

Ⅲ-660

既設トンネル下を通過する

シールドトンネルにおけるFEM解析と実挙動

J R 東日本 東京工事事務所 ○ 正会員 石川 文雄

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 新堀 敏彦

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 笠 充孝

1. はじめに

新設トンネルが既設トンネル下を横断するにあたって計測管理を行っているが、新設トンネルの施工は双設シールドであり掘削により既設トンネルに及ぼす挙動の影響が大きいと予想されることから、掘削に伴う地盤変状を予測することが重要である。最近行われた既設トンネル下を通過するシールド施工に伴う地盤変位計測を行い、FEM解析との比較を行った。また、今回の解析において事前解析から実施工における解析に至るまで、解析手順の変更があったので、その流れも含めて検討したので以下に報告する。

2. 工事概要

本工事は図-1に示すように、中央線四ツ谷・信濃町間御所トンネルの直下に地下鉄(双設シールド)が交差するもので、延長約100mに及んでいる。セグメント外径6.6mであり、泥水圧式シールド工法により施工された。掘削部の地質は概ね比較的良質な洪積細砂層であり、その上部にローム層、砂質層、粘性土層が互層している。掘削にあたっては、既設トンネルの重要性を考慮して、防護として薬液注入を施工した。掘削時の切羽泥水圧は28tf/m²程度である。

3. FEM解析と計測の経緯

今回の解析は、当社と施工側においてそれぞれ同時解析し計測値と比較したが、これらの解析と計測の経緯について以下に述べる。なお、解析にあたってのモデル図を図-2に示す。

(1) 当初解析

当初解析は既略の対策、施工方法を考慮して行った。基本的な手順は、①初期応力解析、②道路荷重・薬液注入、③先行シールドのトンネル掘削(応力開放率30%)、④セグメント構築

(応力開放率70%)以下後行シールドの順とした。また、既略の梁物性値(ケース1)、梁物性値の見直し(ケース2)、泥水圧の考慮(ケース3)の3通りで解析を行った。

(2) 計測工

沈下計の設置箇所は図-1に示すように、旧トンネルのシールド交差部に2台設置した。なお、旧トンネルはレンガアーチ構造の経年約70年で健全な状態であるが、沈下に伴うレンガの影響が懸念された。

(3) 再解析

施工手順に合わせて解析手順を見直し、解析を行った。なお、各種の物性値はほぼ当初解析と同じである。

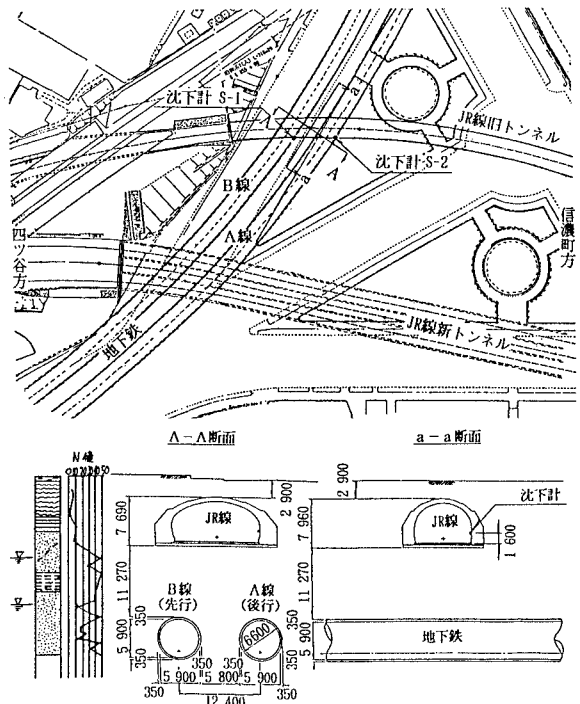


図-1 平面及び断面図(沈下計位置)

- ① ケース1：シールド通過後、坑内で薬液注入を施工する条件で、泥水圧を考慮したFEM解析を行っている。なお、補正係数（ $\alpha=0.35$ ）¹⁾を用いて変位量を求めた。
- ② ケース2：解析ソフトのバージョンアップにより、より正確な、泥水圧、解析手順を表現できるようになった。

5. 計測値と解析値の比較

計測値における経時変化は図-4に示すが、最初のシールド通過時点は先行隆起し、以後は沈下が続き最終的に約6mm前後に落ち着いた。また、トンネル天端と下端における解析結果および計測値を表-1に示す。これによると、当初解析と再解析のケース1との解析値の差が大きいことがわかる。この要因は泥水圧を考慮していなかったことと、泥水圧を等分布としてセグメント側にかけたためとおもわれる。また、再解析のケース2における結果と計測値を比較すると、シールド通過後（1ヶ月）において値が約85%となった。

6. まとめ

今回の解析において、当初解析と計測値の差が大きい要因は、解析手順が実施工と違ったプロセスをとったため生じたものと思われる。また、当初解析及び再解析において、土質物性値は同じであったが、既設トンネルの剛性や薬注の効果を考慮することによって、計測値に近似となることが得られた。今後解析にあたり施工条件を十分考慮する必要があると思われる。

また、今回の掘削による沈下量の経時変化を見ると後行シールド通過後において微小ではあるが沈下が続いており、沈下が落ち着くまで1ヶ月程度経過している。今後このような既設トンネル下における双設シールド工事に於いては、長期の観測及び計測が必要であると思われる。

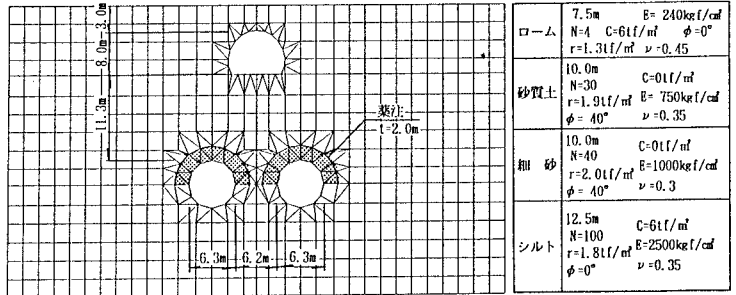
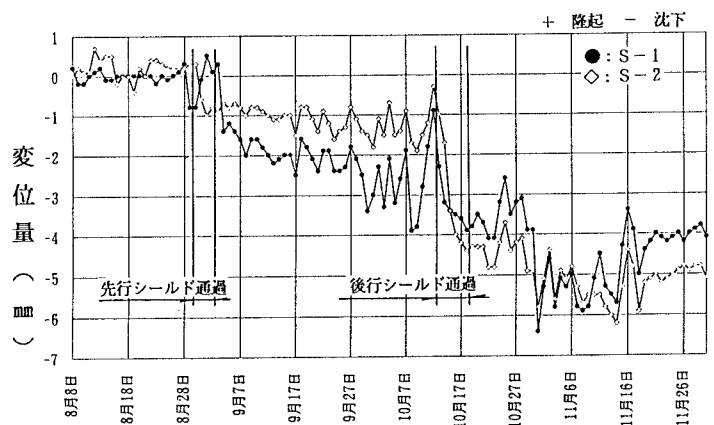


図-2 解析モデル図

表-1 計測(S-1)と解析の結果表

		トンネル 天 端	トンネル 下 端	備 考
当初 解 析	ケース1	-26.1	-17.5	既略の梁物性値
	ケース2	-14.3	-11.7	梁物性値見直し
	ケース3	-5.7	-0.8	泥水圧（等分布）
再 解 析	ケース1	-2.7	-3.0	泥水圧考慮
	ケース2	-6.1	-7.3	解析ソフト変更
計 測	先行シールド通過直後	—	0.1	
	後行シールド通過直後	—	-3.9	
	通過後（1ヶ月）	—	-6.0	



日 付 (月日)

図-4 経時変化図

【参考文献】

- 1) 中山ら：泥水式シールド推進に伴う硬質地盤の変形解析について 土木学会論文集 397号 1988.3