

Ⅲ-B130

非対称矩形シールド機の姿勢制御

鹿島技術研究所 正会員 ○伊達健介¹⁾
 首都高速道路公団 正会員 森健太郎
 鹿島・大林・奥村 JV 佐々木幸信、岩田憲彦
 三菱重工業（株）高砂研究所 大川賢紀
 川崎重工業（株） 宗像 保

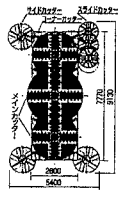
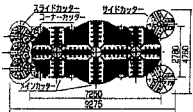
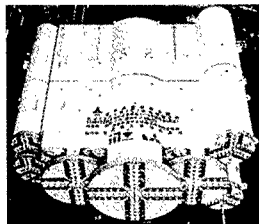
1. はじめに

近年、シールド技術の進歩と各種ライフラインのニーズに応じて、円形に囚われることなく合理的でさまざまな断面形状を形成するシールド工法が登場してきている。今回、2機の非対称矩形シールド機による試験施工を首都高速道路公団 KJ125 工区 (C) 換気洞道工事^[1]で行なったので、その姿勢制御の結果について概要を報告する。

2. シールド機の概要

使用した2機のシールド機は、写真—1、2に示すような円形カッターを複数基組合せたもので、縦横比約1:3の矩形の隅角部に小型のカッターを設置した非対称な形状で、図心・重心とも12~80mm程度中心位置からずれた（表—1参照）ものとなっている。シールド機の形式は、非対称のシールドチャンパーに均等に圧力がかけられスムーズに土砂の輸送ができる泥水式とし、切羽水圧管理及び流体制御は共通チャンバ方式とした。

なおシールド機が非対称となったのは、工法の特徴によるものである。^[1] 表—1 シールド機要目



写真—1 横型シールド機 写真—2 縦型シールド機

項目	横型シールド機	縦型シールド機
1. 本体		
掘削断面積	28.3 m ²	31.3 m ²
テール	左右 35 mm	50 mm
クリアランス	上下 50 mm	35 mm
寸法	YKSK-L 5400×9130×9455	YKSK-L 5275×4760×8520
全装備重量	460 t	450 t
2. シールド		
ジャッキ	単位面積当り 127.2 t/m ²	124.6 t/m ²
3. 主カッター		
中央部	φ3,580mm×1基	φ3,390mm×1基
両端部	φ2,780mm×2基	φ2,790mm×2基
(左右又は上下)	40.4 t・m	33.8 t・m
4. サイドカッター		
カッターフェイス	φ1,680mm×2基	φ1,600mm×3基
カッター	7.1 t・m	7.3 t・m
5. スライド		
カッターフェイス	φ1,180mm×3連×1基	φ1,200mm×3連×1基
カッター	2.6 t・m	3.6 t・m
6. コーナカッター		
	φ1,180mm×6基	φ960mm×1基
		φ600mm×7基
7. 中折装置		
(前折3連)	中折れ 左右 1.0°	1.2°
	上 下 1.0°	0.35°
総推力	3,600 t	3,900 t
8. 図心 (マシンセンターより)		
(正面掘削断面積)	上下 12 mm	左 76 mm
	左右 28 mm	上 40 mm
9. 重心 (マシンセンターより)		
	先端から 14,376 mm	4,795 mm
	左右 67 mm	左 80 mm
	上下 27 mm	上 60 mm

3. 施工実績

(1) 施工線形及び対象地盤

トンネルの線形は直線で勾配は±3%、土被りは横型シールドが約17m、縦型が9m、トンネル延長は横型が61.2m×4本、縦型が61.2m×2本である。シールド掘進部の地質は、沖積粘性土 (Ac4) と沖積砂質土 (As1) となっている。

(2) 施工結果

1) ジャッキ推力

地山区間の最大ジャッキ推力は図—1に示した通り、横型シールド機では約1,410t (装備推力の39%)、縦型は約2,334t (同じく60%) となっており通常の単円シールド機と同程度と考えられる。縦型シールド機のジャッキ推力が横型より大きくなっているのはピッチング調整を行なうために主に下部のジャッキを多用したことによる。また、地盤改良体区間のジャッキ推力は、横型が約2,000t (装備推力の56%)、縦型は約3,000t (同じく77%) であった。

キーワード：矩形シールド、非対称、姿勢制御、中折装置

連絡先：1) 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島技術研究所 TEL0424-85-1111 FAX0424-89-7034

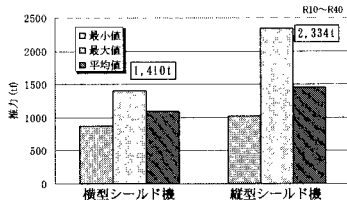
なお装備ジャッキ推力の設定はトンネル標準示方書（シールド編）に準じた。

2) カッタートルク

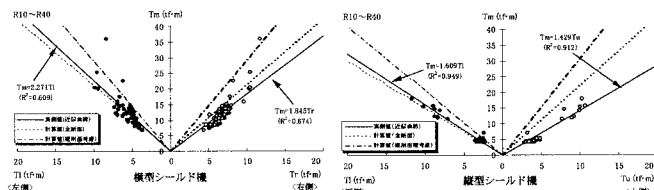
カッタートルクは、図－2に示したように横型・縦型シールド機とも中央と左右（又は上下）はバランスしていた。図中の破線は前面カッターによる先行掘削の影響を無視した計算値で、一点鎖線は考慮したものである。この結果から、前面カッターの背面に位置するカッターのトルクを設定する際には、前面カッターによる先行掘削部の影響を考慮しないで計画した方が良いことが分かる。また、中央カッターと他のカッターのトルク比は、次式で示すカッターフェースでのせん断抵抗によるトルク T_s の比にほぼ対応した。

$$T_s = \int \tau r dA \propto D^3$$

ここに、 τ ：せん断抵抗、 D ：カッター径



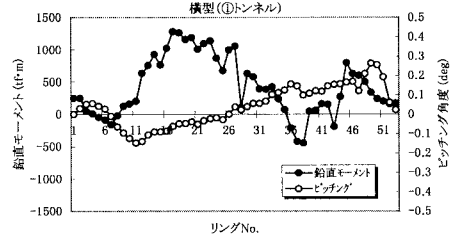
図－1 ジャッキ推力の比較



図－2 メインカッタートルクの比較

3) 横型シールド機の姿勢制御

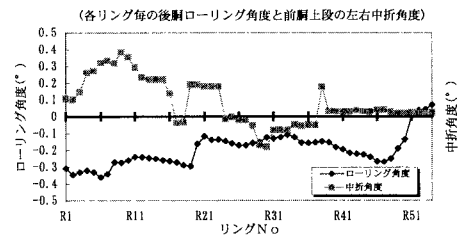
横型シールド機は主にジャッキパターン、コピー/オーバーカッターで姿勢制御を行なった。地山区間において土質調査結果を基に地盤反力を設定し、実測した鉛直モーメントからピッチング角度の変化量を計算したところ、実測値とほぼ良好に対応した。図－3に示したように鉛直モーメントに応じてピッチング角度が追従して変化しており、ジャッキパターンによる姿勢制御に問題がないことが分かる。



図－3 横型シールド機のジャッキ操作と姿勢変化

4) 縦型シールド機の姿勢制御

縦型シールド機は地山区間において、左方向にローリングする傾向が強く、ジャッキパターン、コピー/オーバーカッターに加え 3 連中折装置を使用し姿勢制御を行なった。図－4に示すようにその結果は良好で、左右の中折角度を付けることによりローリング角度が減少し、有効な姿勢制御方法であることが分かった。



図－4 縦型シールド機の中折角度と姿勢変化

なお施工実績は、横型シールドが2本、縦型が1本のトンネル施工終了時のものである。

4. まとめ

今回の施工で非対称矩形シールドの施工データを分析評価し、以下のことを把握した。

- (1) シールドジャッキ推力、カッタートルク等の設定は通常の円形シールド機と同様の算定方法で特に問題ない。
- (2) 横型シールド機ではピッチング方向の姿勢制御にシールドジャッキで鉛直モーメントを与えることにより、問題なく掘進制御することが出来た。
- (3) 縦型シールド機ではローリング方向の姿勢制御に、3 連中折装置を用いて回転モーメントを与えることにより、掘進制御することができた。但しジャッキ推力、カッタートルクは横型より若干余裕を見た方がよい。

以上偏平率 1：3 程度の非対称矩形シールド機（泥水式）の姿勢制御は、ジャッキパターン、各余掘りカッター、3 連中折装置を組合せて使うことにより問題なく実施できると考える。

（参考文献）

- [1] 青柳隆浩他：拡張テールボイド工法の施工、土木学会第 53 回年次学術講演会概要集、vol III、1998.10