

CS-50

東京都心部の大深度地下における多目的トンネルに関する調査研究Ⅱ（その5）

－ シールドの長距離高速施工 －

西松建設㈱ 正会員 小林 正典
前田建設工業㈱ 正会員 古川 雅宣
早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

東京都心部において大深度地下開発を考える場合、地盤条件として準岩盤に相当する土丹層が地下数十mから数百mの所に厚く存在するのが特徴である。当該トンネル計画（新宿～中防地上基地間、L=25km）では、主として土丹層中の深度にシールドトンネルを設置する計画となっている。土丹層中にトンネルを築造するためには、地盤の特性を適切に評価し、トンネルの合理的かつ経済的な設計・施工法について検討する必要がある。本報告はトンネルに関する施工検討項目のうち、長距離掘進における高速施工（平均月進速度350～500m）を可能とするためのシールド機および長距離搬送システムについて検討を行ったものである。

2. 検討条件

当該プロジェクトにおいて計画している第一期ルート深度は100m程度と大きく、地下水圧が10kgf/cm²近くにもなると考えられるため、施工の安全性やトンネルの耐久性等の観点から施工法を選定する必要がある。トンネル掘削はこの高水圧に耐えられることを前提とするため、シールド機種としては密閉型シールド機（泥水式）とする。また、第一期ルートのトンネル延長は約25kmであり、合理的かつ経済的な計画とするために、表-1に示す施工条件で長距離高速施工に関する検討を行う。なお、土丹層における高精度な裏込め注入（防水層）が施工可能と考えられるため、覆工は基本的にセグメントによる一次覆工のみを想定している。

表-1 検討条件

検討項目	条 件
1. 平均月進速度	350m～500m
2. 基本サイクルタイム	67分/R～47分/R
3. 掘進距離	5～6km/区間
4. 耐水圧	10kgf/cm ²
5. 対象地盤	土丹、滞水土砂
6. セグメント	外径φ10,000mm 内径φ9,300mm B=1.5m, 8等分割

3. 高速掘進型シールド

表-2に、従来型シールドと高速掘進型シールドの仕様比較表を示す。従来型（平均月進速度150m程度）シールドの性能を向上させることにより、マシンに関しては設定した条件に対応できると考えられる。基本サイクルタイムを確保するためには、マシン構造の他に、セグメント組立、長距離搬送システム等の検討が重要となる。また、平均月進速度500mの高速施工に対処するためには、掘進速度、セグメント供給・組立時間、セグメント搬送時間等を考慮すると、同時掘進組立方式を採用する必要があると考えられる。

表-2 従来型シールドと高速掘進型シールドの主要仕様比較表

	月進距離 (m/月)	日進 リング (R/日)	セグメント 幅 (mm)	掘進速度 (cm/min)	カッタ 回転数 (r.p.m)		カッタ 周速 (m/min)	カッタ トルク (tf・m)	カッタ駆動 ユニット (kw×i×台)	シールド ジャッキ (tf×本)	S/J用パワーユニット (kw×L/min ×台)	備 考
従来型	150 (180)	6	1000 (1200)	3	0.545		17.1	1045 ($\alpha=1.045$)	45×1/221×13	300×29 (111tf/m ²)	45×65×2	
高速掘進 A型	350	12	1500	5	外側	0.8	25.7	1137	55×1/167×17	400×32 (156tf/m ²)	75×95×3	同時掘進組立 方式の採用
					中央	2.7	25.5	32	22×1/130×4			
高速掘進 B型	500	18	1500	8	外側	1.2	38.5	1193	75×1/115×19	400×32 (156tf/m ²)	75×110×4	
					中央	3.9	36.8	30	30×1/90×4			

4. 長距離搬送システム

長距離搬送システムは、掘削土搬出システムとセグメント自動搬送システムの2システムに分けられる。システム全体の特徴として、本検討案は大口径シールド工法の一つであるが、平均月進500mを目標速度とする高速施工案である。その高速性とは1日当り（20時間稼働、2方制）、基本サイクルタイムとして47分/Rである。また、1台のシールド機による1スパン当り掘進距離としては、立坑3カ所に亘る延べ5～6kmに達し、従来にない長距離掘進である。各搬送システムの特徴を以下に示す。

(1) 掘削土搬出システムの特徴

- ① 当該掘進スパンは最大延長を5～6kmとし、このスパンにおける掘削土砂の搬出方法は、泥水ポンプ輸送システムを採用するため、当該区間は坑内自動搬送作業が簡素化される。
- ② 掘削土砂は発進立坑付近の坑内空間を利用した泥水処理プラントで固液分離された後、大型AGV(Automatic Guided Vehicle)にて1リング毎、郊外地上部へ向け高速自動搬出される。
- ③ 掘削土砂の内、その一部は坑内インバート部に路盤材として再利用し、その残余を郊外へ搬出する。

(2) セグメント自動搬送システムの特徴

- ① セグメントは地上部の貯留作業も含め、切羽からの要求に応じ坑内を自動搬送される。
- ② 掘進工の基本サイクル（高速施工47分/R）を遵守するため、坑内の中間部（切羽から約1km付近）に中間ストック台車を設置する。中間ストック台車以降の立坑側の作業区間は、切羽側の基本サイクル作業を保守するための従属区間として位置付ける。
- ③ 基本サイクルタイムの余裕として、立坑内に設置する昇降ケージ・タワーの底部付近に4リング分のセグメントをストックする。この保管棚へのセグメント搬出入作業は、すべて自動化されている。
- ④ 切羽～中間ストック台車区間は、搬送距離を約1kmとし、無軌条方式かつバッテリー・ロコ型AGVによる自動搬送方式とする。中間ストック台車～立坑区間は、搬送距離が4～5km程度となり長距離となるため、AGVは架空線給電方式による列車編成自動搬送タイプとなり、平均時速6km/hで自動走行する。

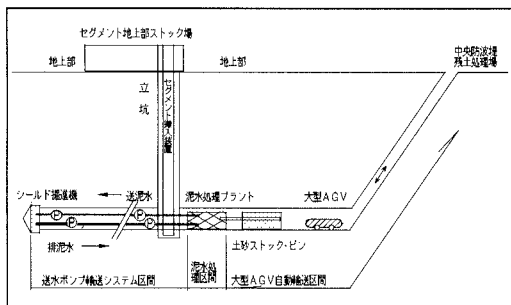


図-1 掘削土搬出システム概念図

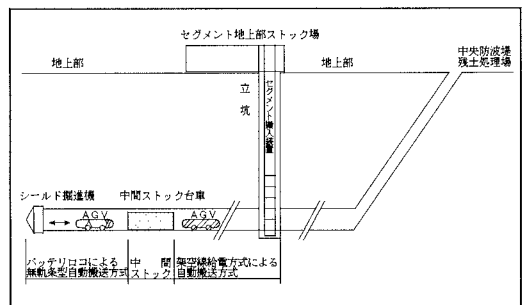


図-2 セグメント自動搬送システム概念図

5. まとめ

当該プロジェクトにおけるシールドトンネルに関する施工検討項目のうち、シールドの長距離高速施工について検討した結果、マシン構造に関しては、ビット等の課題はあるものの、同時掘進組立方式の採用等により今回設定した条件に対応できると考えられる。基本サイクルタイムを確保するためには、特に、セグメント構造（組立ボルト本数の少ない構造、ボルトレス構造等）、長距離搬送システムの検討が重要となる。今回検討した搬送システムは、トンネル工事自動搬送システムの基本的な部分における近い将来在り得るべき一つの概念を検討したもので、実施に際しては、事前に解決を図らなければならない課題も多い。

なお、今回報告した内容は、早稲田大学理工学総合研究センターにおける民間6社との共同プロジェクト『大深度地下インフラに関する調査研究』の研究成果の一部である。