

III-416 裏込注入量を変化させたシールドトンネルの地表面沈下の実験と評価

(株)熊谷組 正員 野口 利雄
山本 征彦

1. はじめに

シールド工法により掘進を行なうとき、シールド機との摩擦による地山の乱れ、切羽への土砂の呼び込み、テールボイドの充填不十分等による地盤沈下が発生することがある。この沈下は最近の施工技術の進歩により、以前より減少の傾向にあるが、軟弱地盤では「0」にならないのが現状である。そこで沈下量の推定を行なう必要が生じるが、現時点では有限要素法による解析が一般的である。しかし、同法による沈下解析も、施工による要因を考慮することは難しく、施工法を変化させた場合の沈下量を計算で再現させるための入力データの決定法が確立されていない。特にテールボイド発生時の沈下防止のための裏込注入のメカニズムを十分に考慮した解析は従来あまり行われていない。今回シールド掘進時に裏込注入率を3種類（0, 105, 190 %）に変化させ、施工できる機会を得たので、裏込注入を考慮し実施工に即した有限要素解析を行ない、沈下測定実測値と比較する。

2. 沈下測定の概要

沈下測定を行なった場所の土質は、天端以浅はN値10~15の砂層、掘削断面は天端付近にはN値3程度の軟弱な粘土層が1~3m存在し、その層以深はN値20~30の比較的硬い砂レキ層である。（図-1）

裏込注入量はシールド進行順に105%, 190%, 0%の3種類を考え、測定点はそれぞれ1ヶ所とし、沈下の変動が大きい期間（約5日）は3~4回/日、沈下がある程度収束してからは1回/1~2日の測定を行なった。

（図-2）

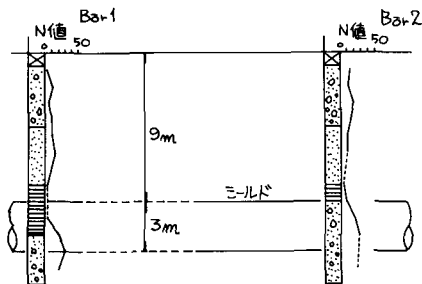


図-1 土質柱状図

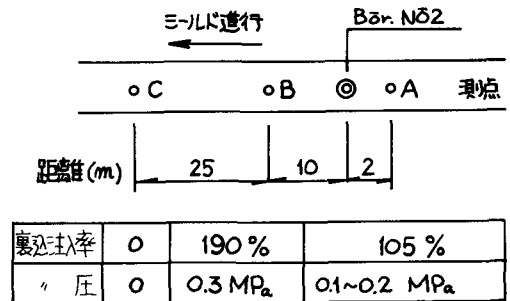


図-2 測定位置

3. 地表面沈下測定結果

図-3に測定結果を示す。この図から次の事柄がわかる。

- ① 各測点とも初期の沈下挙動は直線的である。
- ② A, B測点では初期沈下ののち、沈下の傾きのゆるやかな部分が存在し、C測点では存在しない。また、この部分の長さはA, B測点ともほぼ同じであるが、発生絶対値が異なる。
- ③ 各測点とも①②の期間ののちはおくゆるやかな沈下曲線となり、10日ほどで収束する。

ここで①②③の沈下性状区分を次のように考え模式図を図-4に示す。

- | | |
|-----------------------|----------------|
| ① 応力解放による素掘り弾塑性沈下 | —— テールボイド初期沈下 |
| ② 裏込注入後の残留解放力による弾塑性沈下 | —— 裏込材の変形による沈下 |
| ③ 地山の乱れによる圧密沈下 | —— 後続沈下 |

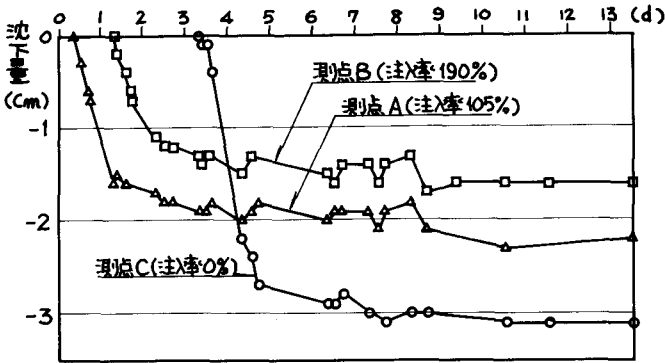


図-3 沈下測定結果

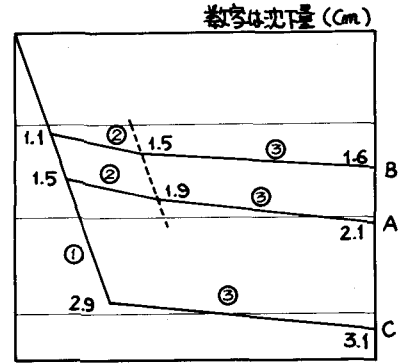


図-4 沈下模式図

4. 測定結果の解析

解析はステップごとに材質変更、荷重追加が可能な2次元平面ひずみ弾塑性プログラムを使用した。弾塑性ルーチンは Drucker-Prager, 増分法を使用し、応力解放率は0.1×10とした。裏込注入については剛性を考慮する解放率を変化させる方法、解放率を一定にして載荷圧を変化させる方法等があると思われるが、今回は圧を変化させる。

各測点についての解析法を以下に示す。

① C (裏込注入率 0%)

素掘り弾塑性計算を行ない、全荷重載荷後乱れによる圧密計算を行なう。

② A (裏込注入率 105%)

即時注入なので解放率0.7まで素掘り弾塑性とする。以後の載荷はセグメントと裏込注入材剛性を考慮する。ゲージ圧は平均0.15MPaであったが、土被り圧もほぼ同様のため相殺して0になるを考える。

③ B (裏込注入率 190%)

裏込圧以外はAと同様。裏込ゲージ圧は0.3MPaであったが、土被り圧を差し引いた残りの50%, 0.074MPaを有効圧とし解放率0.8で載荷した。実測値と解析値の対比を表-1に示す。

5. 考察

裏込注入率0の場合は素掘り弾塑性解析が実測値とよく一致することが判明した。裏込注入率が0以外の場合も、注入圧力と注入材剛性を適当に考慮することにより、施工要因を表現することができた。しかし今回の解析も一つの例にすぎず、今後は土質、シールド径、裏込注入工法の差により、今回の手法がどの程度使用できるか解析を進める予定である。最後にプログラム作成を担当した当社豊川研究室、梶島、千葉、永坂各氏に感謝します。

参考文献 森、赤木、金沢：軟弱粘性土地盤の最適裏込め注入量 トンネルと地下 1984.12

大西、岸本：トンネル切開進行の影響を近似的に考慮した2次元有限要素解析 に初と地下 1980.12

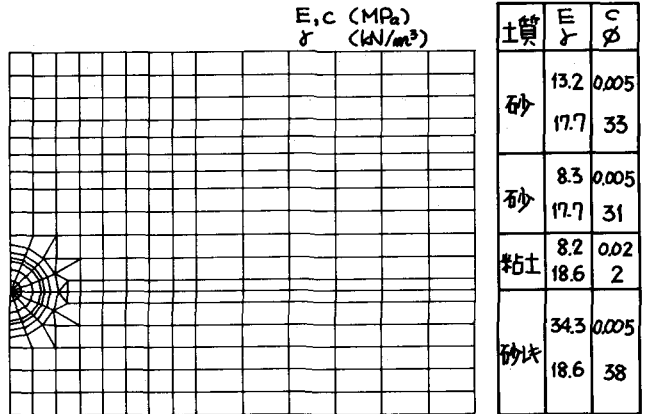


図-5 構造図および入力データ

表-1 解析結果

測点 区分	C(注入率0%)		A(注入率105%)		B(注入率190%)		
	土被り	後続	土被り	裏込	後続	土被り	裏込
実測値	29	31	15	19	21	11	15
計算値	27	29	15	19	20	11	16