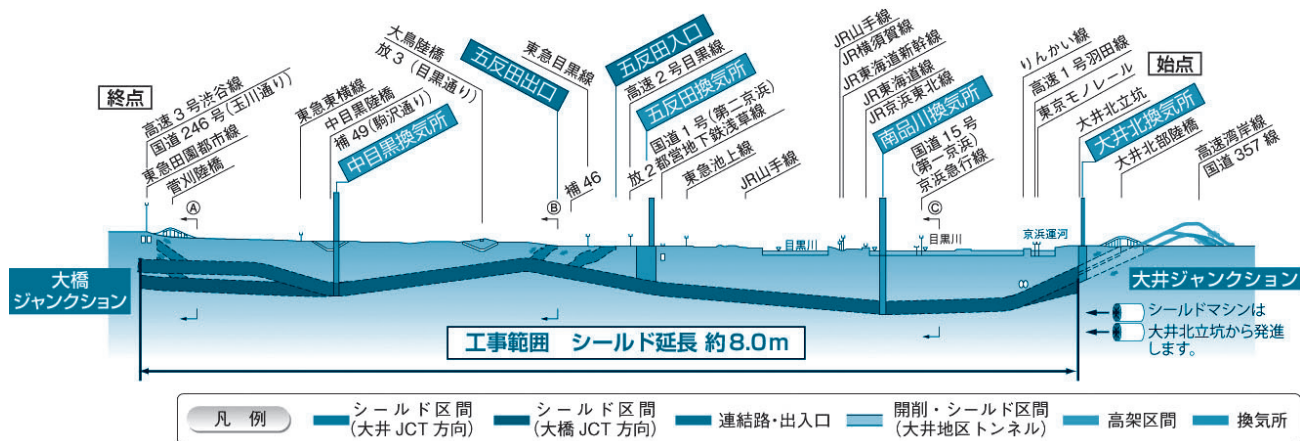


図3 ●中央環状品川線縦断面図

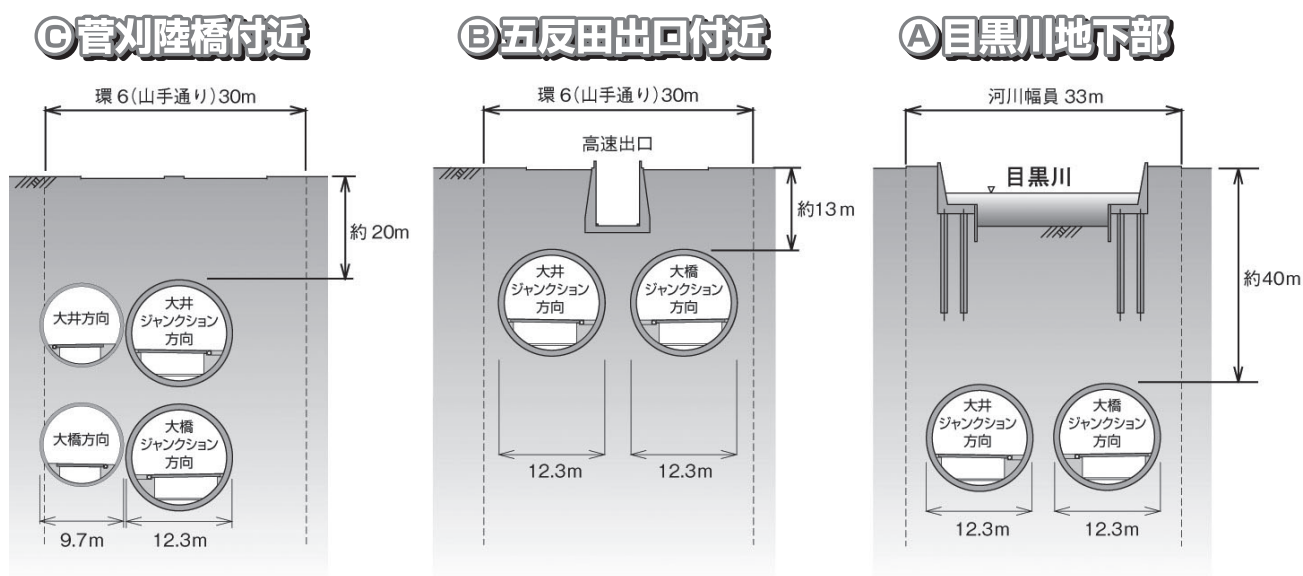


図4 ●中央環状品川線断面図

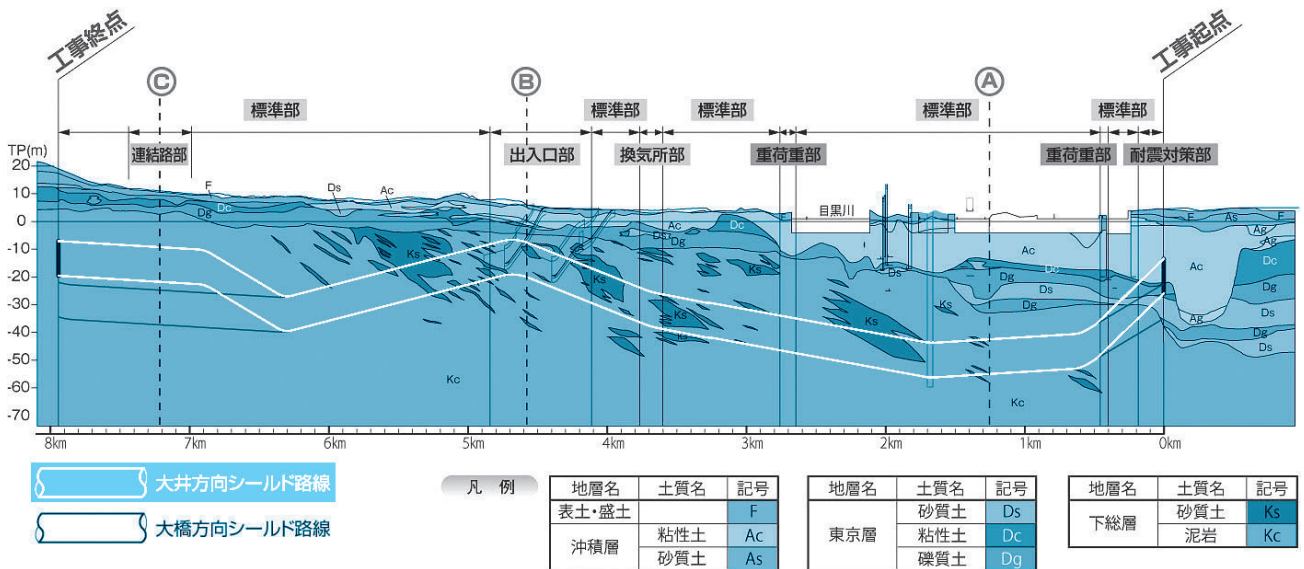


図5 ●地質縦断面図

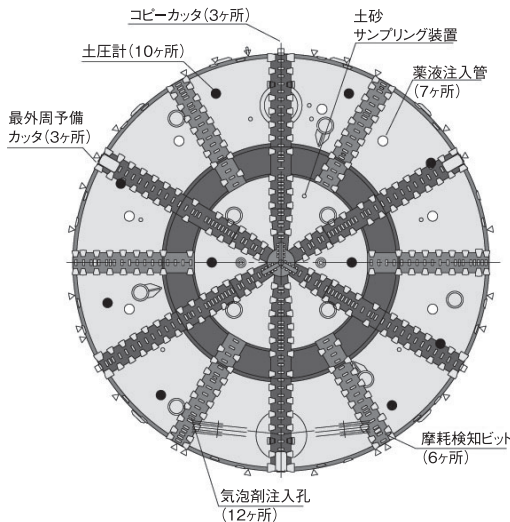


図6 ●シールドマシン正面図

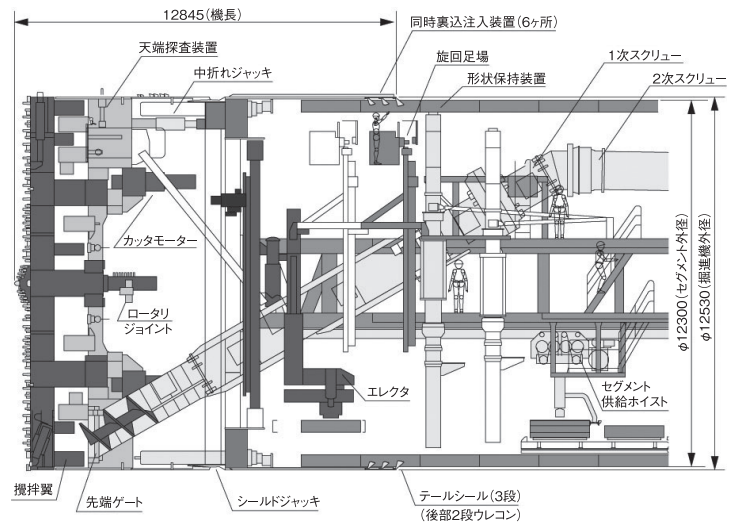


図7 ●シールドマシン側面図

2 工事概要

本工事は、品川区八潮から首都高速3号線付近の中央環状新宿線接続地点までの延長約8kmのシールドトンネル工事である。シールド掘進機は大井北立坑を発進したのち、京浜運河から目黒川の地下を通過し、大崎駅付近からは山手通りの地下を掘進する。土被りは最深部で約46m、五反田出入口付近の最浅部で約13mとなっている。施工

中は中間に立坑はなく、大井北立坑から片押しで8kmを施工する(図2、3)。

セグメント形状は外形12.3m、内径11.5mであり、片側2車線の道路トンネルとなる(図4)。トンネル内には床版を設置し、車両の通行路を確保する。反対車線は併設されたもう1本のトンネルで構成され、両トンネル間には避難路となる横連絡坑や緊急車両が引き返すためのUターン路が作られる。これらの工事はシールド掘進と平行して行われ、工事の高速施工を実現している。

写真1 ● シールドマシン全景

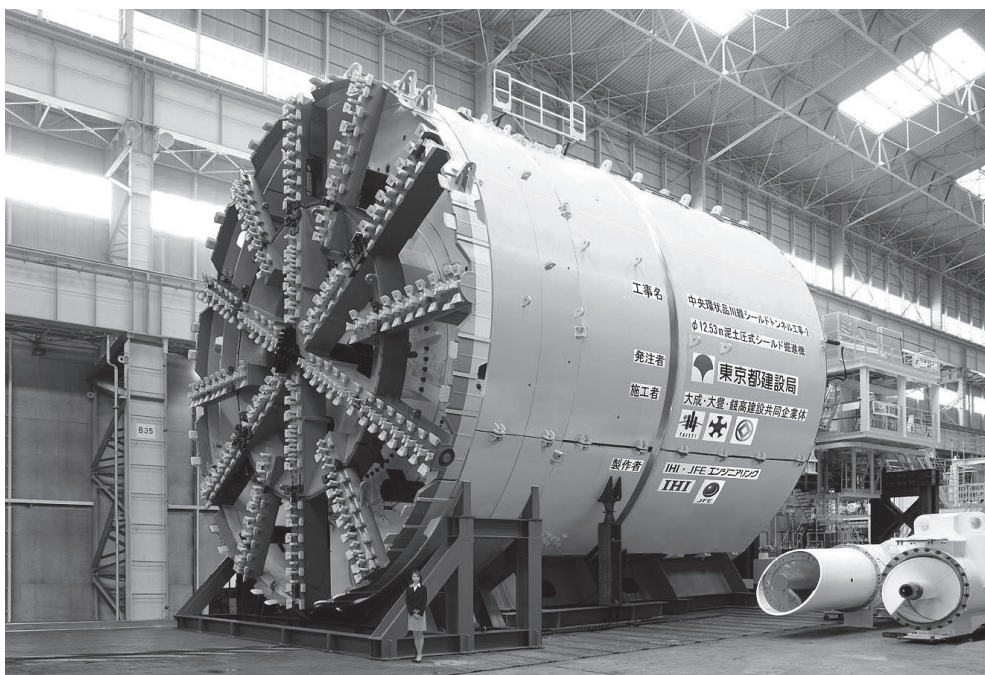


表1 ● シールドマシン主要諸元

シールド仕様(泥土圧式気泡シールド)			
外径	φ12,530mm		
全長	12,845mm(中折れ式)		
伸長速度	66mm/min(全数作動時)		
シールドジャッキ	3,000kN×3,050mm×60本		
中折れジャッキ	3,000kN×500mm×44本		
カットトルク	39,444kN-m($\alpha=17.7$)	21,840kN-m	
カット回転数	0.31rpm	0.51rpm	0.82rpm
カット駆動用電動機	90kw×21台(可変速)		
コピーカッタ	364kN×st150mm×3本(予備含)		

スクリーコンベア仕様	
型式・スクリー径	シャフト式・スクリー径φ1200mm
排土能力	540m ³ /H
ゲート機構	先端および中間スクリーゲートジャッキ
エレクター仕様	
型式・取扱重量	リングギヤ方式・10ton
回転数	0~1.5rpm
組立制御機構	倣い制御機構付き半自動式
付属装置	Bセグメント押上ジャッキ
供給方法	空中受渡し方式

3 シールドトンネル工事

本シールド掘進は泥土圧(気泡)シールド工法を採用している。気泡シールド工法とは、界面活性剤をシェービングクリーム状に泡立て、シールド前面から注入攪拌することで、土砂を塑性流動化させ掘削する工法である。

掘削する地層は、ほとんどの部分が安定した上総層群の固結粘性土層あるいは砂質土層であるが、発進直後は有楽町層および東京礫層を介在し

た区間を通過する(図5)。

1 シールド掘進

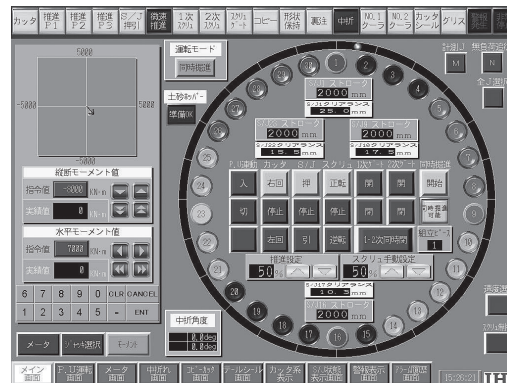
(1) 高速施工

計画掘進速度(最大)を50mm/分に設定し、スクリーコンベアには、国内で過去最大となる内径φ1,200mm、最大排土能力540m³/Hの装置を採用した。また、カッター装置は可変速として最大0.82rpmの回転速度を持たせることで高速掘進に対応している(写真1、表1、図6、7)。

写真2 ● シールドジャッキ



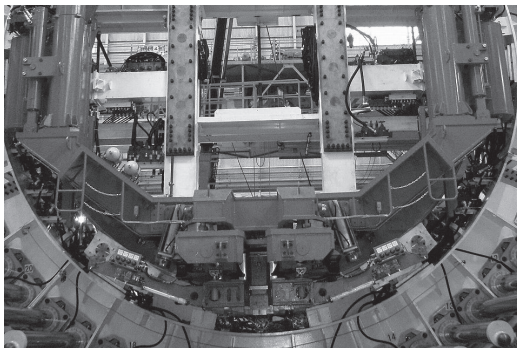
シールドジャッキ (L=3,050mm)



セグメント掘進同時組立システム操作画面

シールドジャッキの油圧回路を6ブロックに分割、各ブロックの油圧バランスを制御することで、セグメントを組み立てながら、掘進中のマシン方向をコントロールします。

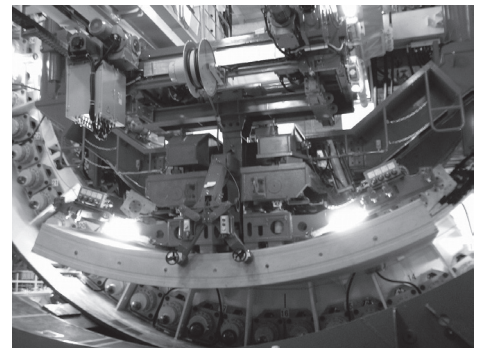
写真3 ● エレクター



倣い制御半自動エレクター

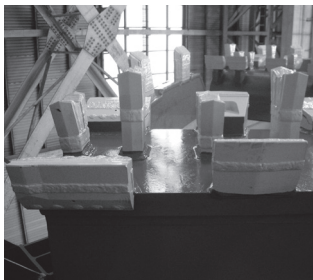


Bセグメント押上ジャッキ



セグメント空中受渡し装置

写真4 ● カッタービット



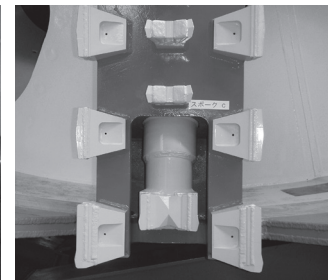
強化型先行ビット(高低差配置)



シェルビット・外周保護ビット



二重ビット



可動式レスキュービット

シールドジャッキには伸縮長3,050mmのロングジャッキを使用し、掘進中にセグメントの組立を行う「セグメント掘進同時組立システム」を採用した。このシステムによりシールド掘進・セグメント組立のサイクルタイムを2/3程度に短縮することができる（写真2）。

さらに、セグメントの組立サイクルの効率化と高い組立精度を確保するため、セグメント組立装

置に、倣い制御機構付き半自動エレクター、Bセグメント押上ジャッキ、セグメント空中受渡し方式を採用している（写真3）。

掘削残土の搬出はベルトコンベアで行い、540m³/Hの運搬量を確保している。なお、坑内はシールド掘進とともに延伸する連続式のベルトコンベアを採用し、1枚のベルトで8kmの運搬を行っている。

写真5 ● 残土搬出状況



京浜運河残土積込状況



中央防波堤残土揚土状況



横浜港南本牧ふ頭への運搬状況

(2) 長距離施工

8 kmの長距離掘進に対応するため、カッタービットには、本シールド通過土層の大部分を占める固結粘性土層に適応し、耐摩耗性の高いE3種を全面的に採用した。さらに、強化型先行ビットの配置などにより約11kmまでの掘削を可能とし、約8 kmのシールド掘進ビットの交換を行わずに施工する。このほか、2重ビットおよび最外周レスキュービットをカッター外周部周辺に配置することで、ビットの摩耗や損傷に対するフェイルセーフとしている(写真4)。

(3) 残土運搬

シールド掘削残土は、その一部をインバートの埋め戻しに再利用するが、残りは場外へ搬出する。約98万 m^3 ある残土搬出先は、そのほとんどが横浜港南本牧ふ頭の海面埋立地である。また、シールド発進ヤードは都道316号線をはさんで京浜運河に面している。このため、掘削残土は道路上をベルトコンベアで横

断させて、土運船による海上運搬で計画した。運搬方法としては、500m³積の土運船で7km離れた中央防波堤内側まで運搬し、一度仮置きを行った後、1,500m³積の土運船で横浜港南本牧ふ頭の海面埋立地まで運搬する（写真5）。

船舶による運搬は、周辺交通への影響を低減させるとともに、ダンプトラックでの運搬に比べ、二酸化炭素の排出量が約70%削減でき、環境へも配慮した施工を実現している。

(4) シールドマシン組立

通常シールドマシンの組立は、陸送できる重量（25t）に分割して行われる。今回の組立では、京浜運河を利用して海上輸送することで、分割重量をできる限り大きくして（90t）分割数を最小限におさえた。これにより、組立期間が短縮でき、また、旋回環などの組立精度が高く要求される部分に関しても一体で分割することなく運搬し、品質の高い機械を組み立てることができた（写真6）。

写真6 ● シールドマシン搬入状況



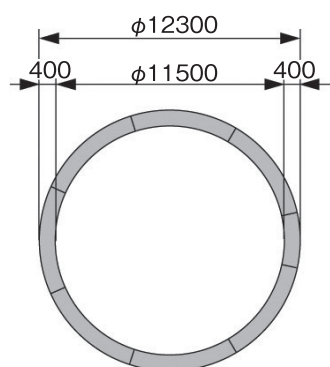
シールドマシン海上輸送



シールドマシン夜間搬入



カッターヘッド投入



外径(mm)	12300
セグメント厚(mm)	400
セグメント幅(mm)	1250、1550、2000
分割数	8分割

PP繊維入りコンクリート

把持金物

サンクイックジョイント

コーンコネクター



2.0m幅RCセグメント

図8 ● RCセグメント

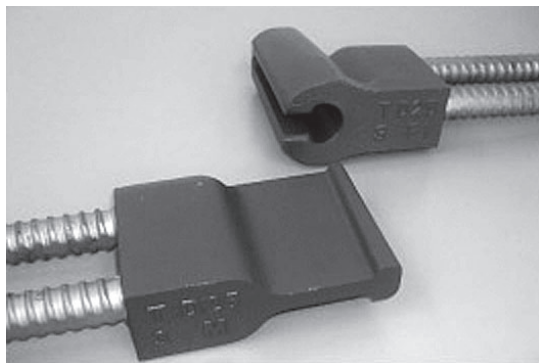
2 セグメント

(1) セグメントの特徴

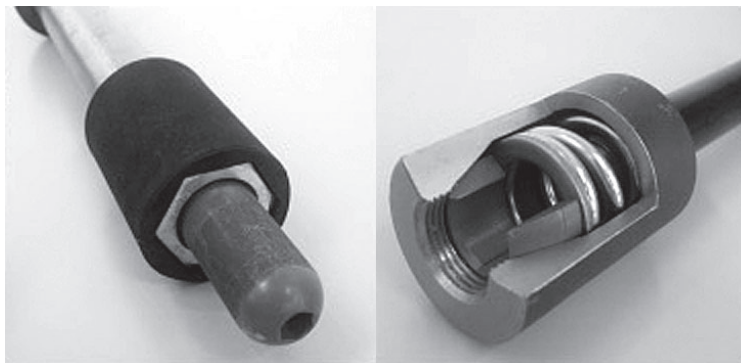
本路線で約8割の延長を占めるRCセグメント（外径 ϕ 12.3m、桁高0.4m）の寸法は、セグメント幅、弧長をそれぞれ国内最大寸法となる2.0m、5.1mとして、製作ピースを大型化した。分割数を8分割（7+K型）として、過去の同規模シールド

トンネル工事に対して、セグメント組立時間の大幅な短縮を図っている。また、RCセグメント構造は、継手部材が内面側に露出しないワンパス型のセグメント構造として組立作業の施工性を高め、トンネル線形の曲率に応じて、1.25m幅、1.55m幅のセグメントを割り付けることで、曲線区間における施工性にも配慮した（図8）。

写真7 ● セグメント継手金物

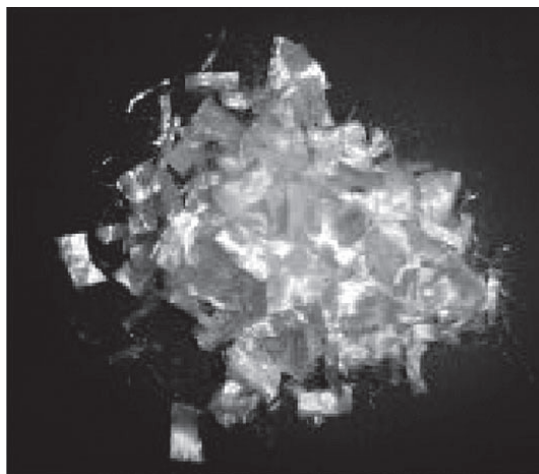


コーンコネクター

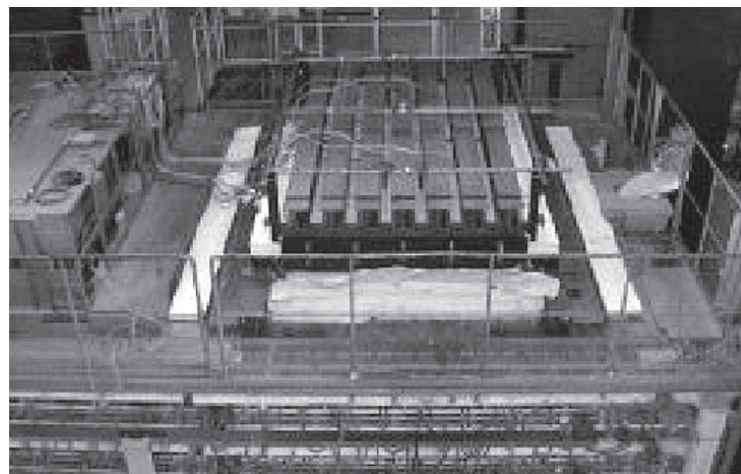


サンクイックジョイント

写真8 ● ポリプロピレン繊維、耐火実験



ポリプロピレン(PP)繊維



大型加熱試験炉におけるセグメント耐火性能実験

(2) 耐久性の向上

R Cセグメントの仕様は、塩害、中性化および継手部材の防食等において100年の耐久性が確保できる構造仕様とした。セグメントの継手金物には、防食性に優れているフッ素樹脂塗装を施し、この耐久性を確保している（写真7）。

(3) 耐火構造

本トンネルの一次覆工に使用するR Cセグメントおよび合成セグメントには、コンクリートにあらかじめポリプロピレン繊維を混入し、セグメン

ト本体に耐火性能を持たせた耐火機能一体型のセグメント構造を採用した。本構造は、道路トンネルでは北陸自動車道飛騨トンネルなどの一部で採用されているが、全面的な採用は本工事が始めてであり、耐火工の設置を省略することで、シールド掘進後のトンネル内装工程を大幅に短縮する。なお、実物大のセグメント試験体を用いた耐火性能実験を行い、本トンネル要求性能であるR A B T加熱曲線（1,200℃を60分間）に対する耐火性能を確認している（写真8）。

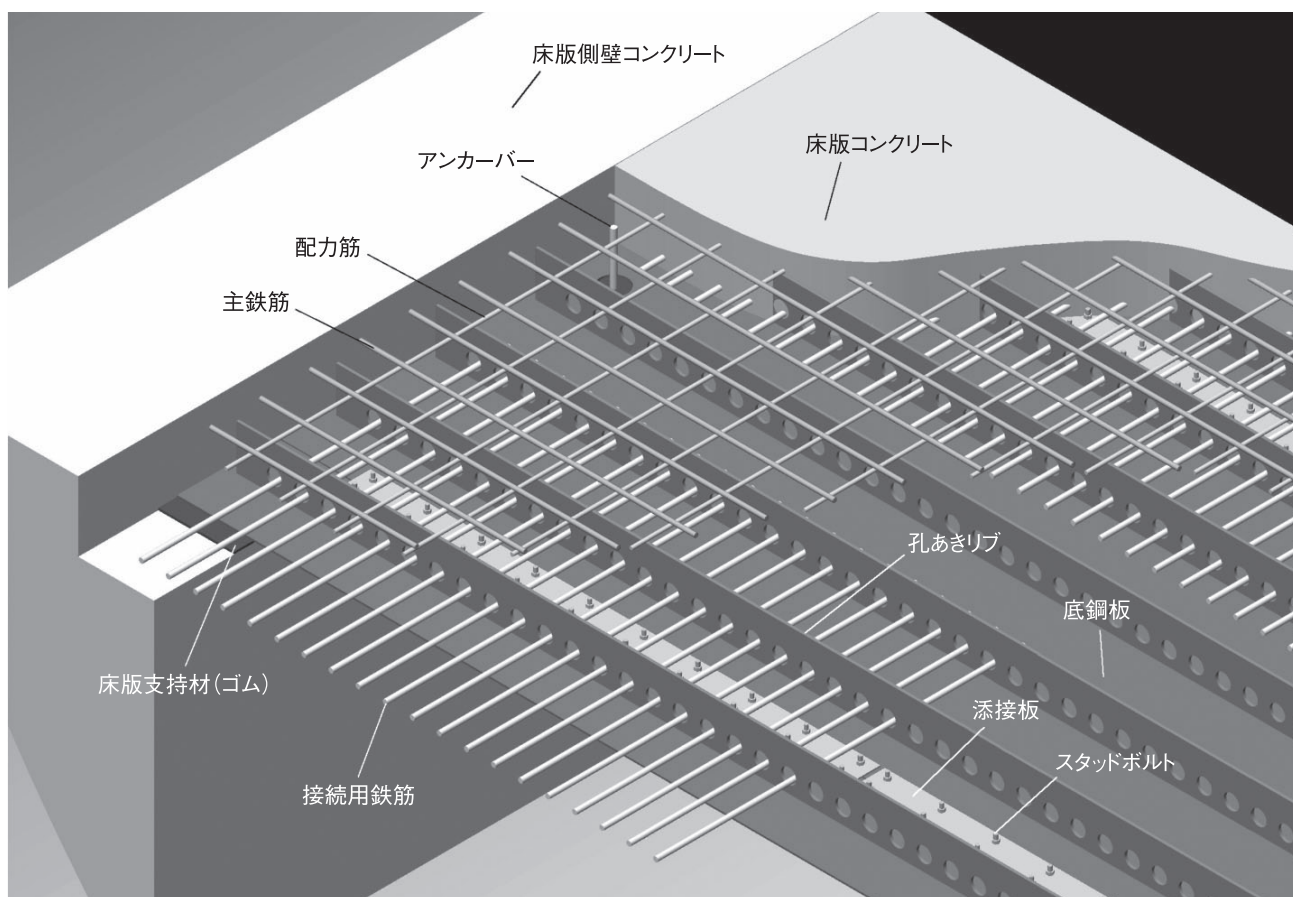


図9 ● 床版構造

4 床版工事

道路床版構造には鋼パネルとコンクリートが一体化された合成床版構造を採用した。本構造は、繰り返し荷重に対するひび割れ抵抗性に優れ、耐久性の高い床版構造である。基本構造を最大支間長8.0mの一径間連続版としており、この合理的な構造の優位性を活かして、シールド掘進との同時施工を行いトンネル全体工程の短縮を図っている（図9）。

5 おわりに

本工事は、平成21年9月からシールドマシンの組立を開始し、同年12月より初期掘進を始めた。平成22年3月からは本掘進となり、現在（本稿執筆時：平成22年10月）3.5km地点を掘進中である。また、床版工事も4月より開始し、現在1.8kmの地点を施工中である。今後とも安全に工事を進め、この重要プロジェクトの成功と早期完成に貢献していきたいと考えている。