

Ⅲ-634

リングシールド工法の開発(その12)

ー模型掘削実験によるシールドの負荷特性と姿勢制御性の検討ー

(株) 銭高組 正員 〇三宅 克哉 不動建設 (株) 正員 奥 利 明
住友建設 (株) 正員 金子 正士 東急建設 (株) 正員 高松 伸行

1. はじめに

リングシールド工法は、トンネル掘削を行う場合にトンネルの外殻部を先行掘削し、覆工した後、内部残置土を掘削する工法であり、大断面トンネル、異形断面トンネルを建設するために有効な工法の一つである。

本工法のシールドは、外殻部のみを一時に掘削し、マシン内部に地山を抱えたまま掘削するという従来にはない掘削機であり、その特性はまだ十分に把握されていない。そこで、リングシールドおよび全断面シールドの模型掘削実験を行い、姿勢制御性、負荷特性などについて検討した結果を報告する。

2. 実験方法および実験要因

実験装置および使用材料は、切羽安定性の確認試験¹⁾と同様である。模型シールドの掘削形式はオープン掘削とした。模型シールドに作用する負荷は、6本の軸力計を図-1のように配置し、その測定値から図-2に示す6成分の機体作用力 ($F_x, F_y, F_z, M_r, M_y, M_p$) を算出した。また、実験要因を表-1に示す。

3. 実験結果

3.1 負荷特性

(1) カッタートルク カッタートルクが定常状態にある安定掘進条件下の総カッタートルクは、硬軟両地盤においてリングシールド(以下 リングSと称す)が全断面シールド(以下 全断面Sと称す)の10%以下であった。なお、リングシールドの総カッタートルクは、合計12個のカッターの総和とした。一般に、シールドのカッタートルク T とカッター径 D の関係は $T = \alpha D^3$ (α :トルク係数)の関係式で示される。本実験における α の値を図-4に示す。リングSの α は全断面Sより小さく、切羽安定性が良好であり、軟地盤条件下でも同程度の値となっている。

(2) 推進力 F_x 全断面とリングの F_x を図-5に示す。 F_x は掘進条件、地盤条件によって変動があるが、全断面SとリングSの F_x に大差はない。これは、リングでは前面抵抗が小さいにも係わらず機体内周面の摩擦抵抗が存在するため、 F_x としては全断面Sと同レベル程度になっている。

3.2 姿勢制御性

(1) ロ-リング' モメント M_r 全断面およびリングSのカッター回転方向と M_r の関係を図-6に示す。全断面ではカッターの回転方向と逆方向の M_r が作用している。また、リングSの場合もマシンの癖のために全体が+側にシフトしているが、右回転、左回転の場合に同様な傾向が認められる。しかし、リングの正回転、逆回転では、カッター回転に伴う反力が互いに相殺する傾向が認められる。リングSの M_r の絶対量は全断面Sの場合より1桁程度小さい。

(2) ヨ-イング' モメント M_y 全断面およびリングのカッター

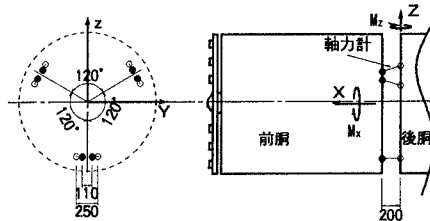


図-1 機体作用力測定法

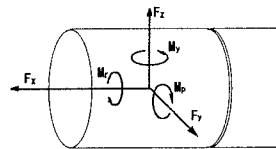


図-2 座標系と機体作用力

表-1 実験パラメーター

掘削形式	リングシールド方式、全断面シールド方式
地盤条件	硬地盤、軟地盤
掘進条件	v/f (v :掘進速度, f :カッター回転数) カッター回転方向(図-3参照)
機体姿勢	ヨーイング角度

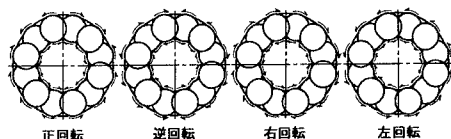


図-3 カッター回転方向(後方より)

回転方向と M_y の関係を図-7に示す。全断面では、カッター回転方向に応じた M_y が発生している。これは、カッター下部に作用する水平方向のせん断力によるものと考えられる。また、リングSの場合も基本的には同様な特性を示している。しかし、 M_y の絶対量は全断面Sの1/3程度である。

(3) M_y とヨーイング角 模型シールドに強制的にヨーイングを与えた場合の M_y とヨーイング角 $\Delta\theta$ との関係を硬地盤について図-8に示す。リングSも全断面Sも M_y とヨーイング角の間には比例関係が認められ、比例係数はリングSも全断面Sも同程度であった。地盤からの反力は、弾性的に作用していると考えられる。

4. まとめ

今回の実験により以下の知見が得られた。

- (1)リングSの総カッタートルクは、掘削断面積が小さいため全断面Sに比べ小さい。また、リングSのトルク係数は、個々のトンネル径が小さく切羽安定性が増すため、全断面Sに比べて硬地盤で1/2、軟地盤で1/5程度である。
- (2)リングSの推進力は、掘削断面積の減少分が内部土砂との摩擦により相殺され、全断面Sと変わらない。
- (3)リングSの機体作用力は、全断面Sと比較して小さく M_y で1/3、 M_r で1/10程度であり、シールドの直進性は確保し易い。
- (4)シールドの姿勢変化に必要な M_y は、リングSおよび全断面Sとも同程度である。これは、リングSの姿勢制御が、従来のシールドと同様のジャッキ操作で行えることを示唆している。

以上のように、本実験により開発中のリングシールドが負荷特性、姿勢制御性のいずれにおいても、従来の全断面シールドと同等以上の性能を有することが確認された。今後、カッターチャンバー内の土砂の流動性や取り込み方法などについて検討する予定である。

最後に、本実験は早稲田大学小泉教授の御指導を得て、五洋建設(株)、住友建設(株)、(株) 銭高組、東急建設(株)、日本国土開発(株)、不動建設(株)の6社の平成6年度共同研究の一環として三菱重工業(株)の協力のもとに行われたものである。

参考文献:1)リングシールド工法の開発(その11) 土木学会 第50回年次学術講演会概要集1995.9

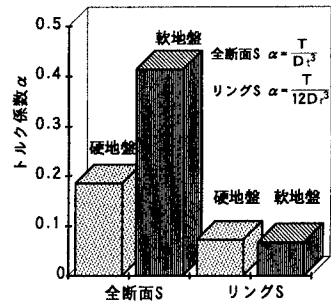


図-4 トルク係数

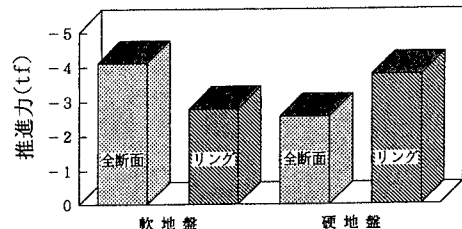


図-5 推進力

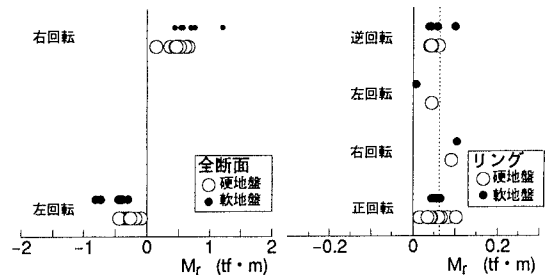


図-6 カッター回転方向とローリングモーメントの関係

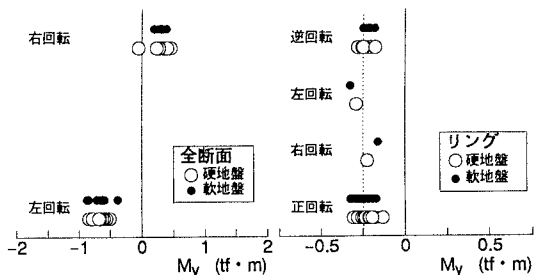


図-7 カッター回転方向とヨーイングモーメントの関係

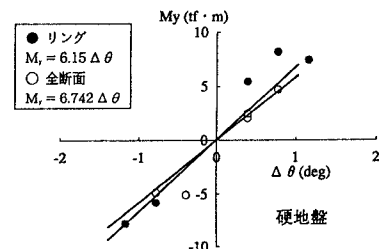


図-8 ヨーイングモーメントとヨーイング角の関係