

# 都心部における非開削工法の適用に関する一考察

山田 浩幸<sup>1</sup>・蠣原 実<sup>2</sup>・高橋 信二<sup>3</sup>・森田 晃弘<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 正会員 (株) 鴻池組 本社土木事業本部 技術部 (〒136-8880 東京都江東区南砂 2-7-5)  
E-mail:yamada\_hy@konoike.co.jp

<sup>2</sup> 東京地下鉄 (株) (〒110-0015 東京都台東区東上野三丁目 19 番 6 号)  
m.kakihara@tokyometro.jp

<sup>3</sup> (株) 鴻池組 東京本店 土木部 (〒136-8880 東京都江東区南砂 2-7-5)  
takahashi\_sn@konoike.co.jp

<sup>4</sup> (株) 鴻池組 東京本店 土木部 (〒136-8880 東京都江東区南砂 2-7-5)  
morita\_ak@konoike.co.jp

本工事は、丸ノ内線淡路町駅において、既存構築と連絡する地下通路及びエレベータシャフトを交通量の非常に多い淡路町交差点直下に新設するものである。当初計画では、路面覆工による開削工法により築造する計画であったが、掘削範囲に大口径下水渠等埋設物が輻輳しており、非開削工法（山岳工法）を採用し、地下埋設物への影響もなく工期の短縮を図った。非開削工法の採用にあたり、数値解析（FEM）により施工時の挙動予測や安定性の検証を行うとともに、安定対策として採用したパイプルーフや薬液注入による地盤改良の効果についても確認した。さらに、非開削工法施工時には、綿密な計測管理により、既設構造物や地表面の挙動および新設トンネル自体の変位量を監視することにより安全管理を実施した。

**Key Words:** urban tunnel, mountain tunnel, proximity construction, numerical analysis, control by measuring

## 1. はじめに

淡路町エレベータ新設工事は、東京地下鉄株式会社が進めている「高齢者・障害者等の移動の円滑化の促進に関する法律（バリアフリー新法）」を目的とした垂直移動設備整備の一環として、丸ノ内線淡路町駅におけるエレベータ新設工事である。

本工事では、当初、路面覆工による開削工法により既存構築と連絡する地下通路（幅 3.3m、高さ 3.4m）及びエレベータシャフトを築造する計画であったが、掘削範囲に大口径下水渠等が輻輳して存在し、事前の調査結果では、想定よりも浅い位置に埋設されていたことから、路面覆工範囲を最小限とする目的で一部山岳工法を利用した非開削工法を採用することとなった。山岳工法の採用にあたっては、FEM 解析による事前検討を行い、施工手順や施工時の安定性、大口径下水渠への影響および地表面への影響に関して検討するとともに、切羽安定対策として採用したパイプルーフ（AGF 工法）や薬液注入による地盤改良の効果についても確認した。

さらに、施工時の綿密な計測管理により、既設構造物や地表面の挙動および新設トンネル自体の変位量を監視することにより安全管理を実施した。

本報告では、数値解析（FEM）による事前検討結果および施工手順を示すとともに、施工結果に基づく非開削工法採用の有効性についての考察を述べる。

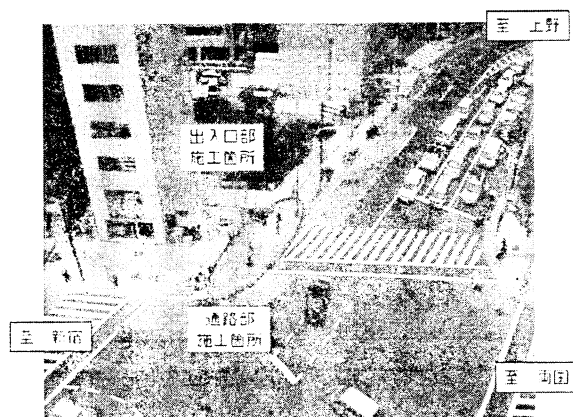


写真-1 工事箇所現況

2. 工事概要

当工事は、都道405号外濠環状線（外堀通り）と都道302号新宿両国線（靖国通り）が交差する淡路町交差点での施工であり、交通量調査の結果より平日の自動車交通量は、約52,000台、歩行者・自転車交通量は約18,000人・台と非常に交通量の多い場所であった。したがって、工事にあたっては、既存通行車両や歩行者への安全確保が最大の課題となっていた。表-1に本工事の概要を示す。

3. 非開削工法採用経緯

工事発注後に実施した埋設台帳調査及び試掘調査結果より、昭和初期に築造された大口径馬蹄形下水渠があり、車道部にはNTT人孔（昌平橋 No.5MH）が浅層埋設され、その管路が下水渠を上越しし、防護コンクリートのあることが確認された。当該人孔は工事予定箇所で5方向に分岐されており、この中の約半分が光ケーブル主要幹線であることから人孔の移設や改造及び下水渠があることから切り下げもできず、またNTT人孔及び管路が浅層埋設されていることから、現状のままで路面覆工を架設すると現道との摺り付けが広範囲に及び道路交通への影響が懸念された（図-1）。

交差点の特性から考えると、全面開削工法での施工は交差点部での道路交通に与える影響が大きく、嵩上げ舗装範囲（路面覆工架設及び擦り付け舗装部）を最小限とする施工方法の検討が必要となった。

表-1 工事概要

|           |                                                             |
|-----------|-------------------------------------------------------------|
| 工 事 名 称   | 淡路町駅エレベーター設置に伴う土木工事                                         |
| 工 事 場 所   | 東京都千代田区神田淡路町1丁目3番地先                                         |
| 工 期       | 平成20年4月28日～平成23年10月31日                                      |
| 発 注 者     | 東京地下鉄株式会社                                                   |
| 施 工 者     | 鴻池・飛島特定建設工事共同企業体                                            |
| 工 事 内 容   | 工 事 対 象                                                     |
|           | 淡路町駅エレベータシャフト<br>およびエレベータ通路 施工延長L=19.5m                     |
|           | トンネル断面                                                      |
|           | 幅3.3m、高さ3.4m A=11.22㎡                                       |
|           | 施 工 法                                                       |
| 主要工種      | せん孔鋼杭打ち工:L=62.5m                                            |
|           | 路面覆工:14㎡                                                    |
|           | 掘削工:(開削部)266.1m <sup>3</sup><br>(トンネル部) 106.7m <sup>3</sup> |
|           | 鉄筋コンクリート工:109.9m <sup>3</sup>                               |
|           | 鉄筋コンクリートこわし:9.0m <sup>3</sup>                               |
| トンネル部補助工法 | 埋戻し工:127.9m <sup>3</sup>                                    |
|           | パイプ工:189.1m(φ114.3mm、t=5.5mm)                               |
| 補 助 工 法   | 薬液注入工:(開削部) V=106.1KL                                       |
|           | (トンネル部) V=96.6KL                                            |

以上のことより、工法変更を含む種々仮設方法を検討した結果、路面覆工範囲を最小限として本線との連絡通路部を非開削工法（都市型NATM）に変更することで、道路交通及び各種埋設管への影響を低減することが可能であると判断した（図-2）。

4. 事前検討

(1) 検討目的

検討目的は、丸ノ内線淡路町駅エレベータ設置に伴い、トンネル掘削を実施した際に周辺の既設構造物にどの程度影響を及ぼすのか数値解析により定量的に検討を行うものである。解析手法は非線形弾性解析を採用し、非線形モデルは電中研方式を用いた。

(2) 検討条件

a) 解析モデルと解析領域

図-3に解析に用いたモデルと解析領域について示す。解析モデルでは、補助工法を考慮し、補助ピース接続部をピン結合とした。

なお、同図に解析領域および境界条件について示す。

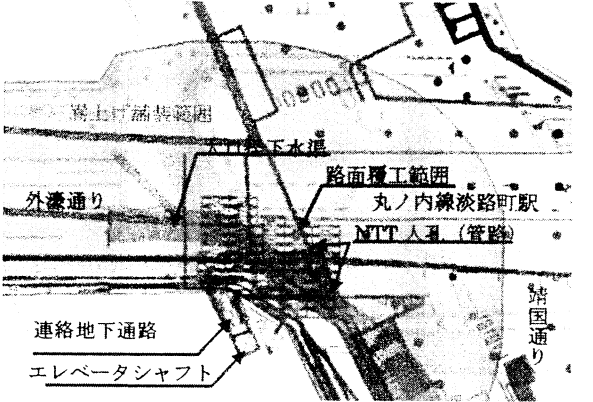


図-1 施工位置及び嵩上げ舗装範囲図（開削工法）

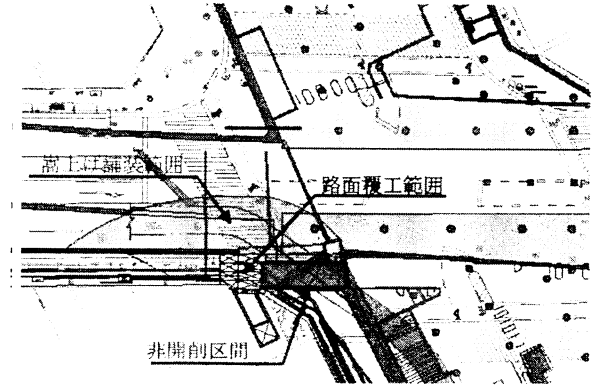


図-2 嵩上げ舗装範囲縮小検討図（非開削併用）

b) 解析物性値（基本物性）

地盤の物性は、表-2 の標準値を参考に N 値 10～30 相当の物性値を与えている。補助工法としてのパイプルーフ（長尺鋼管フォアパイリング，以下 AGF と称す）は旧日本道路公団，数値解析マニュアルを参考にヤング率  $E=900\text{MN/m}^2$ ，薬液注入の領域には，地盤のヤング率の 5 倍に相当する  $E=100\text{MN/m}^2$  とした。

なお，地山物性値に関しては，予測結果に大きな影響を与えることとなるため，山岳トンネル施工過程において，薬液注入後の実際の地山における原位置での物性値を確認し，フィードバックした。

表-3に解析に用いた支保（合成梁）の物性値を示す。鋼製支保工はH-100，吹付け厚は10cmとして算出した。

c) 解析ステップ

解析ステップは施工手順（ステップ①～⑤）を考慮して以下のとおり考えた。

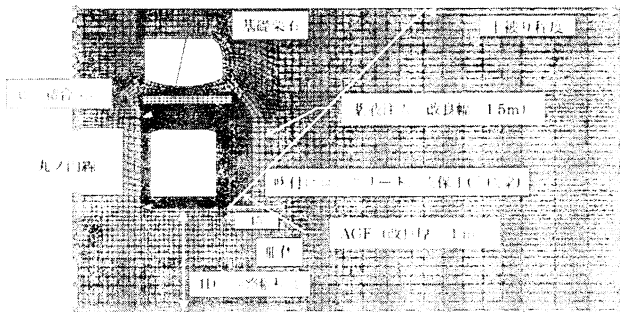


図-3 解析モデル

表-2 地山等級に応じた標準物性値<sup>2)</sup>

| 計算上の<br>地山等級 | 単位体積重量<br>( $\text{kN/m}^3$ )<br>( $\text{tf/m}^3$ ) | 初期変形係数<br>$D_0$<br>( $\text{MPa}$ )<br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 粘着力<br>$C$<br>( $\text{MPa}$ )<br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 内部摩擦角<br>$\phi$<br>( $^\circ$ ) | 初期<br>ポアソン比<br>$\nu_0$ | 弾性限界<br>$R_e$ | 非線形<br>パラメータ<br>$n$ | 備考         |
|--------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------|---------------------|------------|
| 軟弱地盤         | $S_1$<br>(1.5)                                       | 20<br>(200)                                                  | 0.02<br>(0.2)                                           | 30                              | 0.35                   | 1.0           | 2                   | N値10～30相当  |
|              | $S_2$<br>(1.8)                                       | 50<br>(500)                                                  | 0.02<br>(0.2)                                           | 35                              | 0.35                   | 1.0           | 2                   | N値30～50相当  |
|              | $S_3$<br>(2.0)                                       | 100<br>(1,000)                                               | 0.02<br>(0.2)                                           | 40                              | 0.35                   | 1.0           | 2                   | N値50以上相当   |
|              | $R_1$<br>(1.9)                                       | 50<br>(500)                                                  | 0.07<br>(0.7)                                           | 25                              | 0.30                   | 0.9           | 4                   | 軟弱・中硬岩Ⅰa相当 |
| 中硬地盤         | $R_2$<br>(2.0)                                       | 100<br>(1,000)                                               | 0.15<br>(1.5)                                           | 30                              | 0.30                   | 0.9           | 4                   | 軟岩・中硬岩Ⅱa相当 |
|              | $R_3$<br>(2.1)                                       | 200<br>(2,000)                                               | 0.30<br>(3.0)                                           | 35                              | 0.30                   | 0.9           | 4                   | 軟岩・中硬岩Ⅲa相当 |
|              | $R_4$<br>(2.2)                                       | 500<br>(5,000)                                               | 0.50<br>(5.0)                                           | 40                              | 0.30                   | 0.9           | 4                   | 中硬岩Ⅳa相当    |
|              | $R_5$<br>(2.3)                                       | 1,000<br>(10,000)                                            | 1.0<br>(10)                                             | 45                              | 0.30                   | 0.9           | 4                   | 中硬岩Ⅴa相当    |
| 硬地盤          | $R_6$<br>(2.4)                                       | 2,000<br>(20,000)                                            | 2.0<br>(20)                                             | 50                              | 0.25                   | 0.9           | 6                   | 硬岩Ⅱa相当     |
|              | $R_7$<br>(2.5)                                       | 5,000<br>(50,000)                                            | 4.0<br>(40)                                             | 55                              | 0.25                   | 0.9           | 6                   | 硬岩Ⅲa相当     |
|              | $R_8$<br>(2.6)                                       | 10,000<br>(100,000)                                          | 6.0<br>(60)                                             | 55                              | 0.25                   | 0.9           | 6                   | 硬岩Ⅳa以上相当   |

表-3 支保物性値

| 材料名 | 梁ヤング率                             | ポアソン比 | 2次モーメント                        | 断面積                            |
|-----|-----------------------------------|-------|--------------------------------|--------------------------------|
| 合成梁 | $8.534\text{E}+06\text{ k N/m}^2$ | 0.3   | $9.3017\text{E}+05\text{ m}^4$ | $1.0000\text{E}+01\text{ m}^2$ |

①自重解析，大口径下水道管渠内水重量載荷

②パイプルーフ，薬液注入による地盤改良，上半掘削（掘削解放率40%）

③上半支保設置：吹付けコンクリート・鋼製支保工の合成梁としてモデル化（掘削解放率60%）

④下半掘削（掘削解放率40%）

⑤下半支保設置：吹付けコンクリート・鋼製支保工の合成梁としてモデル化（掘削解放率60%）

⑥躯体設置

(3) 解析結果の整理

a) 緩み領域（破壊領域）の確認

以下の基準に基づき非線形性の判定により緩み領域（破壊領域）の確認を行った。

なお，緩み領域の判定に関しては，旧日本道路公団の数値解析マニュアル<sup>3)</sup>に準ずることとした。

【非線形性の判定】

$$\text{緩み係数}^{2)}: R = \frac{k \times d_{\min}}{\sigma_1 - \sigma_m} \quad (1)$$

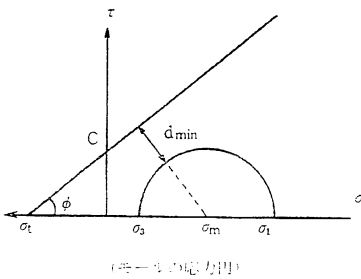
- ・  $R$  は緩み係数， $k$  は定数で，弾性限界を表すパラメータ
- ・  $R \leq 0$  : 破壊領域(モールの応力円が破壊包絡線を越える)
- ・  $0 < R < 1.0$  : 非線形領域( $d_{\min}$  が小さい場合)
- ・  $R \geq 1.0$  : 弾性領域( $d_{\min}$  が大きい場合)

【ゆるみ領域の判定】

なお，旧日本道路公団数値解析マニュアル<sup>3)</sup>においては，

- ・ 破壊領域：  $R \leq 0$  の範囲
- ・ ゆるみ領域：  $0 < R \leq 1$  の範囲
- ・ 弾性領域：  $R > 1.0$  の範囲

と呼んでいる。



b) 解析結果の評価

①変位量

図-4に示す着目点についてトンネル掘削部分およびその上部にある既設構造物周辺の変位量についてまとめた。

## ②地表面沈下量

地表面沈下量に関しては、各ステップにおける沈下量をトンネルからの水平距離分布としてまとめた。

## ③支保工応力

施工時に発生する支保工応力に関して、吹付けコンクリート及び鋼製支保工の応力を照査した。

## (4) 検討結果のまとめ

図-5および図-6に解析結果の一例を示し、表-4に事前検討の検討ケースと結果をまとめた。

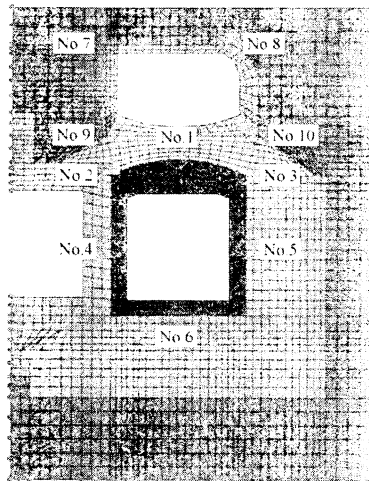


図-4 変位抽出ポイント

解析結果により、トンネル周辺地山を事前に薬注により地山改良した上で、トンネル施工時に補助工法としてパイプルーフを用いることにより、既設構造物（暗渠）や地表面への影響を最小限にして施工することが可能と判断した。

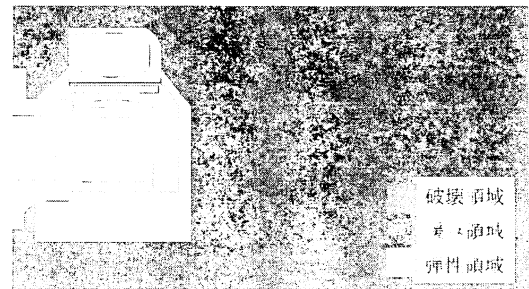


図-5 緩み域分布（検討ケースV、ステップ6）

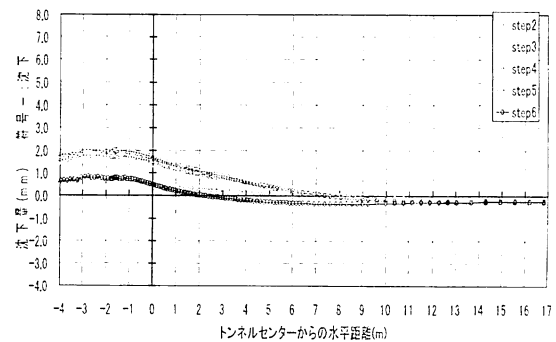


図-6 沈下分布（検討ケースV）

表-4 検討結果一覧

| 検討<br>ケース | 解析条件                                                                                      | 検討結果                                                                       | 備 考                                     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| I         | 基本条件①<br>・未固結土（20MPa）<br>・薬注（ $t=2.0\text{m}$ 、下部無し）<br>改良効果（地山E：5倍）<br>・補助工法無し           | 暗渠沈下量（最大）：5.99mm<br>地表面沈下量（最大）：8.4mm<br>支保応力（吹付け）0.29MPa<br>（支保工）135.91MPa | トンネル工法で施工可能かどうかの照査                      |
| II        | 基本条件②<br>・未固結土（20MPa）<br>・薬注（ $t=2.0\text{m}$ 、下部2.0m）<br>改良効果（地山E：5倍）<br>・補助工法（天端パイプルーフ） | 暗渠沈下量（最大）：0.86mm<br>地表面沈下量（最大）0.75mm<br>支保応力（吹付け）0.32MPa<br>（支保工）66.39MPa  | 支保工と躯体の結合条件をピン、剛結と変化しても解析結果に変化無し。       |
| III       | 基本条件③<br>（解析モデル変更）<br>・薬注範囲1.5mに変更                                                        | 暗渠沈下量（最大）：0.48mm<br>地表面沈下量（最大）0.4mm<br>支保応力（吹付け）0.46MPa<br>（支保工）82.65MPa   | メトロの基準で側方の改良範囲は1.5mとの規定                 |
| IV        | 基本条件④<br>（解析モデル変更）<br>・薬注改良効果<br>（地山E：2倍）                                                 | 暗渠沈下量（最大）：1.09mm<br>地表面沈下量（最大）0.9mm<br>支保応力（吹付け）0.47MPa<br>（支保工）109.65MPa  | 薬注の改良効果を低減                              |
| V         | 基本条件⑤<br>（解析モデル変更）<br>・薬注改良効果<br>（地山E：3軸試験除荷時）                                            | 暗渠沈下量（最大）：0.36mm<br>地表面沈下量（最大）0.3mm<br>支保応力（吹付け）0.46MPa<br>（支保工）75.63MPa   | 薬注改良効果<br>現位置での資料を用いた三軸伸張試験結果（除荷時）の値を使用 |

しかしながら、FEM による数値解析では、事前に挙動を予測することは可能であるが、解析モデルや採用する地山物性によっては変位量等の絶対値が異なることも想定されたため、施工時の検討方針として以下のとおり考えた。

- ①開削部分の薬注改良部分のうち、深度的にトンネルの位置に相当するところで、実際の改良地山を観察し、薬注による改良効果を判断する。
- ②改良地山からコアを採取して室内試験により再度地山の物性を確認する。予測解析で用いた地山物性値と大きな相違がある場合には再度修正解析を実施する（前述ケースⅤ）。
- ③施工時には地表面沈下や先行変位および支保工、AGF等の監視を行う。

## 5. 施工結果

### (1) 非開削部施工計画

山岳工法の適用範囲は図-7に示すとおり約8.0mであり、FEM解析による事前検討結果をふまえた上で、補助工法を含め以下のとおり計画した。

- ①施工中の安全確保に最も重要となる内部空間の保持及び切羽安定のため、薬液注入を行う（図-8）。
- ②天端では大口径下水渠との離隔が0.6mと近接しているため、補助工法としてAGF（φ114.3mm）をトンネル断面周辺に挿入し先受けすることにより安定を図る。
- ③施工中は自動計測による地表面沈下測定、トンネ

ル内空断面の水平・鉛直方向の変位計測、およびAGF鋼管たわみ測定を実施して挙動を把握する。

- ④丸ノ内線構築側部における近接掘削となるため、天端部分の鋼製支保工部材をアーチ状に形成する。
- ⑤交差点直下での施工であり、実作業時間に制約があると同時に狭隘な作業スペースのため、人力を主体とした掘削となることを勘案し、日当たり施工延長は、断面を上半・下半に分割掘削して各々1.0mとする。

図-9に施工手順の概要を示す。

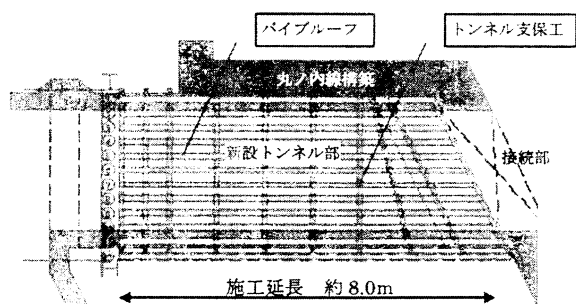


図-7 平面図

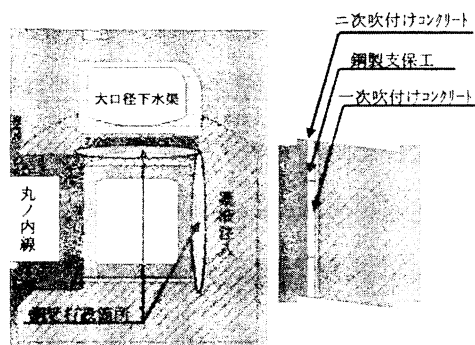


図-8 非開削工法断面図

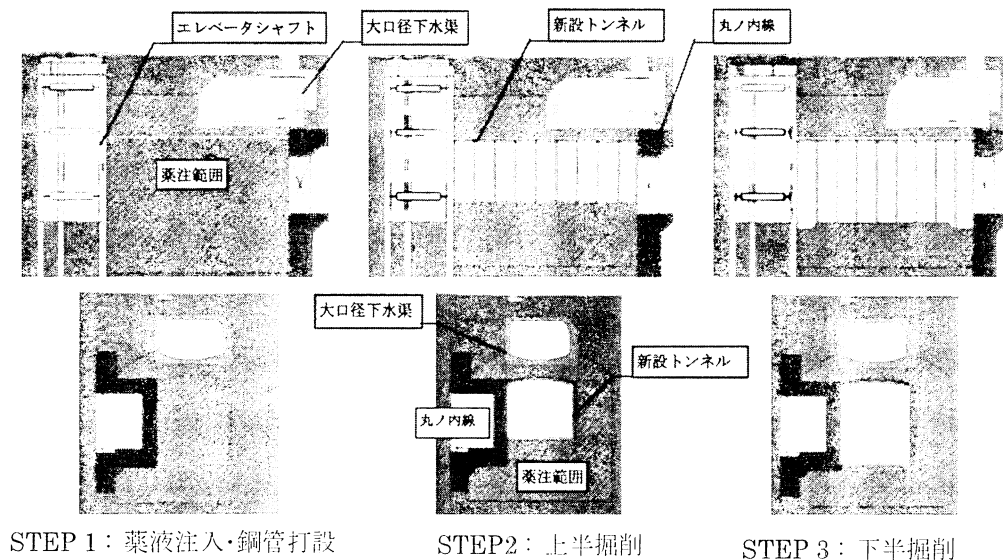


図-9 施工手順概要図

## (2) 施工結果

開削部分の掘削完了後、図-9 に示すとおり、薬液注入の完了後、STEP 1 の施工を開始したが、天端部分の鋼管打設時に支障物の遭遇により、所定の鋼管挿入が不可能な状態となった。実際に鋼管が打設できた範囲を図-10 に示す。

未挿入範囲の実際の地山状態を把握する目的で、鋼管挿入ができた範囲の掘削を行った。その結果、地山の挙動に留意し、支障物撤去と並行して掘削を行うことが可能と判断し掘削を再開した。なお、掘削中の湧水及び切羽の不安定状態、新たな支障物が判明した場合は、安全確保のため直ちに鏡面を含めた吹付けコンクリートの対応ができる体制をとった。

再開した施工状況を写真-2 に示す。その後、掘削内への新たな支障物も発生し、狭隘な条件下での掘削で施工効率の低下も若干あったものの、昼夜掘削により速やかな鋼製支保工の設置（図-11）を行い、掘削を確実に進めた。結果的には、計画で 20 日間の掘削予定に対して 27 日間で完了することができた。

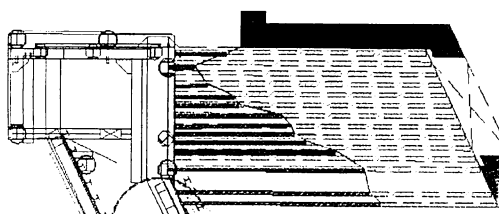


図-10 鋼管挿入範囲平面図

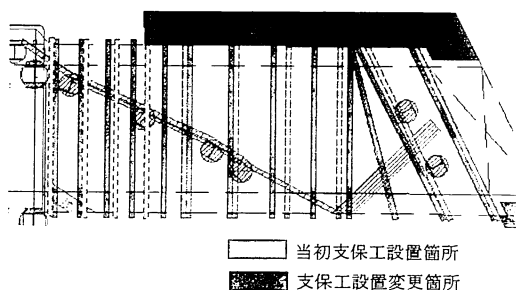


図-11 鋼製支保工設置平面図



写真-2 掘削状況

連絡通路完了後の連絡通路と丸ノ内線構築側部の接続に関しては、写真-3～写真-5 に示すとおり、ワイヤーソーにより壁面をブロック状に分割し、各ブロックをチェーンブロックにより吊り出し移動した後、接続部をハツリ仕上げにより接続を完了した。

接続箇所の施工においては、運転中の地下鉄丸ノ内線の構築部での施工ということもあり、慎重な施工が必要となったが、営業線に支障なく施工を完了することができた。

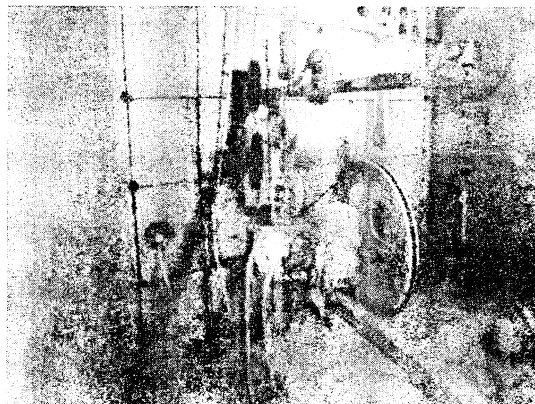


写真-3 ワイヤーソー切断状況

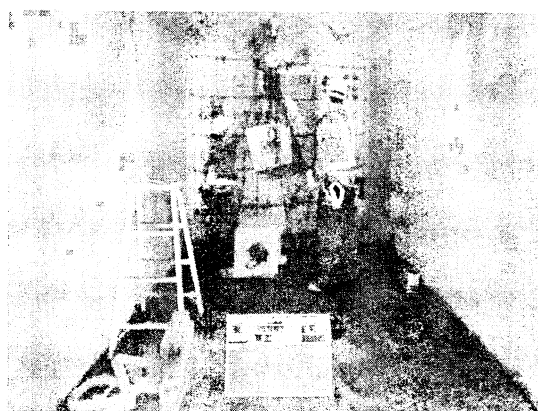


写真-4 コンクリートブロック搬出状況

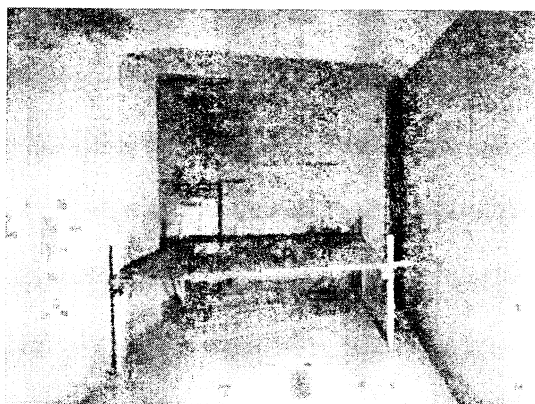


写真-5 接続部施工完了状況

施工時の安全管理の一環として、

- ①通行車両や歩行者など第三者の安全確保
- ②ライフラインや周辺構造物への施工影響監視
- ③具体的施工法の有効性、妥当性の検証
- ④データのフィードバックによる安全性、経済性の向上

といった目的から、施工中は表-5 に示す計測管理（自動計測）を行い、地表面沈下、トンネル内空断面の水平・鉛直方向の変位計測および AGF 鋼管たわみ測定を実施して挙動を把握した。

特に、地表面沈下測定に関しては写真-6 に示すノンプリズム自動追尾トータルステーションにより自動計測を行い昼夜の監視を行った。写真-7 に既設構造物での測点設置状況を示す。

既設構造物や地表面の挙動を自動計測によりリアルタイムかつ連続的に得られるデータに基づき監視することにより、トンネル施工時の安全性も確保することができた（写真-8）。

トンネルの計測結果としては、事前解析ではトンネルの内空変位0.79mm、沈下0.3mmが想定されていたが、実際の施工結果では、内空変位が最大1.7mm、沈下が最大1.0mmとなり、予測結果よりも若干大きな値となったが、管理基準値内で収まった。

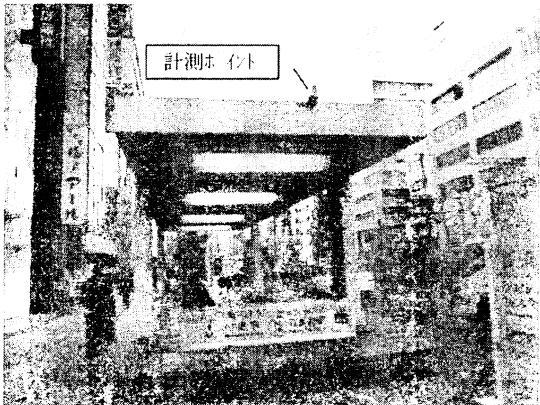


写真-7 既設構造物測点設置状況

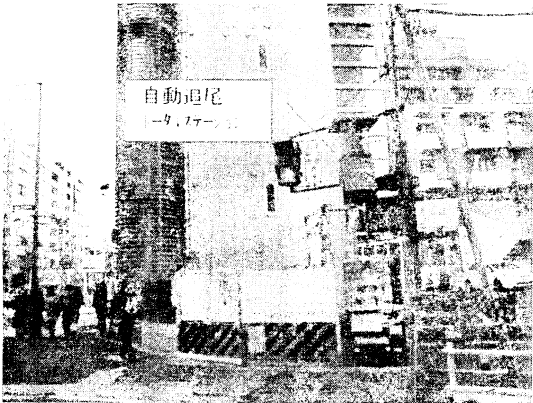


写真-6 地表面沈下測定状況

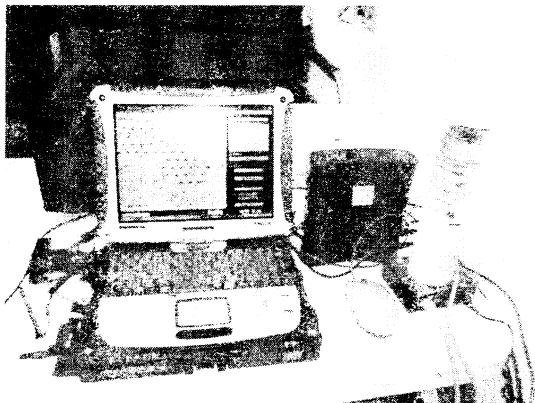


写真-8 計測管理システム

表-5 計測項目一覧

| 計測項目                | 使用計測器                         | 得られる事象          | 着目点                                                   |
|---------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|
| 地表面沈下測定             | ・ノンプリズム自動追尾トータルステーション<br>・レベル | 地表面沈下量 (mm)     | 地表面の沈下量をリアルタイムに計測し、車両や歩行者が往来する道路及び地表付近の各埋設物の健全性を監視する。 |
| 天端・脚部沈下測定<br>内空変位測定 | ・レベル<br>・内空変位計                | 坑内変位量 (mm)      | 新設トンネルの坑内変位を計測し、トンネルの安定性確認や、変形モードなどを把握し、施工の妥当性を検証する。  |
| パイプルーフ鋼管たわみ測定       | ・坑内水平傾斜計                      | 鋼管傾斜角<br>たわみ変位量 | パイプルーフ鋼管のたわみ量（先行変位）を把握し、補助工法の効果の検証や、共下がりの有無などを確認する    |



## 6. おわりに

今回報告した工事箇所付近は、靖国通りと外堀通りの交差点という都内でも交通量の多い箇所である上、地表面直下には、電気・ガス・水道などのライフラインが密集し、さらには大口径下水渠が直上に斜交するといった条件が重なり、非常に厳しい施工条件下での施工となった。

その中で、既設の構造物（NTT 人孔や管路）が想定より浅層埋設されていることが判明し、路面覆工を架設すると現道との摺り付けが広範囲に及び道路交通への影響が懸念された。

このことから、数値解析（FEM）による事前検討により、施工時の挙動予測や安定性の検証を行い、非開削工法（山岳工法）を採用することで事前協議の縮小が図れ、全体工程の短縮が可能となった。

また、掘削時には、支障物の発生により、難航する場面も見られたが、切羽安定対策としてのパイプ

ルーフや薬液注入による地山改良の効果により、十分な切羽自立が得られ、加背を分割して支保の早期施工を行うことにより、問題なく施工を完了できた。

さらに、非開削工法（山岳工法）施工時には綿密な計測管理により、既設構造物や地表面の挙動および新設トンネル自体の変位量をリアルタイムに監視することにより、施工時の安全性を確保できた。

一方、既設の丸ノ内線構築との接続では、ワイヤーソーによるブロック切断と吊り出しにより、既設の壁に対する影響を最小限に収めることができた。

今後、高齢者・障害者等の移動の円滑化の促進といった観点から、都心部での同種工事の計画が進むことが想定される。特に、都心部においては、通行車両や歩行者が多く、一旦不測の事態が発生すれば、その影響は計り知れないものとなる。

今回の施工実績が今後、同種工事の参考になれば幸いである。最後に、非開削工法の検討、採用にあたっては、東京地下鉄株式会社の関係者の方々のご理解とご指導をいただいたことに対して、紙面を借りて深く感謝します。

## 参考文献

- 1) 西野 建, 瀧賀昇太, 高橋信二: 山岳トンネルを適用した都心部での非開削工法, 土木学会第 66 回年次学術講演概要集, pp.739-740, 2011.
- 2) 日本鉄道建設公団: NATM 設計・施工指針, pp.390-393, 1996.
- 3) 日本道路公団: トンネル数値解析マニュアル, pp.32-35, 1998.

(2012. 9. 3 受付)

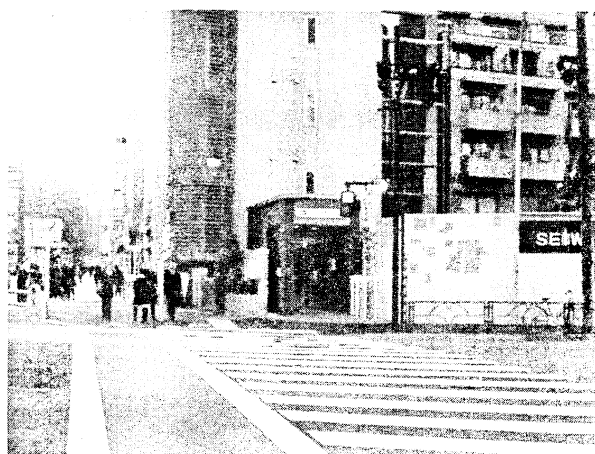


写真-9 エレベータ設置状況（地上）

## STUDY ON APPLICATION OF THE NON-OPEN CUT METHOD IN CENTER OF TOKYO

Hiroyuki YAMADA, Minoru KAKIHARA, Shinji TAKAHASHI, Akihiro MORITA

Main construction establishes the underground passage and elevator shaft connecting with the existing construction directly under the heavy-trafficked Awaji-cho crossing newly at Marunouchi Line Awaji-cho Station. By numerical analysis, while performing action prediction at the time of construction, and verification of stability, it checked also about the effect of the auxiliary construction method adopted as a stable measure. The safety control was carried out by detailed control by measuring by supervising the action of an established structure or earth surface, and the displacement magnitude of the establishment tunnel.