

中折れシールドの制御におけるシールド操作パラメータに関する検討

長岡技術科学大学 学 ○PHAM HUNG VAN, VANNAXAY

T.N.HUYNH, J.CHEN

長岡技術科学大学 正 杉本 光隆

1. はじめに

曲線部では、線形確保のために中折れシールドを使用することが多い。中折れシールドを制御するためには、ジャッキ、コピーカッターおよび中折れ機構の操作を決定する必要がある。しかし、これらの機能はシールド挙動に対して高い共線性を有するため、一意にこれらの制御量を求めることは困難である。そこで、著者らは、幾何学的条件に基づいて、いくつかの制約条件の下で、適切なコピーカッターの長さの中折れ角を決定する数値解析手法を開発した¹⁾。本報告では、3次元の複合線形を有するトンネルに同手法を適用し、その妥当性を検討した。

2. 解析方法

中折れシールドの挙動は、後胴の位置・後胴の回転角の6自由度、前胴の回転角の2自由度、合わせて8自由度で表現することができる。中折れシールドのコピーカッターと中折れ機構の制御量を一意に決定するため、シールドの曲線掘進時の施工実績より、以下の幾何学的制御条件を定めた。

- 1) エレクター中心 P_{CSE} は、計画線形上にある。
- 2) シールド後胴の軸方向は、 P_{CSE} における計画線形の接線方向と一致する。
- 3) 中折れ角は、トンネル曲線外側の余掘りが最小となるように決める。
- 4) コピーカッターの適用範囲とその長さは、シールドがトンネル掘削面内にあるように決める。

3. 解析条件

3.1. シールド諸元

解析対象とした中折れシールドは、図1に示すように、マシン直径=2.925mで、前胴長さ=3.850m、後胴長さ=3.950m、中折れ中心からエレクター中心までの距離=2.380mである。したがって、上記の幾何学的制御条件を適用すると、曲線部では後胴前端曲線外側が最外周を通過することになる。

3.2. トンネル線形

本研究では、図2に示すように、クロソイド曲線

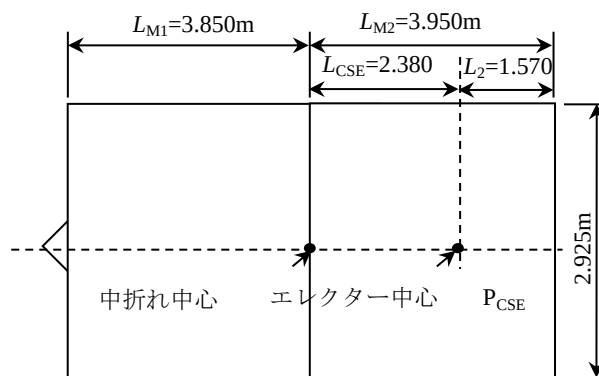


図1 中折れシールドの寸法

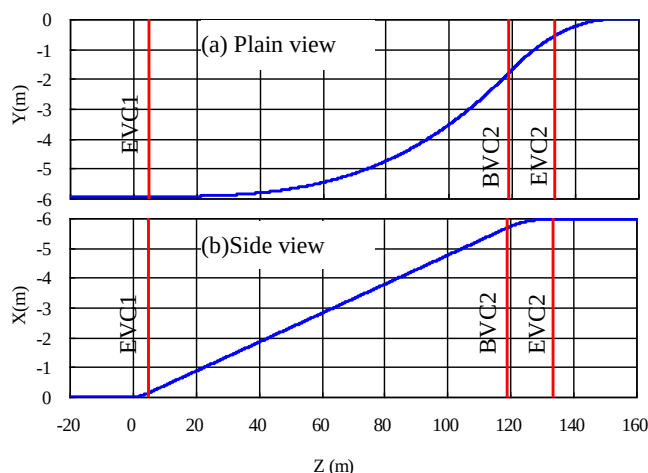


図2 トンネル線形

表1 線形に基づくトンネル領域

エリア	距離 (m)	平面線形 (m)	縦断線形 (m)
1 縦断曲線	0- 4.854	直線	R 100
2 平面線形	4.854- 118.769	A 244.873 R 525.780	48.6 ‰ 上り
3 複合曲線	118.769 - 133.769	R 309.835	R 242.513
4 平面曲線	133.769 - 144.000	R 309.835	水平
5 直線	144.000 -	直線	水平

と円曲線を有する平面線形と二つの円曲線を有する縦断線形で構成される3次元の複合曲線を想定した。したがって、線形に基づいてトンネル領域を区分すると表1になる。

キーワード シールド工法, 中折れシールド, コピーカッター, 中折れ角, 制御

連絡先 〒940-2188 長岡市上富岡 1603-1 長岡技術科学大学 TEL0258-46-6000(代表)FAX0258-47-9600

4. 解析結果

計算された水平および鉛直方向中折れ角とコピーカッター長さ（CCL）の分布を、それぞれ図3と図4に示す。これらの図から次のことがわかる。

1) エリア1：縦断曲線

縦断曲線において、鉛直中折れ角 θ_{CV} は、ゼロから2.5度まで増加した後すぐにゼロに減少した。一方、水平中折れ角 θ_{CH} はほぼゼロであった。コピーカッター長さCCLは、-2m～2mと6m～10mにおける曲線外側（トンネル下端）と2m～6mにおける曲線内側（トンネル上端）で正の値となった。コピーカッター長さは、トンネルの下端（トンネル線形の主法線の逆方向）に沿って最大値33mmを取り、トンネルの上端（トンネル線形の主法線方向）に沿って最小値を取った。これらは、シールドが上向きの曲線部を通過するためで、2. 解析方法の3)と一致する。

2) エリア2：平面曲線

水平中折れ角はトンネル線形に沿って徐々に増加し、鉛直中折れ角がほぼゼロであった。また、コピーカッターは曲線内側0-180度の範囲（トンネル線形の主法線方向、スプリングライン左側の範囲）に適用された。これらは、シールドがクロソイド曲線、一定勾配区間にあるためで、2. 解析方法の3)、4)と一致する。

3) エリア3：3次元の複合曲線

水平中折れ角と鉛直中折れ角は減少し、負の値となった。コピーカッターは315度付近を中心として、テールより見て右下側（270度から360度）に適用された。これらは、シールドが右方向の円曲線と下方向の円曲線から構成される3次元の複合曲線に入ったためである。また、曲線内側に余掘りが必要になることは2. 解析方法の3)、4)と一致する。

4) エリア4：水平曲線

水平中折れ角は一定の負の値となり、鉛直中折れ角はゼロとなった。また、コピーカッターは同一長さ曲線内側に沿って適用された。これらの傾向はエリア2と同様であるが、シールドの回転方向が逆であるため、コピーカッター適用範囲はエリア2の反対側となっている。

5. 結論

本研究では、中折れシールドが曲線区間掘進時に必要な中折れ角、コピーカッター適用範囲と長さを

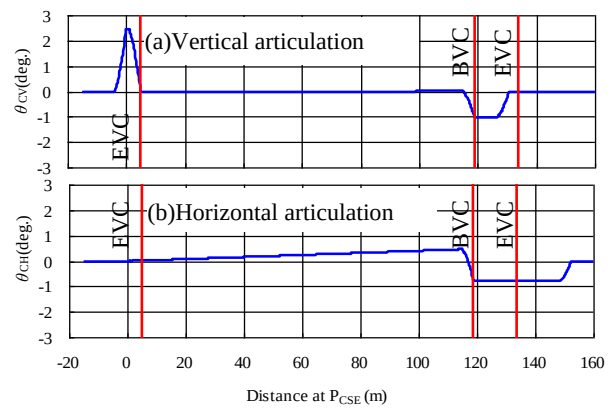


図3 中折れ角

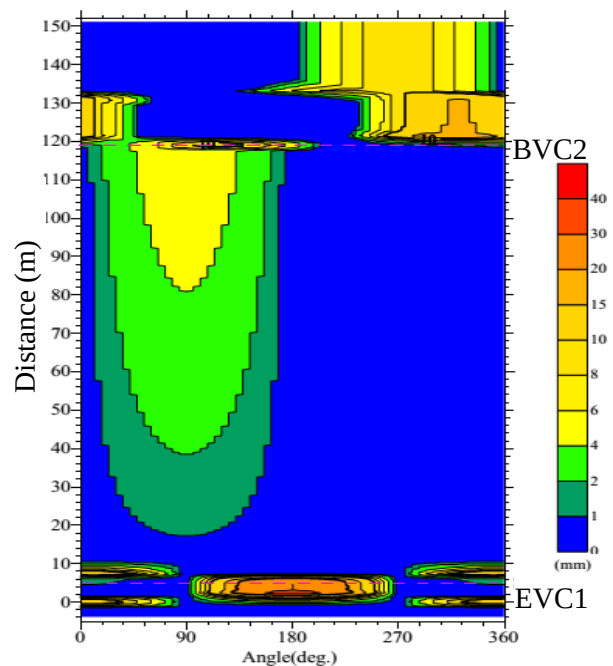


図4 コピーカッター適用範囲と長さ

理論的に求める計算方法を、3次元複合線形を有するトンネルに適用し、その妥当性を検討した。その結果、以下の結論を得た。

- ①中折れ角は、曲線区間におけるシールド回転の操作条件、シールドの緒元、トンネル線形に依存する。
- ②コピーカッターの適用範囲は、トンネル主法線方向を中心に約180度の範囲である。
- ③開発された制御手法は中折れ角、コピーカッター長さとその適用範囲を適切に求められる。

参考文献

- 1) Chen Jian (2008): Study on calculation method of overcutting space and articulation angle during curved excavation by articulated shield, PhD thesis, Nagaoka univ. of technology, Japan.