# 地下鉄営業線との近接施工におけるシールド施工管理の一事例

大林・東急特定建設工事共同企業体　正会員　○安藤　嵩久
大林・東急特定建設工事共同企業体　正会員　服部　鋭啓
国土交通省　中部地方整備局　宮田　博幸
国土交通省　中部地方整備局　平田　美正

## １．はじめに

都市部では地下構造物の高密度化が進み、民地境界や地下埋設物等の制約条件から構造物新設時には既設構造物との近接施工が生じることが少なくない。近接施工を有するシールド工事においては、掘進による影響や既設構造物の安全性の評価を事前に行い、必要に応じた対策を講じる必要がある。本稿では新設する共同溝シールドトンネル（φ5.8m）が既設の地下鉄営業線（φ6.7m、2 列）と離隔約 6m（=1D）で直交する近接施工について、その事前影響評価、対策および施工結果を述べる。

## ２．工事概要

本工事は名古屋市東南部に位置する国道 302 号共同溝の一部として、2 つの中間立坑を有する延長約 3.6km を掘削外径 5.96m の泥土圧シールドにて築造するものである。その中には**図-1** に示すように 2 つ目の中間立坑から再発進後約 12m で地下鉄桜通線との近接施工を伴う区間を含んでいた。近接施工延長は約 34.5m で最小離隔は約 6m であった。営業中の鉄道トンネルとの近接施工ということで、影響を最小限にとどめるよう強く求められていたが、当初提示された地質縦断図では地下鉄近傍で急激な土層変化を有する地質となっており、加えて地下鉄築造時の周辺地盤の変化も予想されたことから、当該範囲の地質構成を詳細に把握する必要があった。一方、直上は交通量の多い幹線道路交差点であり、地上からの直接調査は困難であった。

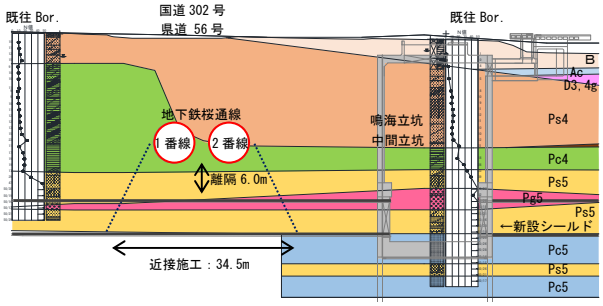



図-1　近接施工範囲縦断図

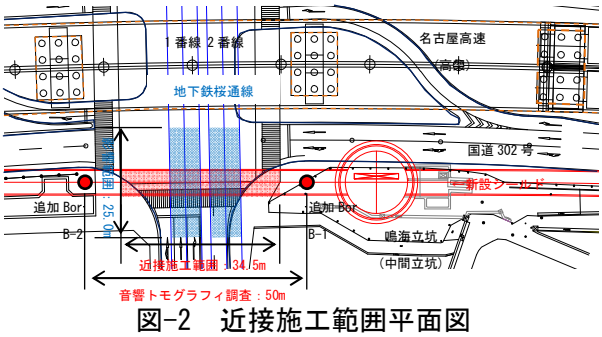



図-2　近接施工範囲平面図

## ３．近接施工影響評価

これらの課題に対し、事前地盤調査として①追加ボーリング調査、②音響トモグラフィ地盤調査を実施した。その後調査結果を反映して③FEM 事前予測解析、④トライアル施工による掘進管理値の検討を実施し、近接施工に臨んだ。

### （１）事前地盤調査

追加ボーリング調査を**図-2** に示す地下鉄近接区間の両端位置 2 箇所で行い、各土層の N 値、孔内水平載荷試験により変形係数を調査した。また、追加ボーリング孔を探査孔として利用し、両ボーリング間の 50m 範囲について、音響トモグラフィ地盤調査を行った。調査結果を**図-3** に示す。速度分布より N 値は水平に分布し、地下鉄近傍での大きな変化はないと推定された。また減衰率分布から当初断面に想定された急激な土層変化は見られないが、片側のみ検知した Pc4 層および Pg5 層の介在範囲を確認できた。加えて、地下鉄下方には新たに、礫分を多く含む砂礫層の存在を確認することができた。当該土層は周囲の砂層と比較して間隙が大きいと考えられ、次の事前予測解析にて考慮することとした。

キーワード　シールド、近接施工、音響トモグラフィ、トライアル施工
連絡先　〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟　㈱大林組　TEL：03-5769-1308

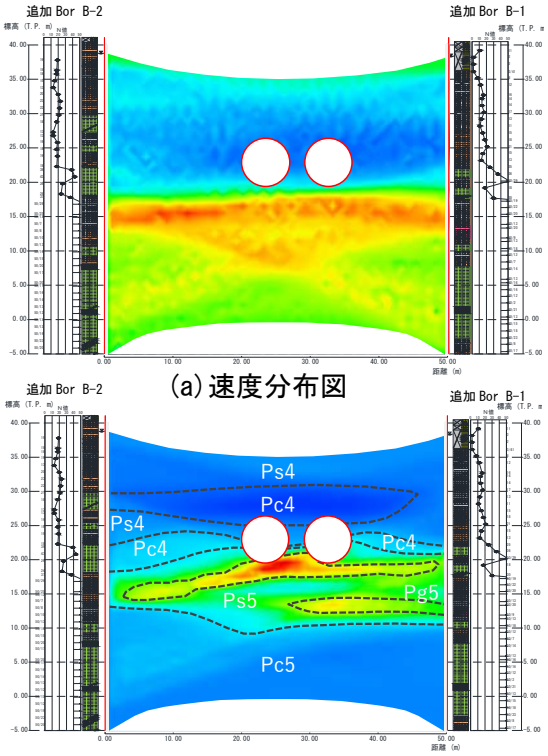
### （２）事前予測解析

事前地盤調査の結果を受け、土質条件を設定し、3 次元的な地盤情報を解析に反映し、より精度の高い事前予測を行うために、3 次元 FEM モデルにより解析を実施した。**図-4** に解析モデルを示す。FEM 解析の結果、シールド通過時の地下鉄桜通線の沈下量は 0.3mm（10m 弦相対変位）と微小なものであった。**表-1** に示す地下鉄変位 1 次管理値を大きく下回る結果となり、事前予測解析からはシールド掘削が地下鉄へ与える影響はほとんどないと考えられた。

### （３）トライアル計測

近接範囲のシールド掘削を行うに当たり、シールド掘進管理値の妥当性を検証するためトライアル計測を行った。計測断面として、立坑到達前に 2 断面、再発進後に 1 断面の計 3 断面を設定した。各計測断面において地下鉄位置を想定してシールド直上 6m に層別沈下計を設置し、地上部にはデジタルレベルによる変位計測を行い施工時の変動をリアルタイムで計測した。

設定した掘進管理値を**表-2** に、各計測断面の最大変位を FEM による予測値と合わせ**表-3** に示す。全断面においてシールド直上+6m位置の沈下量は FEM 予測値と概ね一致し、変位一次管理値を下回る結果となった。また、掘進管理項目（切羽土圧、裏込注入圧、裏込注入量）についてもすべての項目が概ね管理値内で施工できたことから、事前予測解析における地山物性値、応力解放率の各パラメータおよびシールド施工管理値は妥当であると判断し、**表-2** に示す掘進管理値を用いて近接範囲のシールド掘削を行うこととした。




(a) 速度分布図

(b) 減衰率分布図

**図-3　事前地質調査結果**

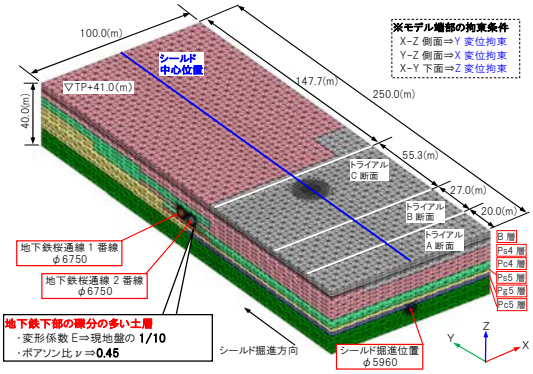



**図-4　3 次元 FEM 解析モデル**

**表-1　地下鉄の変位管理値（10m弦相対変位）**

| 計測項目 | 1 次管理値【要注意】 | 2 次管理値【掘進停止・原因究明】 | 管理基準値 |
|---|---|---|---|
| 鉛直変位 | 2. 0mm | 3. 5mm | 5. 0mm |

**表-2　設定掘進管理値**

| 項目 | 上限値 | 下限値 | 単位 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 切羽土圧 | 0. 35 | 0. 30 | MPa | 土水分離 |
| 裏込注入圧 | 0. 55 | --- | MPa | 切羽土圧+0. 20MPa |
| 裏込注入量 | --- | 1548 | L | 100%以上 |

**表-3　トライアル計測最大変位**

| 断面位置 | 鉛直変位（MM） | |
|---|---|---|
| | FEM 解析値 | トライアル計測値 |
| A 断面 | -1. 27 | -0. 80 |
| B 断面 | -1. 54 | -1. 10 |
| C 断面 | -0. 52 | -0. 40 |

### ４．施工結果

近接施工時の地下鉄変位は、影響範囲 25m 内に 5m ピッチでデジタルレベル計を設置し、リアルタイムで計測し、常時監視のもとシールド掘進を行った。**表-4** に各測点の 10m 弦相対変位最大値（隆起方向）、最小値（沈下方向）を示す。最大沈下量は 0.6mm となり、一次管理値（2mm）以下となった。1 番線、2 番線ともにシールド通過時に最大変位が発生し、以後変位の増大は生じていない。

**表-4　地下鉄変位結果**

| 1 番線 | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 最大（隆起） | 0. 4 | 0. 1 | 0. 2 | 0. 3 | 0. 1 | 0. 2 |
| 最小（沈下） | -0. 3 | -0. 1 | -0. 1 | -0. 2 | -0. 6 | -0. 2 |
| 2 番線 | A | B | C | D | E | F |
| 最大（隆起） | 0. 3 | 0. 1 | 0. 4 | 0. 1 | 0. 0 | 0. 3 |
| 最小（沈下） | -0. 4 | -0. 2 | 0. 0 | -0. 3 | -0. 4 | -0. 1 |

### ５．おわりに

比較的大きいシールドで地下鉄営業線と交差する厳しい条件下での施工であったが、事前地盤調査によって現地の施工条件を精査し、予測解析やトライアル施工で施工計画の妥当性を確認しながら掘進することで安全に工事を完了できた。