

III-457

多円形断面シールド（MFシールド）の模型実験 その2

東京大学 松本 嘉司
 （株）熊谷組 新井 時夫・岸 研司・喜多 信仁
 三菱重工業（株） 波多腰 明・森 輝幸

1. まえがき

同名論文（その1）に示すように、MFシールドの設計・施工上の不明点の解明を図るために模型実験を実施した。本文は、MFシールドの挙動、不つり合い力、その他当初懸念された不明点について実験から得られた結果を報告するものである。

2. MFシールドの挙動

2.1 評価方法

図-1に示すように、実機の機体長を考慮した位置に軸力計測用ロードセルを4ヶ所配し、機体に作用する力を計測した。各ロードセルの軸力計測値を P_i とすると、図-1を参照して不つり合い力は次式で計算される。なお、ローリング力については、絶対値を一概に評価できないため定性傾向把握のための参考値として取り扱う。

$$\text{ヨーイングモーメント} : M_y = \{(P_3 + P_4) - (P_1 + P_2)\} \times e_1$$

$$\text{ピッチングモーメント} : M_p = \{(P_2 + P_4) - (P_1 + P_3)\} \times e_2$$

$$\text{ローリング力} : R = (P_1 + P_4) - (P_2 + P_3)$$

2.2 実験結果

図-2に、硬地盤における実験結果の一例を示す。同図は機体が地盤中に静止している状態を初期値として、掘進による増加軸方向力とヨーイングモーメントの関係をカット回転方向別に示したものである。ヨーイングモーメントは、カットが正回転および右回転のときに後方から見て（切羽に向かって）右方向、逆回転および左回転のときに左方向の結果となっている。また、ヨーイングモーメントは押しつけの程度と概ね比例関係にあり、 $N = 0$ のとき $M_y = 0$ と仮定した直線回帰式を同図に示すが、これよりヨーイングモーメントの大小関係は、右方向は右回転>正回転、左方向は左回転>逆回転であることがわかる。

図-3は、掘進速度とカット回転数を一定に保ちカット回転方向を変化させたときに生ずる不つり合い力の変化量について、硬地盤における実験結果の一例（カット回転方向変化：正回転 $\leftrightarrow$ 逆回転）を示したものである。掘進速度とカット回転数の比 V/f が大きくなると不つり合い力の変化量が大きくなる傾向にあり、これは押しつけ力と V/f が比例関係にあることを考えると、図-2の内容（不つり合い力 $\propto N$ ）と一致する。また、ピッチングモーメントの変化量 M'_p はヨーイングモーメントの変化量 M'_y に比して小さく、 $V/f = 0$ のとき $M'_y = M'_p = 0$ と仮定して算定した直線回帰式からその比を求めると、 $M'_p/M'_y = 0.34$ となる。

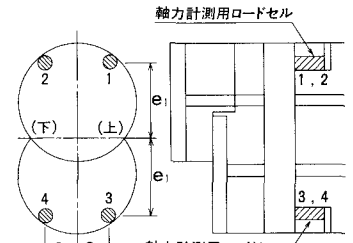


図-1 機体作用力計測法

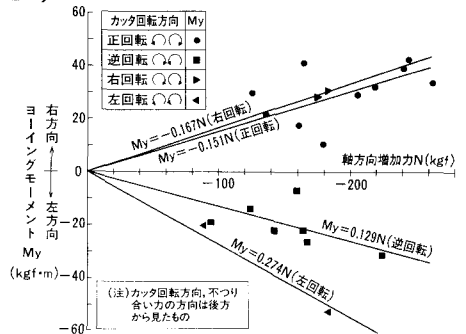


図-2 カット回転方向とヨーイングモーメントの関係（硬地盤）

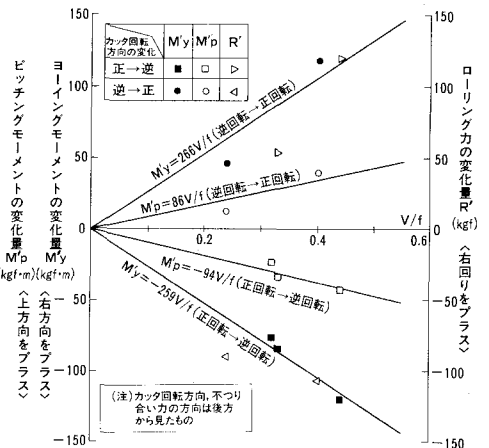


図-3 カット回転方向変化と不つり合い力変化の関係（硬地盤）

図-4は、図-3と同様の実験より、カット回転方向変化が正回転 $\leftrightarrow$ 右回転、逆回転 $\leftrightarrow$ 左回転に対してヨーイングモーメントの変化量を示したものである。ここで図-1よりヨーイングの方向が、正回転および右回転が右方向、逆回転および左回転が左方向であることを考えると、図-4から同一方向のヨーイングの大小関係がわかり、右方向は右回転>正回転、左方向は左回転>逆回転となる。なお、この関係は図-2における大小関係と一致する。

表-1に、実験より得られたMFシールドの挙動の定性傾向を取りまとめる。MFシールドの挙動はカット回転方向により異なるが、この定性傾向は、同名論文（その1）¹⁾より得られた安定掘進条件下における負荷特性の先行・後行独立性に基づき、先行・後行カットに作用する力の重ね合わせによる不釣り合い力から説明できる。

（表-2参照）

（表-2参照）

3. 地盤のゆるみ

実験前後の地盤のコーン指数 q_c の変化から地盤のゆるみ状況を比較すると、円形・MFシールドともに硬地盤におけるゆるみ高さは約60cmと同程度であった。（図-5参照）また、周面摩擦抵抗も実験結果より円形・MFシールドで大差なく、これは、両者の周長がほぼ等しいことを考えると、作用土圧が同程度であることを示す。以上より、MFシールドの断面形状による地盤への悪影響は、安定的運転条件下では現われないと推察できる。

4. まとめ

- ① 不釣り合い力は基本的に先行・後行カットに作用する力の重ね合わせの原理により説明できる。このことから、不釣り合い力はカット回転方向・回転数およびシールド掘進速度により制御できることが推察され、通常運転においては不釣り合い力が小さい正回転または逆回転が良いと考えられる。
- ② 地盤のゆるみは複線等価断面円形シールドと比べて大差なく、周辺地盤への影響も特に問題とならないと考えられ、当初懸念された特殊断面形状の悪影響はほとんどないものと考えられる。

5. 謝辞：本実験にあたり、ご指導をいただいた東京大学西松裕一教授・小長井一男助教授・杉本光隆助手に感謝の意を表します。

参考文献：1) 松本，新井，波多腰，他：多円形断面シールド(MFシールド)の模型実験 その1，土木学会第43回年次学術講演会，1988年10月

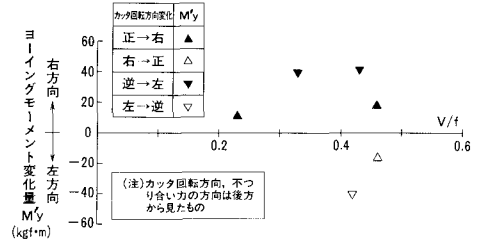


図-4 カット回転方向変化とヨーイングモーメント変化量の関係(硬・軟地盤)

表-2 カット面内の作用外力によるMFシールドの挙動推察

カット回転方向	カット面内の作用外力	カット面内の不釣り合い力	MFシールドの挙動	備考
正回転 後行 先行			<ヨーイング> やや右 <ピッチング> やや上 <ローリング> やや左回り	(先行側)
逆回転 後行 先行			<ヨーイング> やや左 <ピッチング> やや下 <ローリング> やや右回り	A < B (後行側)
右回転 後行 先行			<ヨーイング> 右 <ピッチング> やや下 <ローリング> 左回り	a < b a < A b < B
左回転 後行 先行			<ヨーイング> 左 <ピッチング> やや上 <ローリング> 右回り	

表-1 カット回転方向～MFシールドの挙動

MFシールド カット 回転方向	ヨーイング	ピッチング	ローリング
正回転 	右 (小)	上 (小)	左回 (小)
逆回転 	左 (小)	下 (小)	右回 (小)
右回転 	右 (大)	下 (小)	左回 (大)
左回転 	左 (大)	上 (小)	右回 (大)

(注) ● カット回転方向，MFシールドの挙動は、後方から見たもの
● () は、強さの程度

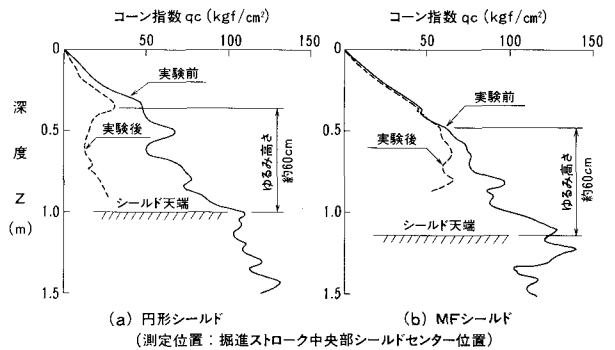


図-5 実験前後のコーン指数の比較