

III-37 S字急曲線シールドトンネルにおけるセグメント挙動の一考察

NTT関西支社 山本貞雄
NTT関西支社 正員 筒井剛史

1. はじめに

近年のシールドトンネルは、用地取得難、交通事情の悪化等から急曲線施工が増加する傾向にあるが、ジャッキ推力の片押しによるセグメント継手部の変形等が問題となっている。

今回、同じ軟弱粘土層を推進する2つの曲線部（ $R=40\text{ m}$ ）について、主桁厚さを変え（14mm、12mm）シールド軸方向の挙動を計測した。本報告は、これらの計測結果と弾性支承上の等価剛性梁として解析した結果について一考察を行ったものである。

2. 工事概要及び土質概要

①. 工事概要

本工事は、図-1に示す土盛り11mの $R=40\text{ m}$ のS字急曲線区間を0.383%勾配で土圧式シールド工法により施工したものである。なお、セグメント外径は、2750mmで諸元は表-1のとおりである。

②. 土質概要

シールド推進区間の土質を図-2に示すが、推進土層はN値2～3の軟弱シルト層である。また、周辺地盤への影響等を考慮して、急曲線区間には薬液注入を実施した結果N値が2から5へ、一軸圧縮強度は、 1.041 kg/cm^2 と改善された。

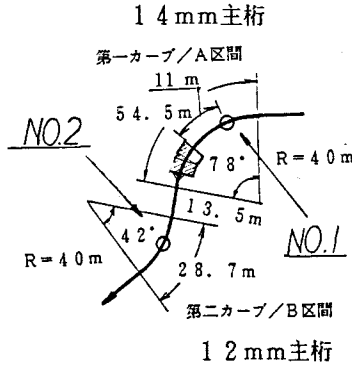


図-1 S字区間の平面線形

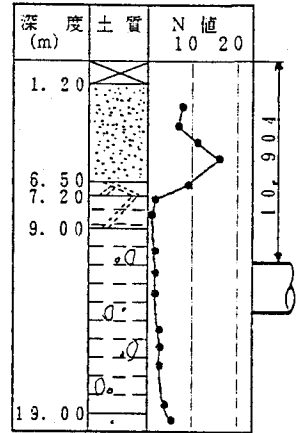


図-2 土質概要

3. 計測概要

計測については、トンネル軸心の移動量、リング継ぎボルトの張力、セグメントに働く軸方向圧縮力、セグメントリング継手の目開き量を表-2に示す計測器を用いて各種計測を行った。また、計測器の設置位置は図-1のNo.1及びNo.2の2箇所、その詳細位置を図-3に示す。

4. 解析方法

図-4に示す弾性支承上の等価剛性梁を解析モデルとし、以下に示す条件により解析を行った。また、トンネル軸心の移動量並びに算出した断面力よりリング継手の目開き量等の算出を行った。

- (1). リング継手部断面においては、弾性変形内とし、圧縮側はセグメント断面で、引張側はリング継ぎボルトで負担するものとする。
- (2). 地盤バネは、薬液注入を考慮し、セグメント先端から4m地点より考慮する。
- (3). 作用軸力は総推力の平均値を用い、作用角度は 2.4° とする。
- (4). 作用曲げモーメントは、使用ジャッキとジャッキ推力及び載荷対象軸からの距離から求めるものとする。

表-1 セグメントの諸元(mm)

項 目	A区間	B区間
セグメント幅	500	
主桁高さ	100	
主桁厚さ	14	12
スクリプト厚さ	3.2	
継手板厚さ	14	12
縦リブ厚さ	8	
主桁本数	2	
T:N	1:1	
リング継ぎボルト	F10TM20	

表-2 計測項目と計測機器	
計測項目	計測機器
トンネル軸心の移動量	レーザートランシット
リング継ぎボルト張力	ボルト軸力計
軸方向圧縮力	歪みゲージ
リング間継手の目開き	目開き計

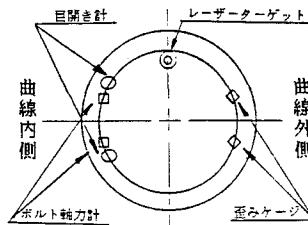


図-3 計測器設置図

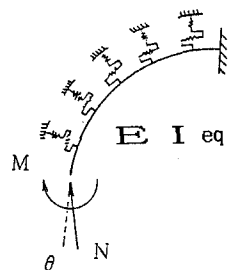


図-4 解析モデル

5. 計測結果及び解析結果

各項目の計測結果と解析結果を表-3に示す。また、トンネル軸心の移動量を図-5、ボルト軸力の経距変化を図-6、リング継手の目開き量を図-7、縦リブ応力の経距変化を図-8にそれぞれ示す。

表-3 各項目の計測結果と解析結果

			軸心移動量			ボルト引張軸力			リング継手目開き量			縦リブ圧縮応力		
			最大移動量 (cm)	発生位置 (m)	収束位置 (m)	最大引張力 (t)	発生位置 (m)	収束位置 (m)	最大目開量 (mm)	発生位置 (m)	収束位置 (m)	最大応力 kgf/cm ²	発生位置 (m)	収束位置 (m)
A区間	14mm	計測値	0.9	0.5	3.0	1.44	5.5	7.0	0.72	5.5	7.0	706.0	7.0	7.5
	主桁	解析値	1.60	0.0	10.0	5.74	5.5	15.5	0.18	5.5	15.5	1678.0	5.5	15.5
B区間	12mm	計測値	2.8	1.0	5.0	4.42	1.0	8.0	2.14	1.0	5.0	1575.0	1.0	8.0
	主桁	解析値	1.65	0.0	10.0	5.58	5.5	15.5	0.28	5.5	15.5	1629.0	5.5	15.5
計測値比 B/A			2.8/0.9 = 3.11			4.42/1.44 = 3.07			2.14/0.72 = 2.97			1575/706 = 2.23		

6. 考察

今回の施工条件においては、次のことが言える。

- (1). 12mm主桁は、14mm主桁よりトンネル軸心の移動量、ボルト軸力、目開き量、縦リブ応力とも大きい。また、最大値の比については、表-3のとおり約3倍程度12mm主桁のほうが大きく発生している。
- (2). 推進の影響は、セグメント先端より約7m程度で概ね収束している。また、目開きの発生時期は、シールドマシンテールの内側か直後と考えられる。
- (3). 目開き量は、主桁、縦リブ、リングボルトからなる格子ばりモデルとして算出したが、計測値のほうが収束値においても大きく発生している。これは、12mm主桁に2.14mmの目開き（3250 kgf/cm²の引張応力度）が発生し、塑性変形をおこしその後0.81mmの目開きが残った。14mm主桁に0.36mmの目開き（720kg /cm²の引張応力度）が発生したが弾性領域であった、0.72mmの目開きは、裏込注入により発生したと考えられる。

以上のように、セグメント主桁の厚肉化の効果は顕著に現れている。また、解析値と計測値の差については、推力の変動やセグメントの組立状況及び裏込注入等によるセグメントの剛性による影響が起因していると考えられる。

7. おわりに

今回、シールド急曲線部において、主桁厚さの違いによるセグメントの施工時の挙動について現場計測を実施し、セグメント主桁厚さが目開き量等に影響を及ぼすことが確認できたと考える。

今後は、施工実態に即した解析モデルを考えて行きたい。

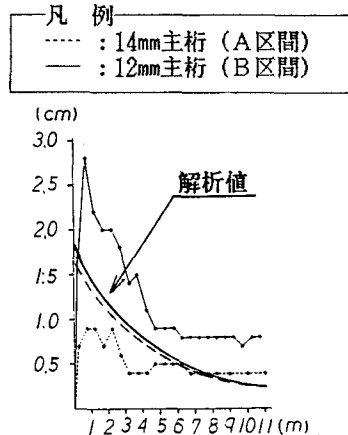


図-5 トンネル軸心の移動量

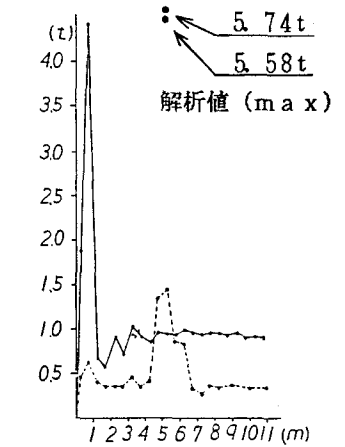


図-6 ボルト軸力の経距変化

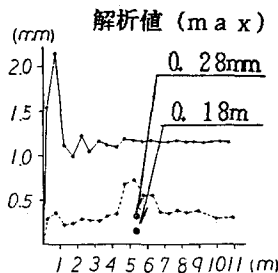


図-7 リング継手の目開き量

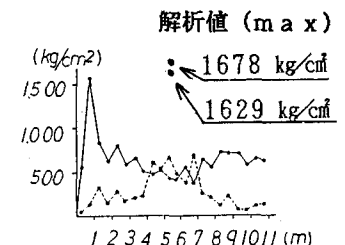


図-8 縦リブ応力の経距変化