

急曲線部におけるシールド挙動の事前予測

長岡技術科学大学 学生会員 ○高見 和稔, 正会員 杉本光隆

1. はじめに

都市の過密化に伴い、都市機能の拡充や環境整備に対する要求などから、地上空間を補う資源として地下空間が着目され、東京を始め大阪、名古屋など各地域の中心都市に鉄道・道路・地下河川・上下水道などのネットワークを構築するための地下開発が望まれるようになった。しかし、トンネル掘削工事における急曲線施工は、周辺地盤の変状や地表面の過大な沈下といった問題を引き起こす可能性があり、技術的に困難な施工である。

谷沢川分水路工事(図-1)では、発進直後と到達直前に曲線半径 $R=20m$ の急曲線 ($R/D=3.2$, D : シールド外径 $6.25m$) が存在するため、シールド掘進精度を確保する必要がある。また、急曲線ではジャッキ着力点を偏心させて掘進するため、セグメントに偏圧が生じやすく、さらに、余掘り量が大きいため、セグメントはジャッキ推力の影響を受けやすく、過大な応力の発生による損傷、継手の目開きによる漏水が生じやすい。このようなことから、シールドの方向制御やセグメントへの影響等の詳細な事前予測を行い、掘進計画に反映させるとともに、急曲線施工が可能であることを確認することとした。

2. 解析対象

2.1 対象現場

対象現場は、図1に示す $R=20m$ の急曲線区間である。シールド機の発進直後と到達直前に曲線半径 $R=20m$ の急曲線 ($R/D=3.2$, D : シールド外径 $6.25m$) が存在する。高密度な市街地で、交通量が

非常に多い幹線道路直下での施工であることが現場の特徴である。

2.2 シールド機

使用するシールド機諸元は以下のとおりである。

シールド機: 泥土圧式シールド(中折式)

シールド機外径: $6.25m$

セグメント外径: $6.1\sim 6.03m$

施工延長: $3205.5m$

3. 解析方法

シミュレーションに必要な入力データは大きく分けて以下の8つである。

①シールド機諸元: マシン半径, 自重, 重心点など

②地盤物性値: 静止土圧係数, 地盤反力係数

③計算条件: 解析メッシュ(要素)の数など

④計測精度

⑤シールド掘進管理条件: ジャッキ力, 中折れ角, コピーカッター長さ, コピーカッター使用角度など

⑥計画線形: 曲線半径, 勾配など

⑦地層構造: 地下水位, 各地層の位置座標など

⑧セグメント諸元: セグメント割付, 半径, 幅など

これらのうち、「シールド掘進管理条件」は以下のようにして定めた。

1) シミュレーションの計算点におけるトンネルの位置と向き: 上記の⑥計画線形を用いて求める。

2) 中折れ(角度, 向き), コピーカッター(長さ, 範囲):

①シールド機諸元, ⑥計画線形, および, 1) で求めたシミュレーション計算点におけるトンネルの位置と向きを⑤シールド掘進管理条件に入力し, 三次元



図-1 解析対象線形

幾何学制約条件から求める。

3) ジャッキ力：上記の⑤以外のデータと 2) で求めた中折れ角度、コピーカッター（長さ、範囲）および、想定する掘進速度を⑤シールド掘進管理条件に追加し、これらをシールド機動力学モデルにより順解析を行い、その結果得られる不釣り合い力を、ジャッキ推力、ジャッキ水平モーメント、ジャッキ鉛直モーメントとする。

4) シールド機挙動シミュレーション：3) で求めたジャッキ力、および、想定する切羽圧力や、裏込め注入圧等のその他シールド掘進管理条件を⑤シールド掘進管理条件に追加し、シールド機挙動シミュレーションを行う。

5) シールド機挙動の検討：シールド機挙動（平面線形、縦断線形、掘進速度）について解析値と計画値が一致するように、ジャッキ力（ジャッキ推力、ジャッキ水平モーメント、ジャッキ鉛直モーメント）、コピーカッター（長さ、範囲）を調整する。

6) 掘進可能性の検討：上記で得られたジャッキ力、中折れ角、コピーカッター長さが、シールド装備能力内であることを確認する。

4. 解析結果

シールドマシン発進直後にある急曲線区間のシールド軌跡とシールド挙動の事前予測結果を図-2、図-3にそれぞれ示す。事前予測では「3. 解析方法」に伴い、シミュレーションを繰り返し行い、計画線形と事前解析結果が一致するよう、掘進管理条件を求めることができたため、施工可能だと判断した。

5. まとめ

事前予測の結果、本現場条件では、シールドの装備能力を用いて、計画線形を施工可能と判断した。

さらに本研究では、現場掘削後に得られたシールド掘進条件を用いて事後解析を実施し、事前予測の結果と比較することで、入力物性値を評価するとともに、シールド機動力学モデルの妥当性について検討する予定である。

参考文献

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

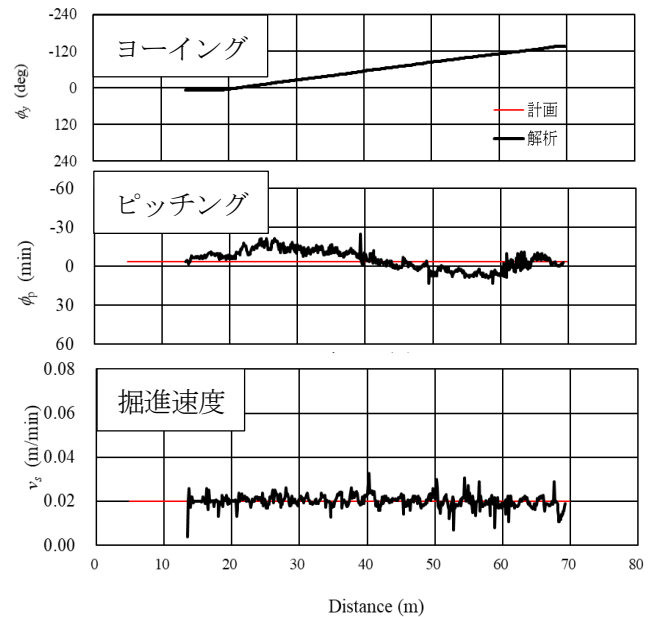


図-2 シールド挙動の事前予測結果

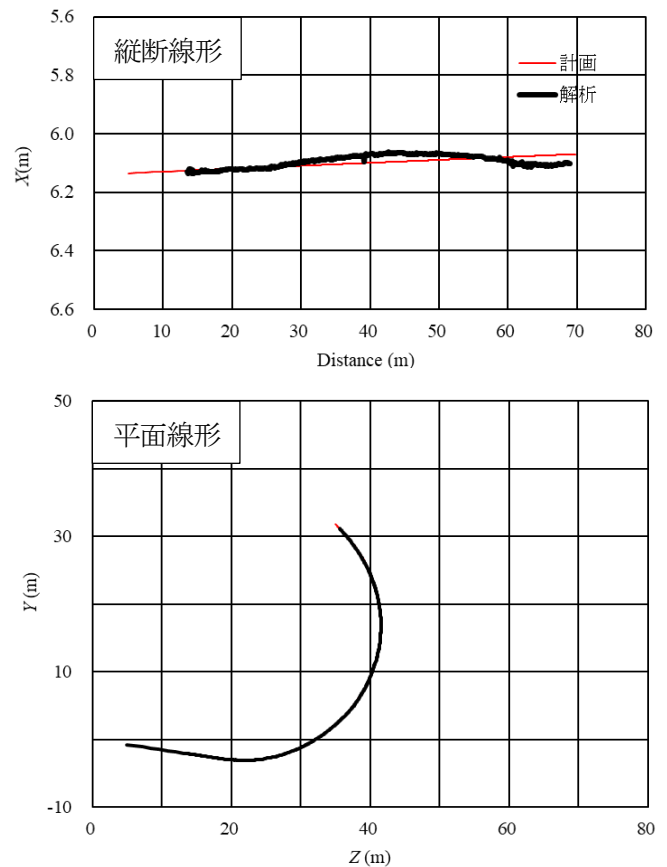


図-3 シールド軌跡の事前予測結果