

VI-173

シールドトンネル急曲線部の施工に伴うリング間の挙動の計測について

帝都高速度交通営団 フェー会員 ○石川幸彦
 // 正 会 員 小坂彰洋
 // 村松 泰
 // 橋口弘明

1. はじめに

鉄道用シールドトンネルの平面線形は緩やかな線形が望ましいが、近年においては、土地価格の上昇、民有地下通過の制約等から鉄道の規定で許される最小曲線半径（ $R=160\text{m}$ ）に近い線形でシールドトンネルを施工する場合も発生してきた。このような状況の中で営団は、7号線において施工時における急曲線部のシールドトンネル覆工の挙動並びにシールド機械の計測を実施してきた。今回、これらの計測データを収集し、分析を行ったところ、これらの急曲線部において下記に示す結果が得られたので報告する。これらの結果を今後これらの結果をシールドトンネルの合理的な設計を行うために役立てたいと考える。

2. 急曲線施工区間と計測の概要

営団地下鉄7号線（南北線）は、目黒を起点として北区赤羽岩淵町まで21.6kmの路線である。このうちすでに開業している四ッ谷～赤羽岩淵町13.4km間の急曲線部3区間において施工時における下記計測を実施した。これらの計測場所および曲線概要等について表-1に、また、急曲線部で実施した計測内容について、表-2および図-1に示す。

	曲線半径 (R)	曲線長 (L)	シールド機外径	セグメント外径	セグメント幅
駒込～西ヶ原（西ヶ原シールド）	228m	175m	10.02m	9.80m	1,000mm
飯田橋～後楽園（後楽シールド）	203m	330m			1,100mm
後楽園～東大前（本郷シールド）	180m 165m	185m 120m			1,000mm

表-1

	計 測 内 容	計 測 手 法	箇所数
セグメントリング	①セグメントリングボルト発生応力	ボルト歪ゲージ	
	②目開き測定	リング継手部Ωゲージ	
シールド機械	③ジャッキ推力作用位置	使用ジャッキハーターン	
	④コピ-カッターによる余掘り量	コピ-カッターストローク	

表-2

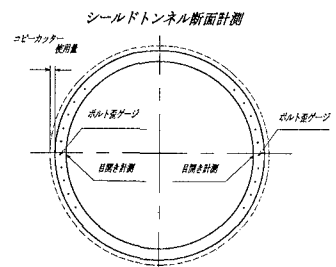


図-1

3. 計測結果

(1)セグメントリング

① ボルトひずみの測定結果（図-2 参照）

リングボルトは、セグメント組立て時にボルトの許容応力度の80%（ $1,200\text{kgf/cm}^2$ ）まで締付けているが、組立て後シールド機械が掘進を再開するとボルト初期締付力は開放（ボルトがゆるむ）される傾向が見られる。

従来、曲線外側のボルトには圧縮力、内側においては引張力が作用するものと思われてきたが、今回の計測値から判断すると、リング全体が圧縮力を受けて曲線内側のボルト応力も低下する。

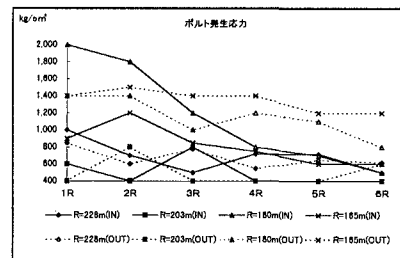


図-2

なお、これらの挙動はセグメント組立て後5～6Ring程度掘進するとおちつく傾向にあるが、ジャッキ推力によるセグメントへの圧縮力は残留している。

② 目開き測定の結果（図－3参照）

目開き測定は、セグメントリング内面側継手部で測定した結果概ね閉じる傾向にあった。

一般には、急曲線部の内側で目開きが生じ、外側では、圧縮力を受けセグメント継手部が閉じる傾向にある。

しかし、本測定結果は、一部分曲線外側内面の目開きが生じたものの、大半は閉じる傾向にあった。

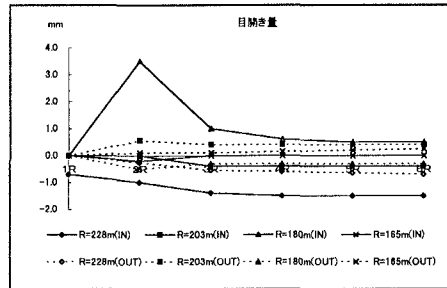
このことは、セグメント桁高550mm（RC）及び350mm（ダクトイル）であるため、ジャッキ推力の作用位置とセグメント重心位置が偏心していることから、曲線外側の内面において局部的な引張力が生じたものと思われることやセグメント外径が9.8mであり、ボルトひずみの測定結果と同様ジャッキ推力が全断面に圧縮力として作用していることを裏付けている。

なお、局部的な目開きに関しては今後さらに追求すべき課題と思われる。

（2）シールド機械の計測

ジャッキ推力の重心位置及び最大偏位については、表－3のとおりである。後楽、本郷シールドでは中折れ型シールド機械を採用したが、一体型に比較してコピーカッター量が少なくなり余掘り量が減少した。

また、中折れ型ではシールドジャッキ推力の重心はセグメントの核の中心に集中する傾向にあり、リング継手の目開き量も少ない。



図－3

	R=228m	R=203m	R=180m	R=165m	直線（参考）	
シールド機械	一体型	中折れ型	中折れ型	中折れ型	中折れ型	
セグメント	中子	ダクトイル	ダクトイル	ダクトイル	中子	
ジャッキ推力の重心位置	すべて核内（全断面圧縮）	すべて核内（全断面圧縮）	すべて核内（全断面圧縮）	すべて核内（全断面圧縮）	すべて核内（全断面圧縮）	
コピーカッター量（mm）	30～65	30～40	20～30	20～30	30～40	20～30
最大偏位	左右	0.36m	0.29m	0.26m	0.7m	0.0m
	上下	0.90m	0.43m	1.40m	0.6m	0.4m

表－3

4. まとめ

これらの計測結果から次のことが言える。

- ① 中折れ型シールド機械を採用することにより、一体型に比べ余掘り量が少なく急曲線部を施工出来た。
また、シールドジャッキ推力の重心がセグメントの核の中心に集中することからセグメント及び周辺地盤に対する影響を極力少なくすることができた。
- ② リングボルトは、急曲線部においても付加軸力を受けない。このことから数量増や断面積及び強度区分のアップを図る必要もなく、一般部と同様の手法で設計して問題はない。
- ③ 従来、急曲線部ではセグメントの一部に過大な引張応力が作用することを想定し、ダクトイルセグメントを用いてきたが、ボルト歪値、目開き測定及びジャッキ推力作用位置の計測結果からR=160m程度の急曲線部では引張力が作用しないことが分かった。このため、今後はRCセグメントを使用し設計を行っても問題はない。

《参考文献》

- 1)横田・岡田・中村 「大断面シールド急曲線施工の挙動測定について」土木学会第46回年次学術講演会