

中折れシールドを用いた現場実験による地盤反力係数の逆解析

地盤工学研究室
指導教員

戸嶋盛雄
杉本光隆

1. はじめに

これまで現場実測データを適用した検証により、シールド機動力学モデルは単胴型、中折れ対応型ともに実際のシールド挙動を再現可能であることが確認されている。しかし、これまで用いていた地盤物性値は、地質調査報告書や経験式などの数値を参考に決めていたが、場合によっては 10 倍程度の幅を持っていることがあった。そこで、地盤物性値の中でシールド挙動に大きな影響を与え、かつ、不明確な地盤反力係数を対象として、シールドを地盤に押し当てる中折れ実験を行い、地盤物性値を逆解析した。

2. 解析方法

本研究の手順を以下に示す。

(1) 施工条件の推定（シミュレーション）

直線区間におけるシールドの実測挙動と解析挙動を比較することにより、余掘り有効率 R_{RE} を推定する（直接探査法）。

(2) 地盤物性値の逆解析

(1)より得られた R_{RE} を入力値として、側方静止土圧係数 K_{H0} 、地盤反力係数 k_H 、 k_V 、主働土圧係数 K_{Ha} 、 K_{Va} 、受働土圧係数 K_{Hp} 、 K_{Vp} を逆解析する。

3. 現場概要

解析区間：直線区間（2550～2578Ring）

平面線形：直線，縦断線形：下り 0.06%

土被り：13.42～13.53m

地盤：トンネルは軟弱地盤の下部有楽町層粘性土層上部（Ylcu 層：N 値=0）と下部有楽町層粘性土層下部（Ylcl 層：N 値=0～6）の境界に位置する。

シールド：泥土圧式 V 中折れシールド

4. シミュレーション結果（挙動予測）

(1) 現場実測データは直線区間にも関わらず、図-1 の M_{3p} のように右向きのジャッキ水平モーメントを作用させていた。そこで、トンネル

横断方向の 20° の傾斜地盤を想定するとともに軟弱地盤を考慮し地盤物性値を決定した。その結果、図-2 の y に示すように軟弱地盤の影響でシールド機は蛇行しているものの、ヨーイング角の解析値と実測値はほぼ一致した。

(2) 図-2 の p より、現場実測データはシールド上向きであるのに対して、図-1 の M_{3q} のようにジャッキ鉛直モーメントは下向きとなっている所があり、通常では想定できない状態であった。そこで、通常、法線方向土圧に動摩擦係数を乗じて算出されるスキンプレート周りの軸方向動摩擦力を動的付着力で与えた。下層より上層の方が軟弱で変形しやすいことから、上層のスキンプレート周りの動的付着力を大きく設定した。その結果、距離程 2550m までは、ピッチング角解析値と実測値はほぼ一致していたが、それ以後は実測値より解析値は下向きとなり、最終値で 25min ほど下向きとなった。これは地層構造が変化したこと、地盤物性値が変化したためであると考えられる。

(3) シールドの軌跡について、図-3 より縦断線形は距離程 2550m までは実測値と解析値が一致しているが、最終値では約 10cm の差があった。なお、平面線形はほぼ一致していた。

以上から、シールド機動力学モデルによる超軟弱地盤中のシールド挙動は実際のシールド挙動をほぼ表現できたといえる。なお、直接探査法により、下側 90° の範囲で、余掘り有効率 0% と推定した。

5. 逆解析結果

力の釣合い式として、水平中折れによる影響がもっとも大きい水平方向モーメント M_p 、および、施工条件の影響が少ない前胴に着目した。

シールド機動力学モデルに、左折れ中折れ実験の中折れ開始（IS=136）から載荷ピーク（IS=146）までのデータを適用して、前胴の水

平モーメント M_p を求めた。水平モーメントと関係する作用力は、中折れジャッキ力 (F_{32}) とスンプレート作用力 (F_5) で、水平モーメントの合計 (F_0) が 0 となる値が最適な物性値となる。なお、シールド周囲が N 値 0~2 の軟弱粘性土地盤であるので、実際には地山とシールドが密着していると考え、余掘り有効率を全周 0% とした。得られた結果を図-4 に示す。

この結果、側方静止土圧係数 K_{H0} 、主動土圧係数 K_{Ha} 、 K_{Va} 、受働土圧係数 K_{Hp} 、 K_{Vp} は既往の経験式と、あまり変わらなかったが、地盤反力係数 k_H 、 k_V は既往の経験式の 3~4 倍となっ

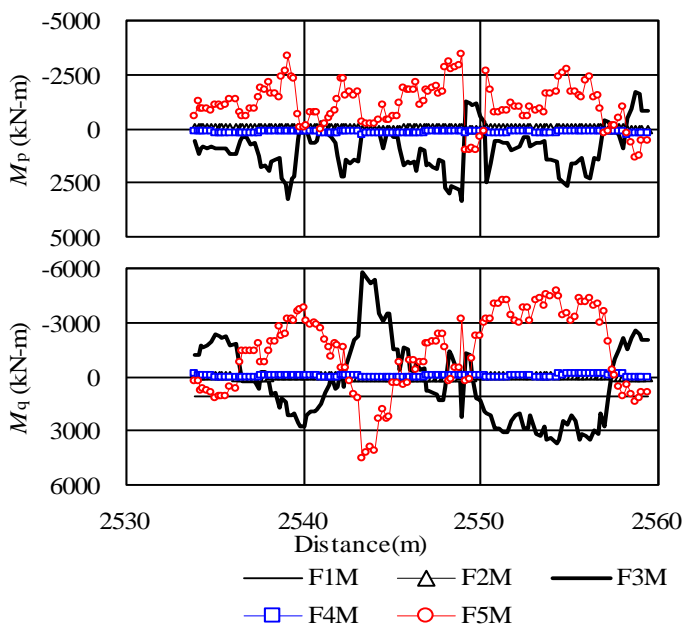


図 1 モーメント時系列変化

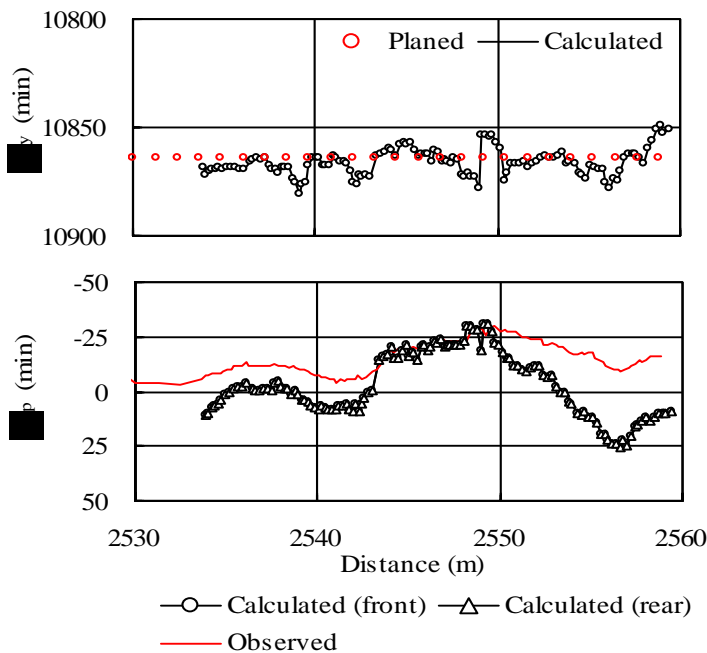


図 2 y , p 時系列変化

た。これは、既往の経験式は余掘りの影響を含んだ地盤反力係数を対象としていて、乱されていない地盤の地盤反力係数を過小評価していること、現場の孔内水平載荷試験等で得られる地盤反力係数に対して、トンネル周辺の地盤反力係数にはスケール効果があること等のためであると考えられる。

6. 今後の課題

前胴の水平モーメント (M_p) を用いて、逆解析を行ったが、複数の力の釣り合い式を選択できるようにプログラムを改良する。

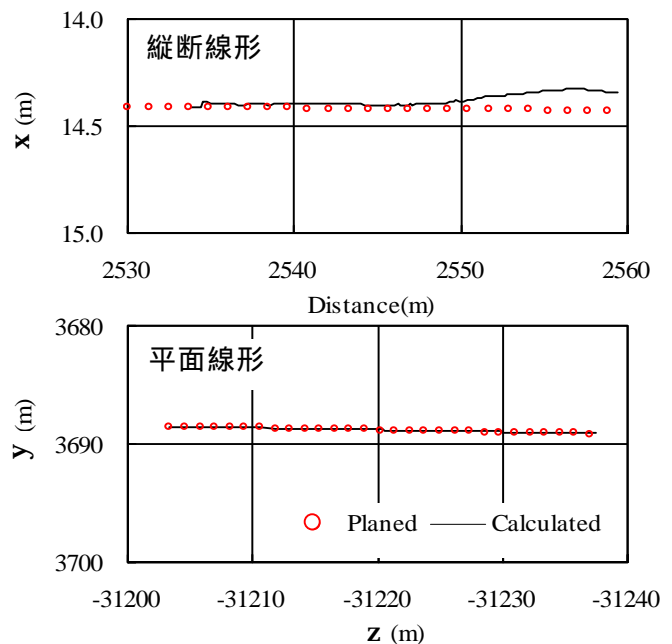


図 3 シールド軌跡

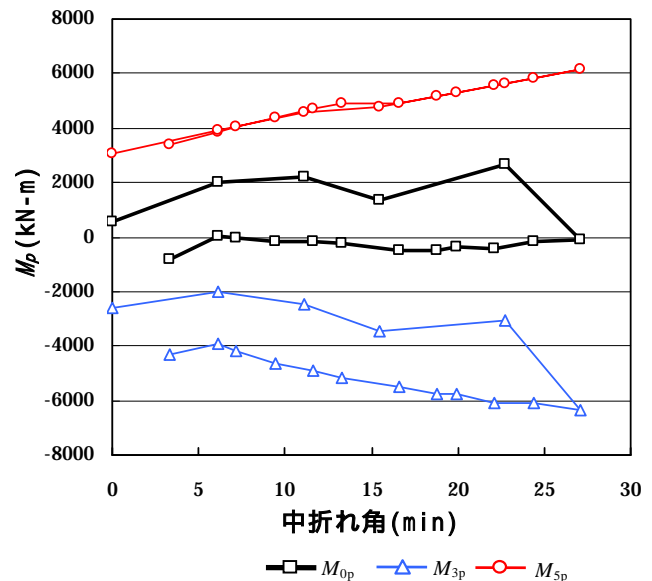


図 4 前胴の水平モーメント