

東京メトロ赤坂見附駅における  
営業線直下のアンダーピニング工法について  
UNDERPINNING PROCESS DIRECTLY UNDER THE SUBWAY LINES  
IN TOKYO METRO AKASAKAMITSUKE STATION

若林 正則<sup>1</sup>・首藤 彰芳<sup>2</sup>・岩月 章浩<sup>3</sup>・吉田 健太郎<sup>4</sup>

Masanori WAKABAYASHI・Akiyoshi SYUTO・Akihiro IWATSUKI・Kentarō YOSHIDA

This construction work was intended to strengthen the facilities used to deal with fires and related emergencies at the Tokyo Metro Akasakamitsuke Station by providing a complete smoke elimination system and by securing evacuation passages in two directions. Securing evacuation passages in two directions required construction of a new structure directly under the Station where the Ginza and Marunouchi Lines run. Therefore, an underpinning process was employed. In view of the social and technical importance of the work, sufficient measures were taken to ensure safety. The construction work was implemented under scrupulous construction and measurement controls.

This report describes the outline, construction plan, and result of the work related to the underpinning process.

*Key Words: subway, Improvement of the operating line, Underpinning*

## 1. はじめに

東京メトロ赤坂見附駅は、銀座線・丸ノ内線の2路線を有する停車駅である。また、半蔵門線・有楽町線・南北線の停車駅である永田町駅と改札内通路で乗換えが可能な駅であることから、赤坂見附駅だけで1日平均乗降人員が10.8万人、永田町駅を加えると16.9万人となる。そのため、この赤坂見附駅の乗降人数は東京メトロの中でも1日平均乗降人員で上位に位置する主要駅である。

工事目的は、「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」及び「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準の一部改正について」により指示する火災対策について設備整備を実施するものである。この赤坂見附駅では、排煙設備の完備及び2方向避難通路の確保を図るために換気設備の増設し、また新規出入口を追加するとともに駅施設の整備を行うものである。

---

キーワード：地下鉄、営業線改良工事、アンダーピニング

<sup>1</sup> 非会員 東京地下鉄(株) 鉄道本部 改良建設部 第一工事事務所 所長

<sup>2</sup> 非会員 東京地下鉄(株) 鉄道本部 改良建設部 第二工事事務所

<sup>3</sup> 非会員 鹿島・清水・銭高建設工事共同企業体 監理技術者

<sup>4</sup> 正会員 鹿島・清水・銭高建設工事共同企業体 工事課長

本編は、これらの工事の中で営業線の駅下にもう一階層構築を増設した工事について報告するものである。今回の工事範囲を図-1に示す。

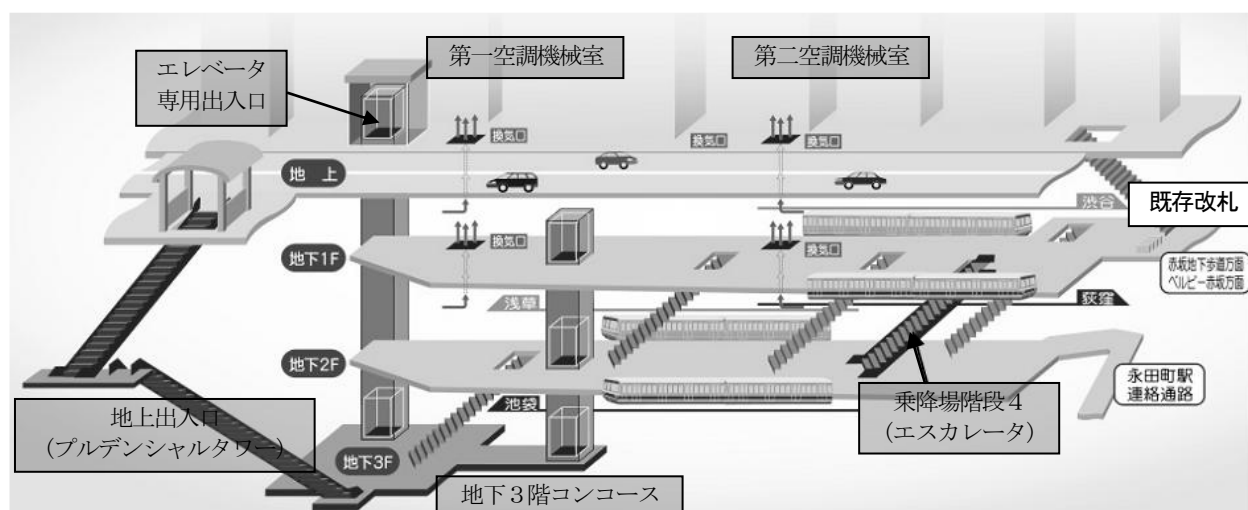


図-1 工事範囲概要

■：今回工事範囲

ここで、2方向避難通路の確保における地下3階コンコースは、営業線である銀座線・丸ノ内線の赤坂見附駅の既設躯体直下に新設することから、図-2に示すアンダーピニング工法によって、一旦赤坂見附駅の既設躯体を下受けする必要がある。営業線を下受けするという社会的・技術的重要性から、その安全性に対して十分な対策を行うとともに、綿密な施工・計測管理が求められた。

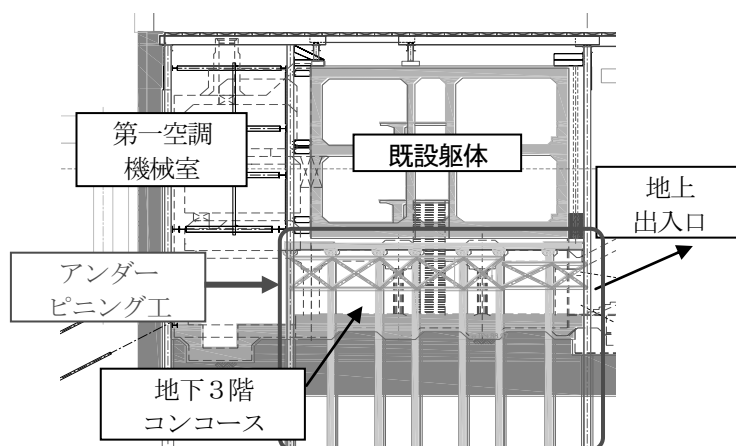


図-2 アンダーピニング工法概要図

## 2. アンダーピニング工法の概要

新設地下3階コンコース上部の赤坂見附駅は、幅約15m、高さ約11mの中壁を有するRCボックス断面である。銀座線と丸ノ内線間には、図-3に示す渡り線を有しており、中壁が連続的に変化する複雑な断面形状となっている。また、実施区間前後はフィッシュボーン（魚の骨）状の鉄骨構造の骨格に鉄筋コンクリートを版状に築造した鉄鋼框構造であり、アンダーピニング範囲が構造変化区間となっている。さらに、銀座線は1938年（S.13）に開業してから既に71年を経過しており、丸ノ内線も1959年（S.34）に開業してから既に50年を経過していることから、既設構築の老朽化が心配された。さらに、銀座線建設時に2階型島式ホームとして将来の丸ノ内線の構築も同時に築造していたものの、ホームの幅員がせまく、後に丸ノ内線車両等の規格が変更になったことなどから、丸ノ内線の開業に当たって構築の拡幅を行った経緯がある<sup>1)</sup>。このため、アンダーピニング工に先立ち、既設構築の補強を実施した。既設構築下の導坑掘削を行う当該地層は、N値50以上の礫混じり

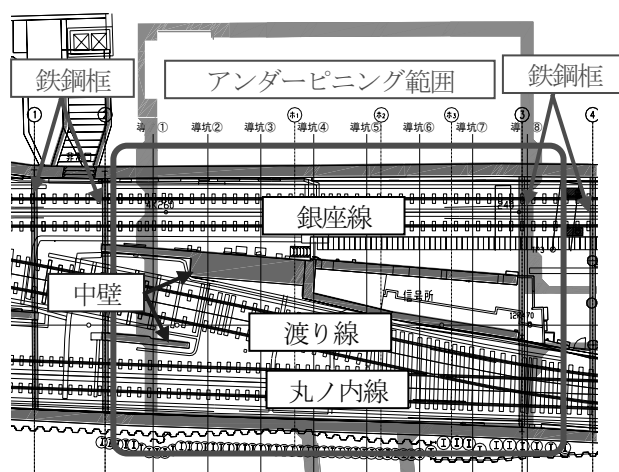


図-3 既設構築平面図

砂及び細砂層である。地下水位は既設構築下面から約 5.2m の高い位置にある。このため、事前に掘削周囲に地盤改良により遮水層を設け、堀山内にディープウェルを設置して、掘削下面より低位に水位を下げるとともに、導坑掘削範囲の土砂崩壊防止として薬液注入を実施した。

アンダーピニングの方式は、図-4 に示す直接支持方式と下受けばり方式の併用とした。メインジャッキは下受桁を介して下受杭で直接支持し、補助ジャッキ及び既設構築の側壁下部のメインジャッキは下受けばりで支持するものとした<sup>2)</sup>。施工フローを図-5 に示す。最初に導坑掘削を行った後、既設構築下で下受杭の施工を行い、下受桁の設置、油圧ジャッキの設置を行い、導坑ごとにジャッキアップを実施して、次導坑掘削へ移るのを基本施工フローとし、端部の導坑については、土留杭及びグラウンドアンカーの施工を下受杭の施工前の導坑内の空間が広い段階で実施するものとした。

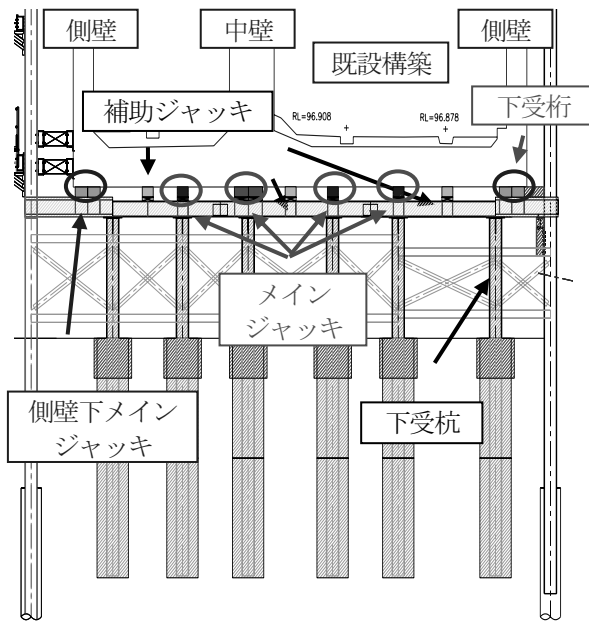


図-4 アンダーピニング方式

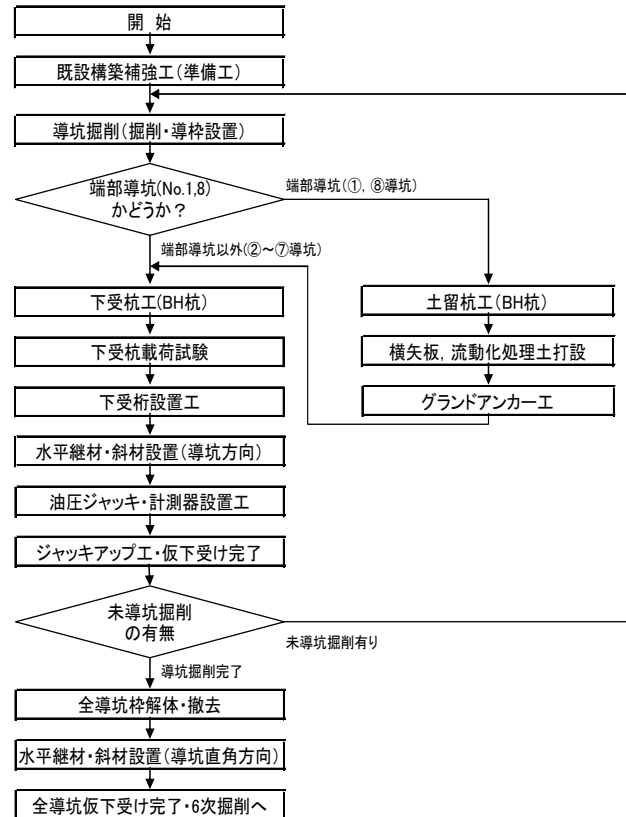


図-5 施工フロー

### 3. 施 工 計 画

#### 3-1. 導坑掘削

新設する地下3階コンコースの躯体構築及び、下受杭の施工上必要とされる空頭高さ等の関係から、掘削範囲は幅 25.5m、奥行き約 16.5m、高さ 3.8m となり、導坑掘削土量は 1,600m<sup>3</sup> となる。これを、導坑掘削時の掘削可能幅及び必要下受け間隔等の関係から8導坑に分割し、2導坑同時に掘削を行うものとした。掘削順序は、2導坑の掘削が同時に隣り合う事がないようにするとともに、端部導坑（①導坑、⑧導坑）のグラウンドアンカーの施工上の空間確保の観点から端部導坑の掘削前に②導坑、⑦導坑を先行して掘削することとした。掘削順序を図-6 に示す。

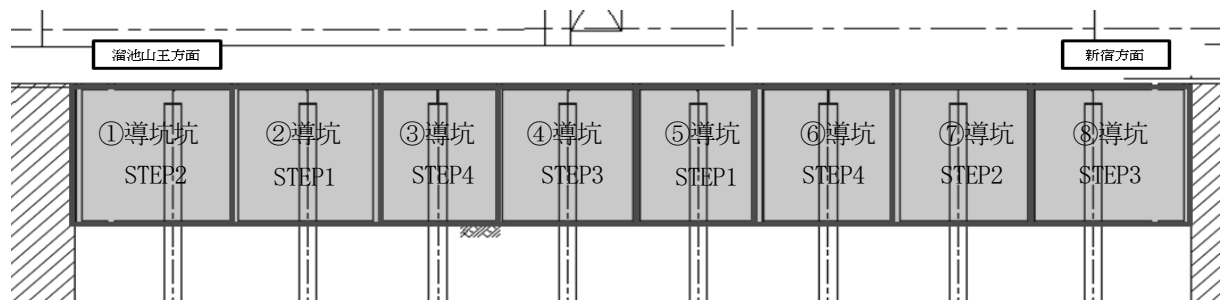


図-6 施工順序図

3-2. 下受杭 (BH 杭)

下受杭はBH 杭とし、1 導坑当り 6 本の BH 杭を施工し、合計 48 本を駅既設構築下にて施工する。工程促進の観点から、削孔長を短くするため、杭芯材が H-400×400×13×21 に対して、削孔径をφ1,000mm と大きくして杭先端の支持力を増大することで、埋込長を 2.8m と短くすることにした。なお、空頭制限から芯材長は、2.5m 以下の継杭とした。

3-3. 杭の載荷試験

下受杭 (BH 杭) の支持力の確認と、ジャッキアップ時における沈下の先行除去を目的として全ての杭において載荷試験を行うこととした。載荷試験は 2 本同時に行い、1 導坑当り 3 回に分けて実施した。これは、上載荷重における 1 導坑当りの平均分担荷重が 6,848kN であるため、ジャッキアップ時の杭 1 本当り作用する最大荷重を参考に設定した杭載荷試験最大荷重 3,000kN に対して 2 本同時載荷 (6,000kN) 以上の本数で載荷を行うと、反力として使用する既設構築の隆起が予想されるためである。載荷ステップを図-7 に示す。予想外の駅既設構築の変状による列車運行障害を防止し、さらに最大荷重保持時間を出来るだけ長い時間確保するため、杭載荷試験は終車後に開始し、き電開始前作業終了時刻 (4:15) まで最大荷重を保持し、き電開始前 (4:40) に除荷を完了するものとした。

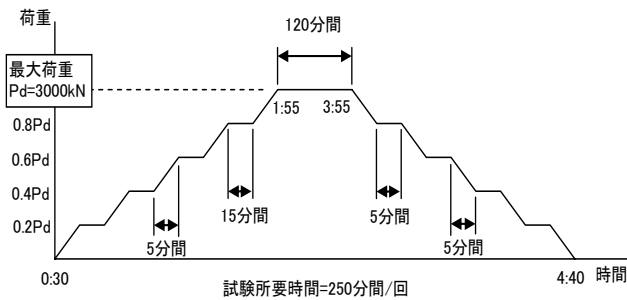


図-7 載荷ステップ図

3-4. ジャッキアップ・計測管理

油圧ジャッキの配置は、既設構築の側壁及び中壁下にメインジャッキを配置し、その間に下床版の保持を目的として補助ジャッキを配置した。ジャッキアップに伴う既設構築や下受け構造の変動は、相対変位計と絶対変位計を用いて計測を行うこととした。油圧ジャッキ及び計測器配置図を図-8 に示す。ジャッキアップは、駅既設構築の載荷時のバランスを保つため、各導坑ごとに全ジャッキ同時載荷で行い、杭の載荷試験と同様に、終車後に行うこととした。既設構築の安全性は、駅構内地下 2 階の側壁部に設置した水盛式沈下計の変動を監視することで行うものとし、1 次管理値を±3.5mm、2 次管理値を±5.0mm に設定した。また、最終的な列車運行上の安全性の判断基準として、軌道整備目標値 (軌間、水準、通り、高低) を定めた。軌道整備目標値を表-1 に示す。

表-1 軌道整備目標値 (軌道管理値)

項目	許容値
軌 間	増:9mm, 減:5mm
水 準	増:5mm, 減:5mm
通 り (延長10m以内)	増:5mm, 減:5mm
高 低 (延長10m以内)	増:5mm, 減:5mm

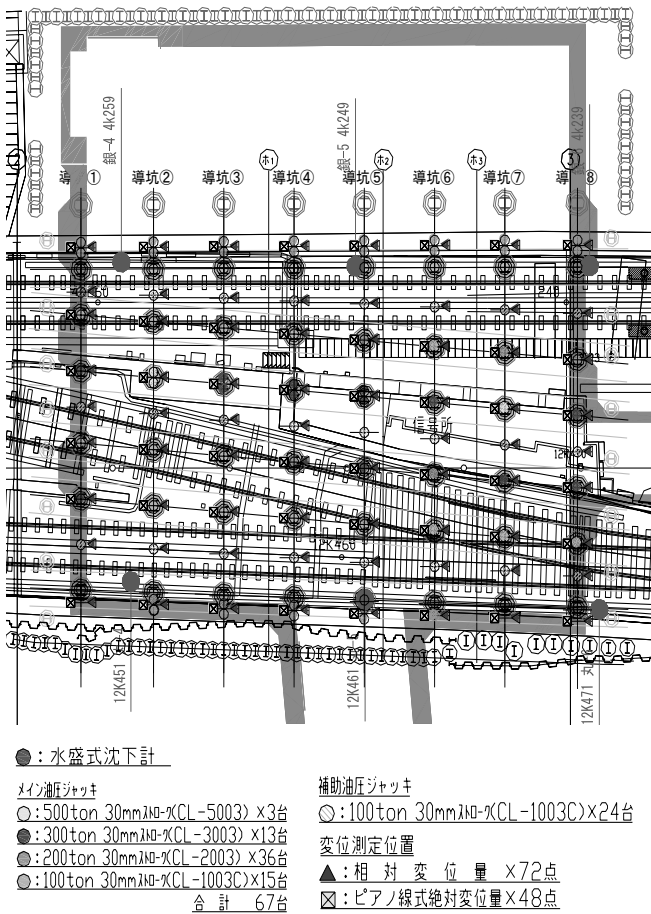


図-8 油圧ジャッキ及び計測器配置図

## 4. 施 工 実 績

### 4-1. 導坑掘削

導坑掘削状況を写真-3に示す。駅既設構築下に1.5m間隔に配置された□-300mm×300mm程度の木材や残置杭、駅既設構築下床版の防水層の撤去に多くの時間を要した。撤去状況を写真-4に示す。



写真-3 導坑掘削状況

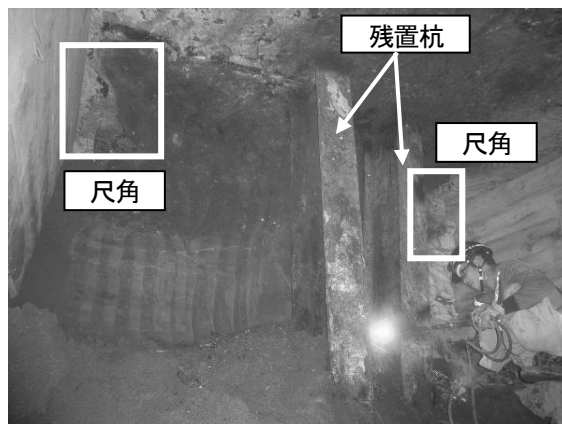


写真-4 支障物撤去状況

### 4-2. 杭の載荷試験

⑤導坑における杭の載荷試験結果を図-9に示す。計算上の杭の鉛直弾性変形量3.85mmに対して、3,000kN載荷時で8.0mm～62.0mmの変位量であった。ここから、除荷後の残留変位（杭の沈下量）を除いた見掛けの弾性変形量は4.0mm～9.0mmであった。

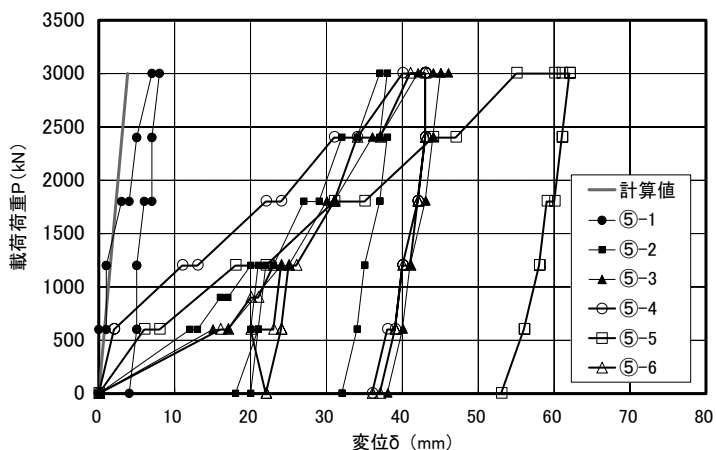


図-9 杭の載荷試験結果 (⑤導坑)

### 4-3. ジャッキアップ・計測管理

⑤導坑のジャッキアップ後の変位分布図を図-10に示す。「設計変位」は各油圧ジャッキ位置での設計上の弾性係数を用いた変形量、「杭試験からの予測変位」は杭の載荷試験結果から得られた見掛けの弾性係数を用いて計算した変形量を示している。その結果、「実測変位」は杭試験からの予測変位により概ね評価を出来ることが確認できた。その中でも設計ジャッキ反力の大きい、ジャッキB、D、Gは予測変位に概ね一致することが確認できた。一方、ジャッキC、E、Fでは設計変位との差が大きいことが分かる。これは、設計ジャッキ反力が小さいために隣接する反力の大きいジャッキの影響によるものや、杭の載荷試験後に設置した下受桁やライ

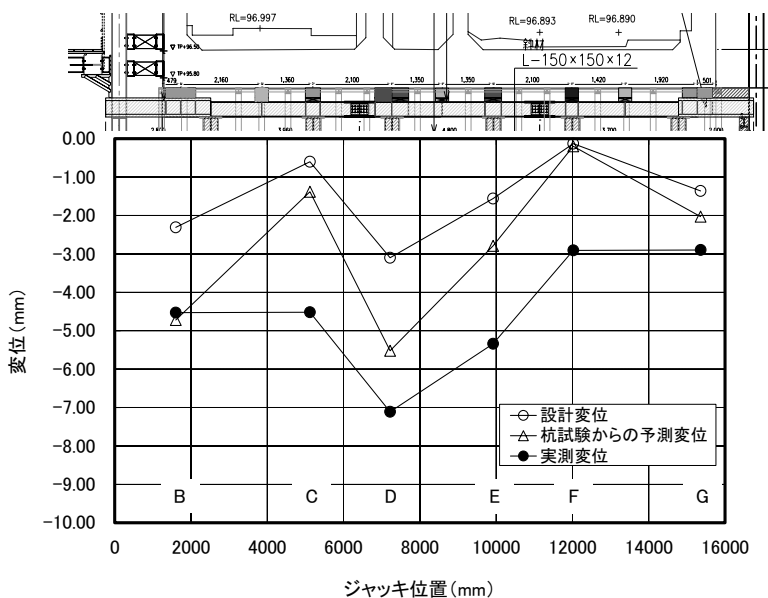
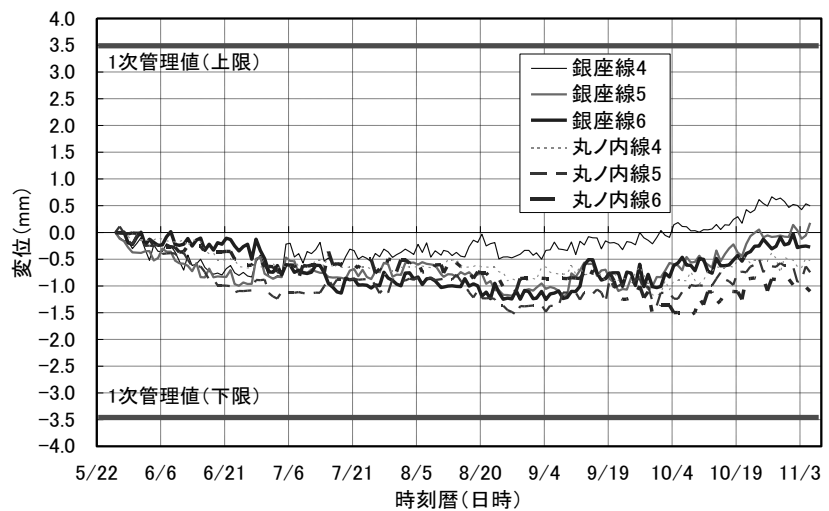


図-10 ジャッキアップ後の変位分布図

ナープレートなじみが影響しているものと考えられる。

水盛式沈下計の変位-時間関係を図-11に示す。計測値は-1.5mm～-1.0mmの幅で安定している。1次管理値である±3.5mm以内に対して十分に小さな値に収めることができており、安定した既設構築のアンダーピニングを実施できた。



## 5. ま と め

図-11 水盛式沈下計の経時変化

最初の導坑掘削を2008年5月26

日に開始してから、2008年10月5日に全てのジャッキアップが完了するまで約4ヶ月間を要した。この間、8回のジャッキアップを実施したが、杭の載荷試験結果をジャッキアップ時の管理にフィードバックするなど、計測データを施工管理に有効に活用することで、既設構築及び列車運行への支障なく安全にジャッキアップを完了することができた。また、長期計測管理においても、既設構築の変状を1次管理値内の小さな値で抑えることができた。本報告が同様なアンダーピニング工の参考になれば幸いである。

## 参 考 文 献

- 1) 帝都高速度交通営団工務部のあゆみ【土木編】，東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部，pp. 75-79，2005. 7.
- 2) アンダーピニング工法設計・施工マニュアル，新アンダーピニング工法等研究会編，pp. 57-63，2007. 5.