

III-48

多円形断面シールド（MFシールド）の施工 その2

—— 姿勢制御性について ——

JR東日本 高瀬 政雄 清水 満
(株)熊谷組 新井 時夫 岸 研司

1. はじめに

同名論文その1¹⁾において、京葉線京橋トンネルの施工データを紹介しMFシールドの掘削特性全般を報告した。本報は、MFシールドの掘削特性のうち特に姿勢制御性を取り上げ、施工データからMFシールドの回転角とシールドジャッキによる修正モーメントとの関係について整理し考察したものである。

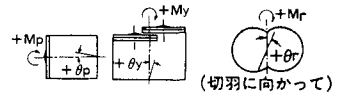
2. MFシールドの回転角

MFシールドのピッチング回転角 θ_p 、ヨーイング回転角 θ_y 、ローリング回転角 θ_r は次式で表される。

$$\theta_p = (M_{pj} + M_{pt} + M_{pm}) \times \beta_p \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\theta_y = (M_{yj} + M_{yt} + M_{ym}) \times \beta_y \quad \cdots \cdots (2)$$

$$\theta_r = (M_{rj} + M_{rt} + M_{rm}) \times \beta_r \quad \cdots \cdots (3)$$



ここに、 M_p , M_y , M_r : 順にピッチングモーメント、ヨーイングモーメント、ローリングモーメント
添え字は、j: シールドジャッキによる修正モーメント, t: 掘進により発生するモーメント
m: MFシールドの自重によるモーメント

β_p , β_y , β_r : 周辺地盤の剛性、掘進条件およびMFシールド形状による抵抗係数

3. 施工データによるMFシールドの挙動

図-1は、洪積砂質土(Dsc)層の区間をカッター正回転(○)および逆回転(●)で掘進した場合（ただしオーバーカッターやコピーカッターは使用せず）について、MFシールドが1リング（1m）掘進する間の θ_p と M_{pj} 、 θ_y と M_{yj} の関係を示したものである。

式(1)、(2)において M_{pm} 、 M_{ym} が定数であり、また M_{pt} 、 M_{yt} もカッター回転方向に対応した定数であると考え、図-1の回帰直線の傾きは、それぞれ $\beta_p = \Delta \theta_p / \Delta M_{pj}$ 、 $\beta_y = \Delta \theta_y / \Delta M_{yj}$ となり、シールドジャッキによる単位修正モーメントあたりのMFシールドの1リング掘進中の回転角を表す。また、 θ 切片はそれぞれ $\theta_p = \beta_p (M_{pt} + M_{pm})$ 、 $\theta_y = \beta_y (M_{yt} + M_{ym})$ となり、掘進により発生するモーメントおよびMFシールドの自重によるモーメントに対する1リング掘進中のシールド回転角を表す。

図-1の θ 切片より、MFシールドはピッチングにおいて通常のシールドと同様にノーズダウンする傾向にあり、ヨーイングにおいては先行側に向く傾向にあることがわかる。また、傾きから β_y は β_p に比べて若干大きいことがわかるが、これは、シールドの高さが幅に比べて小さく、ヨーイングに対する地盤の抵抗面積がピッチングに対するものに比べて小さいことによるものと考えられる。なお、比較的相関係数の

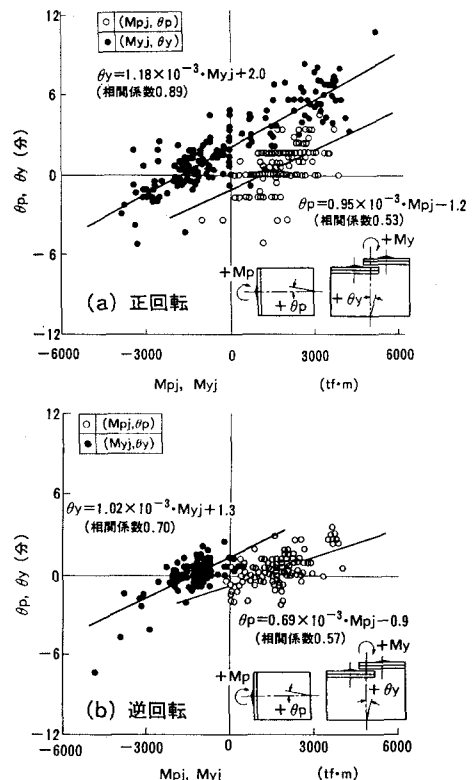


図-1 θ_p と M_{pj} および θ_y と M_{yj} の関係

大きい θy と Myj の係数に着目すると、傾き βy はカッター正回転で1.18、逆回転で1.02とほぼ同程度の値を示しており、 βy がカッター回転方向に依存しない係数であることがわかる。

図-2は、図-1と同様の掘進条件のデータに対し、MFシールドが1リング掘進する間の θr を、先行と後行の Mpj の差（ $Mpj_{\text{後行}} - Mpj_{\text{先行}}$ ）で整理したものである。両者には、ヨーイングやピッチングにおけるほどの強い相関はないが、正の相関が認められる。このことは、（ $Mpj_{\text{後行}} - Mpj_{\text{先行}}$ ）を正に、すなわちシールドジャッキにより切羽に向かって右対角線上の推力を大きくすることにより右回りのローリングを発生でき、またその逆も可能であることを示唆するものである。なお、施工においても、この方法をローリング修正手段の一つに用いた。

図-3は、Dsc層において左へ曲がる半径405mの施工区間をカッター左回転（切羽に向かって〇〇）で、①カッターのみにより掘進した場合、②旋回性向上のためにカッターと併用して、コビーカッターあるいはコビーカッターとオーバーカッターの双方を用いて掘進した場合について、 θy と Myj の係数を示したものである。②の場合は、①の場合に比べてデータのばらつきは大きくなるが、同一の Myj に対して θy が左方向へ大きくなり左へ曲がりやすくなっている。これは、オーバーカッターやコビーカッターによりシールドと地山の接触状態が変わり、式(2)中の Myt や βy が変化したことによるものと考えられる。

図-4に、洪積砂質土(Dsc)層および洪積礫(Dg)層における θy と Myj の係数をカッター回転方向ごとに求めたうち、比較的高い相関係数の高いものを示した。 Myj に対する θy の発生は、Dg層においてDsc層のものより大きくなっている。これは、Dg層のほうが地盤の変形係数が小さく、またDsc層のデータがカッターのみでの掘進によるものに対し、Dg層のデータがオーバーカッターやコビーカッターを併用した場合のものであるためと考えられる。なお、この傾向はピッチングについても同様であった。

4. おわりに

本報において、MFシールドの姿勢制御関係のデータ整理の一方法を示した。京橋トンネルにおけるMFシールドの姿勢制御は、充分な事前検討と的確な運転を行ったことにより、良好であった。今後、多くの施工データを蓄積し種々の地盤条件や掘進条件に対する特性を整理することにより、MFシールドの掘削特性や姿勢制御方法がさらに明確になっていくものと考えられる。

<参考文献> 1) 渡辺節雄・瓜生宗男・他：多円形断面シールド（MFシールド）の施工 その1，土木学会第44回年次学術講演会，1989年10月。

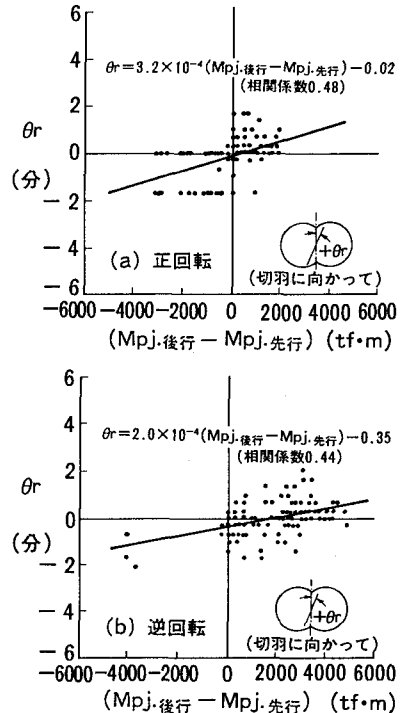


図-2 θr と $(Mpj_{\text{後行}} - Mpj_{\text{先行}})$ の関係

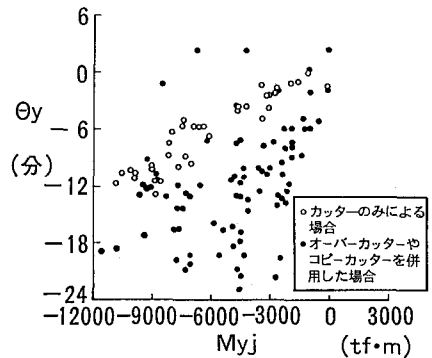


図-3 $\theta y \sim Myj$ における切削条件の影響

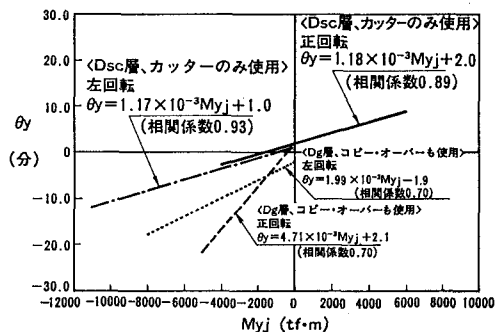


図-4 $\theta y \sim Myj$ における地盤条件の影響