

国内最大のシールドマシン 東京外環（関越～東名）事業に使用

四童子 隆・松坂敏博・杉井淳一

東京外かく環状道路は首都圏三環状道路の一翼を担う道路であり、そのうち関越自動車道（以下、「関越道」）から東名高速道路（以下、「東名高速」）までの約 16 km 区間（以下、「東京外環（関越～東名）」）については、国土交通省、東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)の3者が共同で事業を進めている。

本事業の本線の大部分は大深度地下を使用したトンネル構造であり、シールド工法によりトンネルを構築する計画である。

本報では本事業の概要及び本線シールドトンネル工事で使用される国内最大のシールドマシン4機の特徴等を紹介する。

キーワード：首都圏三環状道路，東京外かく環状道路，大深度地下，シールドトンネル，シールドマシン

1. はじめに

首都高速中央環状線（以下、「中央環状線」）、東京外かく環状道路及び首都圏中央連絡自動車道（以下、「圏央道」）で形成される首都圏三環状道路は、都心部の慢性的な交通渋滞の緩和や環境改善を図るとともに、日本の中枢である首都圏の経済活動と暮らしを支える社会資本として、重要な役割を果たす道路である。

その一翼を担う東京外かく環状道路は、都心から約 15 km の圏域を環状に連絡する延長約 85 km の道路であり、現在までに関越道と連結する大泉ジャンクションから三郷南インターチェンジまでの約 34 km が開通している。

関越道から東名高速までの東京外環（関越～東名、図一1, 2）については、平成 21 年度に事業化された。

また、平成 24 年度には、東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)に対して有料事業許可がなされ、国土交通省と高速道路会社の3者が共同で事業を進めている。

平成 26 年 3 月には、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」による大深度地下使用の認可、都市計画事業承認及び認可がなされた。

2. 整備効果

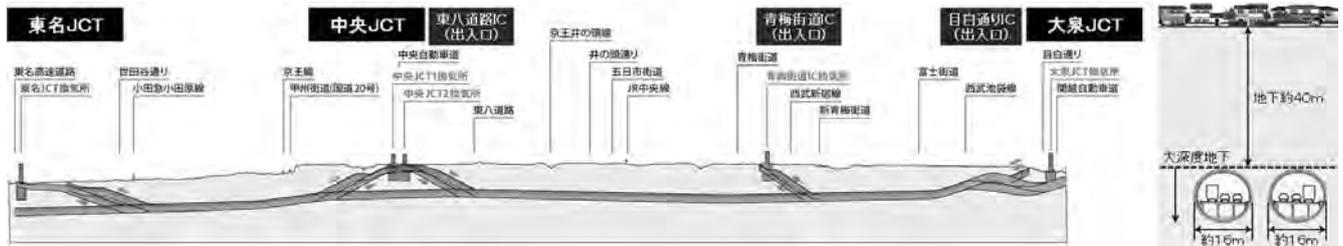
首都圏三環状道路においては、中央環状線が平成 27 年 3 月に全線開通しており、新宿から羽田空港への所要時間の短縮（40 分→19 分）や中央環状線の内側における定時性向上が確認されている（図一3）。

また、圏央道は約 8 割が開通しているが、開通区間



図一1 東京外環（関越～東名）平面図

(※ JCT・IC は仮称・開通区間は除く)



図一 東京外環（関越～東名） 縦断面図及び標準断面図

の沿線では工場や物流施設の集積や製品出荷額の増加が見られている。

東京外環（関越～東名）が整備されることで、羽田空港から関越道方面への所要時間の大幅な短縮や定時性の向上が期待される。その結果、関越道方面の観光地へのアクセス向上や物流の効率化、民間企業の立地促進などにより、首都圏全体の生産性向上にも寄与す

ることになる。

また、東名高速から関越道への所要時間の短縮（約60分→約12分）、東京外環への交通転換による幹線道路の渋滞緩和、道路の適正な機能分担が図られることにより生活道路の安全性向上が期待される（図一4）。

3. 事業の進捗状況

平成 28 年 12 月現在、東名ジャンクション（仮称）では、本線シールドトンネルの発進立坑が完成し、シールドマシンの組立、トンネル掘進に向けた坑外設備工事を実施しており、大泉ジャンクションでは、本線シールドトンネルの発進立坑工事を実施するとともに、工



出典：道路分科会第12回事業評価部会 <使用データ> 車両感知器による平日平均データ
 開通前：平成25年度（平日）
 開通後：平成27年3月10日（火）～平成27年4月7日（火）

図一 中央環状線開通による羽田空港への所要時間の短縮
 【新宿（西新宿 JCT）→羽田空港（空港中央）間】



写真一 東名ジャンクション（仮称）における本線シールドの組立状況
 H28.7月撮影



出典：12分：外環は設計速度にて算出
 60分：H22交通センサスにて算出

図一 東京外環（関越～東名）の整備による
 所要時間の短縮



写真二 工場製作が完了した直径約 16m のシールドマシン
 H28.9月撮影

場でのシールドマシン製作を行っているところである(写真—1, 2)。

また、中央ジャンクション(仮称)では、本線に接続するためのランプ工事及びランプシールドトンネルの発進立坑工事等を実施している。

4. 本線シールドトンネル工事

本線の大部分は、大深度地下を使用したトンネル構造であり、片側3車線のトンネルを国内最大断面の直径約16mのシールドマシンで掘進する計画である(図—5)。これは、これまで国内最大断面であった東京湾アクアラインのアクアトンネルの直径約14mを上回る大きさであり、断面積比で約1.3倍の大きさである。

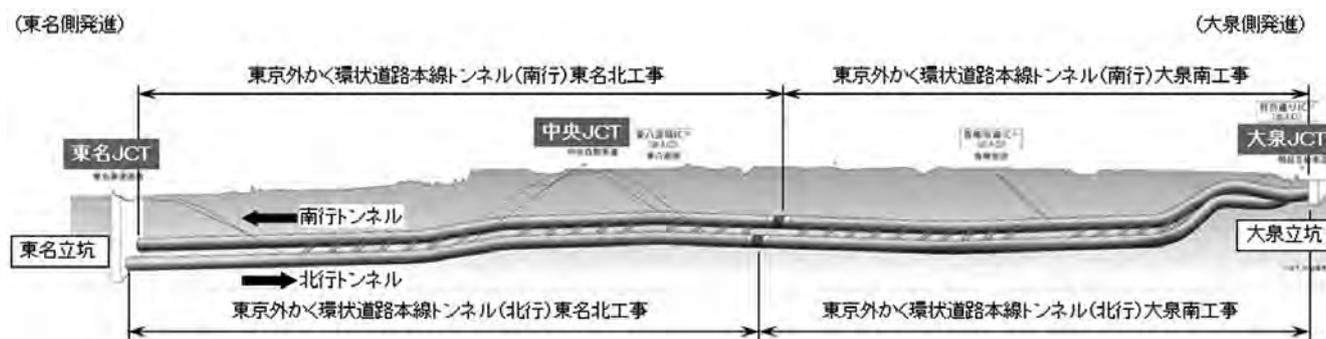
本線トンネルは、大泉ジャンクション方面へ向かう車両が走行する「北行トンネル」と東名ジャンクション(仮称)方面へ向かう車両が走行する「南行トンネル」

」の2本のトンネルを両方向から掘進する計画であり、4つの本線シールドトンネル工事により施工することになる(表—1~5)。

5. 本線シールドトンネル工事のシールドマシン

シールド工法は、シールドマシンと呼ばれる掘削機で地中を掘り進めることでトンネルを構築する方法であり、シールドマシンは、地中深くの水圧及び土圧に対応するため、頑丈な鋼鉄製シールド(盾)に覆われている。

また、シールドマシン内部は密閉された空間となっており、トンネルを掘り進みながら構築する壁面も地下水の流入を防ぐ構造となっているため、施工中及び施工後に地下水への影響が少ないのが特徴である。



(※ JCT・IC は仮称・開通区間は除く)
図—5 本線シールドトンネル工事

表—1 本線シールドトンネル工事の概要

工事名	東名側発進		大泉側発進	
	南行トンネル	北行トンネル	南行トンネル	北行トンネル
工事名	東京外かく環状道路本線トンネル(南行)東名北工事	東京外かく環状道路本線トンネル(北行)東名北工事	東京外かく環状道路本線トンネル(南行)大泉南工事	東京外かく環状道路本線トンネル(北行)大泉南工事
発注者	東日本高速道路(株) 関東支社 東京外環工事事務所	中日本高速道路(株) 東京支社 東京工事事務所	東日本高速道路(株) 関東支社 東京外環工事事務所	中日本高速道路(株) 東京支社 東京工事事務所
施工者	鹿島建設・前田建設・三井住友建設・鉄建建設・西武建設JV	大林組・西松建設・戸田建設・佐藤工業・銭高組JV	清水建設・熊谷組・東急建設・竹中土木・鴻池組JV	大成建設・安藤・間・五洋建設・飛鳥建設・大豊建設JV
延長	9,155 m	9,099 m	6,986 m	6,976 m

(1) 東名北工事（東名側発進）

表-2 東名北工事 シールドマシン（南行）の概要



工 事 名：東京外かく環状道路本線トンネル（南行）東名北工事
 製 作：川崎重工業
 形 式：泥土圧シールド
 規 格：外径 約 16.1 m, 機長 約 15.2 m, 総重量 約 4,000 t
 ビット数：572 本
 （先行ビット 242 本, ティースビット 330 本）
 回転速度：1.00 rpm（最大回転速度）

〈主な特徴〉

- ・外径の直径約 16 m, 掘進延長約 9 km の大断面長距離であり, さらに大深度の洪積地盤を掘削するため, 確実な掘進が可能な「ハイパワー」, 「堅固」, 「シンプル」なシールド構造を基本
- ・ビット摩耗による掘進能力低下対策として, 先行ビット 242 本すべてを何度でも交換できる「リレービット」とすることで, 掘進停止のリスクを回避
- ・セグメントへの負荷を小さくする「中折れ装置」や掘進同時組立を可能とする「ロスゼロシステム」を搭載

表-3 東名北工事 シールドマシン（北行）の概要



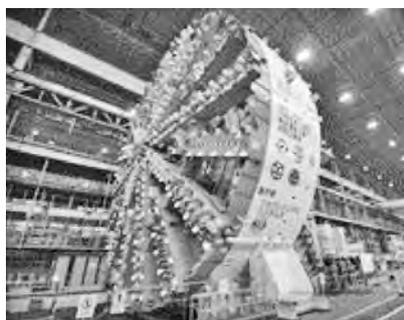
工 事 名：東京外かく環状道路本線トンネル（北行）東名北工事
 製 作：JIM テクノロジー
 形 式：泥土圧シールド
 規 格：外径 約 16.1 m, 機長 約 15.1 m, 総重量 約 3,700 t
 ビット数：1,031 本（先行ビット 382 本, カッタービット 600 本, ナイフエッジビット 43 本, コピーカッター 6 本）
 回転速度：内周約 2.6 rpm, 外周約 1.36 rpm（最大回転速度）

〈主な特徴〉

- ・内周部を最適な速度で回転すると外周部が必要以上に回転し, 膨大な電力消費となるため, 外周部カッターの回転数を抑制する二重カッター方式を採用
- ・外周カッターと内部カッターの回転速度比を 1 : 2 とし, 効率的に掘削することで従来の単一駆動方式と比較し約 30% の消費電力低減が可能
- ・カッタービットには, 靱性が高く衝撃に強い超硬合金チップと硬度が高く摩耗に強い超硬合金チップを組み込んだロングライフビットを採用
- ・掘進同時組立を可能とする「ASCOT」を搭載

(2) 大泉南工事 (大泉側発進)

表—4 大泉南工事 シールドマシン (南行) の概要



工 事 名：東京外かく環状道路本線トンネル (南行) 大泉南工事
 製 作：JIM テクノロジー
 形 式：泥土圧シールド
 規 格：外径 約 16.1 m, 機長 約 15.0 m, 総重量 約 4,000 t
 ビット数：1,008 本 (支障物切削用ビット 247 本, 長寿命化ビット 251 本, メインビット 468 本, 可動式予備ビット 42 本)
 回転速度：0.75 rpm (最大回転速度)

〈主な特徴〉

- ・浅深部の地中支障物に対応するため、金属を切削できる特殊ビットを採用
- ・支障物を徐々に切削できるようにカッターヘッドは中央から5度の傾斜で対応
- ・縦断曲線と平面曲線が複合する複雑な線形への対応として左右1度上下0.5度の「中折れ装置」を搭載
- ・掘進延長約7kmの長距離掘進に対応するため、一般のビットに対し、約3倍の耐久性を有する長寿命化ビットを先行ビットとして装備
- ・大深度高水圧に対応するウレコンやシリコンを使用した4段のテールブラシを採用
- ・スクリーコンベヤーは、止水性を高めるため延長約40mとし、リスク対応として2段階のゲートや20カ所の注入口を装備

表—5 大泉南工事 シールドマシン (北行) の概要



工 事 名：東京外かく環状道路本線トンネル (北行) 大泉南工事
 製 作：JIM テクノロジー
 形 式：泥土圧シールド
 規 格：外径 約 16.1 m, 機長 約 15.2 m, 総重量 約 4,000 t
 ビット数：1,155 本
 (支障物切削用ビット 563 本, メインビット 592 本)
 回転速度：0.86 rpm (最大回転速度)

〈主な特徴〉

- ・浅深部の地中支障物に対応するため、支障物切削用ビット、傾斜型カッターヘッド (5度) 及びカッター高速回転・微速推進機構を装備
- ・一般的なビットの3倍の耐久性を有する支障物切削用ビットにより長距離掘進に対応
- ・大深度高水圧に対応するため、テールシール4段すべてに発泡ウレタンを充填したTLLシールを装備
- ・直径1.5mの超大型スクリーコンベヤーを直列に3基 (約50m) 設置し、3段階の遮断ゲートを配置することで噴発のリスクを低減
- ・高速施工に対応するため、掘進同時組立を可能とする「ロスゼロシステム」を搭載
- ・RCと合成、鋼製セグメント専用の把持装置を上下に配置したツインエレクターを装備

6. おわりに

東京外環（関越～東名）事業は、大深度地下使用法を適用した初の道路事業である。また、国内最大断面であるシールドトンネル工事であり、高度な技術力が要求される事業になる。

今後も、市街地における道路事業のモデルとして、安全性や周辺環境にも十分配慮し、関係機関、有識者、地域の協力を得ながら着実に事業を進めていく所存である。また、東京外環（関越～東名）事業において、得られた技術や経験が今後、国際的にも役立つことがあれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】



四童子 隆（しどうじ たかし）
国土交通省
関東地方整備局
東京外かく環状国道事務所
事務所長



松坂 敏博（まつざか としひろ）
東日本高速道路(株)
関東支社
東京外環工事事務所
事務所長



杉井 淳一（すぎい じゅんいち）
中日本高速道路(株)
東京支社
東京工事事務所
事務所長

