

三次元の幾何学的条件による中折れシールドの制御手法

長岡技術科学大学 学生会員 ○中村良平, 中島千博

長岡技術科学大学 正会員 杉本光隆

1. はじめに

中折れシールドは、曲線線形を確保するため、シールド本体を前胴部と後胴部に分割して、中折れ角をつけて屈曲させ、トンネルの曲線内側を余掘りして、ジャッキにより掘進する。従来、これらの操作は、二次元の幾何学的条件を用いて求められた中折れ角と余掘り量を基に、オペレータや自動掘進システムにより行われてきた。このため、複雑な地質構造の下における、シールドの挙動予測・制御することは困難である。さらに、今後は、未知の条件となる大深度での施工や、浅深度での極めて正確な近接施工が要求される場合が増えると予想され、これらに対応するためには、経験のみに基づいた従来のシールド制御手法から、力の釣合いを考慮に入れた理論的な制御手法への移行が必要であると考えられる。

そこで本研究では、シールドの理論的な制御手法を確立することを目的として、トンネル掘削面とシールドの三次元幾何学条件を用いて、シールド挙動にもっとも大きな影響を与える中折れ角と余掘り量を求める手法を開発し、平面曲線・縦断曲線・複合線形を有するトンネルに適用し、その妥当性を検証した。

2. 解析手法

2.1 中折れシールドの寸法

中折れシールドの寸法を図-1に示す。ここで、 D_{MO} はシールドの外径、 L_{M1} は前胴の長さ、 L_{M2} は後胴の長さ、 L_{CSE} は中折れ中心からエレクトー中心までの距離である。

2.2 中折れシールドとトンネル掘削面の幾何学的条件

以下の条件を用いて、中折れ角とコピーカッターの適用範囲とその長さを求めた。1)エレクトー中心 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である。3)曲線外側の余掘りを最小とした上で、中折れ角を最小とする。4)シールドはトンネル掘削面内にある。

2.3 解析手順

図-2に解析手順を示す。

3. 解析結果

3.1 解析条件

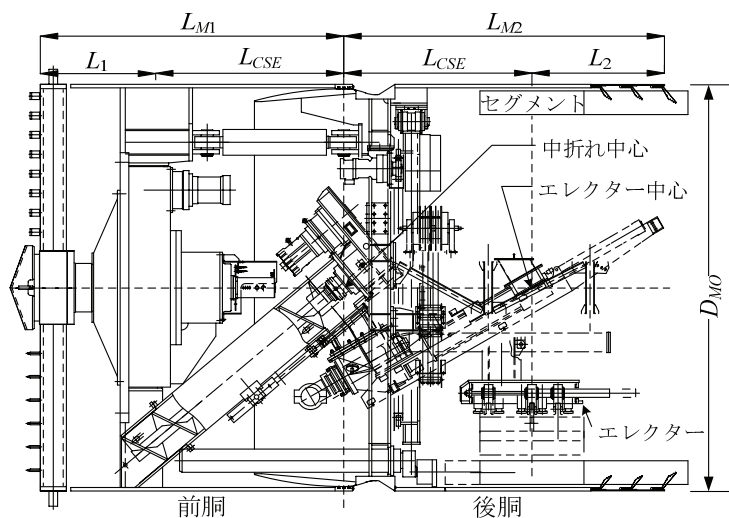


図-1 中折れシールドの寸法

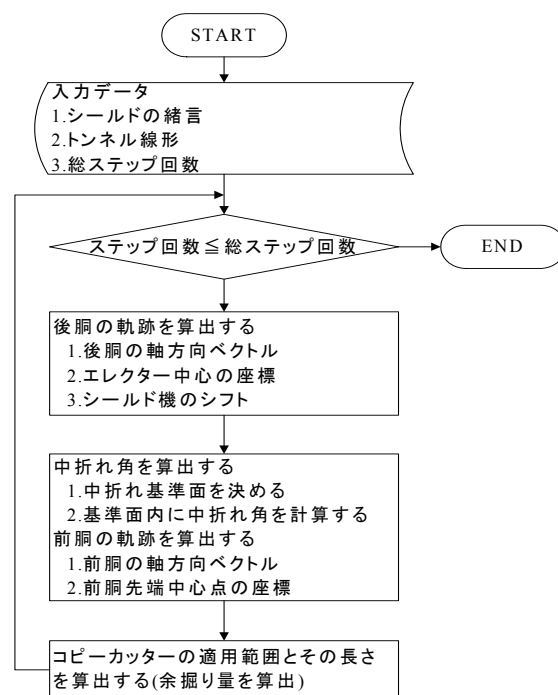


図-2 解析手順

キーワード 中折れシールド, 余掘り, 中折れ角

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 TEL0258-47-6309 (内線)

トンネル線形は、図-3 に示すように、半径 30m の左円曲線を有する平面線形とし、シールドの寸法は、 $D_{MO}=10m$ で、Type1, 2, 3 それぞれ、 $L_1=3.5, 0.5, 1.5m$, $L_{CSE}=2.5, 3.5, 2.5m$, $L_2=1.5, 2.5, 3.5m$ とした。

3.2 中折れ角

各 Type の中折れ角を図-4 に示す。ここで、横軸はエレクター中心 P_{CSE} の距離、縦軸は水平中折れ角である。この図より以下がわかる。1)Type1, 2：前胴の先端が曲線始点 BC+ L_{CSE} に到達した時点で中折れを開始し、 P_{CSE} が BC に到達した後、中折れ角は一定となり、その後、前胴の先端が曲線終点 EC に到達した時点で中折れ角は減少し始め、 P_{CSE} が EC に到達した時点で中折れは終了する。2)Type3： P_{CSE} が EC 直前で一度中折れ角が増加する。3)3 つの Type の中で、Type2 の中折れ角が最大となる。これらは幾何学的に合理的である。

3.3 余掘り量

各 Type の余掘り量を図-5 に示す。ここで、横軸はトンネルの周方向、縦軸はトンネルの軸方向の距離である。この図より以下がわかる。1)共通：トンネルのインバート部(0,360 度)とクラウン部(180 度)から左 SL(トンネル内側)に向けて余掘り量は増加し、右 SL(トンネル外側)では余掘り量 0 となる。また、BC+ L_{CSE} 付近の左 SL で余掘り量は最大となり、BC と EC 付近の右 SL で余掘りが必要となる。2)Type1：BC 付近の左 SL で余掘り量が、他の Type と比べて最大となる。3)Type3：BC 付近の右 SL で余掘り量が、他の Type と比べて最大となる。これらは幾何学的に合理的である。

4. 結論

本研究では、トンネル掘削面とシールドの三次元幾何学条件を用いて、中折れシールド制御項目であるコピーカッターの適用範囲とその長さおよび中折れ角を算出した。また、本解析では、3 つの Type の中で、Type2 で中折れ角が大きくなり、Type1 で BC 付近の左 SL で余掘り量が大きくなった。

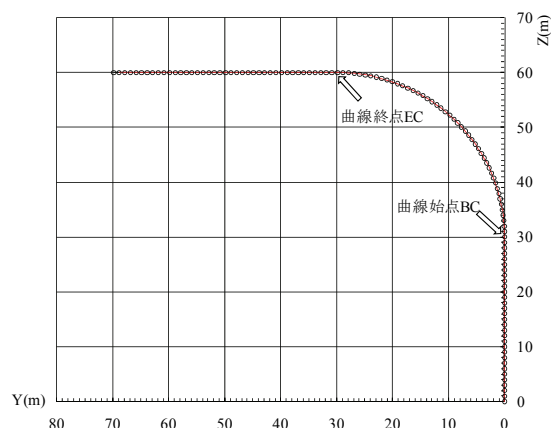


図-3 計画線形

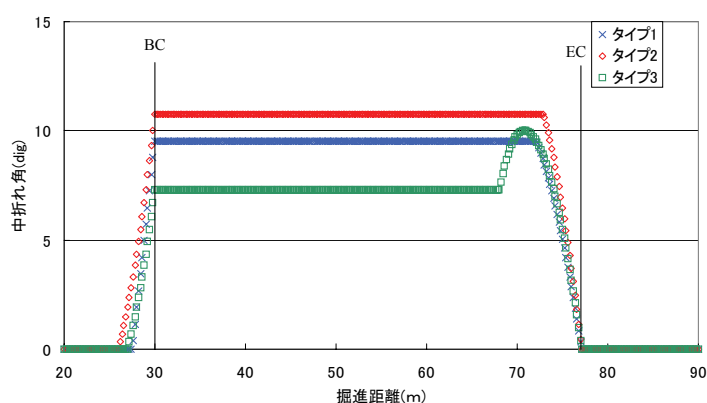


図-4 中折れ角の解析結果

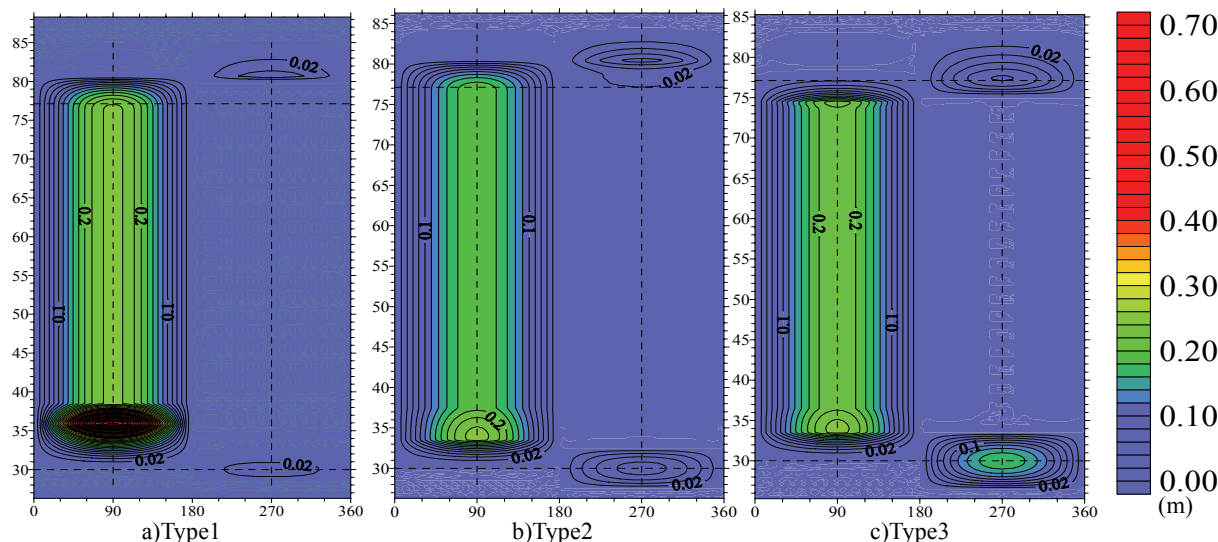


図-5 余掘り量の解析結果