

III-17 高水圧条件下の洪積砂層におけるST楔型Kセグメントの計測について

日本電信電話株式会社	正会員	菅野	薫
同	同	中野	雅弘
同		村上	虎一
同		松井	茂

1. はじめに

シールドトンネルの覆工体に関する安全性の評価は、施工時及び完成後とも施工条件、土質条件に密接に関連するが、そのセグメントリングと周辺地盤との相互作用によるトンネルの挙動については、実現象の把握等が難しく、特に高水圧条件下でのセグメント構造に対する設計法についての検討手法の明示はない。

本報告は、都心部(中央区銀座地区)の高水圧条件下で施工した通信用トンネルのシールド工事に使用したST楔型Kセグメントの安全性の確認と、近接部で実施予定の地中接続工事の施工管理及び今後のセグメント構造の設計資料とすることを目的として、①洪積砂層における施工時及び完成後にセグメントに加わる外荷重の把握、②楔型Kセグメントに発生する応力分布状態の把握、③トンネルの変形性能と組立精度の把握、等のために実施した現場計測結果について述べるものである。

2. 工事概要

本工事は、泥水加圧式シールド工法(セグメント外径 4,550mm)により洪積江戸川砂層を約1,130mにわたり推進したものである。セグメントの設計に際しては、大深度・高水圧及び推進路線にある重要構造物の下越しに係わる安全策として、①一般荷重条件に対して「ゆるみ土圧+静水圧」とし、応力照査は許容応力以下、②施工時荷重条件を「全土圧+静水圧」とし、応力照査は降伏点応力以下、③セグメントリング剛性の向上を図るためKセグメントは楔型、④千鳥組み効果についてM-K法で検証、⑤止水性の向上、継手間の摩擦抵抗確保のためシール溝を設け、水膨張性シール材を使用等について検討、実施した。なお、セグメント材質はSM50とした。

また裏込め注入工は、シールドジャッキと連動した自動裏込め注入方式にて、セグメントグラウト孔より、可塑性裏込め材を充填した。計測地点の土質条件及び施工状況は表-1に示すとおりである。

3. 現場計測概要

計測位置は、発進立坑より157m進んだ地点から連続した3リングとした。この位置を選定した理由は掘削作業が定常状態にあり、地中接続工事箇所の近傍であることなどによる。対象3リングのうちAリングは外荷重計測、B・Cリングは応力度計測リングとし、トンネルの変形計測は3リングについて行った。

計測目的と計測機器は、①施工時および長期のセグメントに加わる外荷重を把握するための土圧計、②土圧計の検出値から有効土圧を抽出する目的の間隙水圧計、③裏込め注入圧及び地山荷重によってセグメント(主桁)に発生する応力分布状態を把握し、荷重とトンネル挙動の関連性を検討するためのひずみ計、④ジャッキ推力のセグメントへの影響度を把握し地盤剛性を推定するためのひずみ計(縦リブ)、⑤楔型Kセグメントの変形性能と組立精度を把握するためのパイプスケール、等によって行った。また、併せて地盤変状計測も実施した。

表-1 土質条件および施工状況

土質条件等	推進土被り	41.9m ~ 29.7m (計測地点 37.8m)
	土質性状	洪積砂層 (N > 50)
	間隙水圧	2.12 ~ 2.27 kgf/cm ²
施工状況	泥水圧	2.85 kgf/cm ²
	ジャッキ使用状況 総数20本	総推力1,050 ~ 1,20 (最大2,400t) 使用本数 14~16本
	裏込め注入圧	3.96 ~ 4.25 kgf/cm ² 計測地点 3.96 kgf/cm ²

4. 結 果

(1) 施工時荷重について

裏込め注入のトンネル軸方向への影響はテール脱出後から10リング(9m)程度までであり、約4日間で荷重変動は開放された。セグメントリング外周に対する注入圧分布は、注入孔付近を中心に左右45°程度の局部荷重として作用しており、この圧力は他の位置に比べ5割程度大きい。(最大注入圧=3.96kgf/cm²) 裏込め注入直後の荷重分布と曲げモーメント分布を図-1、2に示す。各主桁間の変動差はなく、3本の主桁が一体となって抵抗しているものと思われる。

土圧計と水圧計で計測した外荷重は当初の設計荷重よりかなり小さく、また計測値はほぼ等しい。有効土圧は非常に小さく、セグメントに作用している荷重の大部分は水圧と考えられる。裏込め注入モデルを図-3に示す。

この計測した外荷重とゆるみ土圧を考慮した慣用計算法の結果はほぼ一致し、ハリ・パネモデルにより同様な計算をした結果をそれぞれ図-4、5に示す。

裏込め注入の影響を考慮した解析結果は図-6のとおりであった。計測値と解析値の間には良好な対応がみられた。

推進力によるセグメントリングへの著しい影響はみられなかった。縦リブへのひずみは逐次累積傾向にあり、推力の後方伝播は25m程度とみることができた。この推進分の蓄積軸力を算定すると、平均総推力は1,100tとなる。

(2) 楔型セグメントの変形性能について

セグメント組立の理論直径と計測値との変位差は組立直後と半年後とでは半減しており、組立時の誤差が外荷重の作用により補正された結果となった。

(3) 地盤変状計測について

層別沈下計による地中変位の計測値はFEM 2次元モデルで事前解析した結果に比べて小さく、塑性領域の発生はなく地山の応力開放率は10%程度と推察され、良好な施工と判断できた。

5. まとめ

今回は高水圧条件下での洪積砂層におけるシールドトンネル施工時の挙動を把握する目的で現場計測を実施したが、今後も引き続き短期・長期の外荷重状態を調査、整理して行く予定である。

併せて小口径シールドトンネルのセグメント設計において、特に施工時荷重の裏込め注入の影響を事前に評価する荷重構造のモデル化等の設計法も検討し、より最適な構造物の構築に努めたい。

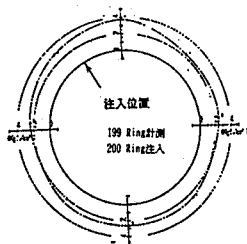


図-1 荷重分布
(裏込め注入直後)

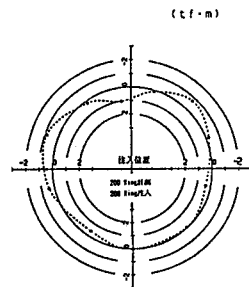


図-2 曲げモーメント分布
(裏込め注入直後)

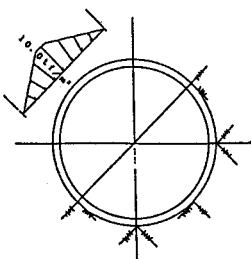


図-3 裏込め注入モデル

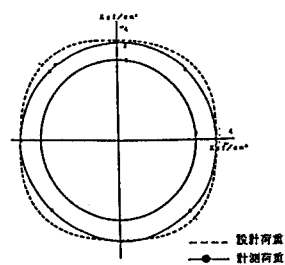


図-4 荷重分布
(設計値と計測値)

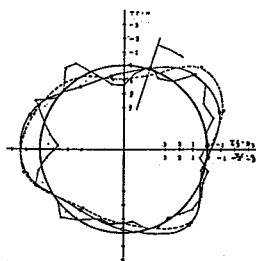


図-5 曲げモーメント分布
(設計値と計測値)

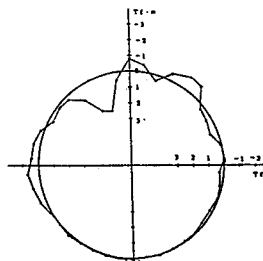


図-6 曲げモーメント分布
(計測値と解析値)