

## 小竹向原・千川間連絡線設置工事における 縦長複合円形断面を有するシールドトンネルの施工結果について

東京地下鉄株式会社 改良建設部 第二工事事務所 正会員 ○大槻 あや  
東京地下鉄株式会社 改良建設部 第二工事事務所 正会員 沼田 敦  
東京地下鉄株式会社 改良建設部 改良建設企画課 正会員 長谷 篤  
株式会社熊谷組 有楽町線シールド作業所 山上 亨

### 1. はじめに

東京地下鉄株式会社では、平成 25 年に副都心線と東急東横線・横浜高速みなとみらい線の相互直通運転を実施した。小竹向原・千川間連絡線設置工事は、この副都心線と有楽町線の輸送安定を目的としており、分岐の交差点部を解消するため、新たな運行経路を配線するものである。本稿は、縦長複合円形断面を有するシールドトンネルについて、平成 25 年に供用した都心方面へ向かう連絡線（以下「A 線」）の施工実績を基に、郊外方面へ向かう連絡線（以下「B 線」）を計画し、その結果を比較考察したものである。

### 2. 工事概要

本工事は、小竹向原駅ホーム端部から新木場方へ 375m 離れた位置から千川駅にかけ、全長 425m に渡る改良工事を実施し、両端の開削工区間に連絡線と呼ばれるバイパス線を設置するものである。図-1 に工事概要を示す。この連絡線は都道の下において、有楽町線・副都心線の既設構造物と民地に挟まれた狭隘な空間に施工するため、図-2 に示すように東京地下鉄では初となる縦長複合円形断面を、A・B 線で共に採用した。連絡線は単線シールドであり、平成 24 年 4 月に A 線 175m、平成 26 年 9 月に B 線 145m を泥土圧シールド工法にて施工した。平面線形については、A 線では曲率半径  $R=500\text{m}$  の曲線を有し、B 線では直線のみである。縦断線形については、A・B 線ともに発進部（和光市方）及び到達部（新木場方）において+2‰、中間部にて+24‰の勾配を有する。地質については、A・B 線ともに発進部において段丘礫層を主とし、到達部に向けて砂層を含む地質となる。

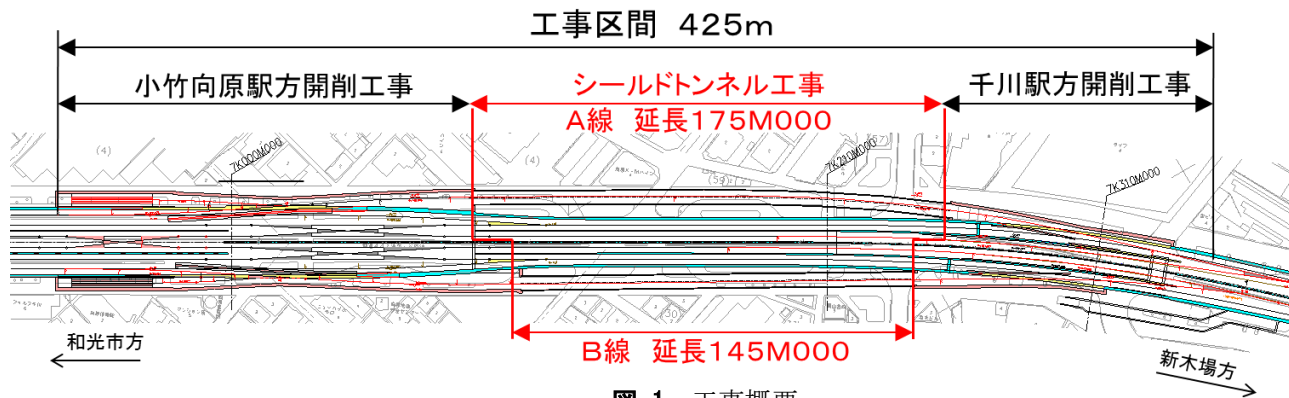


図-1 工事概要

### 3. A線施工実績を踏まえたB線施工時における計画変更

A 線施工時において、縦長複合円形断面を有するシールドトンネル施工では、その断面形状特性により、軸力よりも曲げモーメントが卓越するため、裏込め注入材等の施工時荷重の考慮が必要であることが認識された<sup>1)</sup>。そこで、B線施工では、A 線実績を踏まえ、品質向上を目的とした、以下の計画変更を実施した。

#### (1) 裏込め注入材圧送ポンプ

A 線施工にて採用したスクイズポンプは、裏込め注入材圧送時の圧力に脈動が見られ、瞬間的に注入圧が圧高となる傾向がみられた。B 線施工では、注入圧によるセグメントへの負荷軽減を図るため、定量注入が可能なモノポンプに変更した。

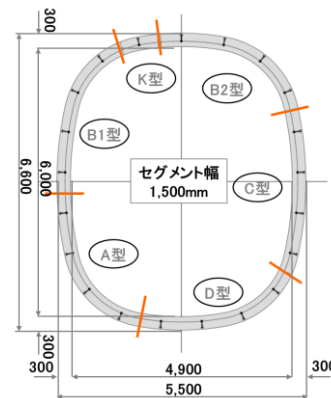


図-2 セグメント形状

キーワード 縦長複合円形断面、現場計測、SB 継手

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄（株）鉄道本部改良建設部 TEL.03-3837-7132

## (2) 裏込め注入管理

30mのトライアル施工区間を設け、路面沈下量とクラックの発生状況の両要素から、最適な裏込め注入量を求めた。注入圧を優先とし、管理上限注入圧は切羽土圧+0.1MPaとした。

## (3) セグメントの配筋

セグメントのひび割れがスプリングライン部にて集中して発生したことを受け、C型セグメントの配筋を変更した。配筋筋間隔を狭くし、鉄筋比を増加させることで、応力の分散を図った。

## (4) リング間継手形状

A線施工時は、ボルトボックスが従来のインサート継手より小型化されたDUET継手を採用したが、ボルトボックスによる断面欠損を生じ、セグメントのひび割れ抵抗性の低下が生じた。そこで、B線施工時には断面欠損抑制のため、ボルトボックスを有さず、増締めが不要であるSB継手を採用し、セグメントのひび割れ抵抗性向上を図った。

## 4. セグメントの挙動計測結果及び考察

B線一部に設置した計測セグメントによる挙動計測結果をもとに、前項における変更点の効果を考察する。

A線施工時及びB線施工時の曲げモーメント図を図-3に示す。曲げモーメントについては、A線47RのC型セグメントは裏込め完了時の約160kN・mに対し、B線37Rでは約100kN・mと低く抑えることができた。また、テールシール接触時から裏込め完了時までの曲げモーメントの増加分について、A線47Rの約100kN・mに比べ、B線37Rでは約50kN・mと低い。このことより、裏込め注入材圧送ポンプの変更により瞬間的な施工時荷重の増加が抑えられたこと、またトライアル施工区間を設けた裏込め注入管理により、施工時荷重のセグメントへの影響が低減できたと考えられる。また、A線施工時に発生したヘアクラックについても、最大幅0.25mmのクラックが全C型セグメントに発生していたのに対し、B線施工時には最大幅0.1mm以下に収まり、本数・長さともに減少する結果となった。これは、セグメントの配筋の変更及びボルトボックスを有さないSB継手への変更を行ったことでひび割れ抵抗性が向上し、応力抑制に寄与したと考えられる。

## 5. まとめ

縦長複合円形断面においては、円形断面とは異なり、軸力が卓越せずスプリングライン部において曲げモーメントの影響が大きく現れ、応力が集中する。そのため、裏込め注入等の施工時荷重については、セグメントの設計段階から考慮し、施工時の掘進管理においても影響を低減する対策をとることが望まれる。

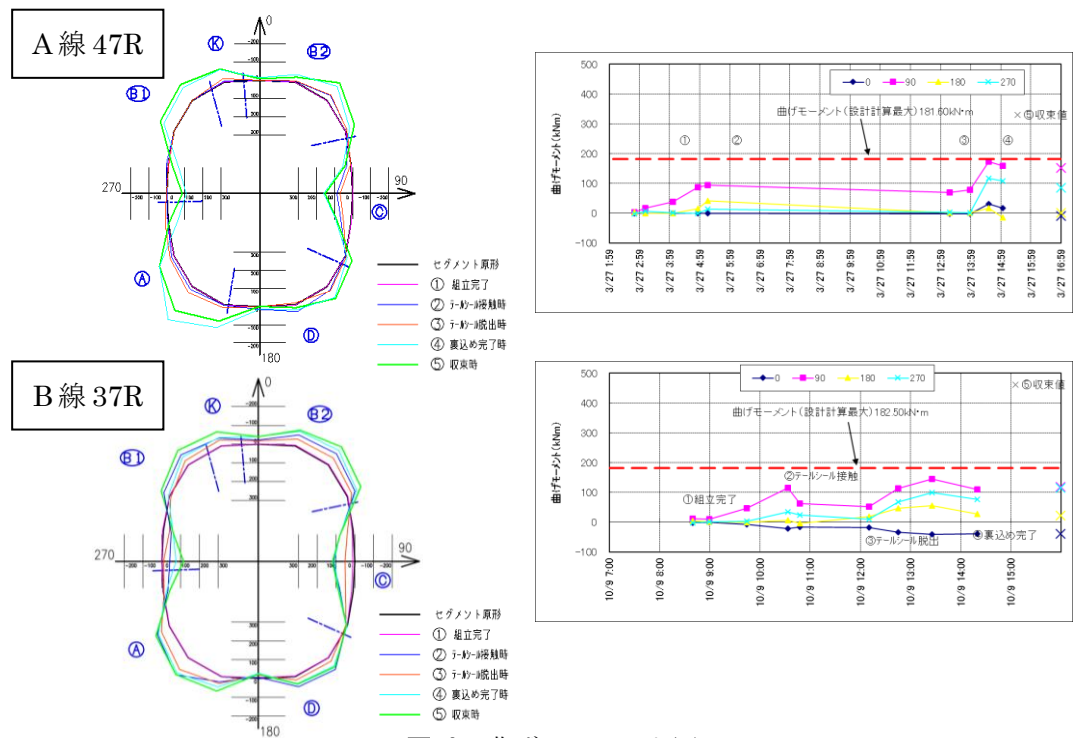


図-3 曲げモーメント図

(単位: kNm 中心方向: 正曲げ 外方向: 負曲げ)

参考文献 1)伊藤 聡, 嶋田 司, 長谷 篤, 斉藤 進, 山上 享: 有楽町線小竹向原~千川間改良工事におけるシールドトンネル施工に関する報告, 第22回トンネル工学研究発表会論文・報告集, Vol.22, 2012.