

III-59

泥水式シールド掘進に伴う軟弱地盤
の変形解析手法について

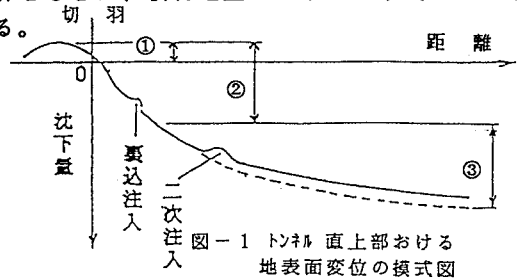
帝都高速度交通営団 正員 中村 信義 中島 信
正員 藤木 育雄
パシフィックコンサルタンツ 正員 村田 基代彦

1. はじめに 大都市内でのシールド工事中において、近接・交差構造物等への影響を把握する上で、シールド掘進に伴う地盤の変位量を定量的に予測することは、非常に重要なこととなっている。筆者らは、これまでに泥水式シールドを対象にして、有楽町線の氷川台、隅田川と半蔵門線の九段上の実測値をもとに、洪積地盤に対するシールド掘進による地盤の変形解析手法を策定した¹⁾²⁾。その後、有楽町線の辰巳の実測値をもとに、軟弱地盤における泥水式シールド掘進による地盤変形要因分析を行った³⁾。

今回は、辰巳での実測値及び地盤変形要因分析をもとに、軟弱地盤における泥水式シールド掘進による地盤変形解析手法を提案するものである。

2. 地質及び地盤変位測定結果の概要

辰巳複線シールドでの地盤変位測定地点は、東京都江東区の埋立地に位置する。当地点の地質は、上部の砂層は多量の貝殻と腐植物を含むN値10程度の緩い沖積細砂層に続いてN値0~2、粘着力 $C=0.2\text{kgf/cm}^2$ 程度の極めて軟弱な沖積粘性土層が深く層をなしている。



シールド掘進に伴う地盤変位測定の結果、軟弱地盤では、①切羽前方での変形。②テールボイドによる変形。③地盤の乱れによる圧密沈下が発生することがわかった。このうち、上記①と③の現象現象は洪積地盤ではほとんど見られなかったもので、軟弱地盤では顕著である。（図-1）

3. 軟弱地盤の変形解析手法（表-1）

今回用いた解析法は、上記①~③の地盤変位要因別に実測値をもとに適切な解析手法を定め、その結果をもとに図-1に示す様な、切羽からの距離～地盤変位（沈下・水平）曲線を作成して、地盤の最終変位量を求めるものである。

①切羽前方での変形 軟弱地盤では、切羽前方において切羽の泥水圧、シールド推力等の影響で地盤が変形する。この現象を解析するため、本計算ではシールド掘進方向の二次元FEM解析（但し、切羽から遠ざかるに従い地盤の変形係数を大きくすることにより疑似的に三次元とした）を行い、荷重は「泥水圧-地中応力+シールド推力」とした。その結果、計算値は実測値（鉛直、水平変位）とほぼ一致した。（図2鉛直変位）

②テールボイドによる変形 シールドのテール部分では、裏込め材が硬化するまでの間、テールボイドの発生に伴い地盤の応力が開放されることによって、周辺地盤が変形する。計算は、洪積地盤の場合と同様に二次元FEM解析を行うこととした。その結果、開放応力として「原地中応力と裏込め材圧の差に乘ずる補正係数を洪積地盤の場合と同様0.4とした」計算結果は実測値（沈下量・水平変位）とほぼ一致した。（図-3）

③地盤の乱れによる圧密沈下 軟弱地盤では、シールド通過後地盤の隆起、沈下に起因する地

表-1 変位の分類と解析手法

	変位の分類	解 析 手 法
①	地中応力と泥水圧のバランスとシールドの推力によって生ずる切羽前方での隆起	シールド掘進方向（縦断方向）に二次元FEMモデルを考え、地中応力と泥水圧のバランス及びシールド推力を荷重として切羽前面に投入し解析する。
②	テールボイドでのテール開放によって生ずる即時的変位	洪積地盤と同様、横断方向の二次元FEMにより、地盤の開放応力を入力し解析する。この場合、補正係数を0.4とした場合実測値と解析値はほぼ一致した。
③	地盤の乱れによって生ずる圧密沈下	①②により生じた地盤の乱れによる圧密沈下量を森・赤木式により求める。

の乱れにより沈下が継続する。この現象は軟弱な地盤の骨格が乱されるに伴い、地盤の間隙が長期間にわたり減少する圧密沈下と考えられる。計算は、この現象を良く表現している森・赤木の方法⁴⁾で行うこととし、上記④②で計算された地盤の最大せん断ひずみをもとに計算したところ、実測値とほぼ一致した。（図-4）

④切羽からの距離～地盤変位曲線 以上の結果を合成して、切羽からの距離～地盤変位（鉛直・水平）曲線を作成したところ、実測値とほぼ一致した。（図-5・6）

このことから、営団では、暫定的に軟弱地盤での地盤変形予測手法として本計算法を採用し、現在工事中の7号線における近接構造物の影響検討に使用することとした。

4. おわりに 今回、有楽町線辰巳複線シールド掘進時の地盤変形の実測値をもとに、泥水式シールド掘進に伴う軟弱地盤の変形解析手法を検討した。

しかし、泥水式シールド掘進に伴う軟弱地盤の変形はシールド施工条件や地盤条件により大きく影響を受けるとともに、その要因が複雑なため一現場のみの解析では、使用するパラメータや係数値も不確定なものが多く、地盤変形解析手法が確立されたとはいえない。したがって、7号線駒込～岩淵間の軟弱地盤帯でのシールド工事において各種の計測を行い、今回提案した解析手法の妥当性を検討するとともに泥水式シールド掘進に伴う軟弱地盤の変形解析手法を確立していきたいと考えている。

なお、最後に、検討を進めるに当たって早大の森教授・赤木教授に御指導いただいたことを報告し、謝意を表する次第である。

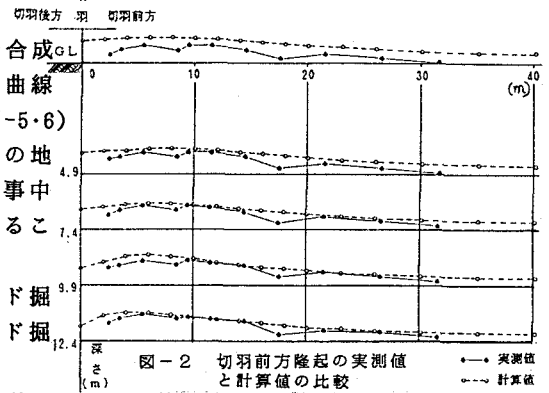


図-2 切羽前方隆起の実測値と計算値の比較

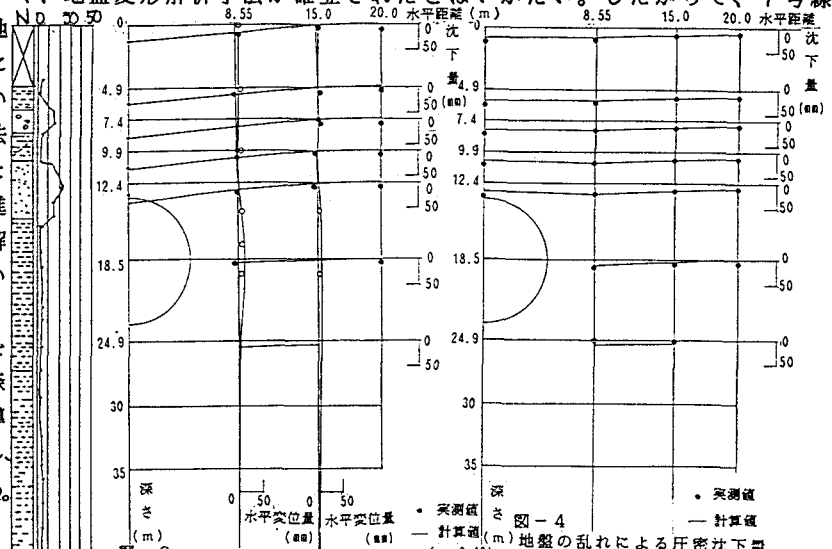


図-3 テールボイドによる変形の実測値と計算値の比較

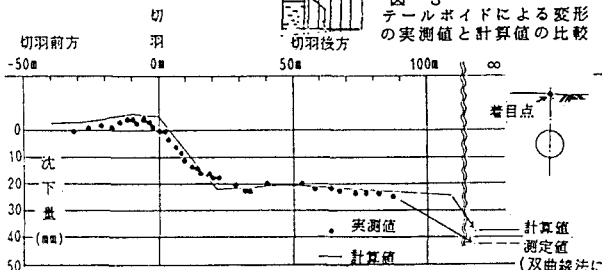


図-5 切羽からの距離～沈下曲線の実測値と計算値の比較

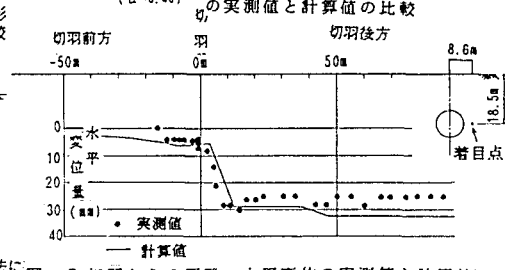


図-6 切羽からの距離～水平変位の実測値と計算値の比較

〔参考文献〕

- 1) 中村・小野：「大断面泥水加压シールドによるトンネル周辺地盤の挙動について（洪積地盤を対象）」土木学会第41回年次学術講演 S61.11
- 2) 中山・中村・中島：「泥水式シールド掘進にともなう硬質地盤の変形解析について」土木学会論文報告集 S63.9
- 3) 中村・入江：「沖積軟弱地盤での泥水式シールド掘進による地盤変状について」土木学会第43回年次学術講演 S63.9
- 4) 森・赤木：「非排水せん断変形で生じたみだれに基づく正規圧密粘土の圧密現象」土木学会論文報告集 S58.7