

## 縦二連道路トンネル切開き施工時の挙動評価

鹿島建設(株) 正会員 ○佐原史浩 山本佳正 西嶋 徹 鎗田哲也  
 首都高速道路(株) 非会員 永井政伸

## 1. はじめに

首都高速中央環状線は、首都圏3環状9放射道路の最も都心側に位置する環状道路であり、本工事は、既供用の中央環状新宿線に品川線拡幅躯体を地中で接続する工事である。地上部に設置した作業帯から工事範囲全線に渡って掘削し、開削部から供用路線に向かってNATM工法により切詰め、躯体を構築した後既設シールド鋼殻を切開く。施工段階毎の安全性を確認するため、掘削開始～躯体構築～切開き～埋戻し完了～剛性低下までの2次元逐次解析を行い、鋼殻の挙動を予測し、計測管理値を設定して、実際の挙動を把握するために鉛直・水平方向の変位を計測しながら施工を行った。本報文では、逐次解析における解析条件、及び各施工段階における逐次解析結果と鋼殻の変位計測結果を中心に報告する。



図1 工事範囲

## 2. 施工方法概要

本工事では、山手通りの現状の車線数を確保し、交通への影響を小さくするため、開削工法と NATM 工法の併用により地盤の開削を実施した。本工事の躯体構築の施工順序を図2に示す。山手通り内回り側（歩道側）に寄せて設置した作業帯から工事範囲全線に渡って細長く開削し、開削部から NATM 工法により切詰める（STEP1～2）。その後逆巻き工法により上床版、中床板、下床板、側壁の順に躯体を構築し（STEP3～7）、シールド鋼殻を切開いた後（STEP8）、埋戻しを行う（STEP9）。

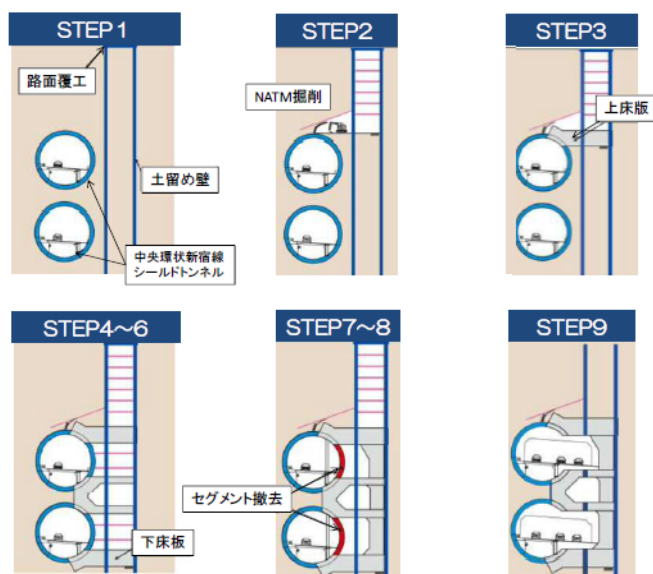


図2 施工順序概要図

## 3. 2次元逐次解析結果と計測値の比較

## (1) 解析モデル

各施工段階における鋼殻の安全性を確認するための解析は、2次元FEM逐次解析(ABAQUS)を用い、掘削開始～躯体構築(逆巻き工法)～切開き～埋戻し完了～剛性低下までを19STEPでモデル化し実施した。

解析は工事着手前にも実施し（当初解析）、鋼殻の変位計測の管理値を設定したが、掘削の進捗に伴い鋼殻変位計測結果と解析結果の変位傾向が異なることが確認されたため、解析条件を見直し、掘削時の変位計測結果に則した逐次予測解析を再度実施した。変更した解析条件を表1に示す。側圧については、土留め壁の計測変位から推定した値を用い、さらに上層鋼殻と下層鋼殻の各変位量のフィッティング精度が、上層掘削時点と下層掘削時点で推定した各側圧で分けて解析すると向上したことから、上層、下層で別々の解析モデルとした。

キーワード 道路トンネル、縦二連、シールド、切開き、2次元逐次解析

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂6-5-30 鹿島建設株式会社 土木設計本部 TEL 03-6229-6723

## (2) 現状解析結果

鋼殻の変位に関する解析結果と計測値の比較例を表2に示す。最終掘削時については、当初解析における予測結果も併記している。

上総層群泥岩の自立性が高く、当初想定していた側圧（水圧相当）までは作用せず、土留め壁の計測結果に則した側圧の見直しによって、実変形挙動をより精度よく評価できていることが確認できる。このことから表1の解析条件で現状解析時以降の予測解析を行い、予測解析結果に基づき鋼殻変位の計測管理値を設定し、施工を行った。

## (3) 予測解析結果と計測値の比較

表2より、現状解析時以降の施工段階（鋼殻切開き前後、埋戻し完了後）についても、解析結果と計測値の差異は少なく、鋼殻の変形挙動をよく表現出来ており、解析モデルは妥当であったと考えられる。

また解析結果と計測値の双方において、切開き前後の鋼殻の変形にさほど変化は見られず、切開きに伴う鋼殻の解放力が拡幅躯体に設計どおりに伝達され、切開きが安全に行われたことも確認できる。

表1 解析条件の修正箇所

|     | 上層解析用モデル                                                                | 下層解析用モデル                                                                |
|-----|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 荷重図 |                                                                         |                                                                         |
|     | 鉛直土圧 (当初解析) バイブレード両端に集中荷重で載荷<br>⇒ (修正後) 土留め杭側は集中、鋼殻側は分布荷重               | 鉛直土圧 (当初解析) バイブレード両端に集中荷重で載荷<br>⇒ (修正後) 土留め杭側は集中、鋼殻側は分布荷重               |
|     | 側圧 (当初解析) 水圧相当を考慮<br>⇒ (修正後) 上層鋼殻 0.16 $\gamma h$ 、下層鋼殻 0.12 $\gamma h$ | 側圧 (当初解析) 水圧相当を考慮<br>⇒ (修正後) 上層鋼殻 0.16 $\gamma h$ 、下層鋼殻 0.12 $\gamma h$ |
|     | 赤字部が当初解析から修正した荷重                                                        | 赤字部が当初解析から修正した荷重                                                        |

表2 解析結果と計測値の比較 (例: 計測断面②)

— 当初解析 — 解析値 ● 計測値

|        | 現状解析<br>最終掘削時                                       | 予測解析<br>中間杭切断時(鋼殻切開き前)                              | 鋼殻切開き後                                              | 埋戻し後(剛性低下前)                                         |
|--------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 上層シールド | <p>解析値: <math>\delta_{max}=18.3\text{mm}</math></p> | <p>解析値: <math>\delta_{max}=20.6\text{mm}</math></p> | <p>解析値: <math>\delta_{max}=20.7\text{mm}</math></p> | <p>解析値: <math>\delta_{max}=26.0\text{mm}</math></p> |
| 下層シールド | <p>解析値: <math>\delta_{max}=19.5\text{mm}</math></p> | <p>解析値: <math>\delta_{max}=22.3\text{mm}</math></p> | <p>解析値: <math>\delta_{max}=22.7\text{mm}</math></p> | <p>解析値: <math>\delta_{max}=23.0\text{mm}</math></p> |

## 4. おわりに

本工事では、供用中の2本のシールドトンネルの鋼殻を重要幹線直下で切開くことから、掘削から埋戻しまでの一連の施工における鋼殻の挙動を正確に把握することが非常に重要であった。そこで、逐次解析によって管理値を定めるとともに、常に鋼殻の挙動を計測し、計測結果に則した解析条件の見直しを行い、精度よく鋼殻の挙動を把握して工事を進めることができた。本報告が類似のプロジェクトの参考になれば幸いである。

<参考文献>

- 1) 小川寛久、永井政伸、山本佳正、西嶋徹: 供用中道路トンネル切開き施工時の挙動、トンネル工学報告集 24、2014