

大深度・大断面シールドにおける礫層掘進の施工報告－白子川地下調節池工事（その５）－

東京都第四建設事務所 工事第二課

大成建設(株)東京支店 白子川地下調節池工事作業所

大成建設(株)東京支店 土木部

大成建設(株)東京支店 白子川地下調節池工事作業所

渡辺 修

正会員 新井 昌一

正会員 金田 修一

正会員 ○笠井 和俊

1. はじめに

東京都は、河川延長約 10km、流域面積約 25km² の一級河川である白子川の洪水による被害軽減を図るために、白子川上流の比丘尼橋付近に白子川調節池群を整備している。白子川調節池群は、図-1 に示す 3 つの施設から構成されている。本稿では、「白子川地下調節池」のトンネル築造にあたって、大断面、高水圧、長距離下で施工を行ったシールド工事の施工実績について報告する。

2. 地質概要

土質縦断図を図-2 に示す。シールド掘削対象地盤は、全線にわたり江戸川層であり、粘性土、砂質土、砂礫土の互層となっている。土質は非常に硬く、あるいは非常によく締まった地層からなっている。江戸川層第 1 粘性土層は、硬質固結シルトで、N 値は 11～50 以上である。また、江戸川層第 1 砂質土層は、均一な細砂で、N 値は 16～50 以上である。江戸川層第 1 砂礫層は、礫径は 2～50 mm だが所々 100 mm 程度の玉石が混じり、N 値は 50 以上である。江戸川層第 2 粘性土層は、砂質固結シルトで N 値は 50 以上と堅固である。地下水位は、おおむね GL-5m(シールド中心水圧で 0.30MPa)である。

3. シールドの仕様

工事では泥水式シールド機を使用し、その仕様を表-1 に示す。カッターヘッドは、粘性土層掘削時の面板閉塞が発生しないように開口率を 37.5%と大きくして取り込みを良くした。一方で、巨礫による配管閉塞が発生しないようにスリット幅を 350 mm以下とした。硬質地盤を長距離掘削することから、掘進効率を向上させるため、強化先行ビットを内周 2 パス、外周 3 パス配置するとともに、カッタートルクは計算による所要トルクの 2.7 倍(α 値 13)とし、装備推力についても、計算による所要推力の 2.2 倍とした。

3. シールド設備

流体輸送設備は、砂礫層卓越区間での高速施工に対応するため、国内最大級の泥水ポンプ(吐出量 25m³/min)



図-1 白子川調節池群

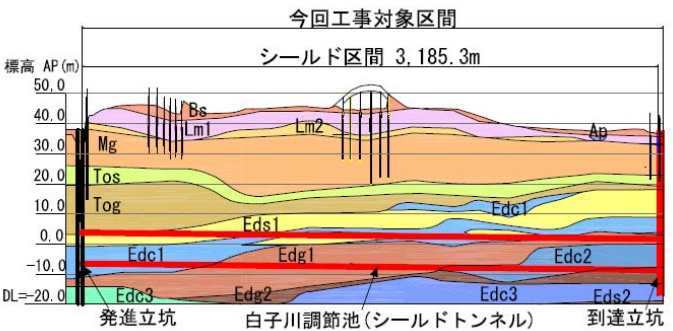


図-2 土質縦断図

表-1 泥水式シールド機仕様

項目	詳細項目	仕様
シールド機	外径	φ 10,800 mm
	機長	11,100 mm
推進装置	シールドジャッキ	3,500kN×36 本 総推力 126,000kN
掘削装置	装備トルク	16,500kN・m
	カッター回転速度	0.6min ⁻¹
	カッター支持方式	中間支持方式
	カッターヘッド	スポーク主 6、副 6 開口率 37.5%
	攪拌装置	攪拌翼 10 本

キーワード 地下調節池, 大深度, 大断面, シールド, 礫層掘進,

連絡先 〒178-0062 東京都練馬区大泉町 4-2 比丘尼橋下流調節池管理棟地内 TEL 03-5947-6880

を使用した。送排泥管は送泥 16B (400mm)、排泥 14B (350mm) を使用し、排泥管は長距離掘進および砂礫層掘進時の摩耗対策として厚肉管 (11.1mm) とした。また、クラッシャーは効率的な破碎が可能な直列 2 台方式とし、礫の破碎量を向上させることにより閉塞を防止することとした。

4. シールド掘進実績

砂礫層を主体とする区間において、粒径 100mm の礫を含む一次処理土の想定土量はおよそ 10 万 m^3 にも及んだ。そのため、排泥管に厚肉管を使用することにより、礫による掘進時のトラブルに備えたが、想定を上回る一次処理土量の排出 (1.2 倍以上) と、硬質な礫を多く含んでいたことから、排泥管、排泥ポンプおよび一次処理機等の損耗が激しかった (写真-1～写真-3)。排泥管については、曲がり管はもとより直線部においても摩耗がひどく、延長 3,200m のトンネルに対して、1,200m 分の排泥管を交換することとなった。排泥ポンプについては、インペラの摩耗によってポンプ性能の低下を引き起こし、掘進速度の低下にも繋がった。また、坑内は排泥管を通過する礫によって騒音が激しく、坑内作業員へは耳栓着用を義務化せざるを得ない状況であった。このような礫層掘進への対応として、昼夜 2 交代制としていた掘進工を 3 交代制へシフトし、1 方は配管交換等のメンテナンス作業に専念した。また、配管摩耗量を計測管理して、交換の優先順位を明確にすることで日々の掘進量を維持した。



写真-1 排泥管摩耗状況



写真-2 排泥ポンプインペラ摩耗状況



写真-3 一次処理機振動ふるい網損傷状況

5. ビット摩耗計測結果

シールド到達後、強化先行ビットの摩耗量を測定した結果を図-3 に示す。横軸にビット取付位置を、縦軸に計測した摩耗量を示す。大半のビットは許容摩耗量 50mm 以内であり、その摩耗量は取付位置 (摺動距離に相当) に応じて比例的に増加している。データが比例直線から散っているものは、ビットの欠けによるものである (写真-4)。また、ティースビットの摩耗はほとんどないが、全数 190 個のうち、欠けによる計測不能なものが約 15% あり、計測可能なものについても大半が部分的に欠けており、想定をはるかに超える礫量の掘進であったと言える (写真-5)。

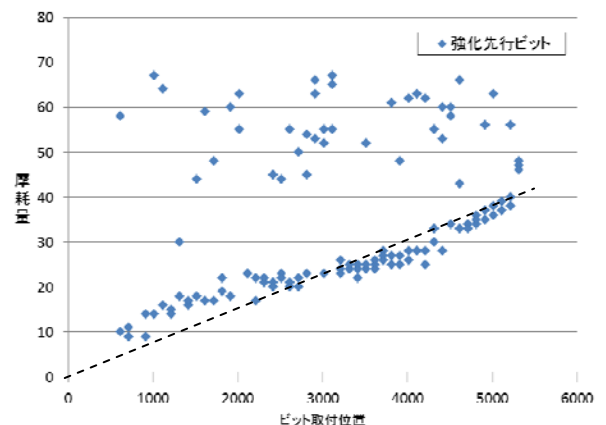


図-3 強化先行ビット摩耗計測結果

6. おわりに

本シールド工事は大断面・高水圧・長距離に加え、延長 1km 以上に及ぶ砂礫層掘進などの過酷な条件での施工であったため、排泥管の厚肉化などのさまざまな対策を講じていた。しかし、想定外の礫量排出による泥水輸送設備の損耗による度重なる課題が発生した。これらの課題に対しては、発注者・受注業者・関連業者が一体となって議論や試行錯誤を行うことで乗り越えることができた。あわせて、適切な施工管理のもと、周辺環境へ影響を与えることなく、またトンネル構造物の品質を確保し、安全かつ早期に工事を完成させることができた。



写真-4 強化先行ビット摩耗状況



写真-5 ティースビット摩耗状況