

VI-184

ターミナルブロック工法による沈埋トンネルの最終継手

○首都高速道路公団 正会員 多田 浩治
 首都高速道路公団 正会員 横山 正史
 川崎航路トンネル作業所 森井 定和
 大成建設（株） 正会員 高久 雅喜

1. 概説

首都高速道路公団により沈埋トンネル工法で施工中の多摩川・川崎航路トンネルには、ターミナルブロック工法と呼ぶ新しい最終継手工法が採用されている。この工法は、従来工法では不可欠な水中作業もしくは仮締切りを必要としない利点を持つ。本文では、このターミナルブロック工法概念と川崎航路トンネルにおける施工状況について紹介する。

2. 従来の最終継手工法

最終継手とは図1に示すように最終沈埋函と到達側換気塔との間に生じる2m程度の隙間を満たすため構築される最後の継手である。従来の最終継手の施工方法は、水中型枠もしくは仮締切りを用いるものであった。このため、以下の問題点が挙げられていた。

- ・水中型枠を用いる場合、水中作業が多く、安全性、作業効率に劣る。
- ・仮締切りを用いる場合、大深度では締切が大規模になり、工費、工期、安全性に劣る。
- ・狭所における施工になるため、複雑な形状とし難いため、可撓継手の構築が困難である。

このように最終継手の施工は、一般の継手に比べ複雑かつ時間を有するため沈埋トンネルの施工において従来より改善すべき点の一つであった。

3. ターミナルブロック工法概念

ターミナルブロック工法は、図2に示すようにターミナルブロック（以後TB）と呼ばれる換気塔もしくは函体の躯体に内装されたプレハブブロックをスライドさせることにより最終函と換気塔の隙間を満たす工法である。

この工法では、後述する施工手順から理解できるように以下の特長を持つ。

- ・水中作業は確認作業程度である。
- ・仮締切り不要である。
- ・TBがトンネル軸方向に移動する構造ゆえ、トンネル軸方向の誤差の吸収が比較的容易である。
- ・一般函体間の継手と同様な可撓ジョイントが最終継手部に比較的容易に設置できる。

これらのことから、本工法は、安全、工期、工費等施工面で有利であるばかりでなく、耐震設計上有利な構造とすることが比較的容易であると考えられる。

4. 川崎航路トンネルにおける最終継手

1) 最終継手の構造

川崎航路トンネルにおける最終継手の構造図を図3に示す。構造部材とその機能は以下のとおりである。

a) ターミナルブロック（TB）：函体と同一内空を持つ

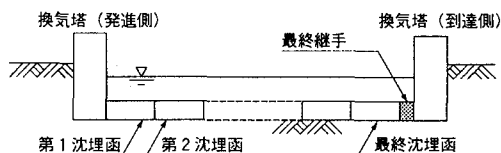


図1 沈埋トンネルの全体模式図

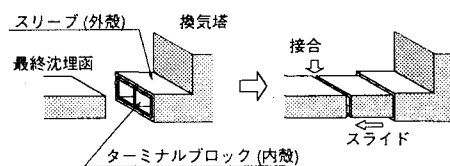
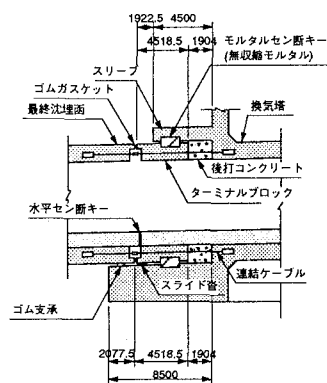


図2 ターミナルブロック工法概念図



（図中寸法は8号函沈設時の予測値）

図3 最終継手部の構造図

た短い（4.5m）プレハブブロック。これをスライドさせ換気塔と最終沈埋面との隙間を埋める。

- b) スリーブ：TBを収納する外殻。換気塔前面に設けられる。
- c) モルタルセン断キー：TB移動後、TBと換気塔間を排水したときにTBの戻りを抑え、ゴムガスケットの圧縮状態および止水性を保つ部材。（図4参照）
- d) モルタルストッパー：モルタルセン断キー構築時の型枠として機能する部材。（図4参照）
- e) 後打コンクリート：TBと換気塔間を間詰めする部材。トンネル軸方向圧縮力を負担する部材。
- f) ゴムガスケット：継手完成時に止水材および可撓継手のパネ部材として機能する部材。
- g) 継手ケーブル：可撓継手の構成部材としてトンネル軸方向引張力を負担する部材
- h) 水平セン断キー：最終沈埋面と換気塔間に生じる水平セン断力に抵抗する部材。
- i) 滑り杓：TBの移動時の摩擦を低減する部材。

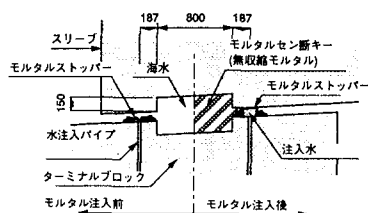


図4 モルタルセン断キー周りの詳細図

2) 施工手順と施工状況

最終継手の施工手順と施工状況は以下のとおりである。（図5参照）

STEP 1：換気塔締切内でターミナルブロックとスリーブの構築

STEP 2：最終沈埋面（9号函）の沈設

STEP 3：換気塔側押し出しジャッキによりターミナルブロックを押し出す。実施工において押し出しジャッキの反力より算定したスライド杓の摩擦係数は、 $\mu=0.04\sim0.05$ 程度であった。

STEP 4：函体側引寄せジャッキにより、TBを函体に引寄せ、一般函体間と同様な水圧接合を行う。接合終了時の状況は一般函体間の接合同様に良好であった。

STEP 5：モルタルセン断キー部にモルタル注入を行い、TBと換気塔間の海水と外海水を遮断する。（1994.4上旬施工予定）

STEP 6：TBと換気塔間の海水を排水する。この時、TBと換気塔間の海水による水圧はモルタルセン断キーに盛換えられる。

STEP 7：バルクヘッドを撤去する。

STEP 8：後打コンクリート打設、連結ケーブル設置などの継手工を施し、最終継手工は完了する。

5. あとがき

本工事では、ターミナルブロック工法の採用にあたり、各部材について必要に応じて確認実験（モルタルセン断キーの施工性、機能確認試験等）を行い、設計・施工に反映させた。上述のようにターミナルブロック工法による最終継手は、従来工法に比べ様々な利点を有している。また、その施工位置についても換気塔と最終函との間の最終継手だけではなく、沈埋面相互間にも適用できるものと考ええる。今後、本工事の経験を生かし、この工法を沈埋トンネルの最終継手としてより発展させたい。

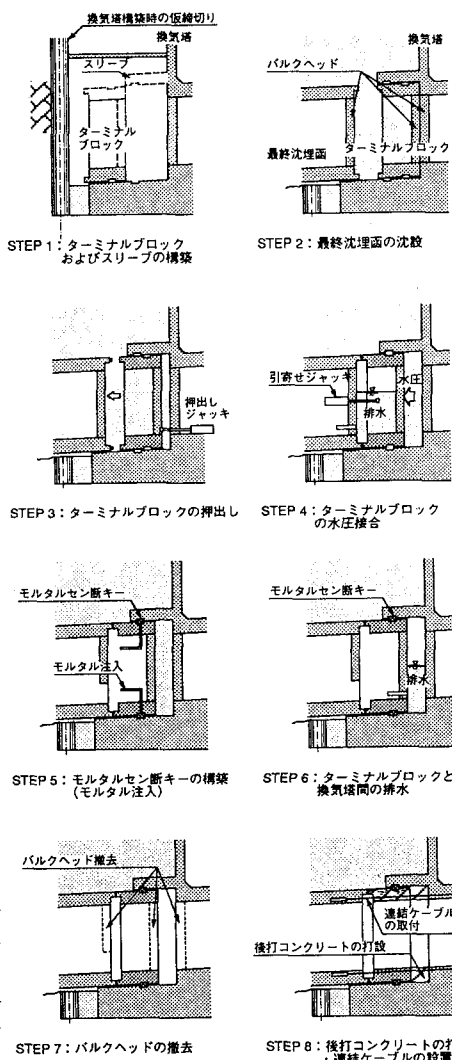


図5 最終継手の施工手順

VI-185

曲線推進自動測量ロボットの使用実績について

森本組エンジニアリング部 正会員 青木 健一
同 上 山崎 貴弘

1. まえがき

曲線推進工事における測量の自動化をめざして、自動測量研究会においてゼネコン14社を中心に「曲線推進自動測量ロボット」（以下本ロボットという）が開発され、平成5年10月実際の推進工事で使用した。ここでは、その成果を報告する。

2. 概 要

(1) 実施路線

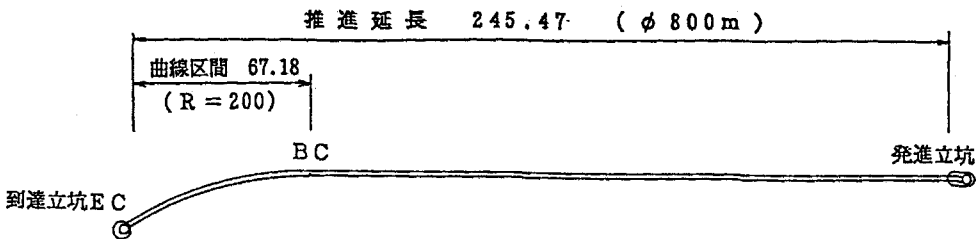


図-1 自動測量実施路線

(2) 曲線推進自動測量ロボット

本ロボットの主な仕様を表-1に示す。

機能は次の3つに分類できる。

- ① 推進中のリアルタイム測量
- ② 掘進機の位置姿勢計測
- ③ 推進管内の路線測量

(3) 測量方法

推進作業中計測ロボットは測量管の格納庫にあり、角度変化を求める。一方、発進立坑では、ストローク計により推進距離が求められる。これらのデータは中央制御部で演算処理され、計画路線に対する掘進機の位置がCRTに表示される。（リアルタイム測量）

推進終了後計測ロボットは走行距離と角度変化を計測しながら、測量管と発進立坑間を往復する。発進立坑では計測ロボットの初期方位角と位置が測定され、これから計測ロボットの走行軌跡が求められる。

(路線測量)

路線測量により、測量管の位置姿勢が求められる。掘進機と測量管との相対位置は、回転レーザーによる測角器とワイヤー式の測長器により求められる。

(掘進機の位置姿勢計測)

対象施工径		φ800mm（呼び径）
曲率半径		最小50R
測量精度		20mm/100m延長
所要時間		約20分/100m延長
操作人員		1名
動作温度		0℃～40℃（結露無きこと）
重 量	測 量 管	約1300kg
	計測ロボット	約 70kg
	軌 条	約3kg/推進管1本
	起点計測部	約10kg
寸 法	測 量 管	φ960mm×2582mm
	計測ロボット	1150mm×275mm×280mm
	軌 条	長さ2430mm

表-1 測量ロボット仕様

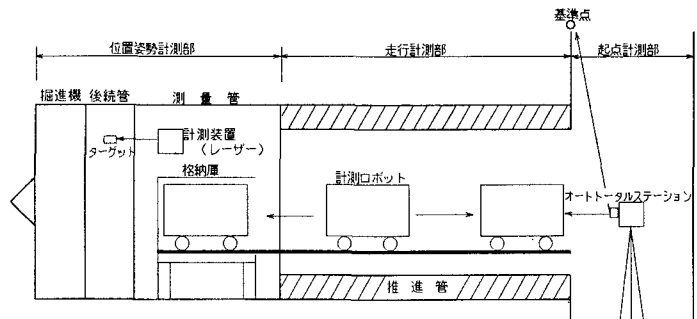


図-2 システム概要

3. 測量結果

(1) 測量精度

測量精度は、次の2つの方法で評価した。

- ① 人力による路線測量結果との比較 ② 同一位置の自動測量結果の比較

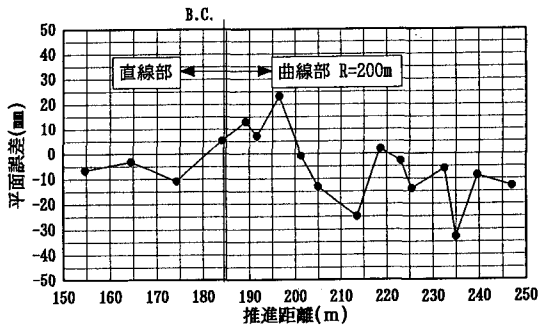


図-3 人力測量との比較（平面）

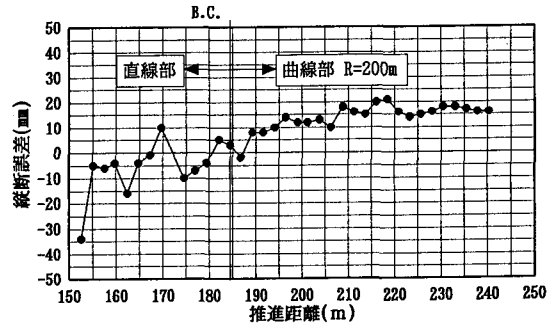


図-4 人力測量との比較（縦断）

人力測量との比較では平面・縦断とも誤差は±3cm以内にほぼおさまっている。

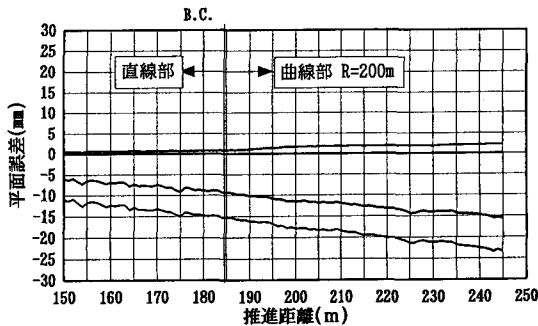


図-5 自動測量結果（平面）

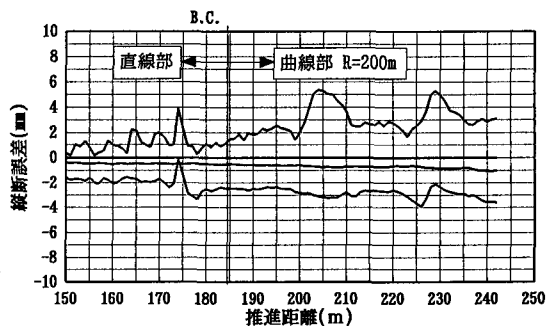


図-6 自動測量結果（縦断）

4回の測量ではデータのバラツキが平面で3cm以内、縦断で5mm以内であった。

(2) 測量時間

推進距離200m付近で、人力測量では水準測量を含んで約105分であるが、本ロボットでは25分と人力測量の1/4以下であった。

(3) 推進管の挙動

曲線推進では、掘進機の位置姿勢の計測とともに推進管の挙動の把握も重要である。本ロボットによる推進管内の路線測量では、計測ロボットの走行軌跡を連続的に求めるため、このデータを使って推進管の挙動を監視することができる。

次のような場合、施工中に推進管が計画曲線から大きく外側に移動する恐れがある。

- ① 地盤が軟弱 ② 曲率半径が小さい ③ 曲線長が長い ④ 余掘が大きい

今回は余掘量が2.5cmと大きかったためこれが心配されたが、地盤が比較的良好で曲率半径が小さく曲線長も短かったため、このような現象はみられなかった。

4. おわりに

曲線推進工法における測量の自動化は、今後の長距離・急曲線施工、無人化による小口径化には欠かせない。本ロボットによりこれらの解決をはかるべく今後とも研究開発を進めていく予定である。