

III-50 多円形断面シールド(MFシールド)の模型実験 その4

— 推進力とカッターへの作用力について —

東京理科大学 松本 嘉司

(株)熊谷組 新井 時夫・大田 弘・喜多 信仁

三菱重工業㈱ 大石 善啓・森 輝幸

1. はじめに

同名論文(その3)に示したとおり、MFシールドの掘削特性を評価する目的で、円形シールドと横型、縦型MFシールドの比較模型実験を実施した。本文では、このうち推進力とカッターへの作用力について実験結果を報告する。

2. 推進力

シールドの掘進に対して抵抗する主な力は、切羽前面抵抗力 F_t および周面摩擦抵抗力 F_f である。

図-1は、カッター軸力として測定した F_t と V/f との関係を示したものである。横型および縦型MFシールドの F_t は、円形シールドの50~60%程度である。なお、同図に F_t と V/f の直線回帰式を示したが、MFシールドはシールド型別の有意差が認められなかったため全データを用いて求めた。

一方 F_f は、推進ジャッキの油圧により測定した総推進力 F の掘進距離 L に対する増加率 $\Delta F_f/\Delta L$ から、各シールドの周長の相違を考慮したうえ、機体長を85cmとして求めた。

F_f の大小関係は、円形シールド(2.1tf)>横型MFシールド(1.9tf)>縦型MFシールド下部先行型(1.6tf)>同上部先行型(1.4tf)となった。

以上の結果から、横型、縦型MFシールドとも円形シールドに比べて総推進力($F_t + F_f$)が低いことがわかった。

3. カッターへの作用力

カッターに作用する力は、図-2に示す軸力(面外力)とせん断力(面内力)である。実験では、カッター軸のひずみにより、カッター軸の軸力 N と曲げモーメント M を求めた。なお、図-3に示すように、 M を N の作用位置の偏心による成分 M_N とせん断力の合力 S による成分 M_S に分解し、 M_S からカッターせん断合力 S を求めた。

図-4は、円形シールドおよびMFシールドの先行カッターの軸力 N とカッタートルク T との関係であるが、それぞれ正の相関性が認められる。

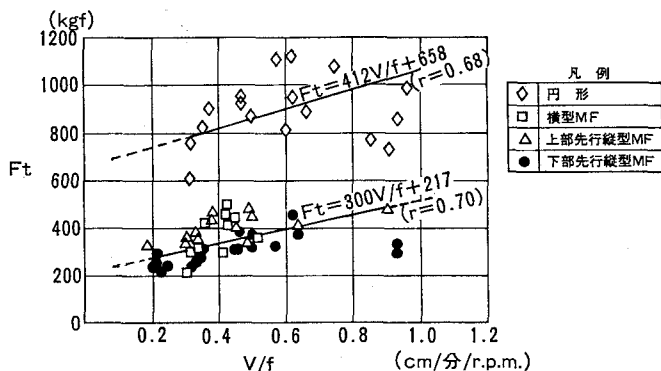
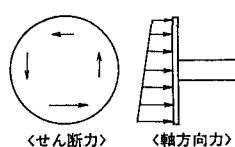
図-1 F_t と V/f との関係

図-2 カッターに作用する力

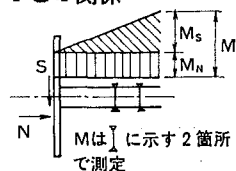
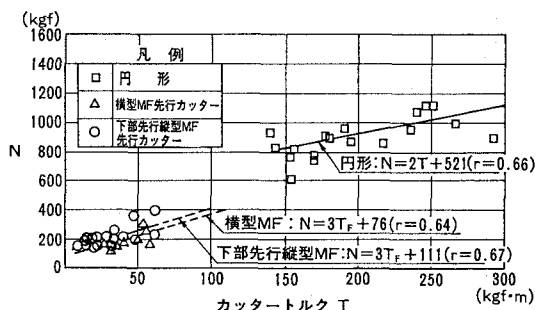


図-3 Mの成分

図-4 N と T の関係

カッターせん断合力 S の鉛直方向成分 S_v 、水平方向成分 S_H は、それぞれ、カッターに作用する鉛直方向、水平方向のせん断力の不釣り合いを表す。 S_v は、横型MFシールドの後行カッターを除いていずれも小さな値であったが、これは、カッターの形状が左右対称のため、鉛直方向のせん断力が左右で釣り合っているためである。一方、横型MFシールドの後行カッターの S_v は、図-5に示すように、カッターが右回転時に下方向、左回転時に上方向に作用する。この理由は、表-6に示すように先行と後行の面板が重なっていることによるものと考えられる。

一方、 S_H は、すべてのシールドのカッターで生じたが、一例として縦型MFシールドにおけるカッタートルクと S_H との関係を図-6に示す。両者の間には強い相関関係があり、この関係は、他のシールドのカッターについても同様であった。 S_H は、下部先行縦型MFシールドの後行カッターを除き、カッターが右回転時に右方向、左回転時に左方向となる。形状が上下対称のカッターにせん断力の水平方向の不釣り合いが生ずるのは、カッター前面土圧が深さ方向に増加するためであると考えられる。なお、MFシールドの先行カッターでは、 S_H とカッタートルクとの関係式における傾きが $2.40 \sim 2.46$ とほぼ同じである。これは、土圧分布形状が互いに相似であるためと考えられる。また、上部先行縦型MFシールドの後行カッターでは傾きが 3.22 と大きく、下部先行型の後行カッターでは、傾きが負となるが、これは先行カッターと重なる部分の後行カッターにせん断力が発生しないためと考えられる（表-1参照）。

4. ま と め

模型実験による検討を行った結果、MFシールドの推進力が円形シールドと同等以下であること、およびカッターへの作用力がカッタートルクと比例関係にあり、カッター回転方向によってその傾向が説明できることが判明した。

表-1 せん断合力の説明

カッター構造	カッター回転方向	せん断力	せん断合力	備 考
先行カッター	横型MFシールド 上部先行型 下部先行型			$ a < b $ $ c = d $
後行カッター	横型MFシールド 上部先行型 下部先行型			$ a < b $ $ c > d $
先行カッター	縦型MFシールド 上部先行型 下部先行型			$ a < b $ $ c = d $
後行カッター	縦型MFシールド 上部先行型 下部先行型			$ a > b $ $ c = d $

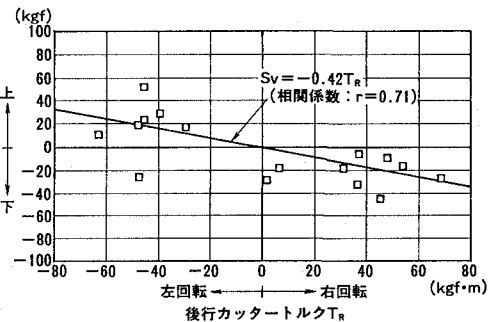


図-5 S_v と T_R の関係(横型MFシールド)

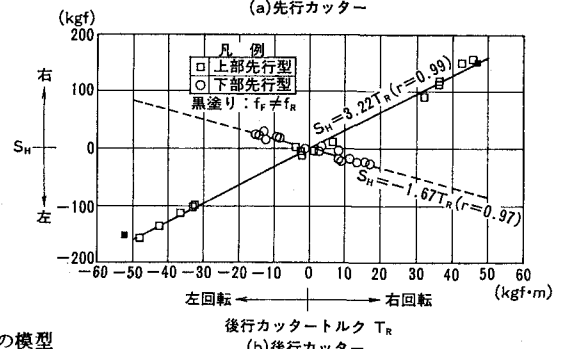
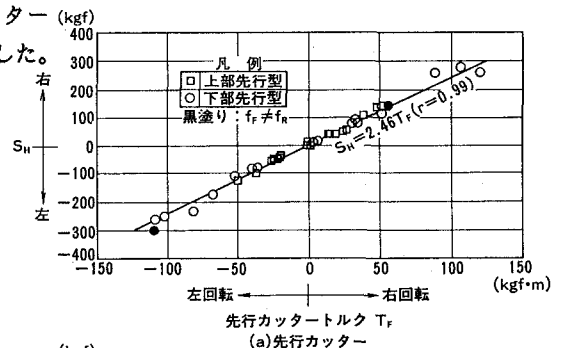


図-6 S_H と T の関係(縦型MFシールド)

<参考文献> 1) 松本,他:多円形断面シールド(MFシールド)の模型

実験 その3,土木学会第44回年次学術講演会,1989年10月