

III-28

鉄道用シールドにおける 長距離連続自動方向制御掘進実績について

日本鉄道建設公団東京支社 正会員 飯田 廣臣
佐藤工業㈱隅田川作業所 ○正会員 河野 隆明
佐藤工業㈱土木本部技術部 正会員 桐谷 祥治

1. はじめに

シールド工法における蛇行は、施工上やむを得ないものとされており、一般にトンネル径を大きくすることによりトンネル線形精度の確保が行われている。地盤中におけるシールドの挙動は、地質の変化・テールクリアランス・裏込め注入状況・シールド機械特性等、種々の要因からの影響を受け、複雑に変化する。このため、シールドの推進管理の良否は、シールドオペレーターの熟練度に大きく左右されていた。

このほど、鉄道用シールドで自動方向制御システムを採用し、700 m以上に渡って自動掘進を行ったところ、良好な結果が得られたので以下に報告する。

2. 推進管理の現状

作業の交代時、すなわち2回/日程度行われる線形管理測量の結果に基づき、シールドの推進計画が立てられる。シールドオペレーターはこの推進計画によりシールドの操作、すなわちジャッキパターンを選定してシールドの方向制御を行っている。測量と測量の間はシールドの位置・姿勢情報が得られないため、カンに頼らざるを得ないこと、さらには前述のように地盤中におけるシールドの挙動が複雑であること等から、シールドの方向制御は非常に困難なものとなっている。

近年、測量と測量の間も、シールドの位置・姿勢をリアルタイムに計測できるシステムが開発され、実用に供されている。しかしながら、複雑なシールドの挙動に対して適切な制御パターンを自動的に選定するまでには至っていない。

3. 自動方向制御システム

本システムは、前述の諸課題に対応し、シールドオペレーターの熟練度等に左右されることなく高精度のシールド推進が行えること、さらにはシールドの全自動化への最も重要な技術として開発したものである。本システムの基本構成を図-1に示す。シールドにジャイロコンパス・重力加速度計を登載してシールドの姿勢を検出し、ジャッキストローク計からの距離信号を演算処理し、シールドの位置・姿勢および計画線からの離れ、計画方向とのズレを計測する。この計測値から、シールドの最適進行方向を求め、その方向へシールドを進めるためのジャッキパターンを選定してシールドを自動運転するものである。本システムはつぎのような特長を有している。①シールドの姿勢を高精度でリアルタイムに計測できる。②地盤中におけるシールドの複雑な進行特性に適合した制御理論。③制御の即時応答性・安全性に優れた全ジャッキ無負荷追従ジャッキシステム。

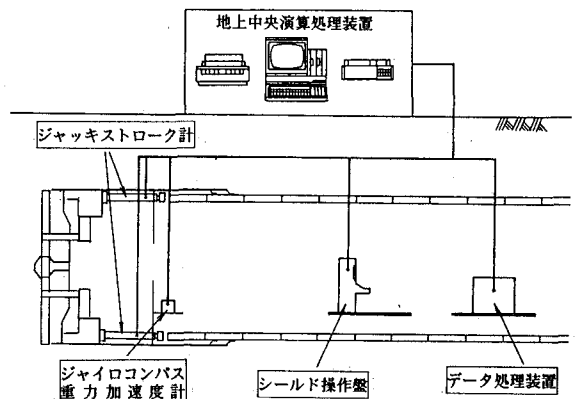


図-1 自動方向制御システム概要図

シールド	外 径	φ 7250mm	
	機 長	6500mm	
	シールドジャッキ伸長速度	36mm/min (全数作動時)	
	シールドジャッキ	200t×350kg/cmf×1150mm×24本	
カッタ	トルク	定格3961m(d=1.04)最大590tm(d=1.55)	
	回 転 数	0.69r.p.m	0.66r.p.m
	駆動用電動機	30kw×4p×400v×10台	

図-2 シールドマシン仕様

4. 工事概要

本工事は、京葉都心線の単線併設鉄道トンネル（隅田川トンネル、延長 777m）を新設するもので、隅田川直下を外径7,250mm の泥水式シールド工法で施工するものである。シールドは、河川、重要構造物下等を土被り 9～16mで通過するとともに、2台のシールドがそれぞれ逆方向から発進して途中ですれ違うため、特に高精度の推進管理が要求された。地質は、東京方が洪積粘性土および砂礫層の互層、隅田川の中程より新木場方がN値0 ～2 の沖積粘性土となっている。

5. 自動推進実績

本工事は鉄道特有の緩和曲線や縦断曲線などがあり、線形管理には特に注意を必要とした。当工事では、上り線（A線）で自動方向制御を、下り線（B線）で自動位置姿勢計測システムを各々採用した。B線においても自動位置姿勢計測システムの採用により、従来に比較して精度の高い線形管理を行うことができた。しかしながら、両線の掘進実績データを比較すると、1リング掘進する間のジャッキパターン選定傾向に大きな違いがみられ、人間の判断には限界のあることが明確に表われていた。以下に主な比較結果を示す。

① ジャッキパターンの変更頻度

1リング掘進する間のジャッキパターンの変更は、B線で0～2回、A線では8～9回である。本自動方向制御システムは推進10cm毎にジャッキパターンの選定を行うが、これによれば1リング（1m）の間のほとんど全ての選定タイミングにおいてパターンを変更していることになる。しかも、各タイミングにおけるジャッキ変更本数は10本を越えることも希ではなく、非常に微妙なモーメント変化を与えている。

② ジャッキパターンの変更傾向

B線におけるジャッキパターンの変更は、ジャッキを抜く方向の変更が大部分であった。すなわち、推進開始時に多めのジャッキを選定し、掘進途中で抜くような操作が行われていた。掘進途中でジャッキを増やそうような変更を行う場合には、該当するジャッキを伸ばしてセグメントに当たるまで待たねばならず、安全性・作業性の面からやむを得ない場合を除いてほとんど行われなかった。本システムの採用により、直線区間ではもとより前述の曲線区間においても高精度の推進を行うことができた。とくに、推進10cmごとに目標方向に対して 0.02 度以内にシールドの方向を保つように制御されたため、計画線形に対して精度よく、かつ滑らかに推進することができた。

6. おわりに

本システムを長距離区間連続して使用した結果、非常に高い実用性を有していることが確認できた。本システムの実用化により、シールドの全自動化へ向けて大きく前進できたものと判断している。

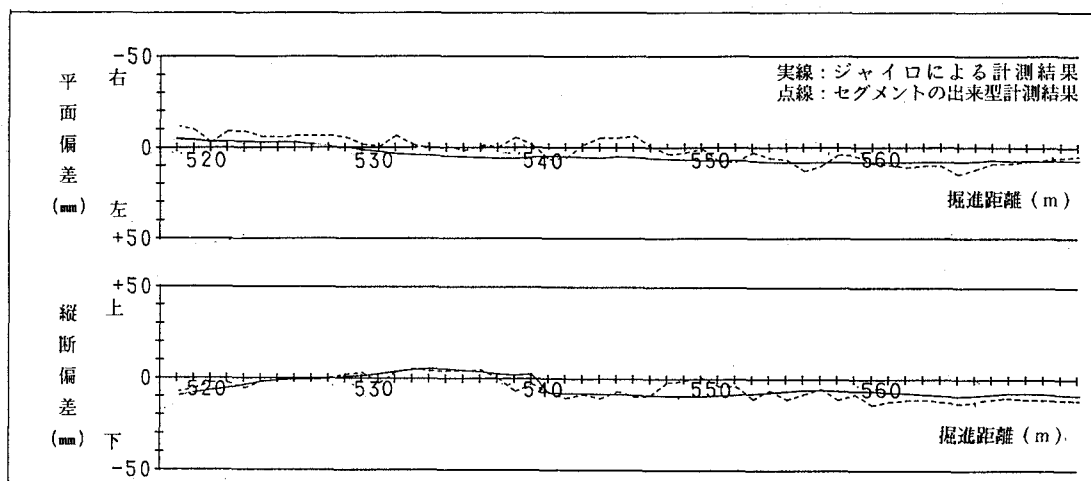


図-3 自動方向制御システムによる掘進結果