

# 国道交差点直下の地下鉄駅下におけるPC-ボックス通路の建設 —東京メトロ丸ノ内線新大塚駅火災対策連絡通路—

Construction of a PC-box Corridor beneath Subway Station Directly under a National Highway Intersection :  
Tokyo Metro Marunouchi Line Shin-Otsuka Station Fire Protection Walk-through

高橋 直樹*1	郡山 剛*1
Naoki Takahashi	Tsuyoshi Kooriyama
永野 愛*2	浜川 耕治*2
Itoshi Nagano	Kouji Hamakawa

## 要旨

本工事は、平成 15 年 2 月に発生した韓国テグ市での地下鉄火災を踏まえて改正された「地下鉄道の火災対策新基準」に伴い、火災発生時の 2 方向目の避難通路を確保するため、上下線のホームを接続する地下連絡通路新設工事である。当駅は、国道 254 号線直下に位置する相対式の駅であり、交通量が多い六叉路交差点にある。本報告は、地下鉄営業線及び路上への影響を最小限に抑え、早期に 2 方向目の連絡通路を確保するための掘削・躯体構築工事の紹介である。  
キーワード：地下鉄火災 地下連絡通路 六叉路交差点 PC-ボックス BCCS工法

## 1. はじめに

東京メトロでは現在、9 路線 179 駅 195.1 キロの総延長を有した鉄道路線を営業している。このうち、丸ノ内線は池袋駅～荻窪間 27.4 キロ(中野坂上～方南町含む)を営業路線としているが、新大塚駅については、1951 年 4 月に開業しており 60 年経過している駅である。

本工事は、平成 15 年 2 月に発生した韓国テグ市での地下鉄火災を踏まえて改正された「地下鉄道の火災対策新基準」

に伴い、火災発生時の 2 方向目の避難通路を確保するため、上下線のホームを接続する地下連絡通路新設工事である。当駅は、国道 254 号線(春日通り)の直下に位置する相対式の駅であり、交通量が多く、国道・区道の六叉路交差点にある。(図 1)

本報告では、少しでも早期に 2 方向目の通路を確保することと、路上への影響を最小限に抑えるため、工程短縮を検討した連絡通路の掘削・躯体構築工事について報告する。



図 1 施工位置図

\*1 東京地下鉄株 \*2 東京本店 土木部

## 2. 工事概要

工事概要を以下に示す。

工事名 : 丸ノ内線新大塚駅火災対策設備設置新設土木工事

工事場所 : 東京都文京区大塚4丁目地先

工期 : 平成21年1月22日～平成23年5月15日

企業者 : 東京地下鉄(株)

施工者 : (株) 鴻池組

構造形式 : 鉄筋コンクリート構造

(階段部) 幅2.5m、高さ8.8m、延長17.2m

(階段部) 幅6.6m、高さ8.3m、延長11.3m

(通路部) 幅2.5m、高さ3.1m、延長18.2m

主要工事数量は以下のとおりである。

土留め工 : 鋼杭540m、鋼矢板150m

掘削工 : 掘削1,209m<sup>3</sup>、路面覆工184m<sup>2</sup>

薬液注入工 : 二重管複相式 860kℓ

図2に施工計画図を示す。

## 3. 工法検討

### 3.1 地質概要

本工事場所の丸ノ内線「新大塚駅」付近は、東京低地の武蔵野面にあたり、標高は20m程度である。この付近の地層構成は、表部から関東ローム層・本郷層・東京層・江戸川層となる。

今回工事の掘削対象層は、関東ローム層・本郷層であり、特に既設駅舎下部は本郷層とよばれる礫混じり砂質土で含水量の多いルーズな層である。

地下水位はGL-3～4mと高く、掘削時の補助工法として、薬液注入による地盤改良が必要である。特に駅舎下部では

営業中軌道直下箇所であるため、計測管理を実施しながらの確実かつ慎重な施工法が必要となる。図3に土質柱状図および新設躯体断面図を示す。

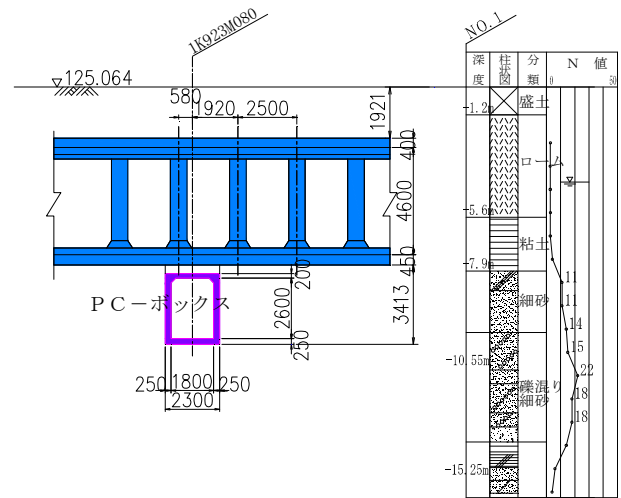
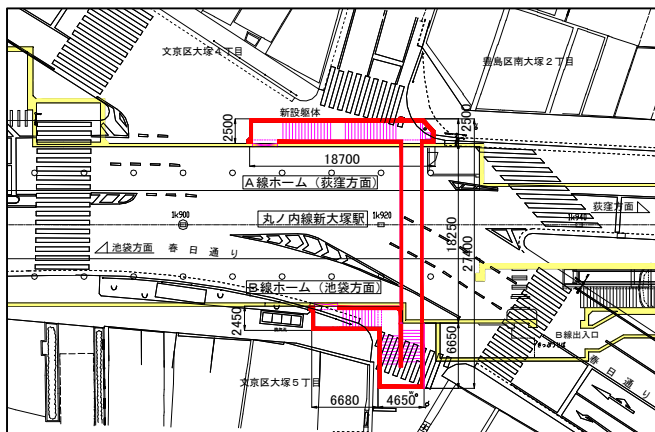


図3 土質柱状図

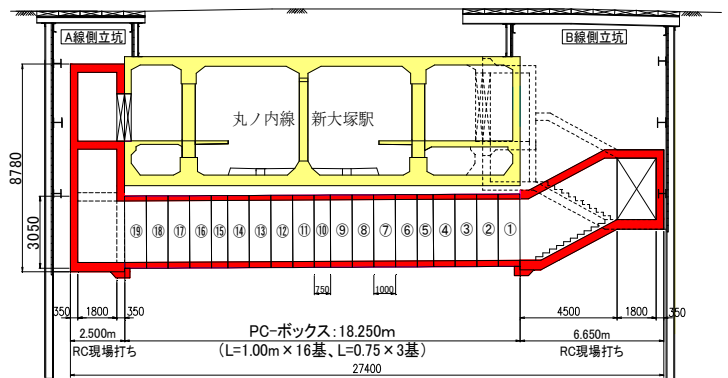
### 3.2 通路構築工法の選定

本工事においては既設駅舎下部を横断する通路部の掘削・躯体構築方法がとくに重要なポイントとなる。施工条件は以下のとおりである。

- ・地上部は、非常に交通量の多い国道・区道の六叉路交差点であり、移設不可能な地下埋設物や架空線が多い。また、工事は夜間に限定される。
- ・既設駅舎は、1951年に比較的土かぶりの浅い位置に開削工法で構築されており、その下部地山は施工時に乱されルーズな状態となっている可能性が高い。
- ・A線(荻窪方面) B線(池袋方面)立坑ともに狭隘なことから工法が限定される。
- ・当初計画の現場打ちコンクリート工法に比較して、工程を短縮する必要がある。



平面図



縦断面図

図2 施工計画図

表1 工法比較検討表

	①掘削(開削)+現場打ちコンクリート	②掘削(開削)+BCCS工法	③函体推進工法
工法概要	・鋼製支柱と木矢板にて支保しながら掘削し、その後基礎コンクリートを打設し、鉄筋・型枠・防水施工を行い、通路を構築する。	・鋼製支柱と木矢板にて支保しながら掘削し、その後BCCS工法用基礎コンクリートを打設し、レールを敷設してから運搬台車を使用し、PC-ボックスを順次運搬・据付て、通路を構築する。	・函体(工場製作品)に刃口を設置し、反力のとれる支圧壁を設置し、推進ジャッキを使用して函体内部を掘削しながら函体を推進して通路を構築する。
施工性	・狭隘な場所での鉄筋・型枠・コンクリート打設・防水作業となる。 ・コンクリートの養生等で施工日数がかかる。	・工場で製作された製品のため、現場打ちコンクリートに比較して高品質である。 ・現場打ちコンクリート構築に比較して工期短縮効果が大きい。	・発進立坑に推進設備(支圧壁、発進架台等)を設置するスペースの確保が困難である。 ・現場打ちコンクリート構築に比較して工期短縮効果が大きい。
経済性	・最も安価な工法である。	・函体推進工法に比べて安価である。	・架台や刃口製作等にコストがかかり最も高価な工法である。
総合評価	○	◎	×

表2 躯体比較表

項目	当初計画	変更計画
コンクリート設計基準強度	24 N/mm <sup>2</sup>	40 N/mm <sup>2</sup>
コンクリート体積	67.5 m <sup>3</sup>	43.4 m <sup>3</sup>
鉄筋	SD345 : D13・D16	SD295A : D10 SD345 : D13・D16
PC鋼棒	—	SBPR1080/1230 : 頂版 SBPR1080/1230 : 底版 SBPR 930/1080 : 縦締
鉄筋量	118 kg/m <sup>3</sup>	102 kg/m <sup>3</sup> (PC鋼棒含む)
施工方法	現場打ち鉄筋コンクリート	プレキャスト
施工日数	40日	10日(製作日数含まず)

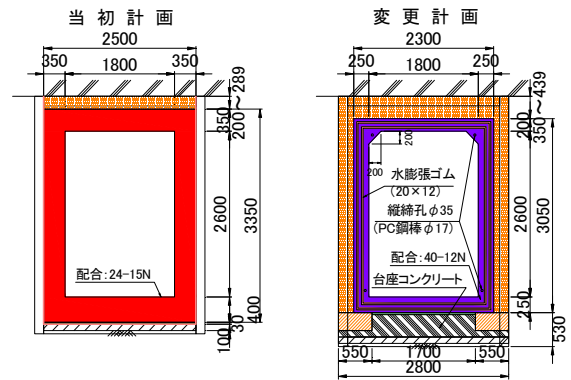


図4 躯体断面図

以下の3工法について比較検討を行い、②工法を選定した。

- ① 開削+現場打ちコンクリート工法  
(当初計画工法)
- ② 開削+BCCS工法
- ③ 函体推進工法

表1に比較検討結果を示す。

- ・開削掘削工法は、山岳トンネル在来工法に類似した工法で鋼製支保工+木矢板側面の土留めを行う。(掘削は、上下半断面に分割したベンチカット掘削工法とし、上下半断面足元にそれぞれストラット部材を設置する。)
- ・躯体構築は、PC-ボックス(工場製作品)を台車に積載して設置するBCCS工法を採用する。

表2に現場打ちコンクリートとPC-ボックスの比較表を、図4に断面図を示す。

### 3.3 BCCS工法の概要

BCCS(ボックスカルバートキャリッジシステム)工法とは、自走式台車を使用して、ボックスカルバートを発進ヤードから移動運搬し敷設する工法である。構造物の直下やクレーンが近寄れない施工上制限がある場所においても作業が行え、上下調整機構と横方向のスライド機構により高い据付精度を確保できる。

## 4. 施工

### 4.1 施工順序

図5に施工順序フローを示す。

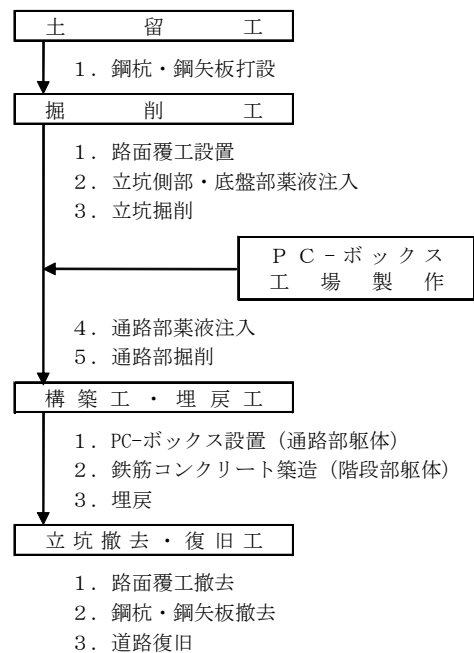


図5 施工順序フロー

## 4.2 施工概要

### 4.2.1 駅舎下部薬液注入

通路部の地盤は、前述のとおり含水量の多いルーズな礫混じり砂質土層である。掘削にともなう周辺地盤および営業中軌道の変位を抑制する目的と掘削補助のため、薬液注入により地盤強化と止水性向上を図った。直上には、既設駅舎躯体があり地下鉄構内作業を減らすために、A線側階段部立坑からの水平注入で施工した。注入仕様については、以下のとおりである。

- ① 注入方式：二重管ストレーナー工法（複相式）
- ② 注入材量：水ガラス系注入材（溶液型有機系）
- ③ 注入率：砂質土 40.5%

営業中の軌道直下での施工であるため、軌道への影響が予想される注入作業は、最終電車通過後から始発までの3時間とし、削孔作業は、影響が小さいと考えられることから電車運行中も行うこととした。施工中計測管理は駅ホーム内から水準測量にて駅舎側壁・中柱・レール上に設けた測点を変位計測した。管理値は、注入時（電車が運行しない時間帯）の一次管理値を3.5mm、二次管理値を5.0mmと設定し、電車走行中の管理値を2.0mmと設定した。以下に述べる対策を講じた。

- ① 吐出量を  $Q=80\text{ l/min}$  と最低レベル吐出量で行った。
- ② 2台の注入機械が干渉しないように施工順序を工夫した。
- ③ 計測値が急激に変化した場合は、管理値を超えなくてもただちに注入を中断し、注入圧を放散させ変位が低下したことを確認後、再注入を行った。

施工した結果、計測値は一次管理値を超えることなく1.5mmの変位（隆起）で完了した。

図6に水平注入計画図を写真1に状況を示す。

### 4.2.2 駅舎下部掘削

駅舎下部の掘削は、在来トンネル工法に類似した以下の順序で行った。施工断面図を図7に、施工状況を写真2に示す。

- ① 高さH=4mの断面を2分割して上下半とし、上半掘削を1m分先進させる。
- ② 上半部で鋼製天端横桁+鋼製側部支柱（上半部 全長×1/2）を1mピッチで建込み、木矢板にて土留めを行う。天端横桁は、上部既設駅舎躯体にアンカーを設置して固定する。  
上半部足元には、木製梁をストラットとして設置する。
- ③ 下半部掘削ののち、側部支柱（全長×1/2）をボルトにて上半支柱と連結して建込み後、足元に鋼製ストラットを設置するとともに、下半部の木矢板土留めを行う。
- ④ 以後①～③の作業を繰り返す。上半と下半のベンチ長は常に5m程度に維持する。
- ⑤ 1日の作業終了時には上半切羽は、木矢板で土留めを行う。



写真1 注入状況

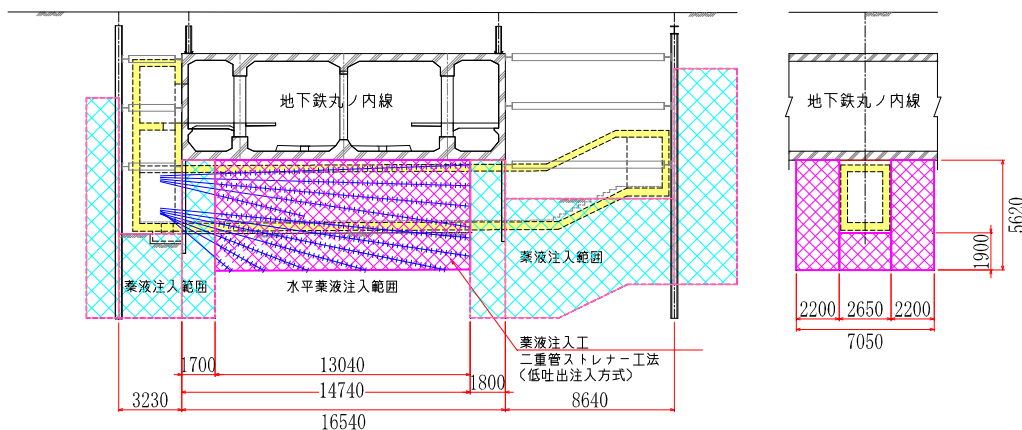


図6 水平注入計画図



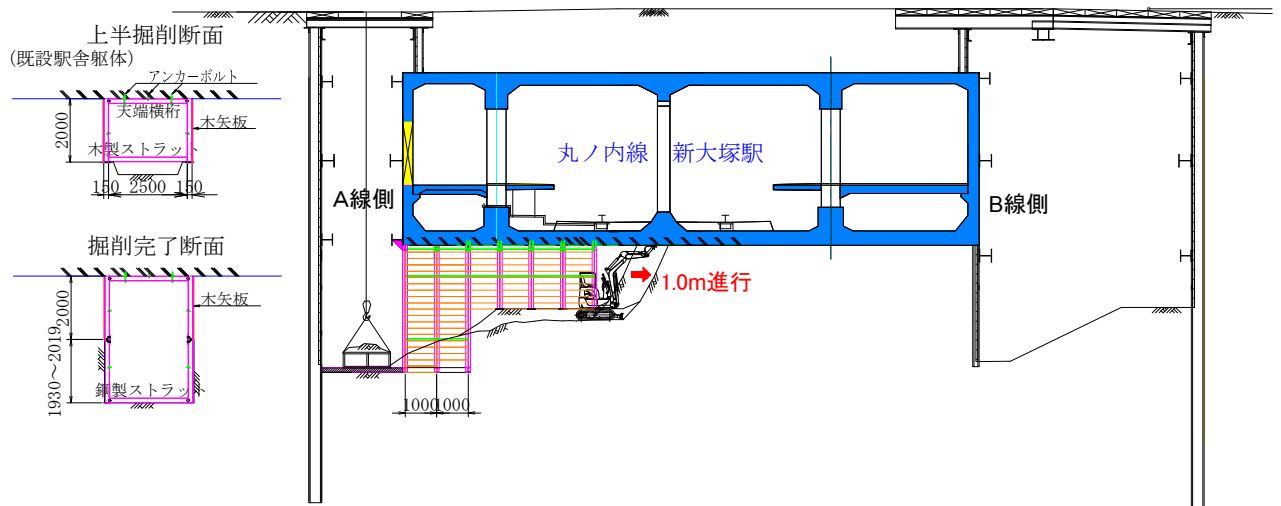


図7 施工断面図

3ブロック設置ごとに躯体間をPC鋼棒φ17×4本で縦締め緊張連結し、連結面は水膨張タイプの止水ゴムを2列施した。全ブロック設置緊張完了後縦締め用シース孔にグラウトを充填しPC鋼棒との空隙をなくし、躯体間の内面ジョイントにシーリング材を用いて目地工を行った。

(3) 充填工

PC-ボックスと基礎敷きコンクリートの隙間は、上部の



写真2 通路掘削状況

4.2.3 PC-ボックスの据付

PC-ボックスの据付は、施工幅(施工スペース左右各100mm)に制限があるため凸型の台座を設置し据付ける工法を採用した。

施工写真を写真3～10に示す。

(1) 準備工

基礎敷きコンクリート完了後、台座コンクリートを設置し、据付台車用レールを設置し走行試験を実施した。

(2) 据付工 (BCCS工法)

PC-ボックスは外寸で幅2.30m、高さ3.05m、1ブロックの長さ1.0m(重量6.0t)と0.75m(重量4.5t)の2種類とした。搬入してきたPC-ボックスを、ラフタークレーンにて開口部から立坑内に投入し、据付台車上に直接降ろす。

据付台車を操作し、所定の位置に横引きし設置する。上下方向の調整は、あらかじめ台座コンクリートに調整プレートを設置し、隙間を敷きモルタルで調整した。横方向の調整は、据付台車のスライド機構により高い施工精度が確保できた。



写真3 台座コンクリート



写真4 BCCS工法運搬据付用台車



写真5 搬入状況



写真8 PC鋼棒縦締め状況



写真6 立坑内投入状況



写真9 充填状況



写真7 台車運搬状況



写真10 通路完成写真

荷重を考慮し1：3モルタルをボックス底版に1.0mごとに設けたグラウト孔から注入した。側部・上部は、充填不良による空隙を考慮し、流動性が高く収縮のない無収縮グラウトをボックス側部・頂部に設けたグラウト孔から注入し充填した。

#### 4.3 施工結果

##### 4.3.1 駅舎下部掘削の影響

直上の地下鉄駅舎への掘削の影響および安全性については、設計時に解析・検討を実施している。検討は、既設躯体(駅舎)および地盤をモデル化した平面骨組解析により、



発生沈下量および応力度を算定している。

図8に検討モデル図および掘削に伴う躯体縦断沈下量を示す。解析結果から、躯体に発生する応力度は許容値以下となり、掘削中心断面における沈下量は1.8mmと、管理値±3.5mm（10mにつき）以下である。

掘削時の躯体沈下量は最大2.0mmとほぼ解析結果と同程度で管理値以下であり、計測管理を行いながら慎重な施工を実施し、無事完了することができた。

### 4.3.2 実施工程

PC-ボックスの据付けは充填工を含めて10日間であった。当初計画の現場打ち鉄筋コンクリート施工（下床：1回/側壁・上床：4分割施工）と比較して30日間の工程を短縮することができた。表3に実施工程表を示す。

## 5. おわりに

本工事は、地上部が交通量の多い国道・区道の六叉路交差点の狭隘な場所で、地下水位も高くルーズな礫混じり砂質土の施工条件が非常に厳しい掘削、躯体構築工事であった。対策としてPC-ボックスの搬入・据付により、高品質の構造物を短期間で安全に施工でき、平成23年5月に無事故・無災害で竣功を迎え、供用が開始されている。

本報告が狭隘な場所における躯体構築の類似工事の参考になれば幸いである。

なお、本報告は、(社)日本トンネル技術協会、(株)土木工学社発行「トンネルと地下 第42巻5号」(pp.25-31)掲載の論文「六叉路交差点直下の地下鉄にPC-ボックス通路を建設」をもとに作成したものである。

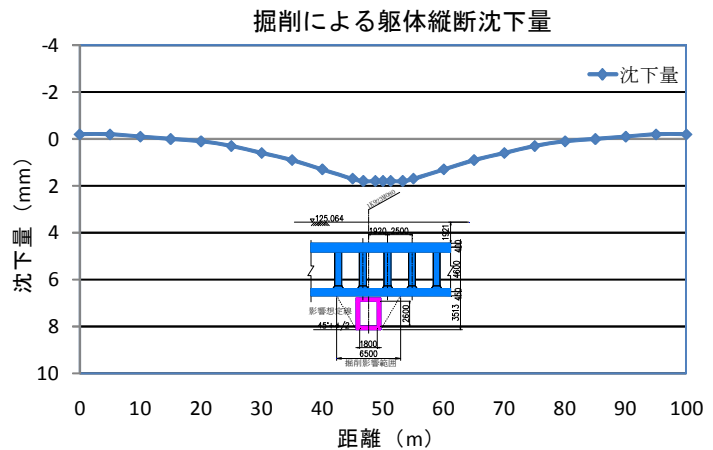
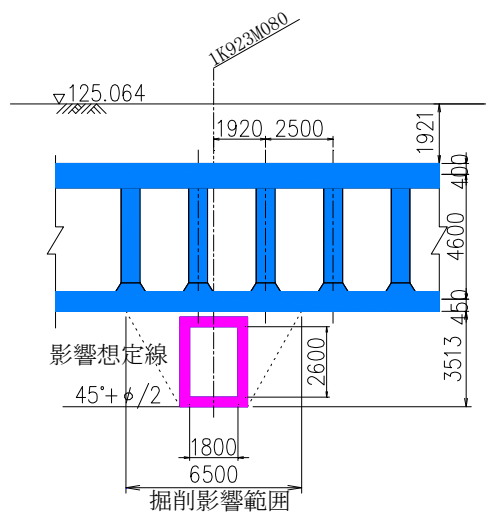


図8 解析モデルと解析結果沈下量

表3 実施工程表

工種	年月日	平成22年																								
		5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月			
		10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	
薬液注入工	駅舎下部				■	■	■	■	■	■																
掘削工	駅舎下部																									
構築工	駅舎下部																									
	駅舎側部																									