

貯留管工事における二次覆工一体型セグメントの施工実績

前田建設工業（株） 正会員 ○佐藤 樹
正会員 四方 康人

1. はじめに

姫路市広畑本町貯留管他建設工事は、姫路市広畑区末広町周辺地域における浸水被害の軽減を目的とした工事であり、仕上がり内径 $\phi=3,200\text{mm}$ の貯留管を延長 $L=1,070\text{m}$ にわたり泥土圧シールド工法によって構築するものである。平面線形は、発進後約 60m で曲線半径 15m にてほぼ直角に曲がり、その後約 640m の直線区間のあと曲線半径 200m の S 字曲線から曲線半径 15m の直角急曲線を経て約 190m で到達する。本工事において二次覆工一体型セグメントを使用した事例について報告する。

2. 二次覆工一体型セグメントの使用経緯

当初設計では、RCセグメント（外径4,000mm、内径3,700mm）による一次覆工後に現場打ちの二次覆工（内径3,200mm）を行う仕様になっていた。しかし、シールド発進立坑箇所埋設されていた水道管の移設に想定以上の時間がかかり全体工程に影響が生じた。また、現場打ちの二次覆工を行う場合、施工条件等に左右され、将来的なクラックや漏水の発生が懸念された。一方、二次覆工一体型セグメント（外径3,700mm、内径3,200mm）を使用すると工場製作により均一な品質が確保されるとともに、施工効率が高まり工期短縮を図ることが可能となる。また、通常はセグメント間やリング間のジョイントはボルトによって締結される場合が多く、内面平滑にするためボルトボックスの穴埋めが必要となる。本工事では内面平滑型のコッタークイックジョイントセグメント（写真-1）を使用してボルトボックスの穴埋めを不要とし、施工効率を高めた。なお、急曲線部ではシールドの掘進方向とジャッキ推力の作用方向が偏心することからシールドトンネルに複雑な挙動が発生し、コンクリート系セグメントではひび割れや欠けなどの損傷が発生する可能性が懸念された。よって、急曲線区間においては、二次覆工一体型セグメントを用いずに鋼製セグメントを採用し、その内面に被覆工（二次覆工コンクリート）を施すことによって必要な防食機能を確保することとした。



写真-1 コッタークイックジョイントセグメント

3. 施工時の留意点

二次覆工省略に伴い一次覆工の防水性を確保するため、セグメントには水膨張性ゴムシール材（ビノンハイドロタイト）を用いることとした。図-1に寸法図、表-1に止水性能の検討結果を示す。これより開き0mm時のシール材圧縮率（最大圧縮率） $\leq 50\%$ 、シール材断面積/シール溝断面積 ≤ 1.0 、設計目開き時シール材の推定圧縮応力 $>$ 必要接面圧を満たしており、十分な止水性能が確保されているといえる。

止水条件 $\Rightarrow$ 推定圧縮応力 $P_s >$ 必要接面圧 $(= \gamma \times P_w)$
 γ : ガスケット係数(0.5) P_w : 設計水圧

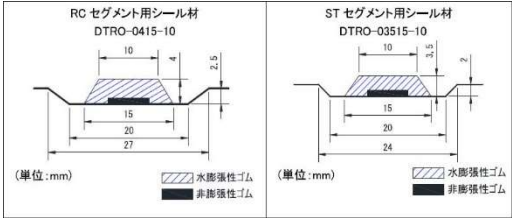


図-1 セグメントシール寸法図

表-1 止水性能の検討結果

		目開き量 (mm)	目違い量 (mm)	設計水圧 (MPa)	必要接面圧 (MPa)	推定圧縮応力 (MPa)
RC セグメント	施工時	1.0	3.0	0.35	0.175	0.82
	供用時	2.0	3.0	0.15	0.075	0.29
ST セグメント	施工時	1.0	3.0	0.35	0.175	1.02
	供用時	2.0	3.0	0.15	0.075	0.37

キーワード 二次覆工一体型セグメント、泥土圧式シールド工法、急曲線、コッタークイックジョイント、
連絡先 〒541-8529 大阪市中央区久太郎町 2-5-30 前田建設工業(株) 関西支店 土木部 TEL06-6243-2383

表-2 曲げ試験結果

		荷重(kN)		曲げモーメント(kN・m)		安全率
		計算値	実測値	計算値	実測値	
①単体 曲げ試験	ひび割れ発生	-	139.2	-	47.3	2.8
	設計値	140	-	47.5	-	
	破壊値	295	433.3	93.2	134.1	
②継手 曲げ試験	ひび割れ発生	-	78.8	-	56.0	2.6
	設計値	26	-	28.5	-	
	破壊値	79	115.2	55.9	74.7	

表-3 耐力試験荷重値

		荷重(kN)
③ジャッキ 推力試験	許容耐力	800
	耐力	1200
④吊り手金具の 引抜き試験	引抜き許容耐力	70
	引抜き強さ	105

4. セグメント性能検査

セグメントの性能検査として①単体曲げ試験, ②継ぎ手曲げ試験, ③ジャッキ推力試験, ④吊り手金具引抜き試験を行い, 品質確認を行った. 表-2, 表-3 にそれぞれ結果を示す. ①, ②の曲げ試験において施工に必要な十分な強度と安全性について確認できた. ③, ④においてはそれぞれ許容耐力の 1.5 倍の荷重を載荷したが異常は見られなかったため, 十分な耐力が確保できているといえる.

表-4 セグメント数量表

種類	タイプ	外径 (mm)	幅 (mm)	数量 (ring)	適用
二次覆工 一体型RC	標準型	3700	1000	889	
	標準型	3700	1000	4	ジョイント
	テーパ型	3700	1000	38	蛇行修正用
	テーパ型	3700	1000	48	テーパ量26mm

5. 施工実績

二次覆工一体型セグメントを使用するにあたり, 一次覆工の線形確保がより重要となるため, 蛇行修正用の左右テーパ型セグメントを全数の 3.8% 製作し, 表-4 に示す数量の割り付けで施工を行った(テーパ型の数量は曲線半径 R=200m 区間使用分を含む). また, 線形管理システムでの線形シミュレーション及び自動測量による線形出来形管理を内包したジャッキ圧力自動制御システムを使用して, シールドマシンの位置をリアルタイムに把握しながら掘進を行った. ジャッキ圧力自動制御システムにより個々のジャッキ圧力が自動で調整されジャッキの偏荷重がなくなることで, シールドマシンが的確に掘進方向に進むように推力が作用し, 方向制御の精度が高くなった. また, 自動測量と坑内測量の結果を基に線形シミュレーションを行い, 最適な掘進計画とセグメント割り付けを決定することができ, 高精度に平面縦断線形を確保することができた. 図-2 に 1,050R ~ 1,215R のセグメント蛇行量の実測値を示す. 社内基準値である±40mm を超えることなく左右+15mm, 上下-2mm で到達することができた.

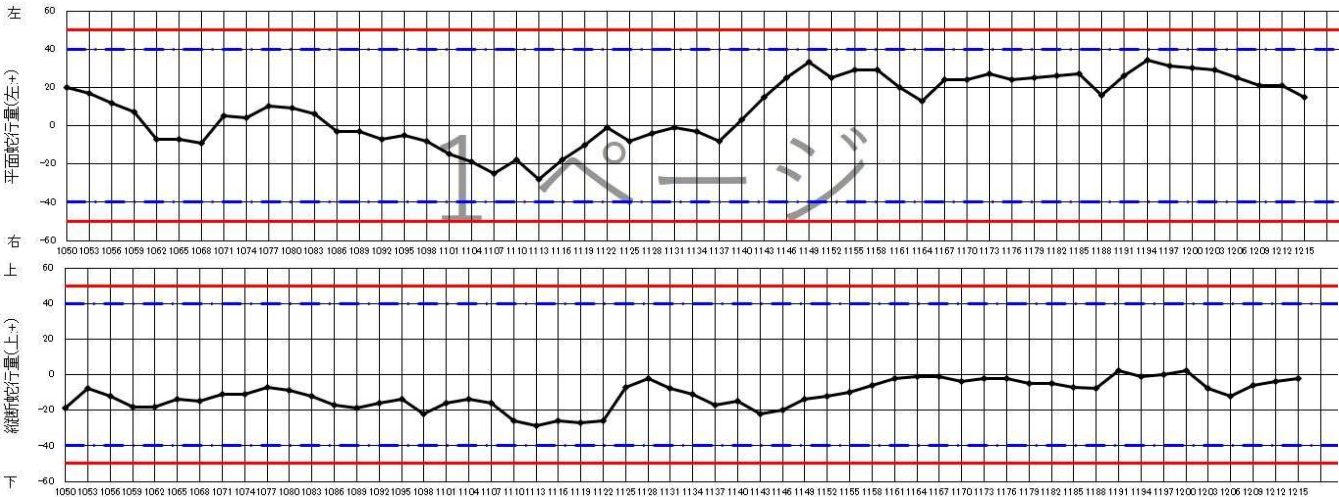


図-2 1,050R~1,215R の蛇行量 (縦断・平面)

6. おわりに

本工事は 2022 年 5 月より初期掘進を開始し, 2023 年 1 月に到達を迎え, 同年 3 月より鋼製セグメント部の二次覆工の施工を行っている. 懸念されていた工程の遅れは, 二次覆工一体型セグメントを採用したことにより約 2 か月短縮することができた. 今後も竣工に向けて品質を確保した施工を行っていく.

参考文献

松浦将行 他 二次覆工一体型セグメントとその標準化トンネル工学研究論文・報告集第 12 巻, 2002 年 11 月