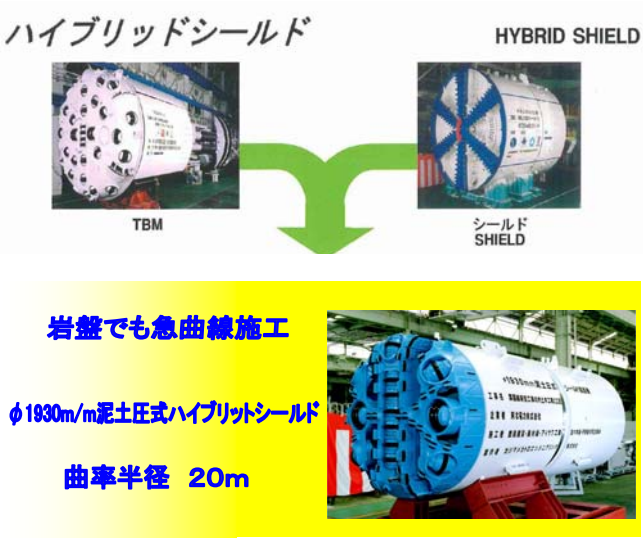
小口径シールドにおける硬質岩盤掘削の施工実績

鹿島建設株式会社　　正会員　○小林　忠宏
正会員　　水野　静雄

１．はじめに

菜園線新設の内土木工事は、岩手県盛岡市内において、東北電力の2箇所の変電所を結ぶ地中送電線の土木工事部分である．2つの工区に分かれており当社は、非開削地中送電線管路となる、２工区を担当した．

２工区は、盛岡市清水町から同肴町までの約７５０ｍを泥水式推進工法（内空φ1,500mm）で、さらに同紺屋町までの約４２０ｍをシールド工法で、残り８０ｍを開削工法で施工する． シールド区間は、R＝20m の急曲線区間が１か所、R=３０ｍが２箇所あり、推進工法が困難なため、シールドとしては、最小限の口径である、内空φ1,650mm の小口径泥土圧シールド工法を採用した．掘進区間の地質は、発進立坑付近は、花崗岩（一軸圧縮強度 180N/mm2）の硬岩であり、到達立坑付近は、礫混じり土砂（玉石 300mm程度混ざり）であったため、両方の区間に対応するため、ＴＢＭと普通シールドマシンを組み合わせたハイブリッドマシンを製作して施工した．今回は硬質岩盤区間の施工実績について報告する．



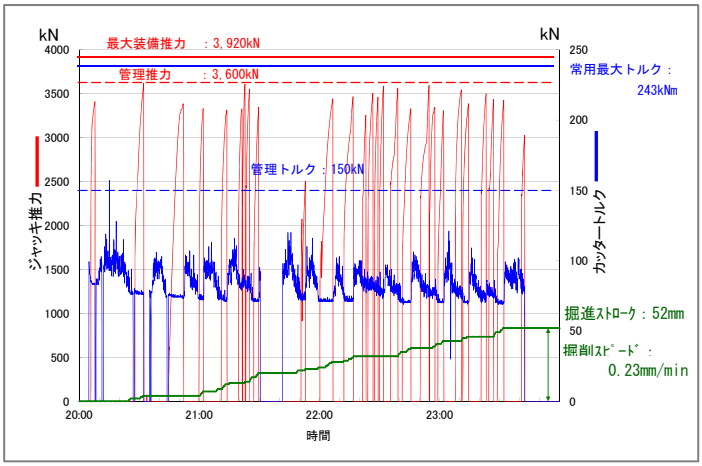
図―１　ハイブリッドシールド機概念

２．硬岩区間施工実績

（１）推力の上昇と掘進スピードの低下への対策

掘進開始当初から、推力の上昇及び掘進スピードの低下が生じた．初期掘進実績を図－２に示す．

その傾向は、急曲線掘進時点で顕著になり、推力の上昇により、セグメントの変形が生じた．カッタートルクはあまり上昇せず、推力が上昇傾向にあったので、面板に推力が伝わっていないと思われた．そこでテールボイド部分を確認したところ、岩盤の切削くり粉がぎっしりと詰まっており、マシンを締め付ける状態が確認され、これが推力上昇の原因と考えられた．くり粉は水締めされ、粒子が固結した状態に変化して詰まっており、固体で採取されるものもあった（写真-1)．



図－２　初期掘進時推力と掘進スピード

推力上昇と掘進スピード低下の改善対策として、セグメントについては、縦リブを追加、補強することで変形対策とした．応急措置としては、山留材用のスティフナージャッキによる補強も有効であった。

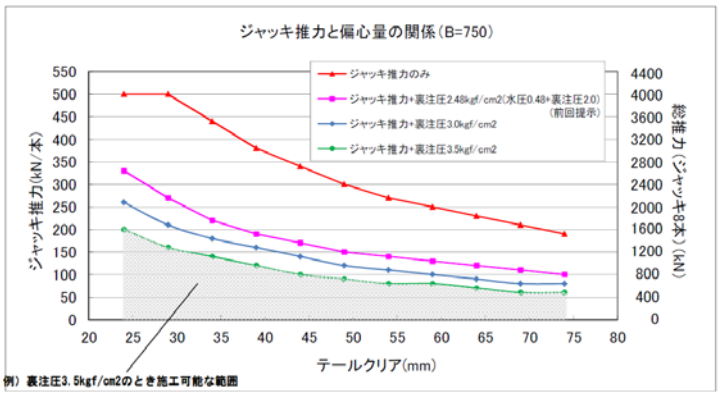
さらに、テールボイド部分にくり粉が詰まるのを防止するため、マシン底部にくり粉清掃用ハッチを追加して、くり粉を取り除き（写真-２)、再度くり粉が詰まらないように、ボイド部分に地山との接触を回避し、摩擦抵抗も低減できる固結滑材を注入した．

キーワード　小口径シールド，硬質岩盤掘削，花崗岩，急曲線掘進
連絡先　　〒980-0802　宮城県仙台市青葉区二日町 1-27　鹿島建設(株)東北支店土木部　ＴＥＬ022-261-7111

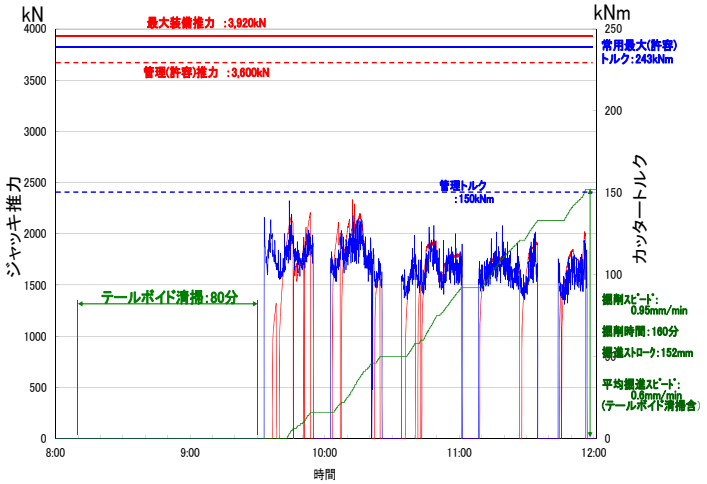
写真－１　テールボイド（くり粉固結）状態

写真-２　テールボイドくり粉清掃状況

また、掘進管理を綿密に行い、セグメントの偏心が無いように管理し掘進を行った．その結果、推力の上昇が低減され、掘進スピードも上がり、施工性を改善できた．（図―３，４）



図－３　ジャッキ推力と偏心量の関係



図－４　改善後の推力と掘進スピード

（２）ビット交換実績

岩盤区間でのビット交換は４回実施した（表 - １）．ビット交換にあたり、地下水の影響が懸念されたが、交換の都度、健全な岩盤内において２インチの水中ポンプによる排水程度で施工することができ、地下水の影響を受けることなくチャンバー内で交換ができた．なお、礫対応へのビット交換は、砂礫層での薬液注入による改良体の範囲内で施工した．

表－１　ビット交換実績

ディスクカッターNo.		交換回数	1回目交換		2回目交換		点検のみ		3回目交換		4回目交換		礫対応へ交換		合計	
		日付	5月28日		7月17日		9月3日		10月23日		11月24日		1月31日			
		ﾘﾝｸﾞ数	42R		128R		202R		285R		316R		486R		箇所別	種類別
		延長距離(m)	23.015		59.690		93.998		141.440		153.142		277.642			
		作業内容	摩耗量(mm)	対処	摩耗量(mm)	対処	摩耗量(mm)	対処	摩耗量(mm)	対処	摩耗量(mm)	対処	摩耗量(mm)	対処	計	計
強化型ツイン	1		0	→	0	→	0	→	5	→	摩滅	交換	3	交換	2	8
	2		0		0		0		5		摩滅		3			
	3		1	→	4	→	5	→	6	交換	摩滅	交換	3	交換	3	
	5		4		6		7		8		25		3			
	4		2	→	5	交換	2	→	3	→	8	交換	2	交換	3	
	6		5		8		3		5		11		2			
ツイン	7	内	4	→	10	交換	4	→	6	交換	7	交換	4	交換	4	9
		外	5		13		5		7		8		5			
	8	内	7	交換	9	交換	6	→	10	交換	9	交換	5	交換	5	
		外	8		12		7		11		10		6			
シングル	9		9	交換	11	交換	6	→	8	交換	9	交換	7	交換	5	23
	10		9	交換	9	交換	7	→	7	交換	9	交換	6	交換	5	
	11		10	交換	12	交換	7	→	9	交換	9	交換	7	交換	5	
	12		10	交換	12	交換	6	→	8	交換	5	→	12	交換	4	
	13		10	交換	10	交換	5	→	7	交換	5	→	13	交換	4	
ツールビット			異常なし	→	異常なし	→	異常なし	→	異常なし	→	磨耗	交換	磨耗	交換	8	8
備考							No.6一部欠けあり				ツールビット7個交換		ツールビット1個交換			

３．まとめ

本工事では、小口径シールドマシンによる硬岩の掘進施工性、留意すべき点について把握できた。

小口径のため、スクリューの形状・配置や、くり粉清掃・点検用のハッチの大きさ・設置数に制約が生じた。これらの制約を解消すると、くり粉の処理はさらに効率良く実施できると考えられる．またオーバーカット量の不足、またくり粉の流動性不足の改善を図ることで、急曲線掘進時の推力上昇の解消につながると考えられる．

ビット交換時には、ジャイロ・電磁弁等のマシン内部の機材を撤去・復旧をする必要があること、ビット搬送用の設備が不足し、人力作業が多くなり、交換作業時間を長引かせたため、これらを改善することによる時間短縮が期待される．今回の施工実績が今後、同種工事の参考になれば幸いである。