

シールド機操作条件の挙動に与える影響（その1）

長岡技術科学大学 学 〇石久保将也, 野田裕太郎, 高見和稔 正 杉本光隆

1. はじめに

現在、トンネルの線形や断面形状の複雑化により、施工前にシールド機の制御方法やそれに対するシールド機の挙動を検討することが必要になる場合がある。施工実績によると、シールド機の挙動は、3つのシールド操作条件、すなわち、①ジャッキ推力・ジャッキモーメント、②中折れ機構（中折れ角度、向き）、③コピーカッター（長さ、範囲）によって、規定される。しかし、これら3つのシールド操作条件には共線性があり、一意に決めることは困難である。

本研究では、解析方針を基に、解析条件を設定し、パラメータスタディを行うことによりシールド操作条件（入力値）とシールド挙動（出力値）の関係について分析する。

2. 解析方針

シールド機操作条件の感度分析を、シールド機動力学モデルを用いて、以下の方針で行った。

- 1) 地盤条件、マシン条件は一定とする。
- 2) シールド機操作条件の標準値は、“3.解析条件”に示す地盤条件、マシン条件に対して、中折れ機構、コピーカッターを用いずに、掘進速度 4cm/min でトンネルの線形が直線になるようにジャッキ推力・ジャッキモーメントを設定する。
- 3) シールド機操作条件のパラメータは、ジャッキ着力点位置、コピーカッター長さ、コピーカッター範囲、中折れ角度とする。
- 4) シールド機操作条件のシールド機挙動への影響は、シールド機挙動が定常状態となったときの、シールド機軌跡の水平曲率半径、掘進速度で評価する。

3. 解析条件

感度分析において設定した条件は右のとおりである。

表1 パラメーター一覧

| 因子 | | 値 (水準) | | | | 数 |
|----------|----------------|--------|----------|----------|----------|-----|
| ①ジャッキ着力点 | e_H | 0 | $1/3e_H$ | $1/3e_H$ | $1/3e_H$ | 4 |
| ②コピーカッター | L_{cc} | 0cm | 2cm | 4cm | 8cm | 4 |
| | $\Delta\theta$ | - | 120° | 150° | 180° | 3 |
| ③中折れ角 | θ_{CH} | 0° | 1° | 2° | 3° | 4 |
| 合計 | | | | | | 192 |

3.1 地盤条件

地盤反力係数：30 MN/m³

静止土圧係数：0.50

最小土圧係数：0.30

地表面：30m（トンネル中心位置）

3.2 シールド機

シールド機：中折れ式泥土圧式シールド

直径：2.000m

機長：5.000m

自重：1000kN

3.3 シールド機操作条件

ジャッキ着力点：0, $1/3e_H$, $2/3e_H$, $3/3e_H$

コピーカッター長さ：0, 2, 4, 8cm

コピーカッター範囲：0, 120, 150, 180度

中折れ角度：0, 1, 2, 3度

ここで、正規化着力点 e_H は、0.3とした。

3.4 解析ケース

感度分析において設定したシールド機操作条件のパラメーター一覧を表1に示す。解析は各因子の数を組み合わせた192ケースで行った。

4. 解析結果と考察

ジャッキ着力点 $1/3e_H$, $3/3e_H$ の解析結果を図1に、また、各パラメータの平面曲率半径への影響、掘進速度の影響を表2に示す。これらの図表から、以下のことがわかる。

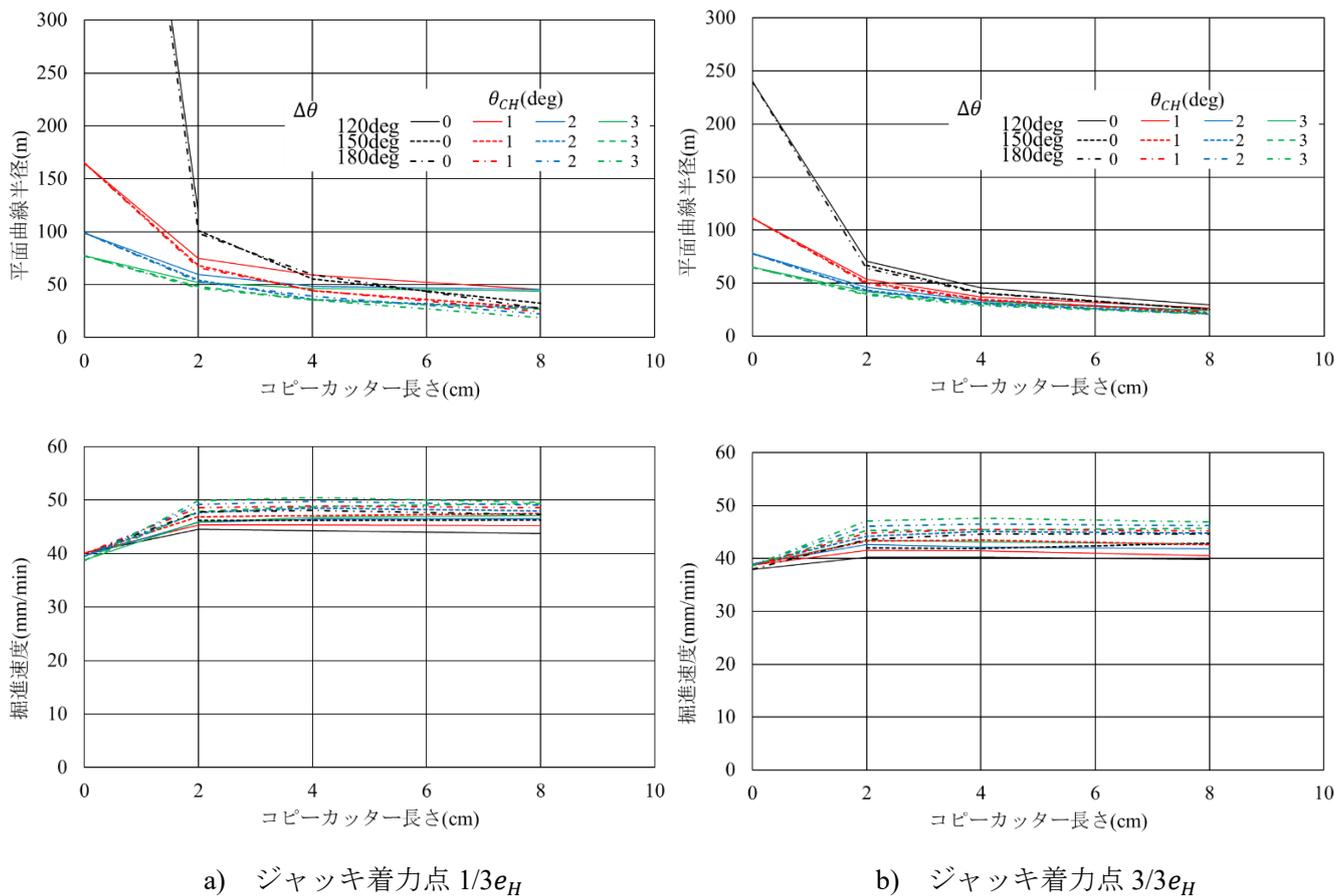


図1 解析結果

- 1) 各パラメータが増加すると平面曲率半径と掘進速度が減少すること。
- 2) ジャッキ着力点が増加すると掘進速度は減少し、コピーカッター範囲、中折れ角が増加すると掘進速度は増加すること。また、コピーカッター長さが2cmまで増加する場合、掘進速度も増加するが、それ以降は一定となること。
- 3) 本解析条件では、ジャッキ着力点の影響より、コピーカッター長さ、中折れ角の影響の方が大きいこと。
- 4) 各パラメータの平面曲線半径、掘進速度の影響の程度は、他のパラメータの影響を受けていることから、交互作用を有すること。
これらは、以下のように考えられる。
- 1) コピーカッターで余掘りした方向、中折れした方向にシールド機が回転し、平面曲線半径が減少するのは、シールド機に作用する水平モーメントと地盤反力の釣り合いを考慮すれば当然である。

表2 各パラメータの影響

| 操作条件 | | 平面曲率半径 | 掘進速度 |
|-----------|----|--------|-------|
| ジャッキ着力点 | 増加 | 減少 | 減少 |
| コピーカッター長さ | 増加 | 減少 | 増加→一定 |
| コピーカッター範囲 | 増加 | 減少 | 増加 |
| 中折れ角度 | 増加 | 減少 | 増加 |

- 2) コピーカッター長さが増加する場合、2cmまで掘進速度が増加するのは、コピーカッター長さが0cmより、シールドスキンプレート周辺の摩擦抵抗が減少するためである。

5. まとめ

本研究では、各パラメータと平面曲線半径、掘進速度の関係は非線形であること、平面曲率半径及び掘進速度に対して、ジャッキ着力点、コピーカッター（長さ、範囲）、中折れ角は交互作用を有することがわかった。

参考文献

- (1) 杉本光隆, S.Sramoon : 施工実機に基づくシールド機力学モデルの開発, 土木学会論文集, No.673/III-54, pp.163-182, 2001.3.