

III-49 多円形断面シールド（MFシールド）の模型実験 その3

—— 実験概要およびカッタートルク特性について ——

東京理科大学 松本 嘉司

（株）熊谷組 新井 時夫・大田 弘・岸 研司

三菱重工業㈱ 波多腰 明・大石 善啓

1. まえがき

多円形断面シールド（MFシールド）トンネル工法は、複数の円形断面を一部重ね合せて同時掘削を行うシールド工法であり、使用目的に応じた合理的、経済的なトンネル断面を構築可能である。一方、MFシールドは、従来の円形シールドに比べて構造および作用力が非対称であるため、姿勢制御性や切羽安定性において不明な点が多い。そこで、MFシールドの基本特性を把握する目的で、従来の円形シールド、複円の横型および縦型MFシールドの比較模型実験を実施した。

本文では、このうち実験の概要とカッタートルク特性について報告する。なお、本年度報告の同名論文5編は、昨年度報告の同名論文2編に引き続いて一連の実験結果をまとめたものである。

2. 実験概要

図-1に実験の概要をまとめて示す。模型寸法は、それぞれ実際の複線鉄道トンネルを想定し、幾何学的縮尺が同一になるように決定した。なお、縦型MFシールドでは、上部先行型、下部先行型の両構造の比較を行った。また、実験模型に泥水式を適用するのは困難であるため、いずれのシールド型式においても掘削土はスクリーコンベアにて排出した。

実験地盤は、地盤の自立性、強度の影響をみるため、表-1に示す2条件とした。また掘進速度、カッター回転数、カッター回転方向等の掘進条件は、それぞれ実験パラメータとした。

表-1 地盤条件

	軟地盤	硬地盤
湿潤密度 γ_t (gf/cm ³)	1.56~1.61	1.68~1.77
乾燥密度 γ_d (gf/cm ³)	1.42~1.46	1.56~1.60
含水比 w (%)	10.0~11.2	7.7~10.9
間隙比 e	0.80~0.86	0.65~0.71
飽和度 S_r (%)	31.1~35.9	29.2~44.0
コーン指数 q_c (kgf/cm ²) (シールド掘削断面位置)	10 ~ 30	100~130

（各土質データはシールド天端（深さ1m）位置の測定値）

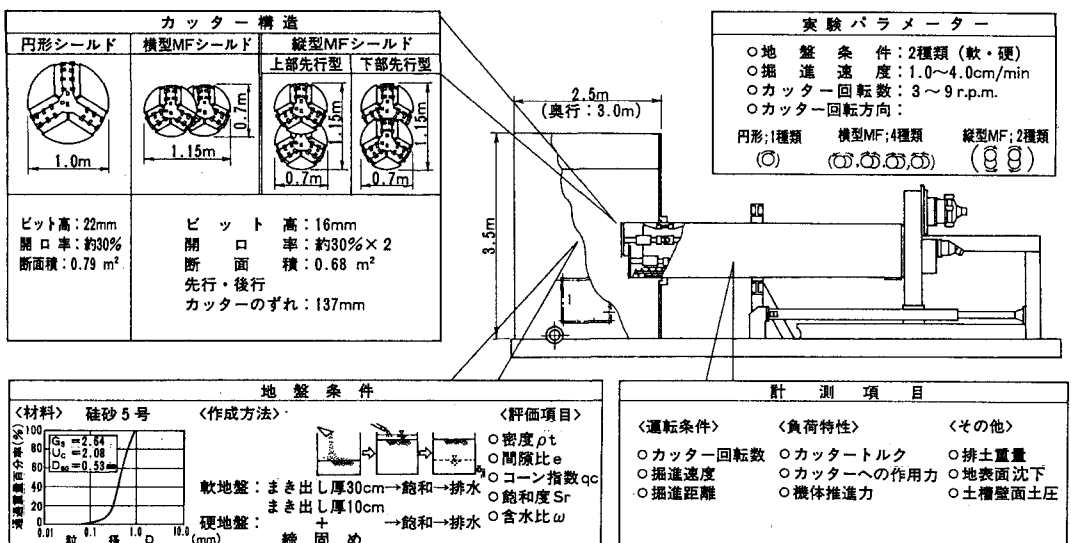


図-1 実験概要

3. カッタートルク特性

図-2, 3に、各シールドにおけるカッタートルク T と、掘進条件（掘進速度 V 、カッター回転数 f ）との関係を、それぞれ軟地盤、硬地盤について示す。なお、MFシールドの T は先行と後行のカッタートルクの和（総カッタートルク）である。 T と V/f の間には線形関係が認められ、特に硬地盤においては相関係数が大きい。なお、カッタートルクの大きさは、硬地盤と軟地盤とで大差はない。

MFシールドのカッタートルクは、シールド型式によらず円形シールドの50%以下である。また、縦型MFシールドのカッタートルクは横型MFシールドの40~60%程度である。この理由としては、縦型MFシールドの場合、上下のチャンバに隔壁のない構造としたため、上部カッターのチャンバは、土砂の充填度が低く土砂の取込みが容易であり、カッタートルクが小さくなったものと推察される。なお、チャンバに隔壁のある構造の縦型MFシールドのカッタートルクを推定するために、上部先行型では、下部先行型の、下部先行型では上部先行型の下部カッタートルクをそれぞれの上部カッタートルクとして総カッタートルクを求めると、横型MFシールドの80~90%である。

図-4, 5にMFシールドの先行カッタートルク T_F 、後行カッタートルク T_R を示す。図には、種々のカッター回転方向に対する結果を同一の記号でプロットしたが、カッター回転方向によるデータのばらつきはなく、 T_F および T_R と V/f の間にはそれぞれ線形関係が認められる。また、 T_F と T_R に差を与えた場合も、この関係を満足している。これらより、MFシールドの両カッターは、片方のカッターの回転方向や回転数に依存せず独立した特性をもつことがわかる。

4. ま と め

以上の結果から、MFシールドのカッタートルクの基本特性は次のとおりまとめられる。

- (1) カッタートルク T と掘進条件である V/f の間には、線形関係が成立する。
- (2) 横型、縦型MFシールドとも、従来の円形シールドに比べてカッタートルクが低く、負荷特性上有利である。
- (3) 先行カッタートルクと後行カッタートルクは独立しており、カッター回転数による独立制御が可能である。

<参考文献> 1), 2): 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,
同 その2, 土木学会第43回年次学術講演会, 1988.10.

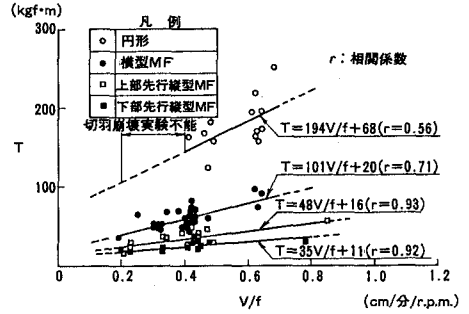


図-2 T と V/f の関係（軟地盤）

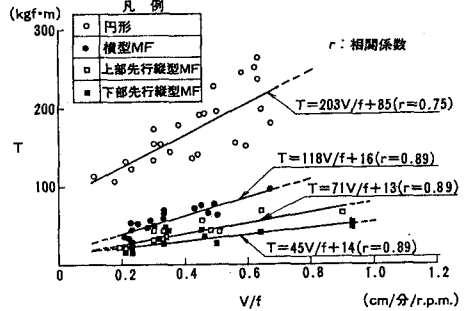


図-3 T と V/f の関係（硬地盤）

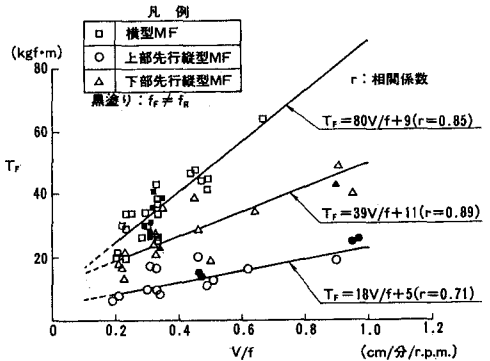


図-4 T_F と V/f の関係

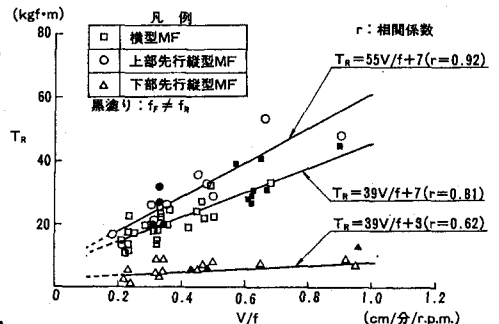


図-5 T_R と V/f の関係