

III-37 MSD工法(メカニカル・シールド・ドッキング工法)の開発 - その5
掘進時における外周リングのひずみ計測

清水建設(株) 土木本部 正会員 松浦 幸彦
清水建設(株) 技術開発本部 正会員 渡辺 俊雄
三菱重工業(株) 神戸造船所 正会員 杉山 雅彦

1. まえがき

MSD工法¹⁾に用いるシールド機は、カッターヘッド構造に外周リングの無いスポーク(伸縮可能)のみの構造をしており、この構造でも従来のシールド機と同等の施工性を有することを土圧式シールドにて既に実証している。²⁾しかしながら、泥水式シールドにおいては、天端崩壊防止、砂礫地盤あるいは長距離施工におけるカッタースポーク外周端磨耗の防止のために外周リングを有した構造が有利となる場合がある。

本報告においては、MSD工法の適用範囲の拡大を計るため外周リング付泥水式シールド機を開発し(図-1)実施工(φ3.4m)をおこない、掘進から得られた外周リングのひずみ状況および掘削性能について報告するものである。

2. 工事概要

施工場所: 東京都江東区
工 法: 泥水加圧式
掘削外径: φ3,430mm
施工延長: 1,844 m
土 質: 粘性土(N=0~5)
土 被り: 27.0m ~ 33.0m
カブ 施工: R=40 m

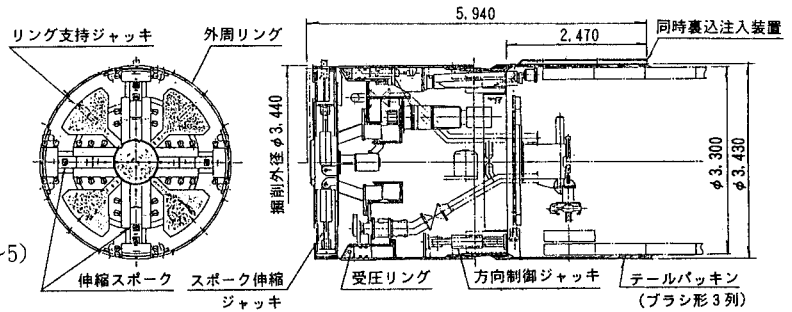


図-1 MSDシールド機概要図

3. 掘進状況計測項目

- ①外周リングのひずみ 外周リングは4本の伸縮スポークにピン結合されているのみであるため、掘進中、特にカーブ施工中には大きな応力が発生するものと考えられる。この応力を計測するために、外周リングにリング円周方向・軸方向のひずみゲージを取付け、掘進中に連続して計測をおこなう。
- ②切羽の安定 カッター外周部において開口部が通常のシールド機よりも大きいため土砂取込みにより天端崩壊をおこしていないかどうか貫入型地山探查装置により天端の崩壊量を計測する。

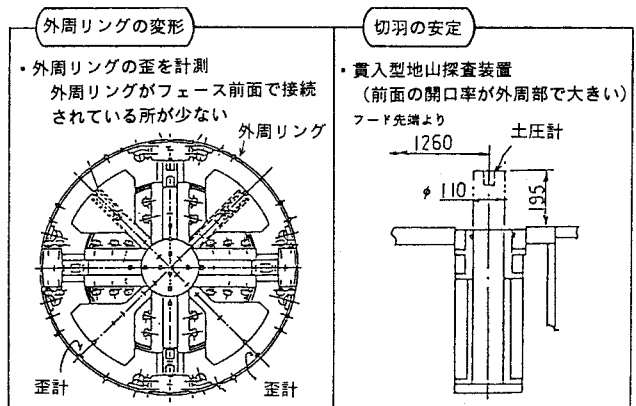


図-2 計測機器図

4. 計測結果

- ①外周リングのひずみ 掘削距離・区間ごとのひずみ(応力)発生状況の計測結果を表-1に示す。この

表より、外周リングの円周方向応力はカッタートルク・掘進速度・カーブ施工等には影響されず、軸力（シールド推力と切羽水圧の差）の変動が大きく影響しているものと考えられる。しかしながら、応力的には円周・軸方向ともに鋼材の許容応力度（SS41, $\sigma_{sa}=1,400\text{kgf/cm}^2$ ）の10%以下であり、構造的には問題ないといえる。

②切羽の安定（天端崩壊量） 通常地山掘進時における天端崩壊量は平均 4.4mm程度であり、カッター外径 $\phi 3,440\text{mm}$ とシールド機スキンプレート外径 $\phi 3,430\text{mm}$ の差分の半分の余掘り量（5.0mm）とほぼ等しい値なので、掘削に伴う地山の崩壊はほとんど無いものと考えられる。

表-1 外周リング応力計測結果

掘削距離 (m)	外周リング		切羽水圧 (kgf/cm ²)	ジャッキ 速度 (mm/min)	カット トルク (tm)	総推力 (tf)	軸力（シールド 下推力と切羽 水圧の差） (tf/m ²)	FEM解析結果		備考
	円周方向応力 (%)	軸方向応力 (%)						周方向 (%)	軸方向 (%)	
7	-3.0~ 2.3	-4.5~ 3.8	0.18	7.2	12.7	120	41.3	—	—	コラム範囲
14	-3.8~ 2.3	-3.0~ 6.0	2.35	7.7	15.8	245	11.1	-0.2	0.0	カーブ区間
92	-10.1~ -4.5	—	1.84	23.8	14.0	421	100.4	—	—	通常地山
107	-11.3~ -3.4	—	1.97	25.3	14.1	454	108.8	-4.9	0.0	直線区間

- ・ 数値はリング内計測値の平均値。
- ・ 外周リングの応力は測定値を許容応力で無次元化 (σ/σ_{sa}) し、最少値と最大値を表示。
- ・ FEM解析結果は最大値を表示。

5. モデル解析

外周リングとカッタースポークをモデル化し、3次元FEM解析をおこなった結果を図-3に示す。解析に用いた荷重は実測データをもとに軸力としてカッタースポーク前面にシールド推力と切羽水圧の差分を、接線力として各スポーク先端にカッタートルクを加えている。解析結果を表-1に示すが、実測値とほぼ合致した値となっている。

6. あとがき

外周リングは、実施工におけるひずみ計測からもわかるように、大きな応力も発生せず、構造としては問題ないものであり、掘進時には地山に影響を与えない有効な構造であることが実証できたと考える。

MSD工法は、基礎実験、実証実験、耐久性実験を経て、今回の外周リング付シールド機の実施工の採用により適用範囲が拡大され、今後は、実施工を重ねることにより適用機種に限定されず、かつ大断面における施工が実現するよう努力する所存である。

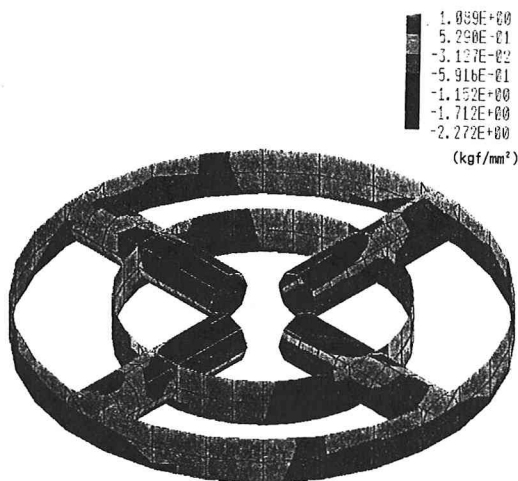


図-3 FEM解析による応力分布図

〔参考文献〕 1) 中島他 MSD工法の開発—その1 第42回年次学術講演会 1987, 2) 後藤他 MSD工法の開発—その2 第42回年次学術講演会 1987, 3) 渡辺他 MSD工法の開発—その3 第43回年次学術講演会 1988, 4) 渡辺他 MSD工法の開発—その4 第44回年次学術講演会 1989