

1. はじめに

市街地における地下鉄、下水道、共同溝等の地中公共施設の整備、拡充は急務であるが、一方、市街地であるが故の様々な制約から、軟弱地盤において、土被りが浅くしかも既設構造物に非常に接近したシールド施工を、余儀なくされる場合が多く見られる。このような場合、地表面次下は勿論、新設シールド周辺の既設地中構造物（既設シールド、地中埋設管、家屋や橋梁等の基礎など）に及ぼす影響を極力小さくする目的で、土圧式や泥水加圧式の機械シールドが用いられる。しかし、このようなシールドが周辺地山や既設構造物に及ぼす影響については、まだ不明な点が残されており、安全で合理的なシールドの設計施工法の確立が望まれている。

ここでは、軟弱地盤中の非常に接近した双設シールドの施工において実施された詳細な計測結果をもとに、土圧式シールドが、地表面や既設シールドへ及ぼす影響を明らかにするとともに、計測結果に基づいた数値シミュレーションを実施し、土圧式シールドの数値解析における評価方法についても検討を加えた。

2. 施工概要

新設シールド（シールド径 $\phi 264\text{mm}$ ）のルートは、既に施工されたシールド（セグメント径 $\phi 150\text{mm}$ ）と延長 970m に達して同一の道路下に設定された。図-1に示すように、新設シールドの土被りは最小で 2.5m と小さい上に、既設シールドとの距離も最小で 1.0m と非常に接近している。又、地盤は、 N 値 $0\sim 5$ の非常に軟弱なシルト層と、 N 値 50 以上の土丹層より構成されている。この土丹層の深度は、トンネル縦断方向に変化しており、土丹層の位置により、既設シールドは複雑な挙動を示すと予想された。

掘削に当たっては、土圧式シールドを用いるとともに、プレフォーム工法、裏込注入工法を補助工法として用い、テールボイドに起因する地盤変形を極力小さくすることを図った。

3. 計測の概要及び結果

新設シールドの掘進に伴う地盤及び既設シールドの挙動を明らかにする目的で、i) 地表面次下、ii) 既設シールドセグメント応力、iii) 既設シールドに作用する土圧、iv) 既設シールド内空変位の4項目について計測を実施した。計測計器の配置を図-2に示す。

図-3に、計測断面における地表面次下、セグメント曲げ応力（測点-1）、土圧（測点-1）及び垂直内空変位の計測結果の経時変化を、切羽と計測断面との距離をパラメータとして示す。又、図-4には、既設シールドセグメントの曲げ応力分布図を示す。

図-3より、各計測値の変化傾向が良く一致していることが分かる。各計測値の変化と、シールド掘進との関係は、図-3中に示したI～Ⅳの区間に分けて、以下のよう考えることができる。

I区間（ ~ 0.70 ）：新設シールド掘進の影響なし

II区間（ $-0.70\sim 0.00$ ）：地表面は多少隆起し、既設シールドセグメントは、新設シールド側より荷重を受ける。これは、切羽前面に作用する掘進圧と、シールド機械の自重の影響と考えられる。

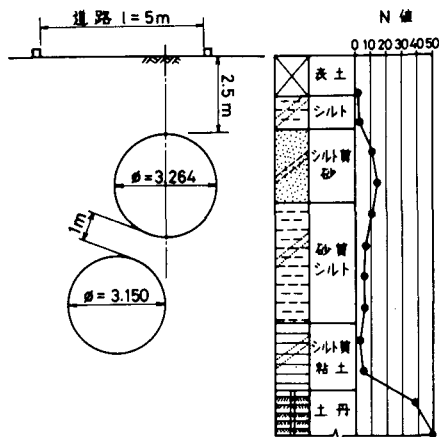


図-1：シールド横断面図

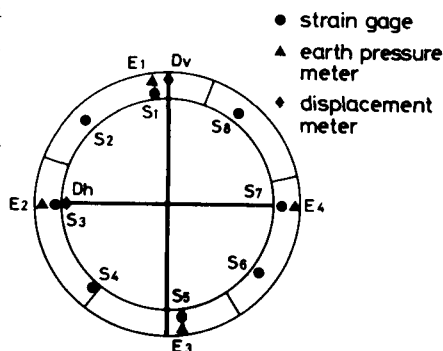


図-2：計測計器配置図

Ⅲ区間(0.00~1.20): 地表面は隆起から次下へ転じ、既設シールドも元の状態へ戻る。これは、掘進圧の影響がなくなると同時に、掘削による応力解放の影響が次第に表われるためと考えられる。なお、1.20はシールドテール位置に当る。

Ⅳ区間(1.20~2.00): 地表面は、急激に次下し始める。又、既設シールドは、新設シールド側へ引張られる形となる。これは、それまでシールド機械により拘束されていた地盤が、拘束を解かれ一時に掘削解放力が作用するためと考えられる。この変化傾向は、1.30~1.40で鈍化し、計測値は、2.00で極値に達するが、これは地盤の変形とプレフォームにより、テールボイドが充填されるためと考えられる。

Ⅴ区間(2.00~3.20): Ⅱ区間と同様の挙動を示す。これは、この時期に実施された裏込注入の影響によるものと考えられる。

Ⅵ区間(3.20~): 各計測値は安定し、地表面及び既設シールドに対する新設シールドの影響は、見られない。

4. 数値シミュレーション

計測結果に基づき、有限要素法による数値シミュレーションを実施した。解析に当っては、地盤を線形弾性体と仮定し、シールド切羽の進行に伴う地表面や既設シールドの挙動を評価するため、特性曲線に基づいて解析手法を用いた。解析結果を、図-3、4に示す。解析結果は、計測結果の傾向と良く一致しており、数値解析上のモデル化が妥当であったことを示している。

5. まとめ

非常に接近した既設シールドにおいて計測を実施し、新設の土圧式シールドが、地表面や既設シールドへ及ぼす影響を検討した。その結果、地盤や既設構造物は、新設シールドの掘進に伴い、複雑な挙動をすることが判明した。又、数値解析により、そのような挙動を評価し得ることが分かった。

今後、シールドの新しい設計手法の確立に資することを目的に、計測データのより詳しい分析と、数値解析による検討を実施したい。

(参考文献)

1) 亀村、木村他「切羽の進行を考慮した掘削の解析について」、第16回土質工学研究発表会、

P.P. 1565~1568, 1981.5

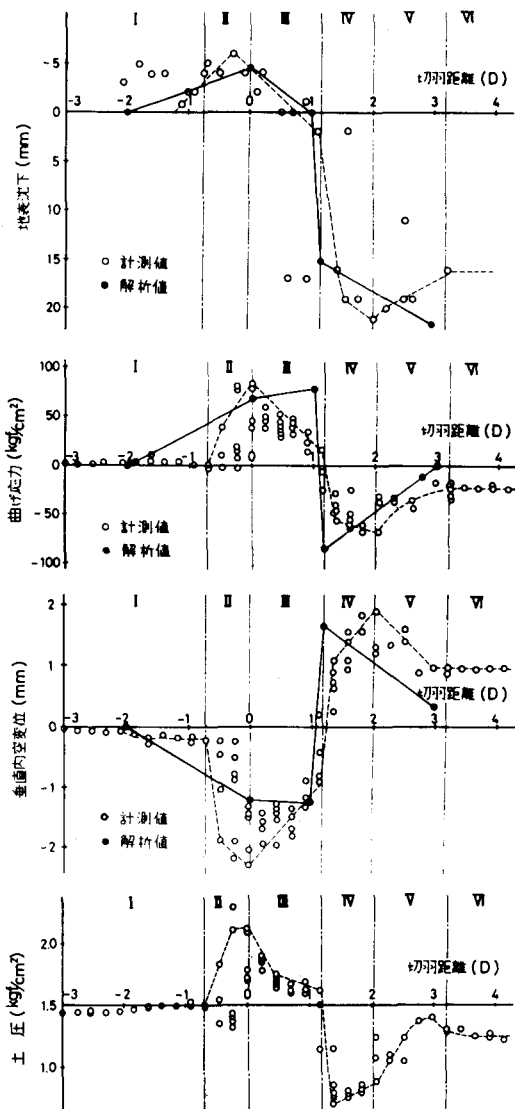
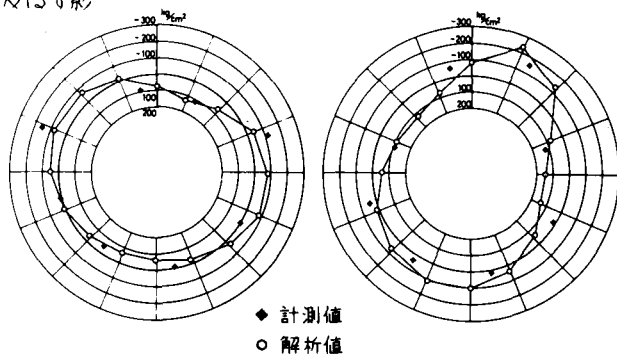


図-3: 計測結果経時変化図



(a) 切羽距離0.00

(b) 切羽距離1.020

図-4: 計測結果曲げ応力分布図