

地下鉄丸ノ内線下受け工について

岡田龍二¹・大友 實²・小山 浩史²

¹ 東京地下鉄株式会社 建設部 新宿工事事務所（〒160-0022 東京都新宿区新宿五丁目 18-21）

² (株)大林組 新宿三丁目JV工事事務所（〒160-0022 東京都新宿区新宿三丁目3-2）

本工事は、東京都内有数の繁華街である新宿の明治通り直下に地下鉄13号線の駅部（2層3径間）を延長288mにわたり開削工法にて築造するものである。

開削工事範囲内には、二つの大きな交差点が存在する。その内のひとつである新宿三丁目交差点直下には地下鉄丸ノ内線構築が存在し、この丸ノ内線の下受こそが当工事最大の難関であった。特に丸ノ内線の運行に影響を及ぼさない施工方法、施工手順の採用が不可欠であった。本稿では、当初計画に対する施工方法の見直しを行い、より安全で確実な施工方法でアンダーピニングを行った事例について報告する。

キーワード：市街地、開削工法、地下鉄、アンダーピニング、添梁、下受け、営業線近接

1. はじめに

(1) 路線概要

地下鉄 13 号線は東京メトロ有楽町線新線池袋駅を起点とし、都道 435 号（通称：グリーン大通り）、都市計画道路環五ノ 1 号線の下を通過後、明治通りを南下し、新宿三丁目、明治神宮前を経由して渋谷に至る延長 8.9km の路線である（図-1）。

完成後は基点の新線池袋において東京メトロ有楽町線を経て東武東上線、西武有楽町線・池袋線と、終点の渋谷駅において東急東横線と相互直通運転を行う予定であり、東京都北西部および埼玉県南西部から神奈川県横浜方面をつなぐ大動脈が完成することになる。

駅は既設の新線池袋を除き、雑司ヶ谷、西早稲田、新宿七丁目、新宿三丁目、新千駄ヶ谷、明治神宮前、

渋谷（駅名は全て仮称）の7駅である。

(2) 開削工事の概要

当工事区間である新宿三丁目駅中心部は甲州街道（国道 20 号）および新宿通りと交差する明治通りに位置し、交通量が非常に多く、沿道・近隣には伊勢丹・丸井・三越・高島屋の大型デパート・銀行等商業ビルが林立し、周辺は終日混雑する商業地域である。また、工事区間の道路下に埋設されている都市のライフラインである各種埋設物の他、新宿通りで交差する地下鉄丸ノ内線、甲州街道の交差点下においては玉川上水・新宿御苑共同溝の構造物および掘削底面下を交差する都営地下鉄新宿線シールド（複線）があり、これらを防護しながらの複雑な工事となっている。



図-1 地下鉄13号線路線平面図

図-2に掘削標準断面図を示す。平均掘削深さ、掘削幅ともに18mで、構造はほぼ全線で2層3径間となっている。

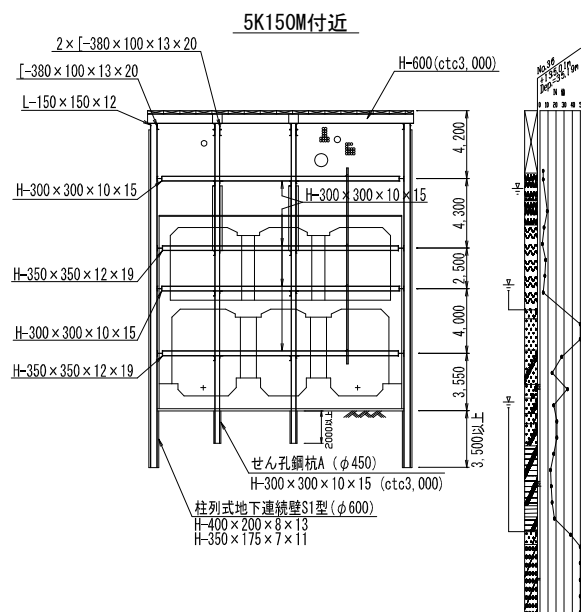


図-2 掘削標準断面図

2. 丸ノ内線躯体構造

今回下受対象である丸ノ内線躯体は、図-3、図-4に示すように、地下1階はコンコース、地下2階は軌道階と機械室となっている。コンコース階には地上への出入口が3ヶ所、都営新宿線への連絡階段1ヶ所、伊勢丹へ直接連絡する階段が1ヶ所ある。両

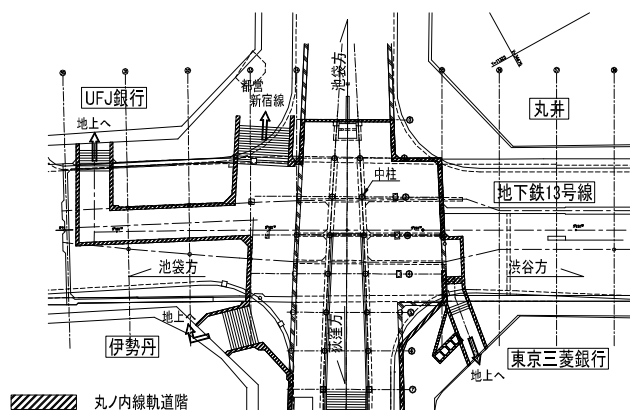


図-3 丸ノ内線平面図

階ともコンクリート柱 (5.0m×5.0m ピッチ) による梁・柱構造となっている。下受する面積は、地下2階部分で 20m×20m の矩形であり、縦断方向の剛性を考慮しない場合の躯体および活荷重合計は約 50,000kN となる。

丸ノ内線直上は、明治通りと新宿通りの交差点となり、路面覆工荷重は、丸ノ内線上床スラブ上の建込杭で支持しているため、路面交通荷重も下受荷重に含まれる。

3. 当初計画

当初計画では、軌道階を支持する下受杭としては、躯体の両側の下受杭は掘削坑内から施工し、躯体直下の下受杭は丸ノ内線軌道内からスラブを貫通させて施工することになっていた (図-5、図-6)。

しかし、貫通杭の場合はキ電停止時間内 (AM1:00～4:00) の作業条件で、

- ①地下鉄構内の空間的制約、および保守作業による制約あること
- ②工途中で貫通孔から東京層の砂層の被圧地下水が丸ノ内線構内に流入する可能性があること
- ③施工中のトラブルによる地下鉄運行阻害の危険性をはらんでいること

などの施工上の危険要素、不確定要素が非常に多い。したがって軌道内工事を回避するために下受杭については丸ノ内線の外側から施工する方式に変更した。

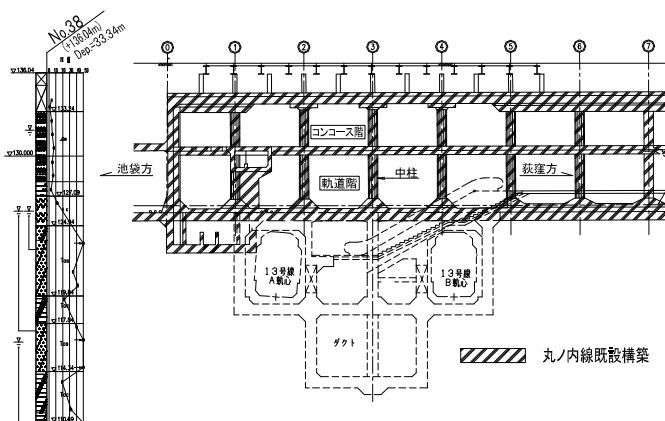


図-4 丸ノ内線縦断図

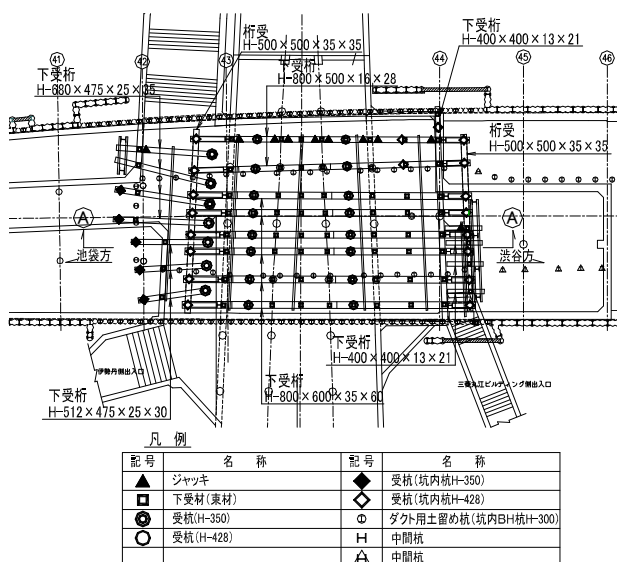


図-5 当初計画平面図

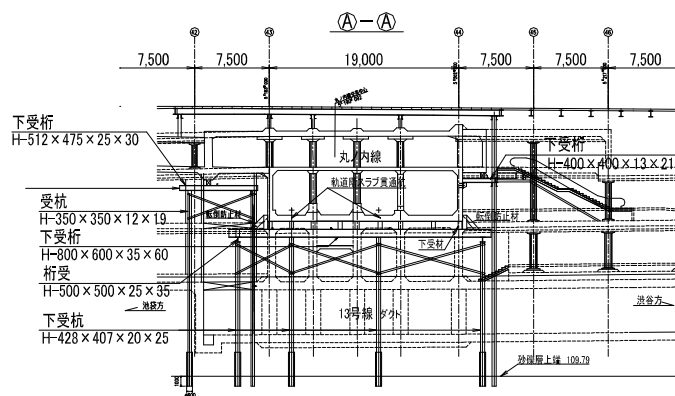


図-6 当初計画縦断面図

4. 変更後の計画

(1) 基本方針

- ①軌道階からの貫通杭をなくすため、躯体直下掘削の前に予め躯体両側に下受けが可能な添梁コンクリートを施工する。
- ②躯体両側の添梁コンクリートだけでは、20m スパンの構築は支えきれないため、中央部にも杭が必要となるが、杭の施工は構築下 3.5m 掘削した施工基面からの施工とする。
- ③下受桁は残置し、本設構造物として利用する。
そのために、下受桁の設置方向は 13 号線構築の主筋方向に設置する。
- ④下受杭は仮設とするが、下受桁の本設利用を考慮し、13 号線側壁内に取込まれる配置とする。

(2) 施工順序

- 施工フローを図-7に、施工順序を図-8に示す。
- ①下受け工施工前に軌道階の中柱を補強する。
 - ②コンコース階を添梁コンクリートと下受け杭によって仮受けする。
 - ③コンコース階下部を掘削する。
 - ④コンコース階下の土留杭（坑内柱列杭 φ 600）を施工する。
 - ⑤軌道階をコンコースと同様添梁コンクリート・下受杭（φ 900）によって一体化する。
 - ⑥丸ノ内線軌道階下側部を掘削し、そこから丸ノ内線軌道階下部に水平方向から薬液注入を行う。
 - ⑦丸ノ内線の下部掘削を行いながら、下受杭の打設、下受桁の設置を行う。

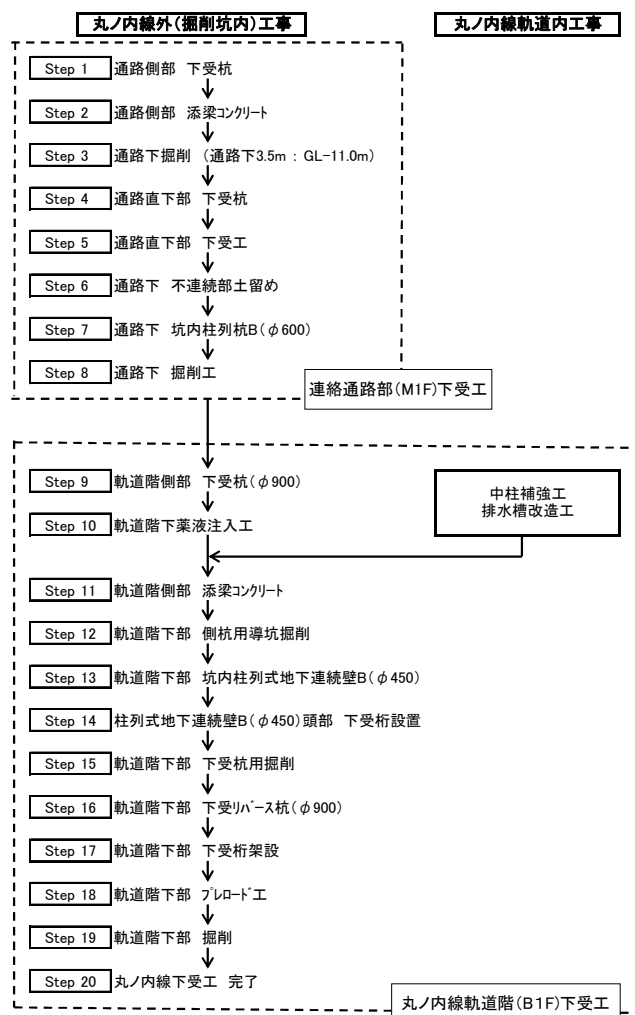


図-7 丸ノ内線下受け工施工フロー

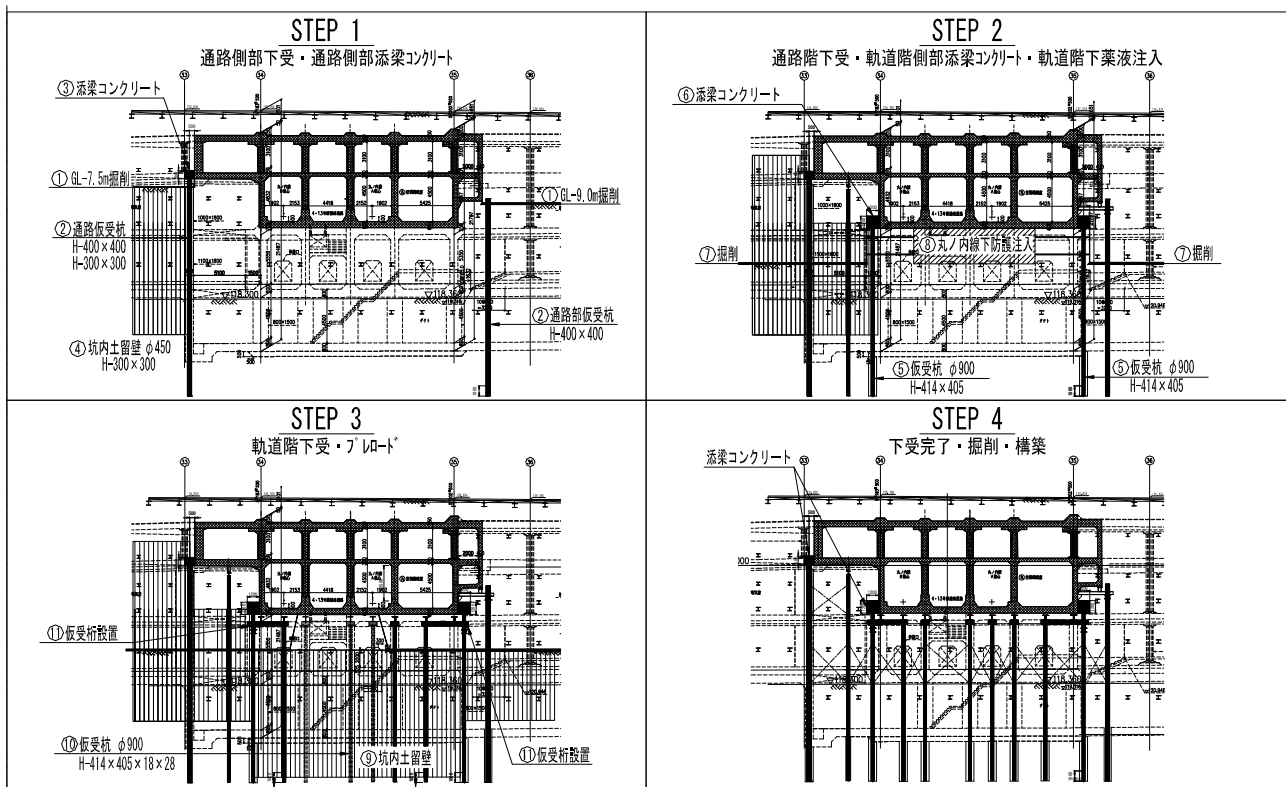


図-8 施工順序図

a) 中柱補強工

躯体下受範囲の軌道階の中柱の柱間及び空調機械室の中壁（ブロック壁）について、RC の壁（ $t=400\text{mm}$ ）を築造し補強する．壁は柱およびスラブ上面にコンクリートアンカーを打設し補強壁と柱及びスラブの締結を図った．

b) 添梁コンクリート工

添梁コンクリートの構造を図-9 に示す．同図に示すように、丸ノ内線構築と添梁コンクリートとはケミカルアンカーで締結し、添梁コンクリートと仮受け杭とは枕桁（ $H-400 \times 400$ 鋼材）で一体化させている．よって、構築の荷重は、添梁コンクリートを介して下受杭に伝達される．なお、施工に際しては、既設構築コンクリートの健全性が重要となるため、コア採取による強度試験およびシュミットハンマーにより、十分な強度が確保されていることを確認した．また、仮受け杭の支持力特性を把握するために、杭の鉛直載荷試験も実施した．

c) 薬液注入工

軌道階直下は、砂層であること、下受杭の施工時に下床スラブ下 3.5m の掘削時の開放面を少しでも小さくしたいこと、地山による支持力が必要であることなどから丸ノ内線本体下全面に水平薬液注入

による改良を行った．注入方法は二重管複相ストレーナ工法とし、注入材は通常の無機系グラウト材よりも約 2 倍の強度（一軸強度 $q_u \geq 500\text{KN/m}^2$ ）が得る、有機系水ガラス（高強度 CW-3）を採用した．設計注入量は $\alpha = 31.2\%$ （一次注入：二次注入 = 1 : 3）とした．

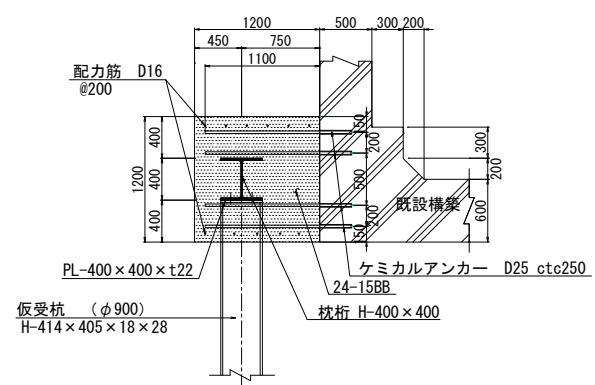


図-9 添梁コンクリート詳細図

d) 丸ノ内線下部掘削工

まず軌道階下の側杭用の導坑掘削を行い，そこから側杭（坑内柱列杭B φ450）を施工した．その後丸ノ内線下受のための掘削に入るが，掘削は下受杭（φ900）1本の施工に必要なエリアのみを掘削し，下受杭施工後下受桁を架設し，プレロードを掛けた後，次の杭を施工するための掘削を行う「ブロック施工」により進めた．ブロック掘削の順序を図-10に示す．なお，掘削・杭打工は丸ノ内線の変状と工程を考慮し，始点側（平面図左側）と終点側（平面図右側）の両側からの同時施工で行った．プレロード施工状況，下受工完了状況を写真-1，写真-2に示す．



写真-1 プレロード施工状況

e) プレロード工

プレロードジャッキはすべての下受け杭直上と下受け桁の中央に設置した．各位置でのプレロード量を図-11に示す．

- ①プレロード荷重は最終荷重の 20%，40%，60%，80%，100%の 5 ステップで載荷した．
- ②プレロード荷重は丸ノ内線の縦断方向の剛性を考慮しない条件での死荷重の 100%とした．
- ③荷重は，路面交通荷重＋列車荷重を含めた全荷重の約 80%に相当する．
- ④プレロード終了後は鋼製のキャンバーをジャッキ両端に設置し，下受桁と既設構築の隙間は無収縮モルタルを充填した後ジャッキを撤去した．



写真-2 下受工完了状況

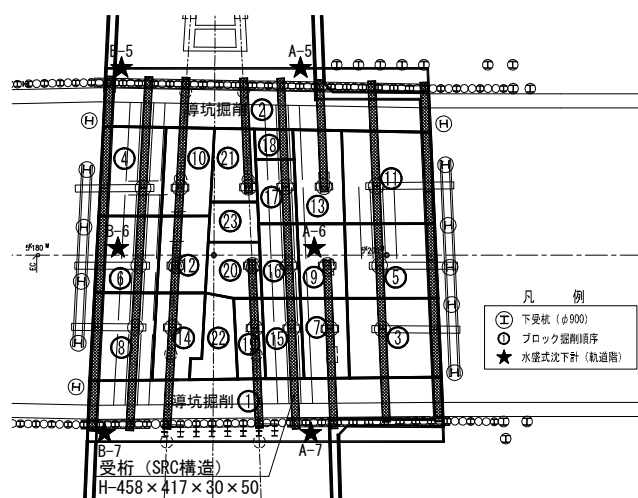


図-10 ブロック掘削順序図

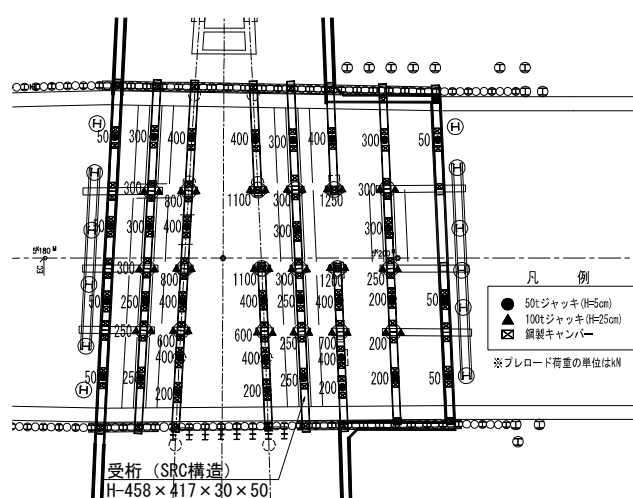


図-11 ジャッキ位置とプレロード量

5. 丸ノ内線の変状計測結果

(1) 管理基準値

丸ノ内線の変状管理値は列車走行上問題のない構築の変状から決まっており、10m 範囲の相対変位の値となっている。その値を表-1 に示す。

表-1 丸ノ内線変状管理基準値

	一次管理値	二次管理値
路線方向 10m 当り相対沈下	±3.5 mm	±5.0 mm

(2) 変状計測結果

薬液注入工から下受工完了までの水盛式沈下計による構築変状経時変化図を図-12 に示す（測点は図-10 に示す）。

図より、丸ノ内線直下への薬液注入工の際に、絶対値で最大 3.5mm の隆起が生じた。施工中は隆起傾向が生じた段階で、設計注入量（30%）の低減や、注入箇所の変更などを行いながら注入を継続

した。注入時の既設構築の隆起量を小さくできたのは、添梁コンクリートの拘束効果が大きいと考えられる。また、掘削・下受工施工時には、絶対値で最大 5mm の沈下が生じた。再プレロードにより変状を少なくするよう試みたが、既設下床の押抜きせん断から決定される荷重以上は載荷できないため、変状を少なくすることはできなかった。しかし、毎夜軌道内でのレールレベル測量を実施し、列車走行に影響がないことを確認しながら施工を続けた結果、管理値内で下受工を完了できた。

6. まとめ

今回、地下鉄営業線を、添梁コンクリート+下受桁方式でアンダーピンニングし、下受桁は本体構造物の SC 構造として利用するという新たな方式で施工した。その結果、営業線の変状もなく無事に下受けを終えることが出来た。本工事の成果が、今後類似したアンダーピンニングの参考となれば幸いである。

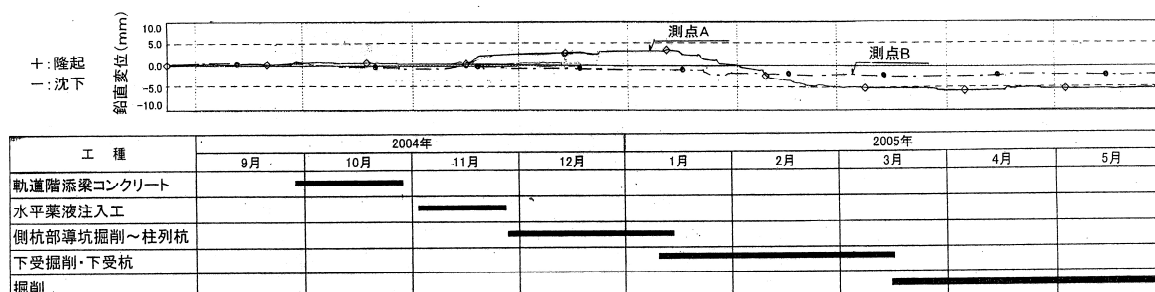


図-12 丸ノ内線構築変状計測結果経時変化図