

鹿島建設 正会員 笹倉 剛 五十嵐寛昌 吉村宗男
川崎重工業 正会員 野口 隆 内山 進

1. はじめに

筆者らは、複断面シールド機の掘進中の姿勢変化評価手法の開発を目標として、これまでに中折機構を有する2円型のシールド実験機を製作し、現場掘進実験を行い、その施工性及び姿勢変化特性について考察を進めている¹⁾²⁾。まず縦2連型として用いた実験1の、スキンプレートに取り付けた土圧計の計測結果などに基づいてローリング角度変化評価法を提案し、次に、強制的なひねりを行うローリング施工実験²⁾(以下実験2)において、ローリング角度が大きい場合への提案手法の適用性の検証を行った。本論文では以上の検討結果について報告する。

2. ローリング角度変化評価法の概要

ここでは、掘進条件及びシールド機に作用する外力が一定の定常掘進状態において、シールド機に作用するローリング発生モーメントと地盤反力が釣り合った状態でローリング角度変化が生じるものと考えた。ローリング発生モーメントの要因としては、面盤、中折部及びテールブラシからの作用力を考慮し、ローリング中心をシールド機断面の図心とし、ローリングによって生じる地盤反力分布を図-1に示すように考えた。したがって、1リング当たりのローリング角度変化量($\Delta\theta_R$)は次式により求めることができる。

$$M_{y, \text{面盤}} + M_{y, \text{中折}} + M_{y, \text{テール}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{K_S}{\alpha} \cdot h^3 \cdot \ell \cdot \Delta\theta_R \quad (1)$$

ここで、左辺はローリング発生モーメントで、添字はその要因を示す。また、右辺はローリング角度変化によって生じる抵抗モーメントで、 K_S は地盤反力係数、 α はコピーカットの影響をマクロに表現するための地盤反力係数低減係数、 h はシールド機の高さの1/2、 ℓ は機長である。

3. ローリング発生モーメントの評価

(1)面盤からの作用力 カッタービットによる地盤の切削並びに回転する面盤の外周面と地盤との摩擦などの面盤からの作用力によって生じるローリングモーメント $M_{y, \text{面盤}}$ として、面盤トルクの実測値を用いた。

(2)中折れによる作用力 中折れによって生じる土圧は、実験1実施時に図-2に示すようにシールド機前胴部に取り付けた土圧計の計測結果を整理して評価した。鉛直土圧で正規化した土圧計測値と中折角度の関係を土圧計設置位置によって整理した図-3から、中折方向反対側への作用土圧は中折角度に応じて増加するのに対し、中折方向への作用土圧はほぼ一定値をとることがわかる。

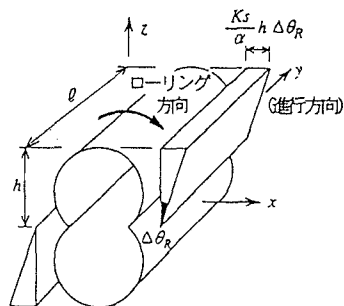


図-1 想定した地盤反力分布

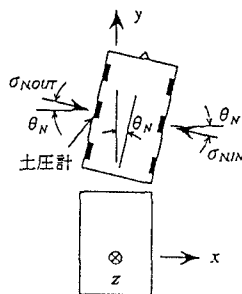


図-2 土圧計設置位置

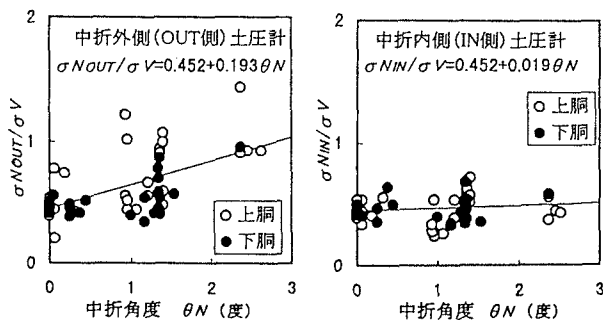


図-3 中折部での土圧計測結果

Keywords: シールドトンネル, 複円形シールド, 中折機構, 掘進制御, ローリング

〒182 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7067 FAX 0424-89-7034

そこで、中折効果によって生じるローリングモーメント $M_{y,中折}$ は、図中に示した直線回帰式で求められる法線方向土圧 σ_N に、上下各胴の yz 平面（図-1参照）への投影面積並びにローリング中心からのアーム長を乗じて求めた。

(3)テールブラシ反力 掘進中のシールド機には、シールド機のローリング角度とテールブラシが接するセグメントとの角度の差に応じたローリングモーメントが作用する。これを評価するため、図-4に示すように、シールド機内に空組みしたセグメントにローリング角度差が生じた状態を再現した载荷を行い、荷重変位関係を求めた。結果は図-5に示すとおりで、テールクリアランスの半分の押し付け量 15 mm の時の荷重から、テールブラシ反力係数 K_R （同図参照）を 218tf/m と設定した。テールブラシから作用するローリングモーメント $M_{y,テール}$ は、シールド機とセグメントの相対角度差によって生じるテールクリアランスの変化量 d_R に、テールブラシ反力係数 K_R 及び図-4に示したアーム長 ℓ_R を乗じて求めた。

4. ローリング角度変化量の評価

(1)地盤反力低減係数の同定 実験1で1リングにわたって定常掘進状態がほぼ保たれていると判断できるリングを対象として、(1)式の地盤反力低減係数 α を 1 として算定したローリング角度変化量と実測値の関係を図-6に示す。両者には比較的良好な相関性がみられるが計算値は実測値に比べ小さい。これは、計算ではコピーカットによる地盤反力の低減を考慮するための α を 1 としたためであり、図-6の実測値と計算値を原点を通る直線で最小二乗近似し、 α を求めた ($\alpha = 11.9$)。

(2)ローリング角度変化評価法の検証 以上のローリング角度変化評価法の妥当性を検証するため、実験2で1リングにわたって定常掘進状態がほぼ保たれていると判断できるリングを対象として、ローリング角度変化量の算定を行った。計算値と実測値の関係を実験1の場合と併せて図-7に示す。実験2については、計算で求めたローリング角度変化量 $(\Delta\theta_R)_{cal}$ は、実測値 $(\Delta\theta_R)_{obs}$ より小さい傾向にあるが、概ね傾向は一致している。これは、掘削条件などによって変化する α を実験1から求めたことなどによるものと考えられる。

5. おわりに

本報で提案したローリング角度変化評価法は概ね予測値を与えることが確認できた。今後は、コピーカットによる地盤反力低減係数 α の評価方法や中折土圧評価方法、スキンプレートの周面摩擦及び重心位置の偏心なども考慮することによる評価精度の向上を図り、さらにピッチング及びヨーイング角度変化についても検討対象に含めていきたい。

参考文献

- 1) 笹倉剛，五十嵐寛昌，藤崎勝利，吉村宗男：縦2連シールドの掘進制御に関する研究，トンネル工学研究論文・報告集，土木学会，Vol.6，pp55-62，1996.11.
- 2) 松本清二郎，上田昭郎，水澤幸彦，大友充，京力裕文，内田博茂：縦2連シールド機のローリング施工性，第52回土木学会年次学術講演会報告集，第Ⅲ部門，1997.9（投稿中）

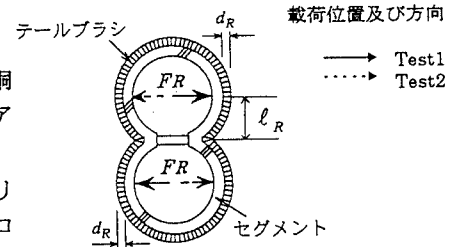


図-4 テールブラシ反力試験方法説明図

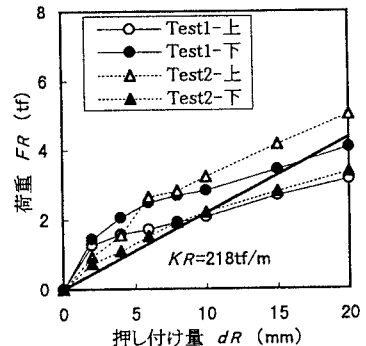


図-5 テールブラシ反力試験結果

$$(\Delta\theta_R)_{obs}=11.9(\Delta\theta_R)_{cal}+0.08$$

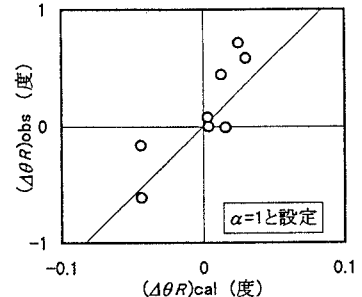


図-6 実験1のローリング角度比較

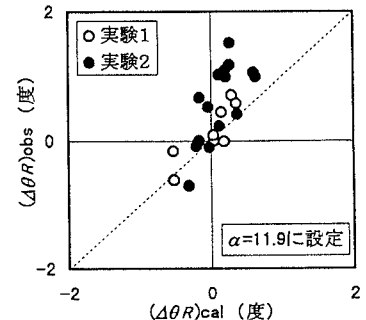


図-7 実験2のローリング角度比較