

III-B 173

立坑シールド掘削に伴う周辺地盤挙動

東京都下水道局 佐伯謙吾 會田好雄 正会員 佐藤紀司
日本工営（株） ○正会員 田中 弘 池谷 正

1. はじめに

縦横連続シールド工法は、横坑を掘削するシールド機を球体回転部に内蔵し、この球体を包含するシールド機を立坑構築工事に適用することにより、立坑と横坑を連続して1台のシールド機で施工するものである。本工法は、立坑工事用地の規模の縮小、施工工期の短縮が可能で、さらに横坑シールドの発進防護工が不要となるメリットがある。東京都下水道局では大深度立坑の合理的な構築技術の開発を目的として「足立区花畑七、八丁目付近枝線工事」に本工法を採用し、その際、設計・施工上の未解明な技術課題に関する現場計測を実施した。ここでは、軟弱地盤での立坑シールド掘削時の周辺地盤の現場計測結果、ならびに数値解析シミュレーション結果について報告する。

2. 工事概要

立坑は泥水式シールド工法で掘削され、外径5.7m、深さ38mの円筒形で、RCセグメント構造である。図-1に立坑シールドの地盤条件ならびに立坑構造概要を示す。掘削地盤は、GL-10～40m付近にN値0～2程度の非常に軟弱な沖積シルト層が堆積している。軟弱地盤であるため、立坑シールド掘進時の推進反力は、ガイドウォール、セグメント、およびベノト杭の重量で支持する機構を採用している。なお、周辺地盤挙動の計測は、セグメント外周から2m離れた位置に深さ方向に設置した層別沈下計による計測、および水準測量による地表面変状の計測を実施した。

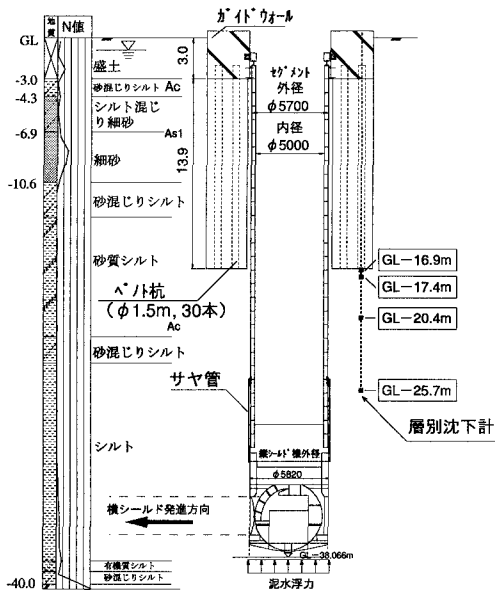


図-1 地盤条件と施工状況

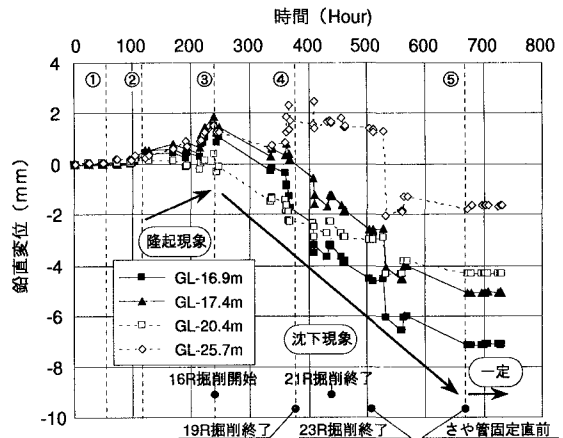


図-2 ベノト杭下部地盤の鉛直変位

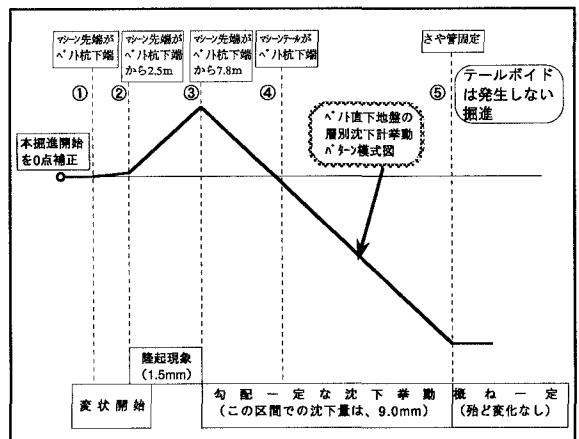


図-3 地盤変状の模式図（本掘進中）

3. 計測結果

図-2に立坑シールド本掘進（シールド切羽がベノト杭下端手前2.2mから最下部床付けまで）時のベノト杭下部地盤の鉛直変位の経時変化を示す。同図は本掘進開始前の鉛直変位を0点として掘進時の変化分を示したものである。ベノト杭直下部（GL-16.9m位置）での変位量が最も顕著であり、沈下量の絶対値としては最大で7mm程度を生じている。また、計測深度が深くなるにつれて地盤変位は小さくなっている。ただし、いずれの深度の地盤変位も隆起、沈下、そして一定挙動と経時的には同様の傾向を示している。

図-3にベノト杭直下部の地盤挙動の模式図を示す。同図には、地盤変位パターンの他に縦シールド機とベノト杭下端との位置関係も併記している。縦シールド機切羽がベノト杭下端付近を通過する①～③の区間では微小（最大で1.5mm）ながら隆起現象が認められるが、その後、縦シールド機切羽がベノト杭下端より7.8mを通過する時点の③から、さや管固定の⑤区間までは一定勾配の沈下現象（全体で約9mm）を生じている。ここで、さや管とは横シールド発進坑口を覆うための円筒型の鋼製外筒部であり、さや管固定後は、縦シールド機がさや管内部を掘進するためテールボイドは生じない。以上の計測結果より、立坑シールド掘削時の立坑周辺地盤の沈下原因は、縦シールド掘進に伴って発生するテールボイドに起因していると推察される。

4. 数値解析結果

解析は前述のテールボイド沈下に着目し、軸対象有限要素法線形弾性モデルによるステップ解析を実施した。図-4に解析モデル図を示す。解析ステップは、沈下現象の始まった16リング目の掘削から、さや管固定まで（図-3の③～⑤；沈下量は約9mm）とし、掘削、セグメント組立、テールボイド発生施工サイクルを逐次計算で再現することとした。なお、応力解放率をパラメーターとした事前検討の結果、応力解放率14%の場合が現場計測値9mmを最も良く再現できた。

図-5に応力解放率14%の場合の各掘削ステップごとの地表面沈下量と水準測量による地表面沈下量を示す。水準測量結果による地表面沈下の影響範囲として、立坑中心より約30m離れた地点では沈下は殆ど認められなかったが、地下分布形状、範囲も含めて実測値と解析結果は概ね一致し、解析モデルの適用性が確認できた。

5. まとめ

N値0～2程度の軟弱な沖積粘性土地盤での立坑シールド掘削工事に対し、施工に伴う周辺地盤の沈下が懸念されたが、最大で7mm程度の微小な沈下で施工することができた。また、立坑シールド掘進に伴う周辺地盤沈下の主原因は、通常のシールド工法と同様に、テールボイド沈下と判明した。

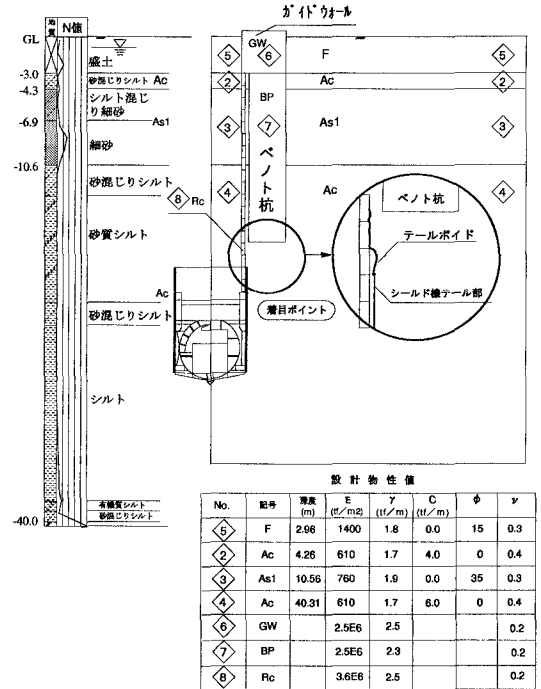


図-4 解析モデルと設定物性値

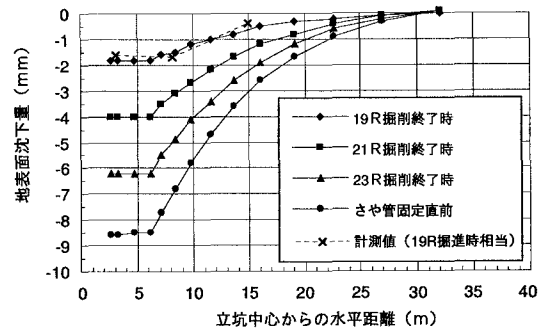


図-5 FEM解析結果
計測値をシミュレーションした地表面沈下分布