

地下鉄営業線直上における開削トンネル工事に関する報告

阪神高速道路(株)神戸建設部 正会員 ○宮田 亮
 西松建設(株)関西支店 正会員 水谷 年希
 西松建設(株)土木設計部 中桐 秀雄
 阪神高速道路(株)神戸建設部 谷 和博

1. はじめに

神戸市営地下鉄トンネル（以後、既設営業線躯体と称す）70cm 直上を開削工法により掘削・構築するトンネル工事（施工延長 L=155m）において、掘削に伴う地盤のリバウンドによる既設営業線躯体への影響が懸念された。当該工事においては、予測変位値を基にした各施工ステップにおける施工管理値を設定した後、既設営業線躯体内部の 18 箇所（図-1,2）に設置した計測変位値（水盛式沈下計，傾斜計，及び温度計）を基にして、適宜，対策工を見直す情報化施工を実施した。本報告では、掘削完了時までの当該工事における情報化施工および施工管理手法について報告する。

2. 施工上の課題および事前対策工

2-1 欠損防護工（地盤改良工）の影響評価

① 施工計画

欠損防護工は2箇所（長田駅側，新長田駅側）存在しており，既設営業線躯体の隆起抑制を目的として，施工順序としては，地上からの鉛直施工により既設営業線躯体上部および側部の地盤改良を行い，その後，近接の作業立坑内から水平施工により下部の地盤改良を行う計画とした（図-3）。

② 課題および対策

地盤改良工施工時における既設営業線躯体への影響を把握し，適切な施工管理値を設定する必要があったが，当該工事では試験施工等による注入圧と既設営業線躯体変状の相関関係を把握することが不可能であった。そこで，先行施工する長田駅側に関しては，既設営業線躯体の縦断方向の長期許容曲げ耐力より曲率

$(\phi = My/E \cdot I)$ を推定し許容相対変位量 $(\delta a = 2.4 \text{ mm}/10 \text{ m})$ を算出して，施工管理値を設定した。後行施工する新長田駅側に関しては，長田駅側での施工実績（注入圧と躯体変状の関係等）を考慮した FEM 逆解析を行い，施工時における施工管理値を設定することとした。

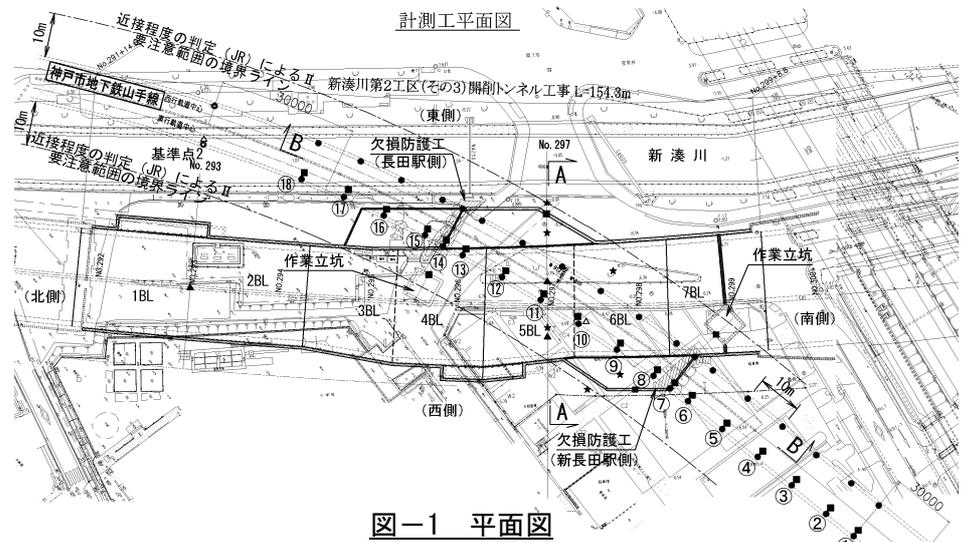


図-1 平面図

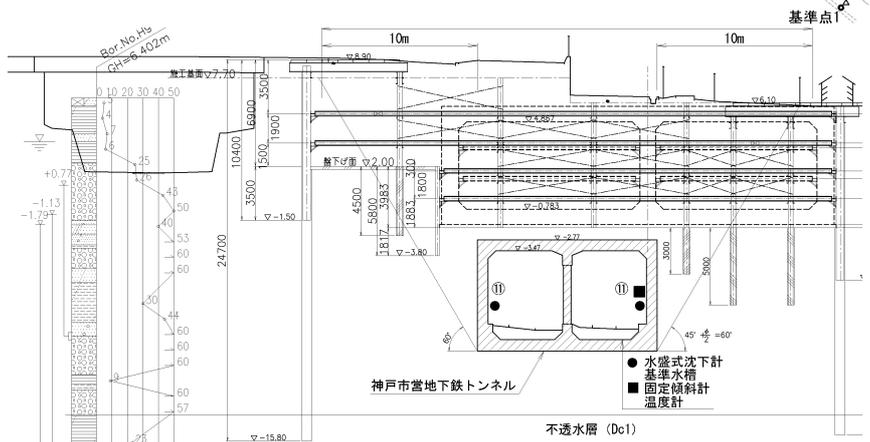


図-2 A-A断面図（近接施工範囲）

キーワード 開削トンネル，地盤のリバウンド，近接施工，情報化施工

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門1丁目20番10号 西松建設(株)土木設計部 TEL 03-3502-7638

2-2 長田駅側地盤改良施工後における各施工ステップの施工管理値の設定

上述した長田駅側での地盤改良施工実績を考慮し、各施工ステップにおける既設営業線躯体の許容変位量を FEM 逐次解析より算出した(図-4)。施工協議の結果、長期許容変位量を3次管理値、同値の80%を2次管理値、50%を1次管理値に設定し、既設営業線躯体 RC 構造の降伏時から算出される許容変位量の80%を限界管理値に設定した。

3. 実施施工におけるリバウンド対策工

3-1 新長田駅側の地盤改良施工時

地盤改良施工後の掘削による既設営業線躯体のリバウンドが予測されたため、累計変位となる地盤改良工施工時による既設営業線躯体の変状(=隆起)を最小限に抑える必要があった。先行施工した長田駅側では側部注入施工時においても、既設営業線躯体の隆起が見られた(地盤改良施工完了時の隆起量は2.4mm)。従って、後行施工となる新長田駅側では、上部の高圧噴射攪拌工法施工後、下部の水平注入を先行して施工し、下部の空隙を充填した後、側部注入を実施することとした。さらに、注入箇所での施工順序および薬液仕様を変更することにより(表-1)、当初予測値以内で地盤改良工を施工することができた。

3-2 掘削時

掘削前におけるリバウンド対策工としては、①施工基盤面の盤下げ、②土留め壁締切り内部の地下水位低下を基本方針として施工計画を立案した。実施工においては掘削が進むにつれて既設営業線躯体の隆起量が予測値よりも大きくなったため、地下水位低下量を計画水位より早期に低下させ、既設営業線躯体の隆起を抑制した(表-2)。さらに、既設営業線躯体直上の近接施工範囲(4~7BL)に関しては、上述した対策工の他に追加対策として、③部分掘削・構築の実施、④上載荷重(大型土嚢、敷鉄板)の部分載荷等を行い、施工に伴う既設営業線躯体への影響を低減させた。追加対策工の実施により施工効率が一時的に低下した状態となったが、全ブロックの掘削が完了した時点での既設営業線躯体の隆起量は5.5mm程度であり、3次管理値以内で施工管理を行うことが可能となった。

4. おわりに 本工事の施工に際し、ご指導いただいた神戸市交通局殿をはじめ、関係各署の皆様には厚く御礼申し上げますとともに、工事完了まで引き続きのご指導をお願いする次第です。

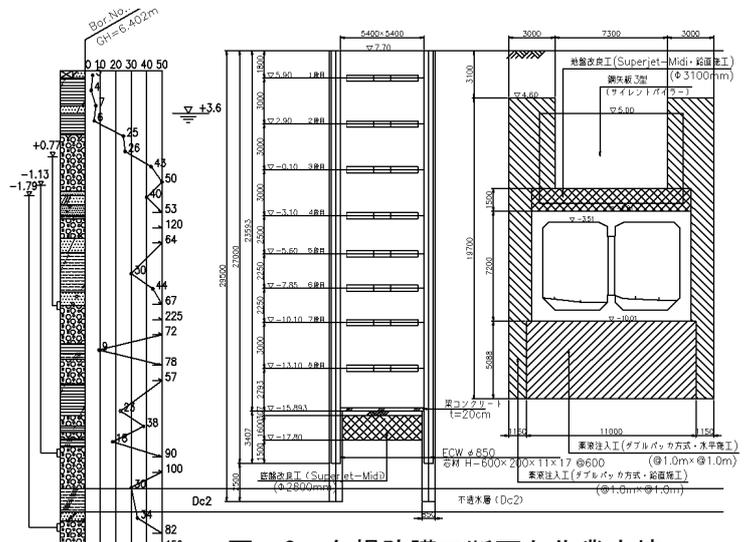


図-3 欠損防護工断面と作業立坑

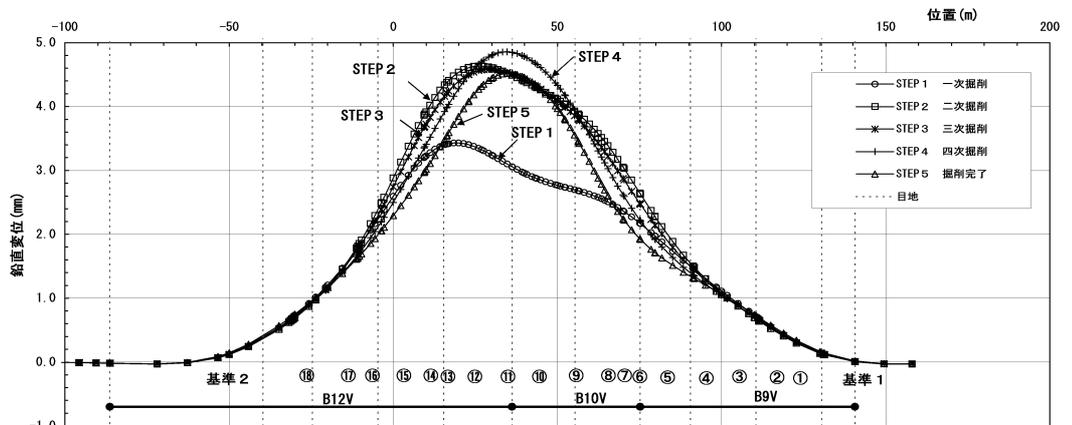


図-4 FEM 解析結果

表-1 薬液注入仕様の変更

	噴出量 (リットル/分)	セット数	注入材料	
			1次	2次
当初	8	4	CB	溶液型
変更	6	2	溶液型	溶液型

表-2 施工管理値と実測値

施工ステップ	施工管理値			実施工	
	地下水位 (m)	変位(mm)		地下水位 (m)	計測変位 (mm)
		2次	3次		
1次掘削	TP+3.6	4.6	5.7	TP+0~-3.0	3.9
2次掘削	TP+2.5	5.0	6.3	TP-3.0~-4.0	4.8
3次掘削	TP-1.5	5.9	7.4	TP-4.0~-8.0	5.8
4次掘削	TP-6.0	5.8	7.2	TP-8.0~-8.2	5.8
掘削完了時	TP-9.6	4.9	6.1	TP-8.2~-9.6	5.5