

最大土被り 30.3m の超軟弱粘性土における河底横断小口径シールド工事

東京ガス(株) 徳山 哲也 佐藤 誠 稲垣 敏志
 銭高組 黒川 洋助 ○正会員 中筋 智之

1. はじめに

「東京ガス(株)・陸揚 GS～錦糸町ライン砂町運河横断工事」は、メタンを多く含み N 値が 0～2 の有楽町層下部(沖積層粘性土)の最大土被り 30.3m の位置に、延長 194.4m の鞘管として鋼製セグメント(外径 1670mm)を築造し、内側に中圧ガス管 750A を敷設する工事である。鞘管築造方法として、推進工法とシールド工法の比較を行い、止水・精度の確実性、夢の島大橋橋脚への影響を考慮して泥水式シールド工法を適用した。また、切羽前方のメタン検知装置、シールド直接発進・到達が可能な SEW 工法を適用した。

本報告では当工事の内、特にガス管の鞘管築造方法の選定および掘進完了までの施工結果を報告する。

2. ガス管の鞘管築造方法の選定

ガス管 750A の鞘管築造方法選定にあたり、有楽町層下部でのシールドトンネルの現場計測結果から全土被り分の土圧・水圧の約 60% が計測された*)ことから、設計用土圧・水圧を安全側に全土被り分として、合成鋼管・ダクトイル管を用いた泥水式セミシールド工法の一般工法・推力低減が可能な工法、鋼製セグメントを用いたシールド工法で試設計を行った。その結果を表 - 1 に示す。推進工法では、管底での静水圧が約 300 kPa であるのに対して合成鋼管(継手は W ジョイント)の耐水圧は 200 kPa、ダクトイル管では 2.45MPa であり、いずれの管も計

表 - 1 「砂町運河横断工事」ガス管鞘管の築造法選定表

工法		推進工法			泥水式シールド工法
		泥水式セシールド (一般)	泥水式セシールド(推力低減)		
管種		合成鋼管	合成鋼管	ダクタイル管	鋼製セグメント
設計用土圧・水圧(頂部)		520.6 kN/m ²			
内径		1350 mm	1350 mm	1350mm	1364 mm
外径		1780 mm	1780 mm	1780mm 程	1670 mm
継手シール材耐水圧		200 kPa	200 kPa	2.45MPa	600 kPa
シール材	供用時	300 kPa			
設計水圧	施工時	600 kPa			
推進設備		元押 9MN、 中押 7MN 13 段	施工可能な中押最大段数 5 段程度とできる。		-
必要蛇行精度		上下左右 150mm 以下			
精度確保		難	難	難	可
当条件 での適 否	耐力	適	適	適	適
	耐水圧	不適	不適	適	適
	中押段数	非現実的	現実的	現実的	-
	土被 30m 実績	ほとんど無	ほとんど無	ほとんど無	多数
	総合評価	不適	不適	不適	適

画線に対して上下左右 150mm 以下の必要蛇行精度を確保することは施工上難しく、土被り 30m での実績はほとんど無いため、鋼製セグメントを用いたシールド工法で築造することとした。シールド形式は、N 値が 0～2、含水比 75.5% が液性限界 72.6% を超えるシルト層を掘進するため、切羽を面盤で押さえる泥水式とした。

3. 鋼製セグメント、シール材の仕様

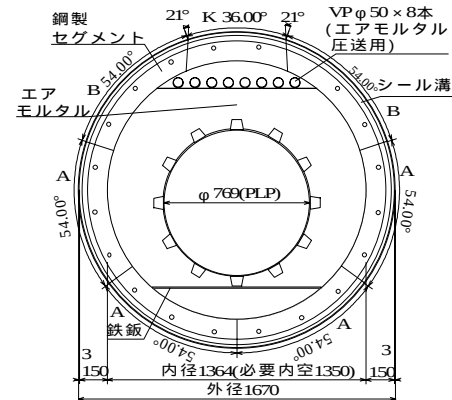
セグメント設計用土圧・水圧は、トンネル周辺がシルトであるため土水一体として扱うが、シール材の供用時設計水圧は河底であるため静水圧が作用するものとした。セグメントの設計法は修正慣用計算法(曲げ剛性の有効率 $\eta=0.9$ 、曲げモーメントの割増し率 $\zeta=0.1$)とした。セグメント分割は、標準セグメントの最小外径 1800mm では 6 分割だが坑内でのハンドリングをし易くするため 7 分割とした。シール材は、継目からメタンが溶存した地下水が漏水しないように、「日本トンネル技術協会：セグメントシール材による止水設計手引き(東京電力委託)」を参考にし、シール溝を設け水膨張性シール材(体積変化 200%)を全周貼りした。本工事の主要工種を表 - 2 に、標準断面図を図 - 1 に示す。

キーワード:泥水式シールド工法、小口径シールド、超軟弱粘性土地盤、河底横断

連絡先(〒163-1011 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿Ⅱ-タワー 11F TEL:03-5323-3861 FAX: 03-5323-3860)

表 - 2 「砂町運河横断工事」主要工種

項目	仕様
発進立坑築造 SMW	4.300×8.200×32.660m 46 ㌧×40.000m FFU 芯材×3 本
到達立坑築造 SMW	3.800×5.600×30.690m 34 ㌧×37.000m FFU 芯材×4 本
地盤改良工	先行地中梁 / 底盤改良 / 坑口改良 対象土量 1,865m ³
掘削・山留工	掘削・残土処理 1,803m ³ 山留架設 270.6 t
シールド工	セグメント外径 1,670mm×延長 194.4m
計測工	変位計測、ガス検知システム

ただし、長さの単位は[mm]である。
図 - 1 標準断面図

4. メタン検知装置の適用

当工事で適用したメタンガス検知システムは、シールド切羽前方の地層メタン濃度を測定し、危険程度を事前に検知して監視・警報するシステムであり、東京都水道局、銭高組、地下計測コンサルタント、ティクスが共同開発したものである。当システムのメタン検知原理は「泥水検層法」を適用したもので切羽泥水をサンプリングして真空脱ガス、メタン遊離・検出、電送および表示の制御を完全に自動化したものである。当システムは、1サイクル5分程度でサンプルを採取し地層メタンを検知するもので、当工事ではシールド外径が小さくかつ防爆仕様であるため幅400mm×高さ400mm×長さ700mmの検知装置をシールド機内に設置することが難しく立坑の上部で排泥管に設置した。メタン濃度の計測結果を図-2に示す。延長194.4mの切羽前方メタン濃度測定では高濃度メタンが賦存し一部遊離している箇所が7箇所ありこれらを早期に発見し、施工中の送排気の強化、早期裏込め注入の実施、テールシーラーの早期充填を行い、シールド内へのメタン流入を防止した。

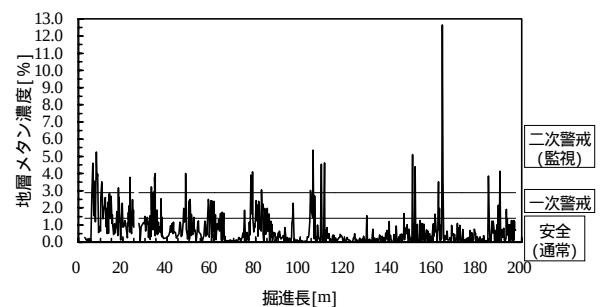


図 - 2 地層メタン濃度の分布

5. 掘進管理

図-3に、掘進に伴う切羽泥水压を示す。発進・到達部の地盤改良範囲を除いた原地盤を掘進する際の切羽泥水压は、約190～290kPaであり、これがランキンの主働土圧+余剰圧（一般値20kPa）とすると全土被り分の約73.8～92.6%の主働土圧が作用していたことになる。

また、裏込め注入は即時注入とし、注入率は132%、注入圧は切羽泥水压+100kPaを限度として管理した。

6. おわりに

当シールド工事は、同じ有楽町下部層を掘進した施工・計測事例を参考にして、セグメント・シール材の設計、掘進管理を行い、また、メタン検知装置、SEW工法を適用して、漏水無く安全に規格値以下の蛇行量で到達することができた。これは過去の事例報告と当工事に携わった方々の努力の賜物であり、皆様に感謝いたします。

また、当条件ではシールド工法を選定したが、土被りが大きくても管底での静水圧が200kPa以下でトンネル上方の土にアーチング効果を期待できる場合、推進工法を選定することも考えられる。

*参考文献

東京電力 有泉 他:シールド洞道に働く荷重計測結果とその分析について,トンネル工学研究,1998年11月

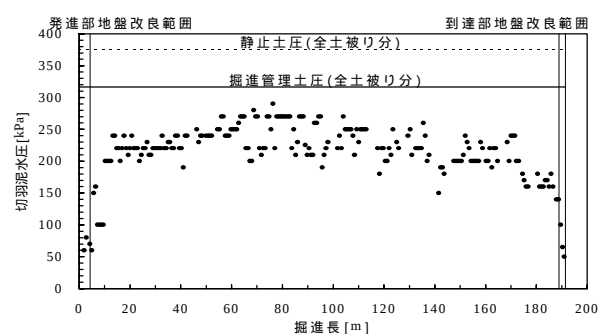


図 - 3 掘進に伴う切羽泥水压