

営業線仮受と計測管理について

門石 崇^{1*}・佐藤 賢一郎¹・上野 修彦¹・橋口 京央²

¹非会員 小田急電鉄株式会社複々線建設部 下北沢工事事務所（〒155-0033 東京都世田谷区代田2-31-27）

* E-mail:takashi.kadoishi @odakyu-dentetsu.co.jp

²正会員 同上

広域生活拠点である下北沢駅周辺の工事は，開削工法とシールド工法を用いた2線2層式トンネルにより，営業線直下で施工している。本工事は，シールドトンネルにより支持杭の受替えを余儀なくされたことから，本設躯体の一部である中床版へ段階的に受替えており，列車の安全運行を目的とした計測管理を実施している。

Key Words : under railway tracks,temporary railway tracks support,preload

1. はじめに

小田急電鉄では，輸送需要に対応するため列車を増発し，朝のラッシュピーク時には，およそ2分に1本の割合で列車を運行しており，従来の複線設備では輸送力に限界があることから，快適な輸送サービスを実現するための抜本的な輸送改善策として，東北沢～和泉多摩川間（10.4km）の複々線化事業を進めている。

複々線化事業は，連続立体交差事業に合わせて順次進めており，現在，世田谷代田駅～和泉多摩川駅間（8.8km）で複々線化による運転を行っている。これにより，朝のラッシュ時間帯の列車だけでなく，日中の各駅停車についても通過待ちが解消され，所要時間の短縮が図られた。

残された東北沢～世田谷代田間（1.6km）の下北沢地区は，小田急線の最混雑区間で1日の平均輸送人員は約195万人，混雑率も187%と依然高い水準となっており，この地区の完成により朝のラッシュ時間帯にさらなる列車の増発が可能となり，抜本的な混雑緩和が図られる。

（図-1参照）

下北沢地区の主な構造形式は，開削工法による4線並列トンネルであるが，下北沢駅付近の一部では開削工法とシールド工法を用いた2線2層式トンネルとなる。本稿では，人口84万人におよぶ世田谷区の住宅・商業が密集した広域生活拠点である下北沢駅の駅舎構築に伴う1期施工として，営業線を中床版に仮受けした施工状況と計測管理について報告する。（図-2参照）

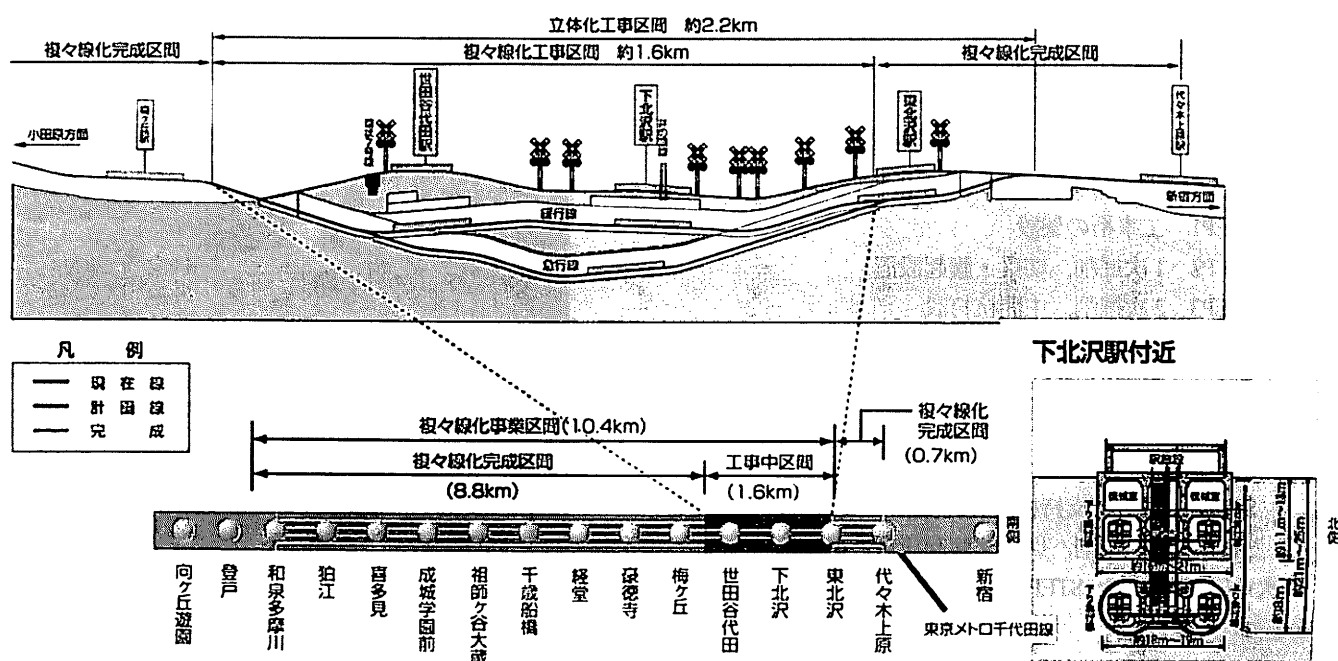
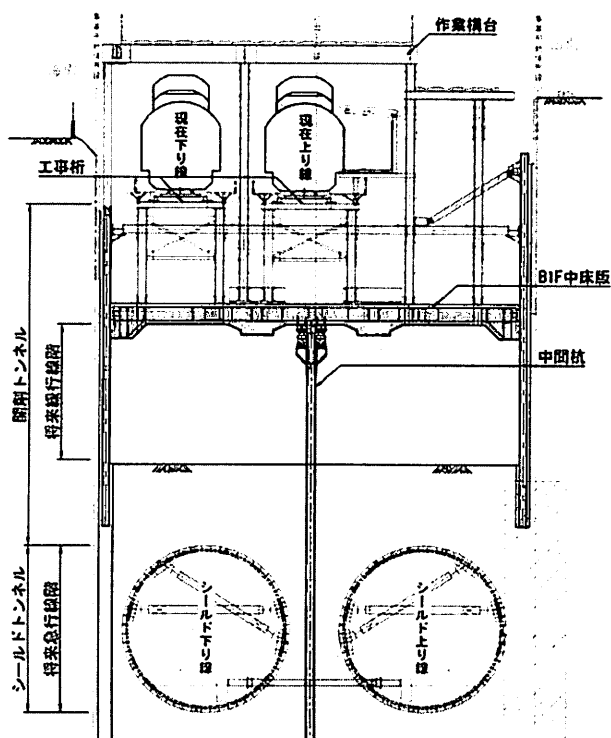
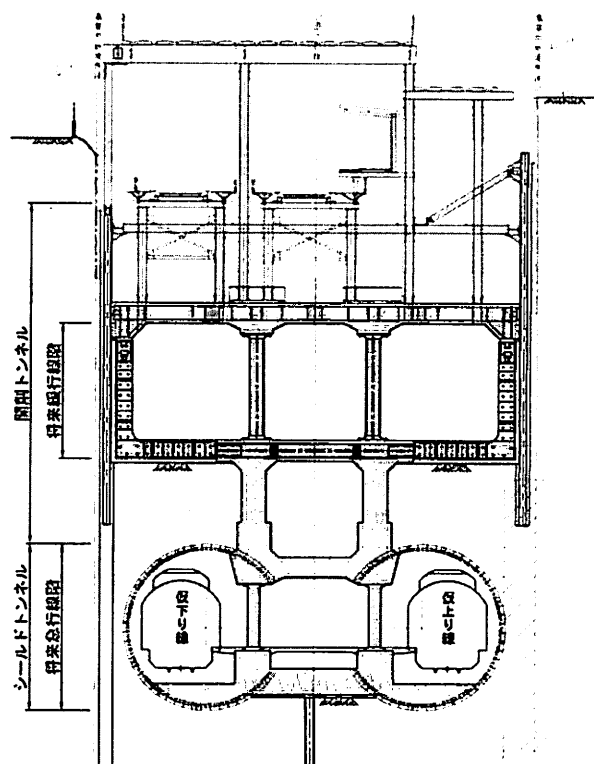


図-1 複々線化事業区間



現況横断面図



1期工事完成形

図-2 現況横断面図と1期工事完成形

2. 工事概要

下北沢駅部の工事は、まずシールドトンネルが掘進する前に線路上空の作業構台を設置し、シールドトンネル掘進の影響が及ばない時期に水平多軸回転式 SMX 機を配置して土留壁 (W=650 mm, Dmax=41m, H=350×350, @800 mm) を構築している。土留壁は地中連続壁+CRM工法を採用した。(写真-1 参照)

土留壁の構築が完了した後、構台下の限られたスペースで終電後の夜間線路閉鎖間合いに軌陸式 50 t クレーンにより仮設橋梁 (工事桁) を架設し、下北沢駅部の掘削工事を開始した。

工事桁架設～シールドトンネル上部の開削工事の施工手順は以下に示す通りである。(図-3 参照)

- STEP1 工事桁の架設
- STEP2 1次掘削、切梁・腹起設置
- STEP3 2次掘削、中間杭打設
- STEP4 中床版の鉄骨架設
- STEP5 工事桁支持杭及び作業構台支持杭の先行受替
- STEP6 中床版構築 (鉄筋・コンクリート工事)
- STEP7 中間杭プレロード
- STEP8 工事桁支持杭及び作業構台支持杭の後行受替
- STEP9 3次掘削、切梁・腹起設置、4次掘削

次章にて STEP5～STEP8 の施工計画の詳細を記載する。

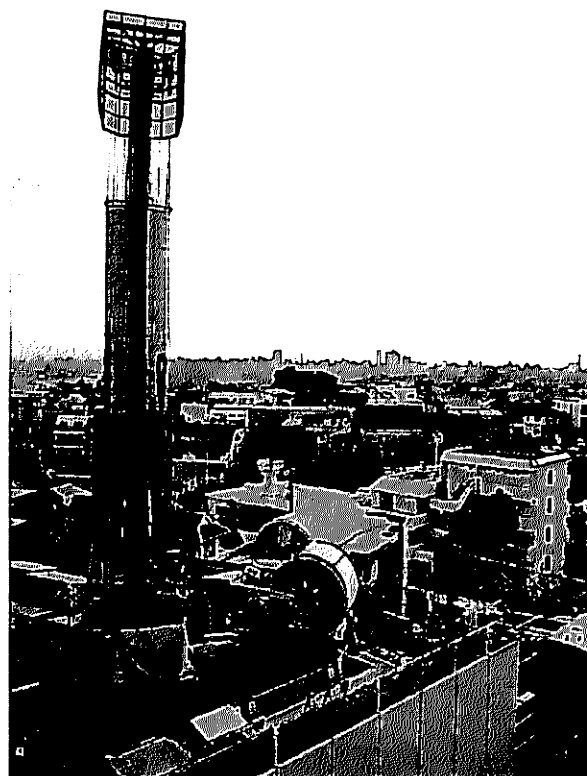
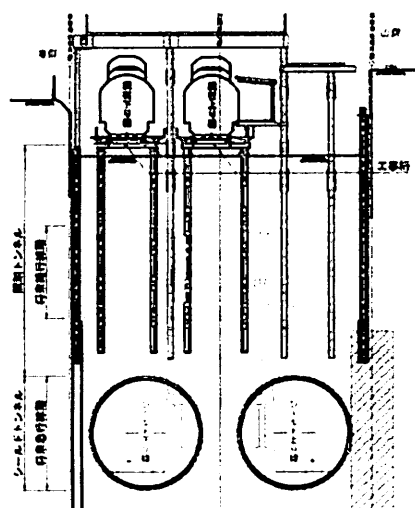
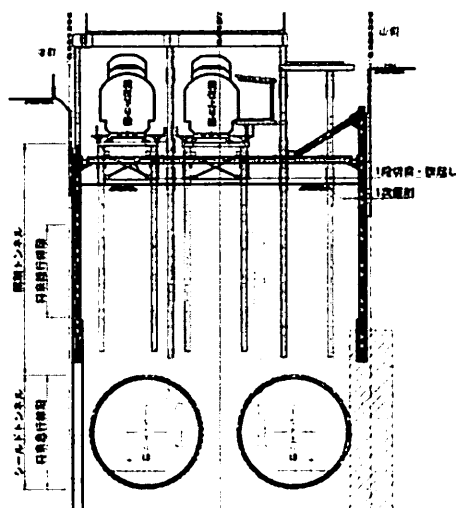


写真-1 土留壁施工状況 (SMX 掘削機使用)

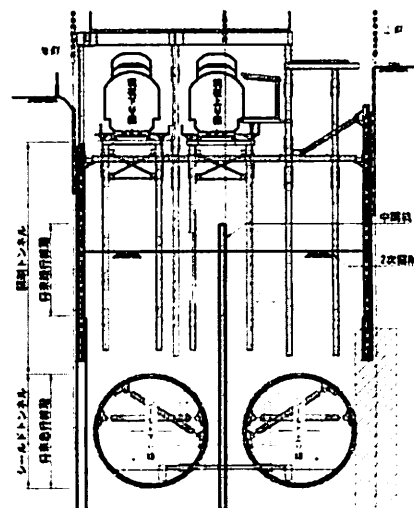
STEP1 工事桁架設



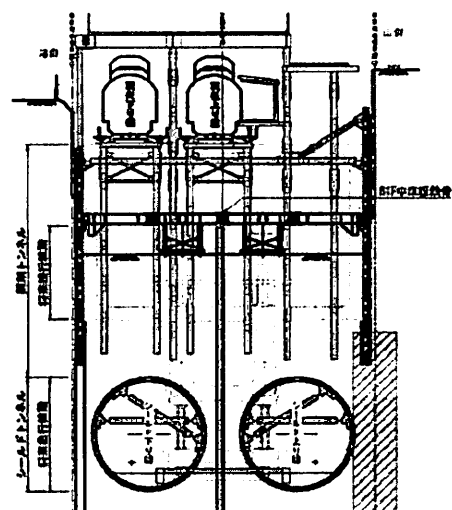
STEP2 1次掘削, 切梁・腹起設置



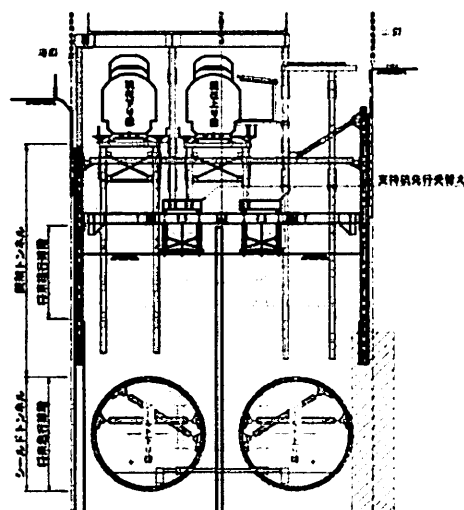
STEP3 2次掘削, 中間杭打設



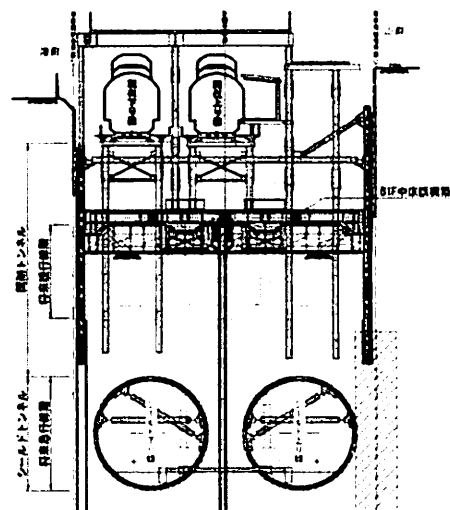
STEP4 中床版鉄骨架設



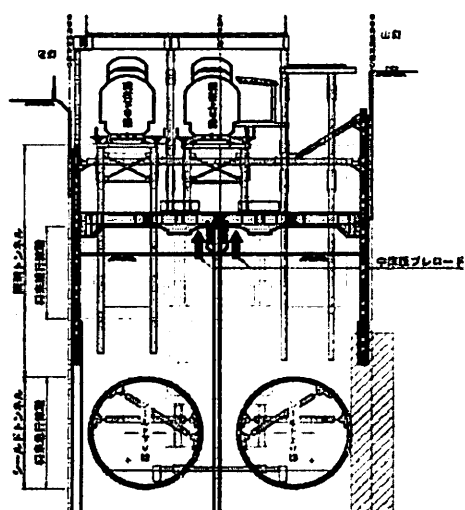
STEP5 支持杭先行受替



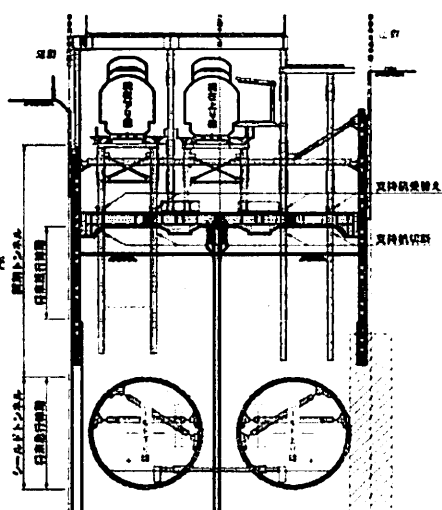
STEP6 中床版構築



STEP7 中床版プレロード



STEP8 支持杭後行受替 (支持杭切断)



STEP9 3次, 4次掘削

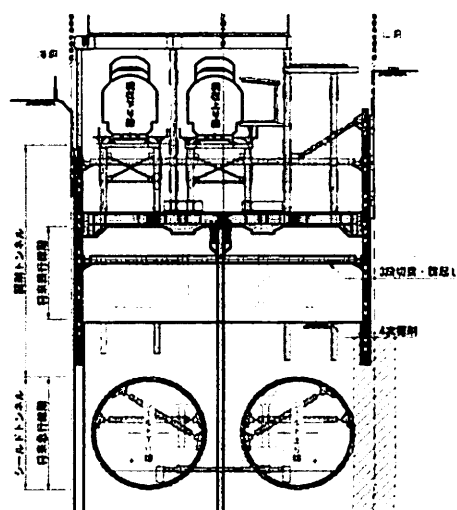


図-3 施工手順図

3. 施工状況

(1) 工事桁支持杭及び構台支持杭先行受替 (STEP5)

地上部からの工事桁支持杭及び作業構台支持杭の打設作業は営業線内での施工ということもあり、駅ホームや建築限界等の制限を受ける。その結果、支持杭の半数近くは本設躯体である中床版の構築（特に縦断梁部）に支障するため、中床版構築前にそれら支持杭を先行受替える必要がある。本工事では、隣接する狭隘な道路状況ならびにシールドトンネルとの離隔等の影響により、中床版を SRC 構造とし、躯体構築に先立って支持杭を鉄骨（H-700×300、@約 3.0m）に受替えることとした。鉄骨の支持点として、両端の土留壁芯材、および仮設ベント材を設置して仮受けした。なお、鉄骨・仮設ベント材は、営業線を支持しているため縦断方向を補強鋼材で繋ぐことにより転倒防止を図った。（写真-2 参照）

受替完了後、夜間線路閉鎖時間帯で支持杭の切断を行った結果、支持杭の最大沈下量は静的変位で約 0.5mm、列車通過時の動変位で約 1.0mmであった。

(2) 中床版構築 (STEP6)

中床版は前述の鉄骨を巻き込む形で鉄筋を組立て、コンクリート（ $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ ）を打設する。先行受替以外、つまり中床版を貫通する工事桁支持杭の列車走行時の振幅は 0.1mm未満であり、硬化コンクリートへの列車振動の影響は見られなかった。

(3) 中床版プレロード (STEP7)

中床版コンクリートの強度発現を確認した後、型枠支保工解体前に中間杭（TBH 杭、H-428×407×20×35、 $\Phi 800\text{mm}$ 、@3.75m）に先行沈下を促進する目的でプレロードを導入する。中間杭には山留工事等に一般的に使用されるプレロードジャッキを 1本当たり 2台設置し、1回のプレロードにつき中床版奥行き約 15m 区間（中間杭 4～6 本分）を同時に加圧導入する。プレロード導入は夜間線路閉鎖間合で行い、杭 1本の設計プレロード荷重は死荷重の 100%である約 1800kN を目標に 20%刻みにステップを踏んで導入する。プレロード導入時の計測管理として、

- ① 工事桁支持杭の水準
- ② 土留壁芯材の水準
- ③ 中床版天端の水準
- ④ 中間杭の水準
- ⑤ 中間杭の軸力

について計測を実施した。

施工延長 180m 区間を 11 ブロックに分割してプレロー

ド導入工を実施した。工事桁支持杭の隆起は最大約 1mm、中床版天端の隆起は最大約 12mm、中間杭の沈下は最大約 1.5mmであった。土留壁の変位は見られなかった。

(4) 工事桁支持杭および作業構台支持杭の後行受替

支持杭の後行受替工事は、中床版以深における作業性を向上させることを目的として、支持杭を中床版で受替えて中床版下の杭を切断する。

まず、プレロード導入後 24 時間の変位監視を経た後、型枠支保工を撤去する。支持杭切断は夜間線路閉鎖間合での作業とし、先行して作業構台支持杭を切断する。切断直後～切断後の動変位や中間杭軸力の変化を監視する。続いて、工事桁支持杭の切断を同様の作業手順で行い、動変位や軸力の経過を監視する。

切断直後の変位としては、作業構台支持杭、工事桁支持杭ともに最大 1.0mm程度の沈下にとどまっている。

（写真-3 参照）

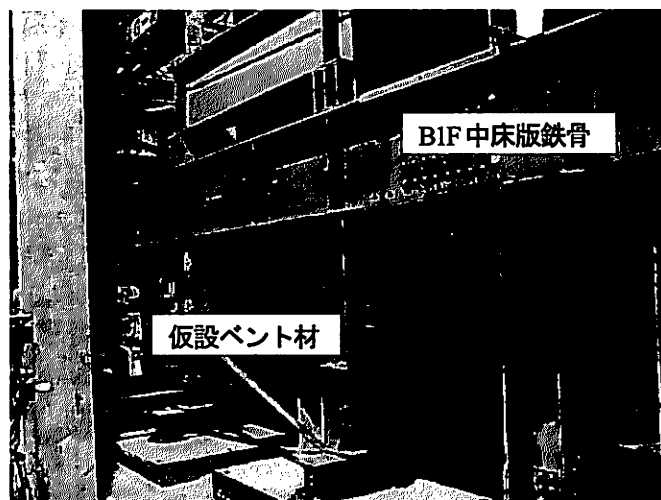


写真-2 仮設ベント材設置状況

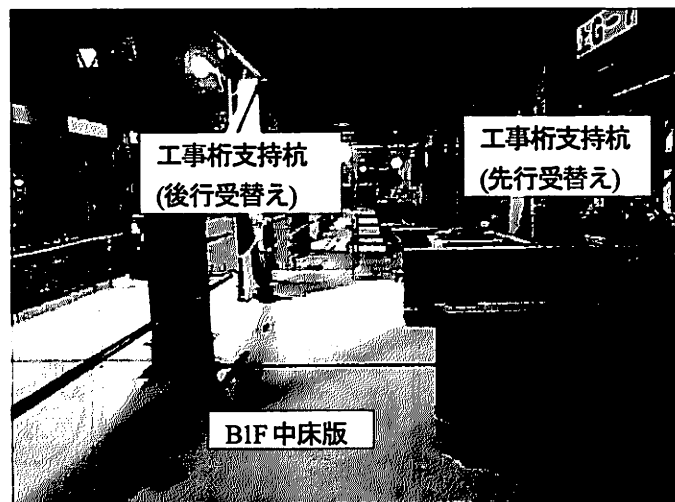


写真-3 B1F 中床版上支持杭受替え状況

4. 計測管理

営業線ならびに作業構台を中床版に仮受けした後の路下作業においては、引き続き軌道、中床版、および中間杭の変位・変形に対する監視を念入りに行っている。

(写真-4参照)

本工事では、構造物の変位・変形を常時監視することで列車の安全運行が保たれるとの観点から以下の計測項目を対象に計測機器を設置している。(図-4、表-1参照)

- ① 工事桁変位計測：リンク型変位計
- ② 中床版沈下：連通管式水盛沈下計
- ③ 中床版応力(曲げ)：鉄筋計
- ④ 中床版応力(軸力)：表面ひずみ計
- ⑤ 中間杭軸力：表面ひずみ計

施工延長180m区間において、①の計測器は上下線を対象に@5mに設置し、その他についてはそれぞれ②縦断方向3列@10m、③横断方向5断面、④横断方向3断面、⑤中間杭全数に設置した。

工事桁の変位計測に採用したリンク型変位計は、1回/分の計測頻度で高低、通りを0.1mm単位で計測が可能である。

本設構造物である中床版の計測については、図-5の中間杭軸力計測データの一例で示すとおり、段階毎の状態を確認している。プレロード導入時に約1000kNまで軸力が上昇し、その後の施工ステップの型枠支保工解体、作業構台支持杭切断、工事桁支持杭切断による死+活荷重の中間杭へシフトする状況が読み取れる。

中床版の変位は、プレロード導入直後に解析上約10mm程度の隆起となり、支持杭切断後に動的変位として約3~4mm程度の沈下が見込まれていた。しかし、実際の沈下計データでは、プレロード導入直後に約1mm程度の隆起が現れた後、支持杭切断後の動的変位はほぼ0mm(初期値)であり、設計計算の沈下量までは至らない結果となった。

表-1 計測工一覧表

	計測項目	使用機器	計測の目的、内容
↓	工事桁変位	リンク型変位計	・工事桁(軌道)の沈下、隆起の変位量確認
▼	中床版沈下	連通管式沈下計	・中床版の沈下、隆起の変位量確認 ・中間杭部の沈下傾向の早期把握 ・土留壁の沈下傾向の早期把握
◆	中床版応力	鉄筋計	・中床版内部の応力状況(曲げ、引張)の確認 ・躯体の健全性確認
■	中床版応力	表面ひずみ計	・中床版内部の応力状況(曲げ、引張、軸力)の確認 ・固方土圧を受ける梁としての中床版軸力の確認
■	中間杭軸力	表面ひずみ計	・中間杭の応力状況(軸力)の確認

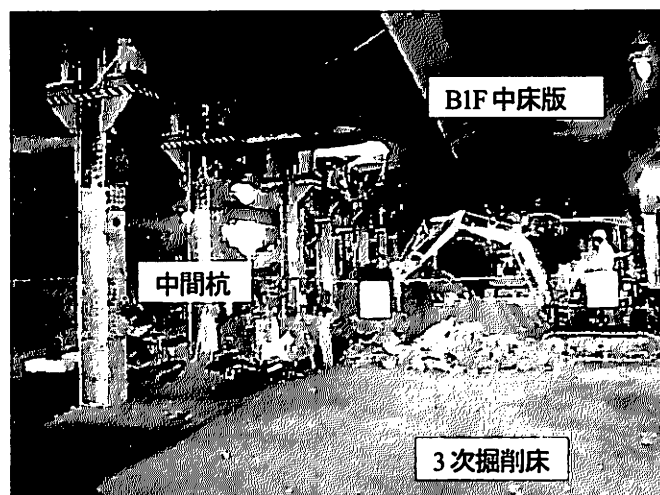


写真-4 中床版下3次掘削状況

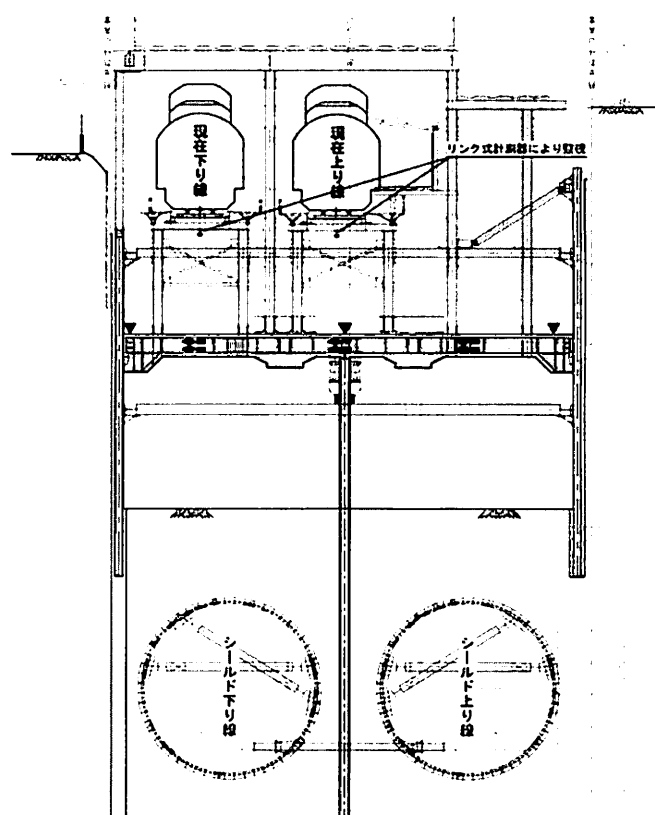


図-4 計測工横断面図

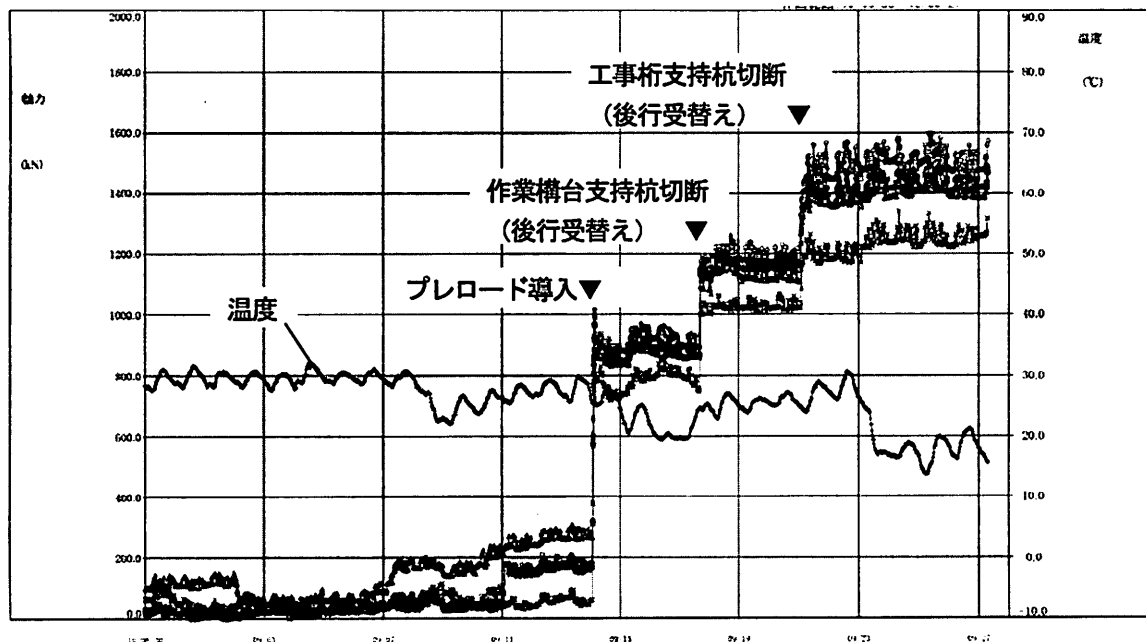


図-5 中間杭軸力計測データ

5. おわりに

本工事は、小田急線の最混雑区間での施工であり、列車の運行に何らかの問題が発生した場合の社会的影響等も踏まえ、施工ステップ毎の変位・変形状態がリアルタイムに監視できる計測管理体制を整え安全に努めている。

現時点の掘削段階において、大きな変位・変形は見られない状態であるが、今後、シールドトンネル間の切掘り工事等の施工進めていく段階で応力状態を把握しながら構造物の健全性を施工管理に反映させることとしている。