

掘削面変位に着目したシールドトンネル通過による FEM 地盤変形解析

鉄道総研 正会員 ○佐藤 豊 小西真治 国土交通省 服部龍雄
長岡技術科学大学 正会員 杉本光隆 学生会員 長田竜治

1. まえがき

2 次元平面ひずみ状態を仮定した FEM 解析を用いて、シールドトンネル通過に伴う地表面や周辺地盤の変位予測を行う際には、掘削面に対する境界条件として応力境界がこれまで一般的に用いられてきた。本研究報告では、杉本ら¹⁾の開発したシールド機の動力学モデルを用いてカッターフェイスとテール部の通過する位置を詳細に検討することにより、トンネル掘削面に強制変位による変位境界を導入し、得られた解析結果と計測値とを比較することによって、FEM に変位境界を導入した場合の特徴について考察する。

2. 検討断面と計測の概要

ここでは図 1 に示すよう外径 12.64m の泥水式シールドが土被り約 20m で 400R の曲線を掘進する現場を検討対象とした。計測地点の地盤は古琵琶湖層の堅固で砂礫優位な地層であり、マトリックスにはシルト分を含む自立性が高い良好な地盤である。このため地盤を線形弾性と仮定して検討を実施した。

シールドマシン通過中の地盤鉛直変位については地表面沈下計 5 点と層別沈下計 34 点、地盤水平変位については固定式傾斜計 62 点を、それぞれ 5 分間隔で計測した。

3. 解析条件

土質試験の結果を基に定めた解析用入力物性値を表 1 に、解析断面のモデル図を図 2 に示す。トンネル掘削面に入力する変位は図 2 に示すように、カッターフェイスの通過位置とテール部の通過位置の差を強制変位として入力した。なお、変位がトンネル内方に起こる主動側では、水圧とバランスする位置で変位が押さえられると仮定した。なお、応力境界を用いる従来の手法と比較するため、掘削面での応力解放率を 15%としたトンネル掘削解析の結果を併せて示す。図 3 に掘削面に与えた強制変位と応力解放率 15%を与えた場合に得られる掘削面の変位を示す。

4. 結果の比較と考察

トンネル周辺で発生する水平変位は図 4 に示すように、従前の手法である応力解放率により掘削面の変位を求めると、トンネル周辺地盤の水平変位モードは左右対称となり、計測値で得られたような非対称性を表せない。これに対して、前述のシールド機の動力学モデルから得られる変位を直接強制変位として入力した場合の解析結果は計測値の変位モードをよく表現している。

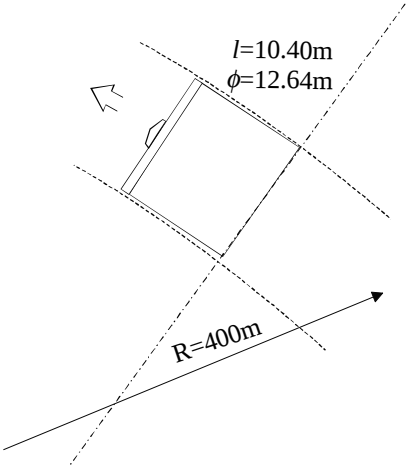


図 1 線形と検討断面の位置

表1 解析に用いた入力物性値

Layer	N	γ (KN/m ³)	C (KN/m ²)	ϕ (°)	E (KN/m ²)	ν
Tr	33	18	0	30	16,000	0.4
Kzc	11	14	66	-	13,800	0.45
Kzg	50	20	50	35	35,000	0.4
Kzc	13	14	78	-	16,300	0.45
Kzg	50	20	50	35	52,000	0.4
Kzs	48	19	30	40	35,000	0.3
Kzs	48	19	30	40	83,000	0.3

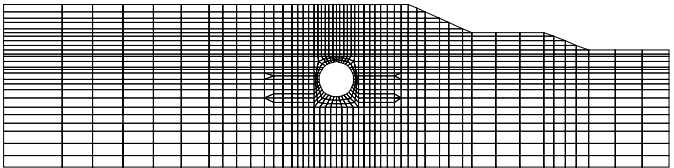


図 2 解析断面のモデル図

キーワード：近接施工，曲線施工，シールド機，地盤変位，FEM

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所トンネル研究室 TEL:042-573-7266 FAX:042-573-7248

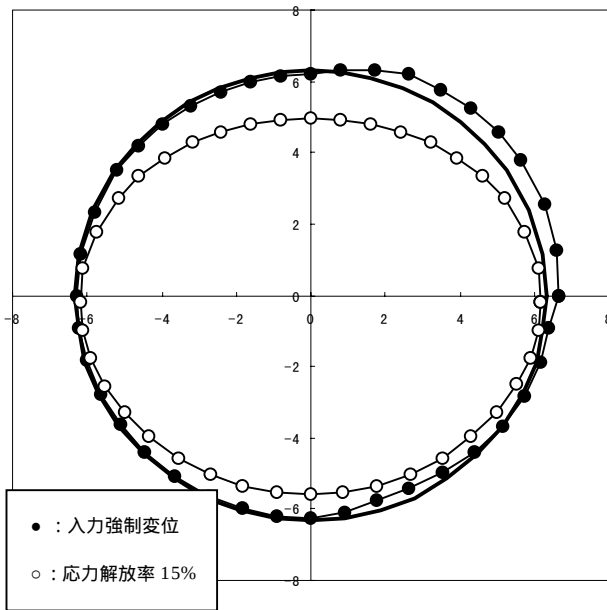


図3 入力強制変位

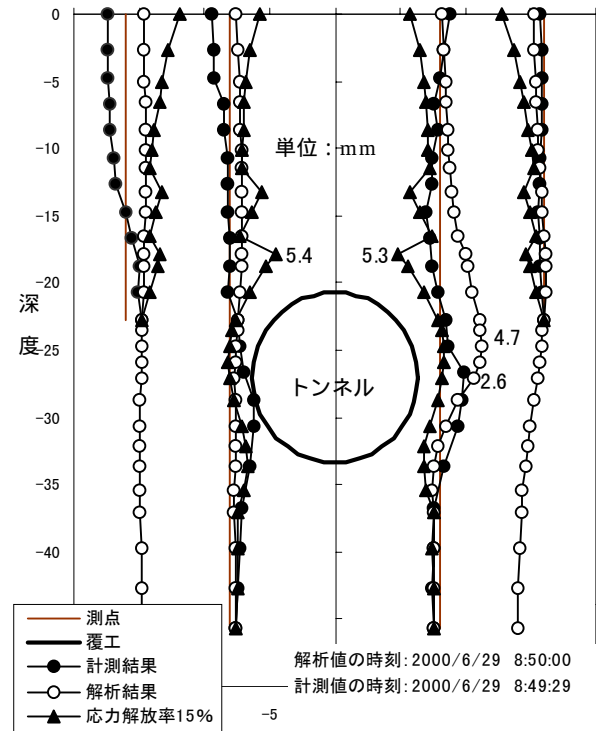


図4 水平変位の比較

これまで FEM 弾性解析によってシールド通過の影響を解析する場合には、掘削面の応力解放率という概念を一般的に用いてきた。また、応力境界を与えた場合の解析結果は弾性係数に強く依存するにも関わらず、その決定方法には応力解放率の設定と同様に大きな幅があり、解析結果としての変位量を定量的に評価することが難しかった。しかし、カッターフェイスが掘削したグローバルな位置情報が得られ、その後の地盤の変位が追跡できるような場合には、変位境界を掘削面を与えることによって、地盤のより正確な挙動を得ることが可能である。

本研究に示す方法を用いれば、1)解放率という漠然とした概念を導入する必要がないこと、2)変位境界として同一の強制変位を与える場合、弾性解析であれば地盤全

体の弾性係数に同じ定数を乗じても変形モード、変形量は同一となるため、N 値等に定数を乗じて弾性係数を設定する場合にはこの定数の大きさに結果が左右されないこと、などの特徴がある。

5. あとがき

シールド掘削面の変位を把握し、変位境界を入力して解析する FEM 弾性解析の有用性を示した。シールド通過による地盤への影響予測精度を向上させるため、掘削面に発生する変位に着目した研究を今後さらに進めていきたい。

参考文献

- 1) 杉本光隆, Aphichat SARAMOON 施工実績に基づくシールド機動力学モデルの開発 土木学会論文報告集 No.673/III-53, 2001.03

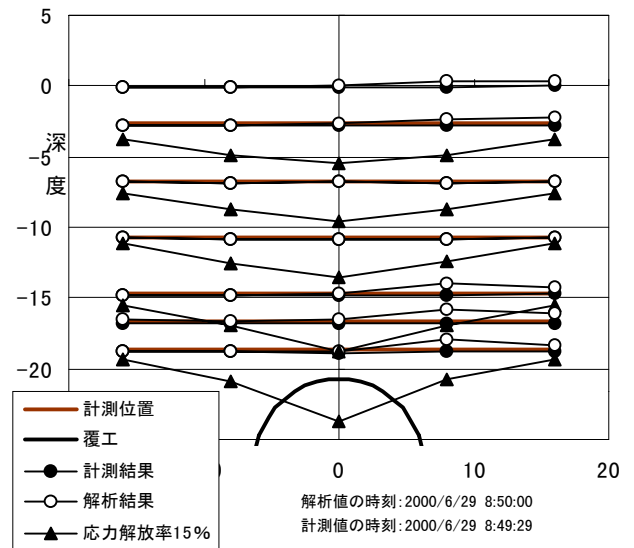


図5 鉛直変位の比較