

シールド機操作条件の挙動に与える影響（その2）

長岡技術科学大学 学 〇野田裕太郎, 石久保将也, 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重要となることがある. 施工実績によると, シールド機の挙動は, 3つのシールド機操作条件, 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.

既往の研究¹⁾では, マシン直径4mのシールド機の実験条件と挙動の関係を検討することにより, 操作条件に交互作用があることがわかった(表1参照). 本研究では, 実際の施工現場で用いられた, 大口径のシールド機諸元を用いたパラメータスタディから, シールド機操作条件(入力値)とシールド機挙動(出力値)の関係について分析した.

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」の地盤条件, 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, 鉛直曲率半径, 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諸条件は以下である.

表1 既往研究における操作条件と挙動の関係¹⁾

操作条件		平面曲率半径	掘進速度
ジャッキ着点	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

表2 解析パラメーター一覧

因子	値(水準)					数
①ジャッキ着点	e_H	0	$1/3e_H$	$2/3e_H$	$3/3e_H$	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～トンネル中心位置: 30m

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: 5.850m

機長: 10.53m

自重: 14310kN

3.3 シールド機操作条件

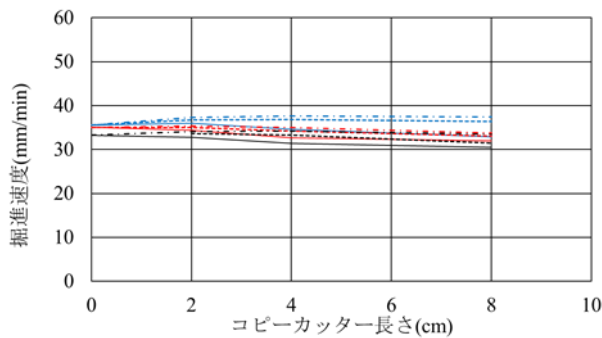
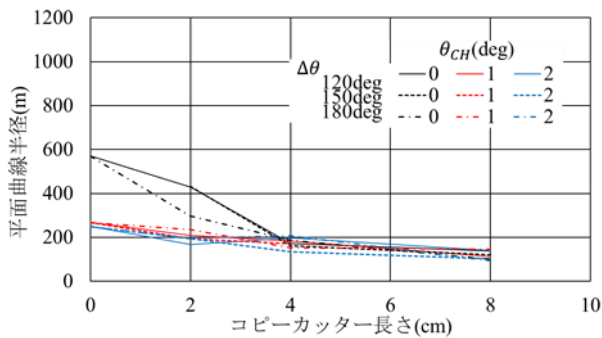
感度分析において設定したシールド機操作条件の解析パラメーター一覧を表2に示す. 解析ケースは各因子を組み合わせた192ケースである.

4. 解析結果・考察

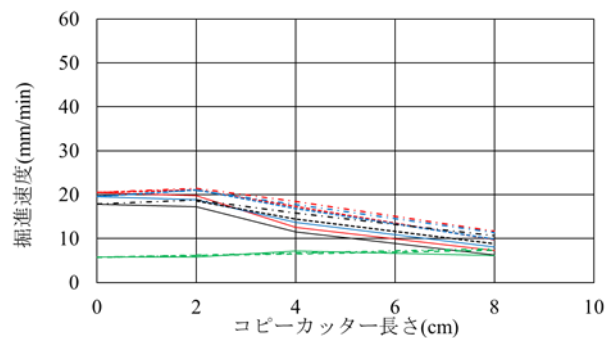
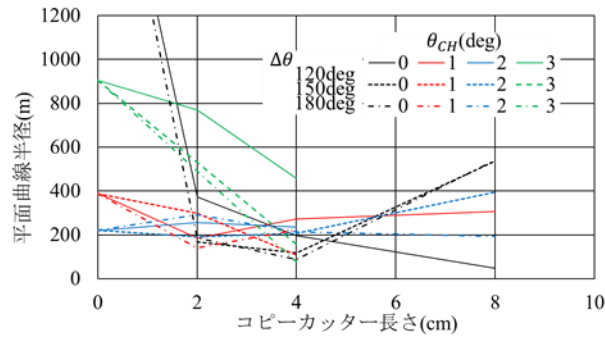
ジャッキ着点位置が0.1と0.3における各操作条件と平面曲率半径, 掘進速度の関係を図1に示す. なお, 中折れ角度が一番大きい3度のケースには, 解析不能となるケースがあり, データを除外した.

4.1 平面曲率半径

既往の研究とは異なり, ジャッキ着点位置が e_H の場合, コピーカッター長さ, 中折れ角度の増加に伴い, 平面曲率半径が増加するケースがあった.

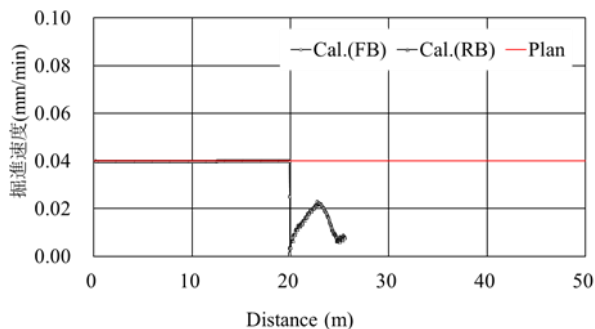


a) ジャッキ着点 $1/3e_H$

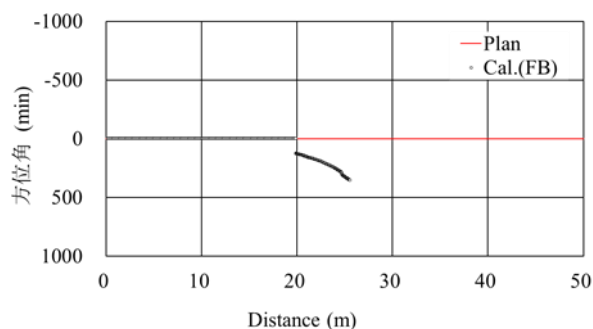


b) ジャッキ着点 $3/3e_H$

図1 操作条件とマシンの挙動の関係



a) 距離と速度の関係



b) 距離と方位角の関係

図2 マシンの挙動 ($e_H = 3/3e_H$, $L_{cc} = 8\text{cm}$, $\Delta\theta = 180^\circ$, $\theta_{CH} = 3^\circ$)

4.2 掘進速度

既往の研究とは異なり、ジャッキ着点 e_H の場合、コピーカッターの長さ、中折れ角度の増加に伴い掘進速度が減少している。また、中折れ角度が3度になると速度が著しく低下している。

4.3 考察

ジャッキ着点 e_H 、中折れ角度3度のマシンの挙動の例を図2に示す。この図よりマシンが曲線部に達してから掘進速度が著しく低下していること、シミュレーション範囲ではマシン後部が直線部にあり、曲率が減少中で、定常状態に達していないことがわかる。これより、マシンのサイズに対する中折れ角度が大きく、コピーカッター長さが不

足するため、マシンと地盤の摩擦力が大きくなり、マシンの掘進速度が低下したため、既往の研究と異なる解析結果になったと考えられる。

5. まとめ

マシンのサイズを考慮して、中折れ角度とコピーカッター長さを適切に設定することが必要であることがわかった。今後は、操作条件のパラメータを再設定して解析をするとともに、シールド機の大きさと操作条件の最適な関係を検討する予定である。

参考文献

- 石久保将也, 野田裕太郎, 杉本光隆: シールド機操作条件の挙動に与える影響(その1), 第39回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会, 2021.11.
- 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.