

# 有楽町線小竹向原・千川間連絡線設置工事における施工時荷重を考慮したセグメント設計

東京地下鉄(株) 正会員 ○長谷 篤 伊藤 聡  
東京地下鉄(株) 嶋田 司

## 1. はじめに

東京メトロでは、東京メトロ有楽町線・副都心線において、安定輸送確保を目的とした平面交差を解消する立体交差の連絡線設置を計画した。図-1に工事概要を示す。このうち、320m (A線 175m, B線 145m) の区間で複合円形断面の単線シールドトンネルを採用し、泥土圧シールド工法にて施工した。

本稿は、平成24年4月に到達したA線175mシールドトンネルの施工において、複合円形シールドトンネルに発生した断面力の計測結果を報告するものである。

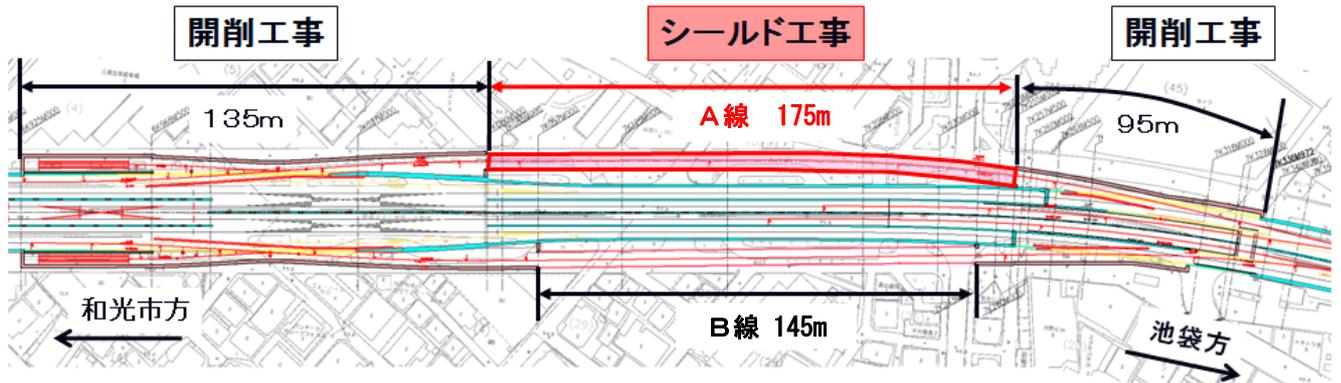


図-1 工事概要

## 2. 施工条件

平面線形は曲率半径 R=500m を 36% (63m) 有し、縦断線形は+2‰の勾配を 35% (始端部 50m, 終端部 11m) 及び+24‰の勾配を 65% (中間部 114m) 有する勾配である (図-2)。

土質は、発進部は全断面が段丘礫層、到達部は段丘礫層 (N 値 40 以上) と東京層砂層 (N 値 50 以上) となっている。土被りは、発進部約 12m, 到達部約 10m であり、地下水位は GL-3.5m 付近に存在する。

## 3. セグメント

セグメントの特徴を図-3に示す。形状は、三つの曲率半径 (R=2000, 5500, 7800) からなる複合円形断面であり、寸法は、外径 W5500×H6600mm, 厚さ 300mm, 幅 1500mm である。また、種類は RC 平板型である。

## 4. 計測方法

計測の目的は、掘進時及びテール脱出時の施工時荷重 (推力, 裏込め注入圧) の作用や通過後の荷重状態の変化による、セグメント本体の周方向・軸方向鉄筋応力を把握することとした。

計測位置は、セグメント 108 リングの内、初期掘進区間の 17, 18R, 本掘進区間の 47, 48R の連続する 2 リングを選定し各区間において計測を実施した。

計測項目は、セグメントリングの周方向及び軸方向鉄筋応力とした。

## 5. 計測結果

17R の曲げモーメント及び軸力の計測結果及び発生状況を表-1, 図-4 に示す。

キーワード シールド工法, 複合円形断面, 現場計測, 施工時荷重

連絡先 〒164-0013 東京都中野区弥生町 5-23-17 東京地下鉄(株) 改良建設部 第二工事事務所 TEL03-3381-6610

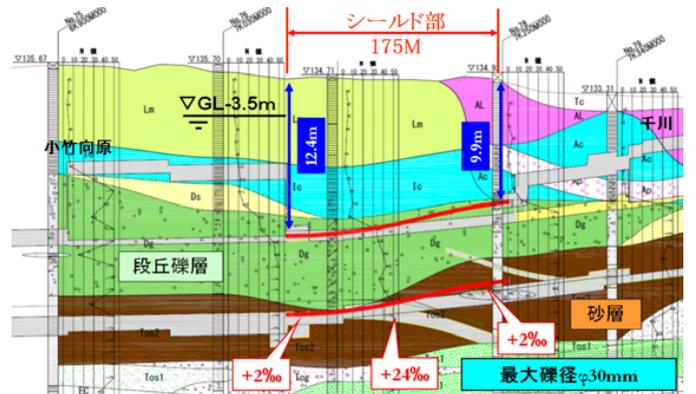


図-2 地質概要

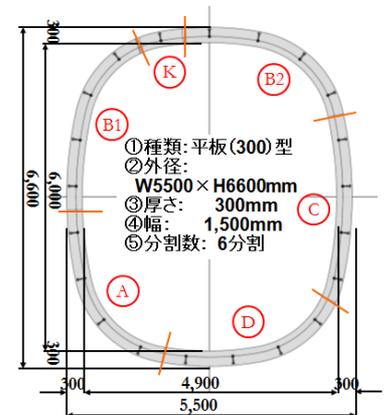


図-3 セグメント形状

また、0°、90°、180°、270°位置においてセグメントに生じる曲げモーメントと軸力の経時変化を図-5に示す。曲げモーメントと軸力測定値は、施工段階②1段目テールブラシがひずみゲージ位置へ進入時に増加後、一旦減少する。その後、施工段階③2段目のテールブラシがひずみゲージ位置を通過し、計測リングが地山に出た後で徐々に増加し、施工段階⑤計測リングより2リング先の掘進終了時にかけて大きくなっている。

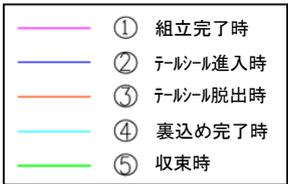
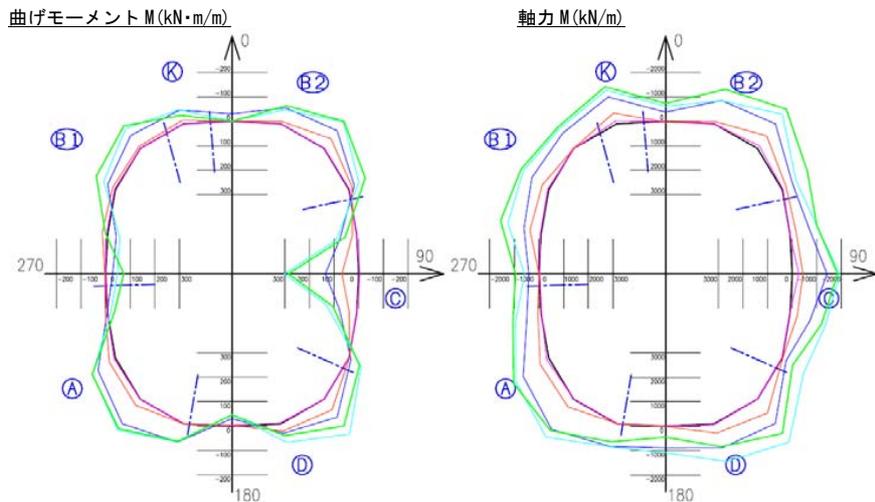
施工段階④裏込め完了時では、90°位置(Cセグメントのスプリング位置)の測定値が、曲げモーメント302.3 kN・m、軸力-1940.8kNとなり、それぞれ最大値を示す結果となった。

設計計算最大値は、曲げモーメント181.6kN・m、軸力-1000kNであるため、いずれの計測値も設計計算値を超えた結果となったが、施工時荷重を考慮した設計計算値とほぼ一致した。

また、90°位置での鉄筋応力測定値の最大は周方向158.6kN/mm<sup>2</sup>であり、許容引張鉄筋応力200kN/mm<sup>2</sup>を下回った。一方、270°位置(B1セグメントのスプリング付近)の測定値は、セグメントの継手が近いため、曲げモーメントは73.8 kN・mであった。

表-1 断面力計測結果(17リング)

施工段階	0°		18°		36°		54°		72°		90°		108°		126°		144°		162°	
	曲げモーメント kNm	軸力 kN																		
①組立完了	0.2	11.4	0.0	1.2	-1.7	-131.3	2.4	-26.7	-0.2	6.0	-4.1	-271.9	0.7	9.6	-0.4	19.9	0.3	-0.3	4.1	-27.8
②テールシル進入時	32.0	-378.7	68.4	-1001.0	89.8	-1247.6	27.1	-498.0	71.7	-803.9	135.6	-1420.9	74.9	-861.6	9.9	-187.7	90.6	-1233.2	-40.4	-1040.8
③テールシル脱出時	-0.6	22.3	10.1	-98.4	48.9	-634.3	16.4	-192.7	17.7	-263.1	68.2	-437.2	31.9	-312.1	2.1	-13.7	54.2	-700.7	31.2	-392.7
④裏込め完了時	-1.7	-618.9	60.2	-996.9	134.4	-1727.4	50.3	-677.6	88.4	-1133.5	302.3	-1940.8	131.8	-1513.7	61.0	-1065.8	176.4	-2180.8	-80.1	-1622.2
⑤収束時	-0.8	-740.8	77.5	-1482.3	137.5	-1991.1	81.9	-1263.2	49.5	-1144.0	285.6	-1848.9	100.9	-1350.7	53.0	-514.8	136.7	-1731.6	50.3	-984.7
施工段階	180°		198°		216°		234°		252°		270°		288°		306°		324°		342°	
	曲げモーメント kNm	軸力 kN																		
①組立完了	4.0	-13.6	-0.2	17.4	-0.5	13.8	7.0	-106.4	-0.5	17.4	-0.8	36.7	4.9	-35.2	3.7	-50.5	-0.2	12.6	0.0	-131.3
②テールシル進入時	31.4	-900.2	78.2	-967.4	124.8	-1525.1	87.5	-1284.3	-4.1	-609.5	28.7	-414.4	36.3	-731.4	-38.0	-843.9	66.0	-767.8	58.6	-1153.4
③テールシル脱出時	2.7	-22.3	-0.3	14.4	31.2	-392.7	30.1	-434.5	10.5	-136.9	3.6	1.3	23.9	-478.2	-14.0	-328.2	9.2	1.0	-15.7	-459.5
④裏込め完了時	47.9	-1087.7	78.3	-988.7	156.5	-1910.5	115.0	-1652.1	12.4	-1097.1	47.9	-581.3	51.2	-1425.3	-58.6	-1284.6	101.4	-994.8	-61.1	-1444.0
⑤収束時	46.1	-452.0	74.9	-769.2	149.4	-1591.8	116.2	-1763.2	28.9	-1209.6	73.8	-954.4	-10.7	-1734.7	95.2	-1400.7	113.9	-1078.7	-36.3	-1594.0



※曲げモーメント図で、中心方向が正曲げ、外側が負曲げを示す。  
※軸力図で、中心方向が圧縮、外側が引張を示す。

6. まとめ

Cセグメントの曲げモーメントにおいては、計測結果から施工時荷重を見込まない設計値を上回ったが、施工時荷重を考慮した設計計算値とはほぼ一致した。断面力については、想定される施工時荷重が、計画通り作用することが判明した。

今回の結果をふまえ、今後予定されるB線側施工においては、複合円形断面の場合曲げモーメントを大きくする方向に作用する裏込め注入時に、必要以上の圧力がかからないよう適切な管理をすることが重要となるため、対策を含め検討したい。

図-4 断面力の発生状況(17リング)

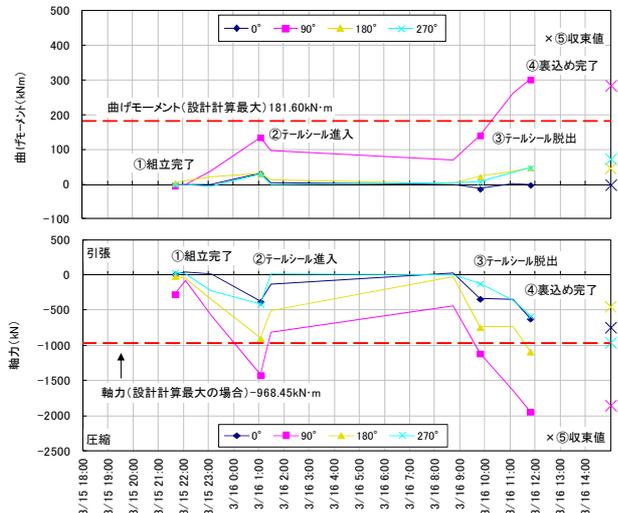


図-5 断面力の経時変化(17リング)

参考文献：土木学会論文集 F1(トンネル工学)特集号 Vol.66, No.1, pp.109-120.