

特集>>> 都市環境向上、都市基盤整備、まちづくり

# 357号東京港トンネル工事報告

## 床版同時施工シールド工法（ボックスダンプ工法）

中津留 寛介

厳しい施工環境（海底下、軟弱地盤、小土被り）の対策として採用した、シールドトンネル切羽にてボックスカルバートのプレキャスト部材を用いて路盤を構築し、坑内の資機材搬入を車両（ダンプトラック）で行う『ボックスダンプ工法』（以下「本工法」という）の施工実績について報告する。

**キーワード：**大断面、地上発進、小土被り、海底下、軟弱粘性土、プレキャスト路盤

### 1. はじめに

一般国道357号東京港トンネルは、東京都品川区東八潮（台場側）から八潮2丁目（大井側）を結ぶ首都高速湾岸線東京港トンネルに並行した第3種1級の一般国道であり、357号東京港トンネル工事は、羽田方面行きのトンネル整備事業である（図-1）。

本工事は、2012年9月よりシールド機組立及び発進準備工、同年12月より地上発進によるシールド掘進を開始、2013年10月に到達し、2014年3月に完了した。



図-1 東京港トンネル位置図

### 2. 工事概要

#### (1) 全体工事概要

工事概要を表-1、トンネル標準断面図を図-2に示す。

表-1 工事概要

工事名	357号東京港トンネル工事
工事場所	東京都品川区東八潮～東京都品川区八潮2丁目
発注者	国土交通省 関東地方整備局
施工者	鹿島・大林特定建設工事共同企業体
工 期	2010年12月23日～2014年3月31日
工事緒元	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) シールド工法：泥土圧式</li> <li>(b) マシン外径 : 12,200 mm</li> <li>(c) セグメント外径 : 12,000 mm</li> <li>(d) 一次覆工内径 : 11,000 mm</li> <li>(e) 二次覆工内径 : 10,400 mm</li> <li>(f) 工区全長 : 1,880 m (トンネル延長 : 1,470 m)</li> <li>(g) トンネル掘削土量 : 172,000 m<sup>3</sup></li> <li>(h) 主要セグメント : 735 リング RC (幅2,000 mm) : 619 リング 合成 (幅2,000 mm) : 116 リング</li> <li>(i) 平面曲線 : R = 5,000 m (1個所)</li> <li>(j) 縦断勾配 : 最大勾配 i = 40 %</li> <li>(k) 土被り : 30 m ~ 15 m</li> </ul>

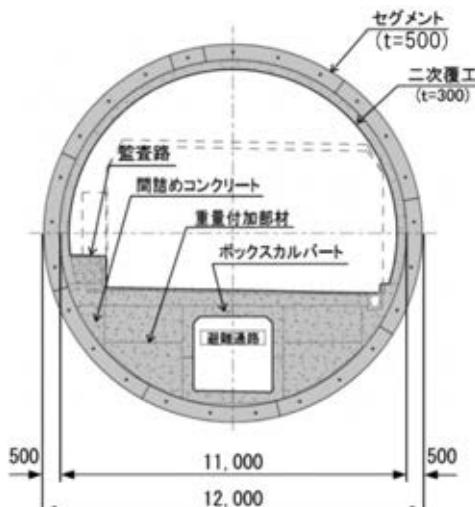


図-2 トンネル標準断面図

時代	地層区分	記号	配色	主な土質名
現世	浮遊層	H	白	ヘドロ 海泥じりヘドロ
	堆土層(岩すき層)	Bf	灰色	岩すき シルト・砂礫
	堆土層	Ts	灰色	砂質シルト 塗泥じりシルト
近世	冲積第1粘性土層	Ac1	白色	粘土 砂質シルト
	冲積第2粘性土層	Ac2	白色	砂質シルト シルト
	冲積第3粘性土層	Ac3	白色	砂質じり粘土 砂質じりシルト
	冲積沙塵層	Ag	白色	砂塵 漏泥じり細砂
	冲積沙塵層粘性土層	Ag-cs	白色	粘土混じりシルト シルト
	冲積沙質土層	Aa	白色	シルト質細砂 シルト混じり細砂
更新世	洪積層	Ds	白色	砂塵
	洪積沙質土層	Ds	白色	シルト質細砂

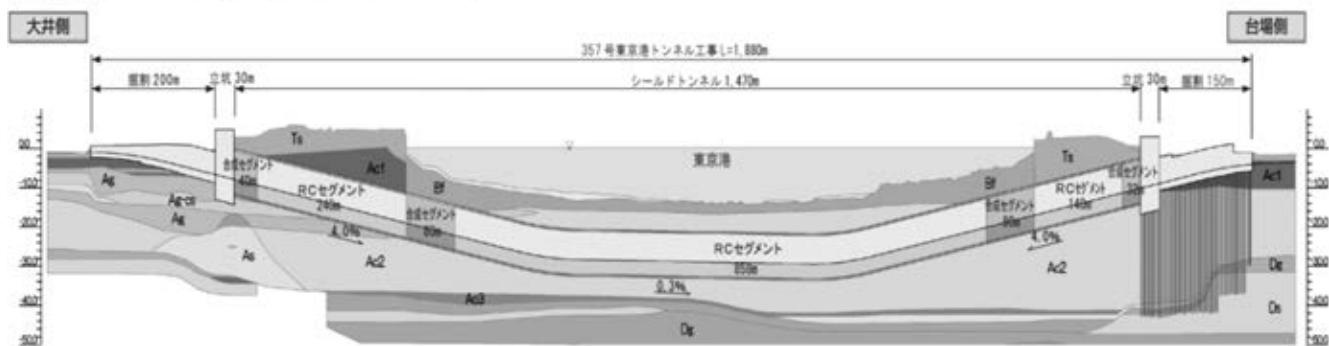


図-3 土質縦断図

## (2) 線形・地質概要

シールドトンネル区間の平面線形は約12 kmが直線、250 mが曲率半径5000 mの緩やかな曲線となっている。縦断線形は両立坑から4 %勾配で下り、海底部は0.3 %勾配となっている。土被り厚は海底部で6 ~ 9 m (0.5 ~ 0.75 D), 立坑付近で最少土被り3 m (0.25D) となっている。

シールドトンネル区間の土質縦断図を図-3に、横断図を図-4に示す。大井側（発進側）陸上部は、沖積粘性土（Ac1）と礫層（Ag）の互層構成で、海底部から台場側（到達側）にかけて、軟弱な沖積粘性土層（Ac2）が主体である。

## 3. 施工計画

### (1) 工事の特徴

本工事の施工計画立案にあたって、特に考慮すべき特徴は以下のとおりであった。

- ①海底下・小土被りの大断面シールド
- ②地質は沖積粘性土主体の軟弱粘性土層

地下水より深い位置のシールドトンネルではトンネル断面に浮力が作用するが、浮力に対してトンネル自重や土被り部分の土砂重量、地山強度により抵抗できればトンネルは安定する。本工事では土被り重量が小さく地山強度が期待できないため、トンネル自重にて浮力を抵抗する必要があり、図-5に示すような重量付加部材（コンクリートブロック）を設置 (100 kN/m) する構造とした。

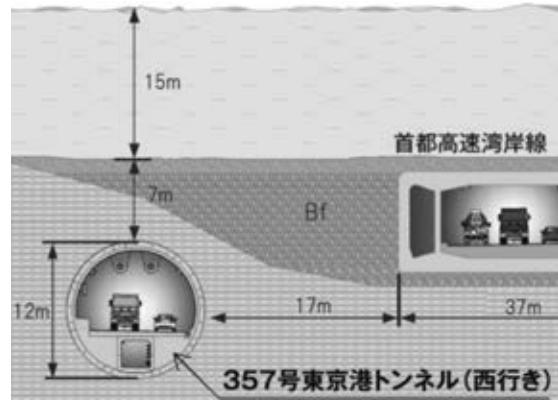


図-4 海底部土層横断図

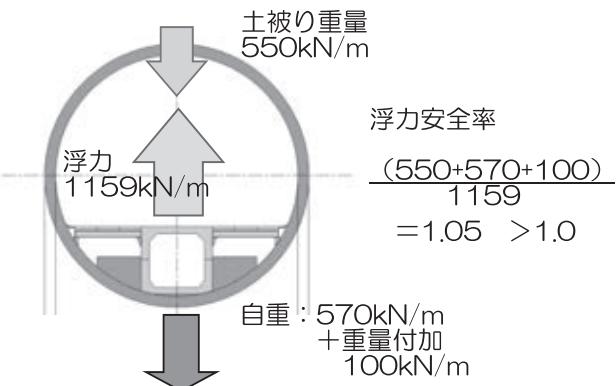


図-5 浮力検討図

本工事では、シールド掘進と平行して二次覆工等の内部構築を施工する計画であった。しかし、路盤となる間詰コンクリートの打設作業が工程及び安全において課題が多いと考え、図-6に示すように路盤高さまでの重量付加部材を設置する構造に変更した。これ

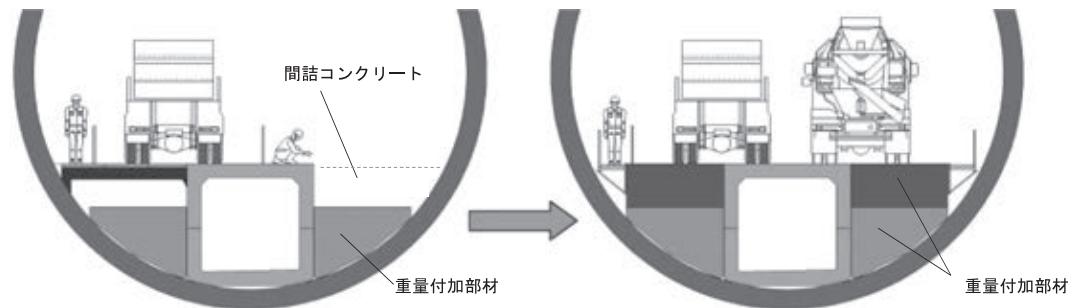


図-6 重量付加部材の形状変更図

により、枕木設置・撤去作業及び大規模な間詰コンクリート作業を省略でき、並行して二次覆工の施工が可能となった。

## (2) 本工法

浮力対策の重量付加部材は、シールド機のすぐ後方で設置するため、設置後は切羽まで路盤ができた状態となっている。さらに本工事のシールドトンネルは図-7に示すように地上発進であり、掘削構造の進入

路を事前に構築することで、地上から車両で直接資材の搬入ができる。これらの利点を活かして、坑内への資機材搬入及び土砂搬出をすべて車両にて行う計画とした。

このように、シールドトンネル切羽にてボックスカルバート等のプレキャスト部材で路盤を構築し、坑内の資機材搬入等を車両（ダンプトラック）で行う工法を『ボックスダンプ工法』と称する。図-8に切羽位置での施工ステップ図を示す。

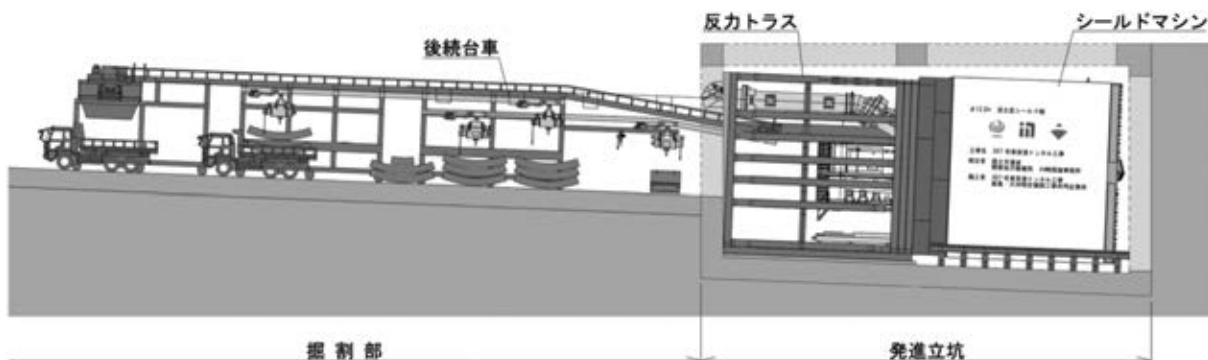


図-7 地上発進概要図

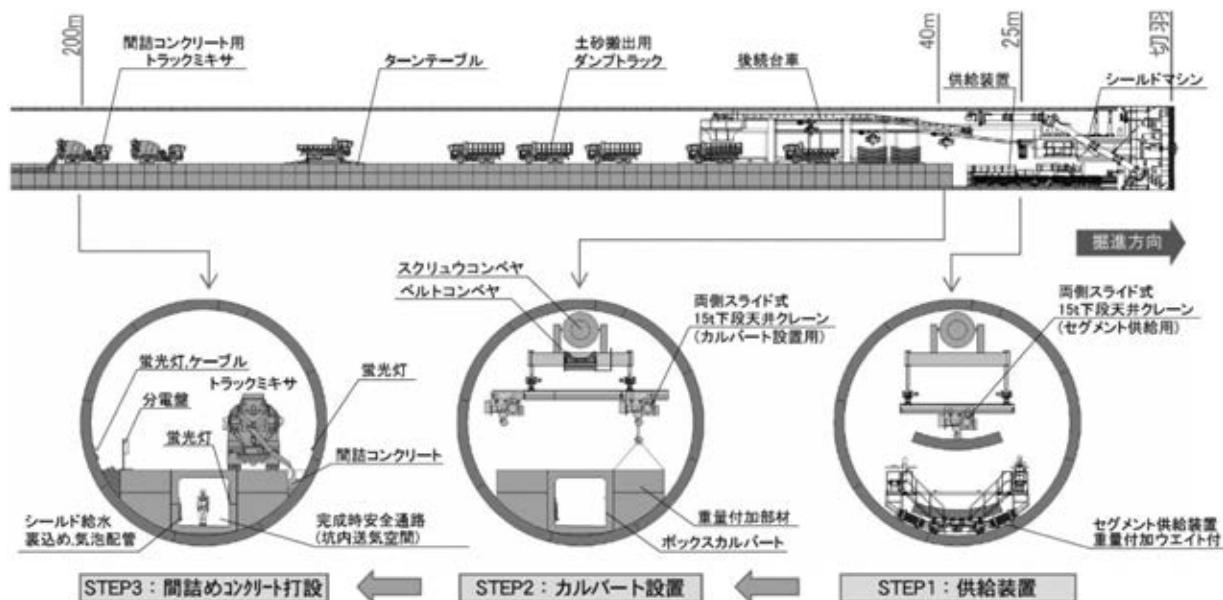


図-8 本工法 施工ステップ図

- この工法のメリットは以下のとおりである。
- ①軌条設備（枕木・レールなど）が不要
  - ②路盤構築はプレキャスト部材組立のみでシールド掘進に影響しない
  - ③土砂搬出設備（ずり鋼車、ベルコンなど）が不要
  - ④故障した場合ダンプなどの入替が容易

### （3）使用機械

#### （a）資材運搬用重ダンプ

切羽へ搬送するセグメント、ボックスカルバート及び重量付加部材は、いずれも幅2 mで重さ10tを超える重量物であるため、山岳トンネル等で使用されている最大積載量27tの重ダンプを使用した。

シールド掘進1リングのサイクルに必要な部材は、セグメント9ピース、ボックスカルバート2ピース、重量付加部材4ピースの合計15ピースとなっている。セグメントは写真-1に示すように2段積み、その他の部材は1段積みで運搬し、約10往復運行することになる。本工事では重ダンプを最大7台使用した。



写真-1 重ダンプ



写真-2 土砂搬出ダンプ

#### （b）土砂搬出ダンプ

シールド掘削土砂は軟弱粘性土であるため、場内の土砂ピットで改質してから場外へ搬出した。坑内から場内土砂ピットへの運搬に用いるダンプトラックは、非常に緩い状態の掘削土がこぼれないよう荷台嵩上げパネルの追加とテールゲートを交換した。それに合わせて、タイヤ仕様の変更などを行い、最大積載重量16.7tに当現場専用に改造した。土砂搬出ダンプを写真-2に示す。

1リングあたりの排土量は地山体積234m<sup>3</sup>であり、1台に7m<sup>3</sup>積載した場合、約33往復することになる。本工事では土砂搬出ダンプを最大14台使用した。

#### （c）移動式ターンテーブル

資材運搬用重ダンプ、土砂搬出ダンプはトンネルの中では反転することができないため、写真-3に示すターンテーブル（積載荷重50t 積仕様）を坑内に設置した。ターンテーブルはシールド機に牽引される後続台車の後方に設置し、掘進に合わせて位置を変えることができる移動式とした。



写真-3 移動式ターンテーブル

#### （d）後続台車揚重装置

セグメントの荷卸し、切羽への供給、プレキャスト部材を設置するため、後続台車に天井クレーン（15t吊）を2基設置した。なお、重量付加部材を設置するためには、クレーン走行レール外側へ張り出して設置する必要があるため、切羽側の1基は横行ガータを張り出すことができる張出式クレーンとした（写真-4）。

#### （e）土砂搬出設備

シールド機で掘削した土砂は後続台車上に設置したスイングベルコン（430m<sup>3</sup>/h）を介して、土砂ホッパー（15m<sup>3</sup>）2基（写真-5）に運ばれ、ホッパー下に待機している土砂搬出ダンプに積込みを行った。



写真一4 後続台車天井クレーン



写真一5 土砂ホッパー

#### 4. 施工実績

本工法の施工における課題は、以下のとおりであった。

- ①シールド機と連動して移動する天井クレーンを使って、ボックスカルバートと重量付加部材の設置作業を掘進サイクル内に完了させる方法
- ②土砂搬出やセグメント等の運搬を行う坑内ダンプトラックの安全管理と運行管理方法

ボックスカルバートと重量付加部材の設置に、掘進開始当初はクレーン操作に慣れていないこと、ならびに4%縦断勾配での据付であったため、60分以上要したが、吊治具の改善と作業の熟練により45分で設置完了できるようになった。その結果、掘進期間中にプレキャスト部材の設置待ちによる掘進停止は無かった。

土砂運搬や資材運搬は、あらかじめ坑内交通シミュレーションで算出した必要ダンプ台数で、計画どおりの運行管理を行うことができた。表一2に掘進サイクルと坑内運行サイクル実績を示す。

さらに坑内作業が切羽に集中しているため、ダンプトラックが運行している箇所での作業がほとんどなく、歩車道分離を確実に行うことができた。

シールドの最大掘進量は日進20m(10リング)、

表一2 掘進サイクルと坑内運行サイクル

作業 \ 時間(分)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
掘進	掘進 60分)									
組立	ボックスカルバート		重量付加部材			セグメント組立(40分)				
残土搬出	33台(12台×275回転)									
次R ボックスカルバート運搬	2台									
次R 重量付加部材運搬							4台			
次R セグメント運搬									4~5台	

表一3 本工法の長所と短所

項目	長所	短所
Q(品質)	・プレキャスト部材を使用する為、品質のバラツキが少なく、組立精度が良い	・プレキャスト部材の為、現地での加工が困難
C(コスト)	・設置労務費、機械費は減少	・材料費は増加
D(工程)	・設置が早く、後工程が少ない ・坑内に特殊機械が要らない(故障リスク、メンテナンス減少) ・土砂搬出設備等の設置撤去工程を短縮	・無し
S(安全)	・組立作業員が少人数 ・作業場所が限定 ・各設備の設置・撤去等の危険作業が少ない	・大型重量物の揚重作業が発生 ・坑内運行車両の増加
E(環境)	・ボックスカルバート内を風管として利用でき、切羽先端に送気可能 ・連続ベルコンを使用するより坑内の粉じんが少ない	・坑内運行車両増加の為、排ガス対策が必要

月進338m（2013年7月）と当初計画のペースを実現でき、約10か月のシールド掘進期間において本工法にかかる機械の不具合による掘進停止は無かった。

## 5. 実績の評価

本工事において、海底下・小土被りによる浮力安定性確保が課題であったが、本工法により、確実にトンネルを安定させながらシールド掘進を完了することができた。本工法の長所、短所を項目に分けてまとめると表-3のようになる。

## 6. おわりに

今回は、プレキャスト部材を多く使用し、特殊な機械を使わずに工事のシンプル化、パターン化を図ったことで、本工法ボックススタンプ工法を採用したが海面下・小土被り区間という特殊な施工環境下でも不具合無く計画どおりに掘進を完了することができた。

本報告が類似のトンネル工事の施工に多少なりとも参考になれば幸いである。

J C M A

### [筆者紹介]

中津留 寛介（なかつる かんすけ）  
鹿島建設株  
機械部 技術3 グループ  
課長

