

地下鉄副都心線建設に伴う千代田線との連絡通路築造工事の概要について

Outline of cross passage construction with Subway Chiyoda Line and newly develop Sub way Fukutoshin Line(Line No.13)

西村 聡¹, 塩川 太司², 松本 修³, 茂木 聡⁴

Satoshi Nishimura , Futoshi Shiokawa , Osamu Matsumoto , Satoru Motegi

¹東京地下鉄株式会社 建設部 新宿工事事務所所長 (〒160-0022 東京都新宿区新宿 5-18-21)

²東京地下鉄株式会社 建設部 新宿工事事務所 技術課長 (同上)

³鉄建・りんかい日産・岩田地崎建設工事共同企業体 現場代理人 (鉄建建設株式会社東京支店 〒101-8366 東京都千代田区三崎町 2-5-3 鉄建ビル7階)

⁴鉄建・りんかい日産・岩田地崎建設工事共同企業体 主任技術者 (同上)

Tokyo Metro intention to begin on June, 2008 by construction of a subway. From Ikebukuro to Shibuya for long 8.9 km. the Subway Fukutoshin Line is developing newly now.

The Subway Fukutoshin Line and Subway Chiyoda Line are crossing. This report is to be introduce the cross passage, which is plane for the passengers can be able to transfer line at Meijijingumae Station of Subway Fututoshin Line and Meijijingumae Station of Subway Chiyoda Line.

Key Words: Intersect, Cross passage, Spring water, Pipe roofing

1. はじめに

東京地下鉄(株)は、現在地下鉄副都心線(池袋～渋谷間の延長 8.9km)の建設を 20 年 6 月の開業を目指して、建設工事を進めている。

本稿は、現在建設工事中の 7 駅のうち明治神宮前駅において、副都心線と交差する既設営業線である千代田線明治神宮前駅とを改札を通ることなくラッチ内で乗換えることができるよう計画された連絡通路の工事概要について報告するものである。

当工事の連絡通路は、副都心線の明治神宮前駅の地下 1 階のコンコースと千代田線ホームを直接結ぶ構造物であるが、千代田線明治神宮前駅と副都心線明治神宮前駅とのホーム位置が離れていることから、既設千代田線構造物の直下に 80m に渡り連絡する構造物を築造するものである。

営業線直下での施工概要について、営業線に影響を与えることなく施工を進めた特徴的な施工方法について報告するものである。

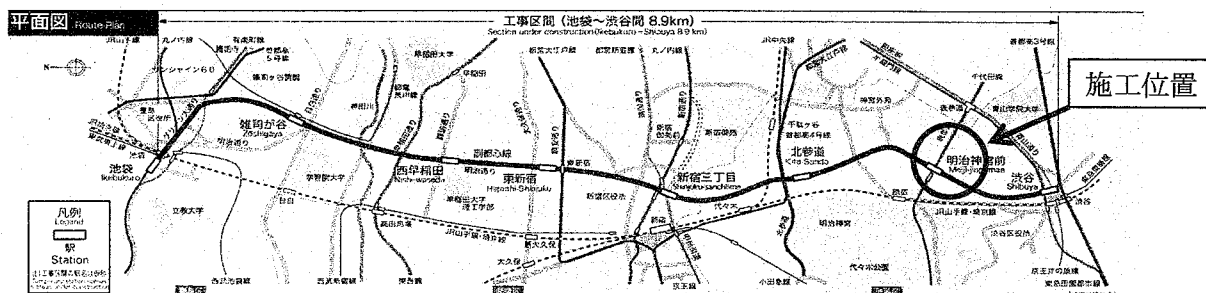


図-1 施工位置図

全体工事概要を以下に示す。

工期 : 平成 13 年 6 月 15 日～平成 20 年 3 月 31
日 (71.5 ヶ月)

施工者：鉄建・りんかい日産・岩田地崎建設工事
共同企業体

工事延長 78.3m

パイプルーフ推進 $\phi 1016\text{mm}$ L=80m 8本

掘削数量 2390 m³

一般部 (10 ピース) 40 リンク

接合部 (10 ピース) 1 リンク⁶

拡幅部 (14 ピース) 8 リンク

この連絡通路の内空断面は、一般部で幅 5.3m、高さ 3.38mとし千代田線ホーム・コンコース階部分にエレベーター、エスカレーターで接続する。

連絡通路の施工方法を計画、検討する上で、営業線直下での施工となるので、営業線に影響を与えることなく施工を進めることが最重要課題であり、そのことを第一に考え施工計画の立案を行った。

今回の工事の掘削対象となる地盤性状は地下水が被圧され、自立性の乏しい東京礫層であることから、地下水の湧水処理と側部及び切羽前面の地山崩壊対策、また既設構造物でかつ千代田線に影響を与えることなく早期に下受けすることで計画を進めた。

(1) 掘削工法の選定

掘削方向の選定は礫層部の掘削において、地下水の湧水処理、側部及び切羽前面の崩壊防止のため、先行土留め工法で施工を行った。営業線直下の施工であることから、安全に施工を進める様々な工夫を行い施工を進めた。

それらについて以下に報告する.

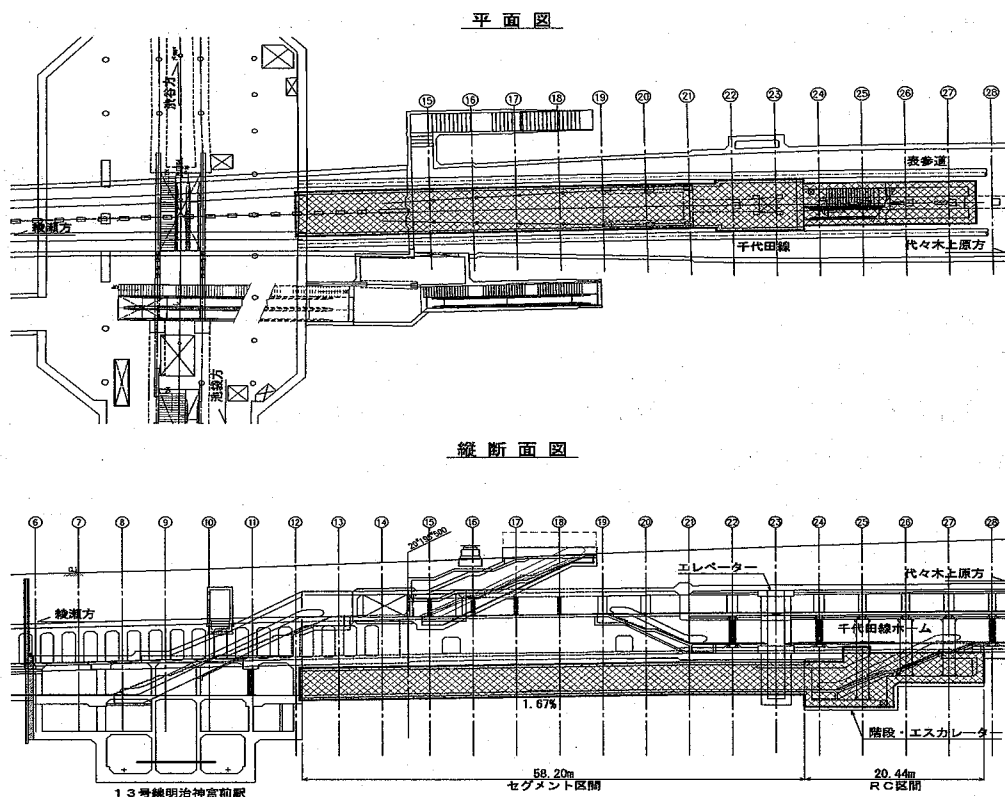


図-2 連絡通路概要図

(2) 施工順序

図-3に施工順序を示すが、営業線直下の工事であることから、以下の施工順序にて施工を実施した。

①パイプルーフ到達・発進防護注入

パイプルーフの施工に先立ち到達部（千代田線ホーム下部）と発進部（副都心線側部土留め背面）の防護注入を実施した。

②パイプルーフ推進

到達立抗が出来ないため、泥濃式推進工法（超流セミシールド工法）を採用した。

③隔壁防護注入

掘削時の切羽前面の礫層の崩壊のため発進側より水平注入にて地盤改良を実施した。

④掘削・セグメント組立

支保工として兼用できる構造の鋼製セグメントを本体構造物として使用することとし、2リング毎掘削を進めた。

⑤既設構造物の仮受

連絡通路の先端のRC構造部分は鋼製支保工にて仮受けを実施、掘削を進めた。

⑥既設構造物撤去・躯体築造

新設構造物を既設構造物と一体化させて築造していくので、既設構造物を仮受けし、既設構造物を撤去して順次構築を進めた。

4. 施工概要

(1) 発進部・到達部防護注入

今回のパイプルーフ工は既設千代田線の下部での施工となることから、まず副都心線構造物の地下1階中床スラブを先行して逆巻き工法にて施工築造し、パイプルーフ工の作業床を確保した。

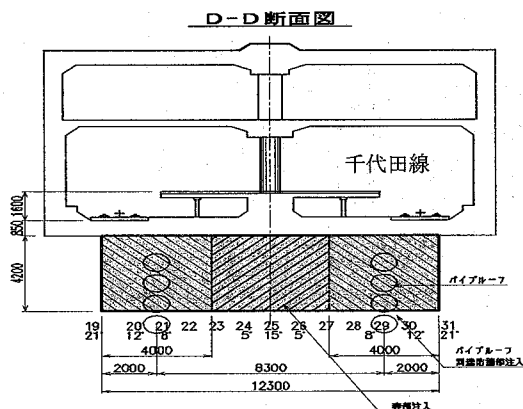


図-4 到達部防護注入断面

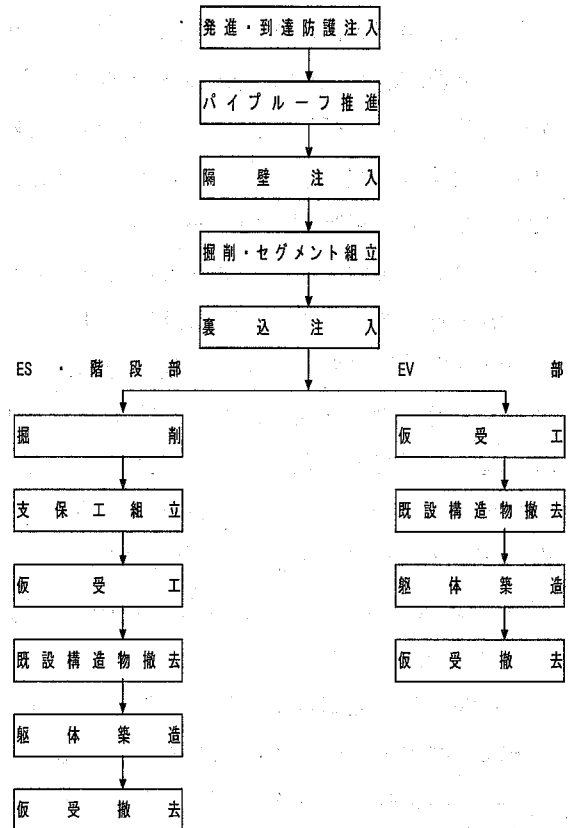


図-3 施工フロー図

また、パイプルーフの到達立抗が既設千代田線の直下のため、設置ができないこと及び、発進部の湧水、地山崩壊を防止するため、パイプルーフの施工に先立ち、発進部・到達部を薬液注入により地盤改良を実施した。特に到達防護は千代田線のホーム上の作業となり、営業終了後の短時間の施工となった。

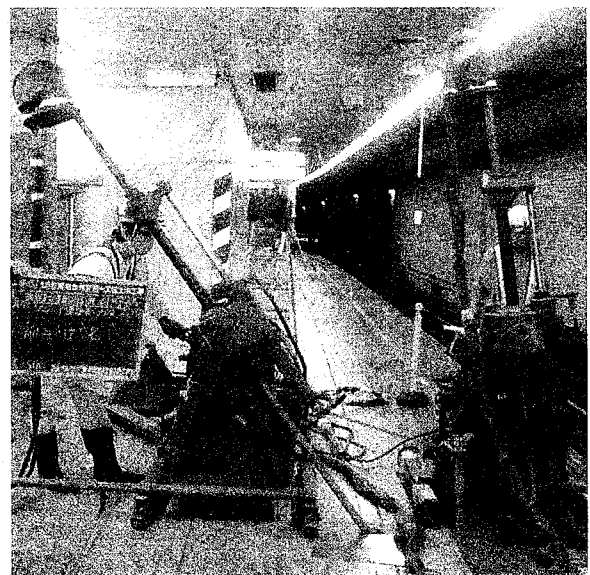


写真-1 到達防護注入状況

(2) パイプルーフ工

掘削工法の選定は礫層部の掘削において、地下水の湧水処理、側部及び切羽前面の崩壊防止のために、先行土留め工法を採用したことから、副都心線構築側から両側面に延長 80m のパイプルーフを先行施工することで、掘削側部の崩壊を防止する。パイプルーフの施工条件として、通常の施工と違い、到達立杭が設置できないこと、対象地質の地下水が被圧された東京礫層であること、掘削機を進めるのに地山崩壊を起こすことなく、かつ、直上にある千代田線構造物に影響を与えることなく掘進する必要があることから、リターン方式である泥濃式推進工法(超流バランスセミシールド工法)を採用し、径 1016mm ($t=12\text{mm}$ $L=3.0\text{m}$) の鋼管を縦に片側 4 本配列し、掘削時の側部の土留めとした。

今回採用した泥濃式推進工法の基本的な考えは泥土圧式と泥水加圧式の間位置し、半液性(安定液理論)の延長でカッター形状から来る流動体の造壁性を有効利用して、地下水圧や土圧に対抗して切羽の安定、地盤の緩みを防止する。自然水圧 $+0.02\text{MPa}$ を基本に間欠排土を行いながら、強制的排出機構を有しないことで、切羽圧力の上昇において初めて排土を行う方式で、地盤の緩みを最小限抑える機構となっている。

掘進機の機能は機械外径 $\phi 1066\text{mm}$ 、排土口径 $\phi 250\text{mm}$ 、修正能力 50mm となっている。先端のビットはシェル型ビット+ボタンビットを採用しており、特徴として、耐磨耗性、地山崩壊の防止、攪拌能力、破碎能力に優れている点である。

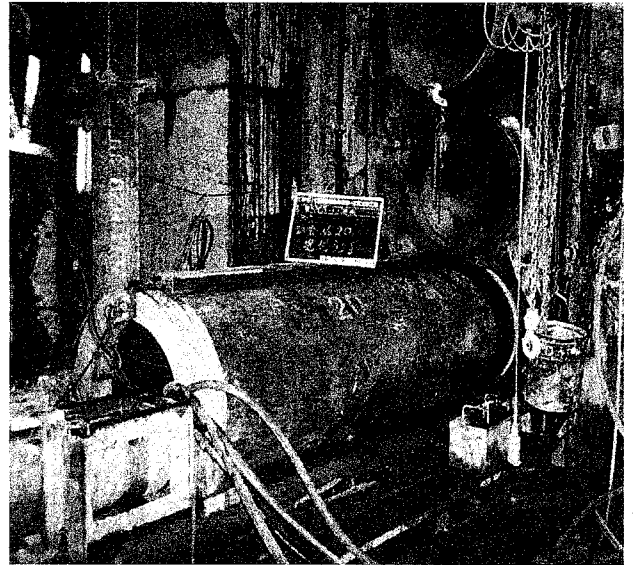


写真-2 パイプルーフ掘進状況

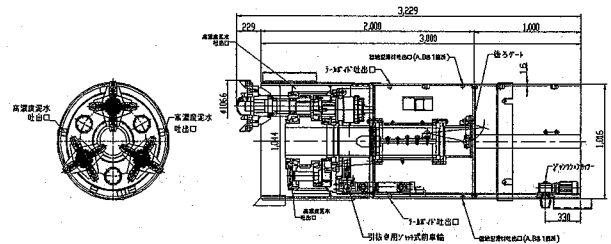


図-5 掘進機構造図

また、施工は発進が副都心線の地下 1 階の構築内からなので、パイプルーフの施工架台は 1 段毎の組立解体の作業手間を省くことと、作業空間に限りがあることから、油圧による昇降方式を採用し、作業の効率化を図った。また、掘削残土の処理プラントも路上の作業帯に限りがあることから、上床スラブの上に設置し、昼夜での施工を可能とした。

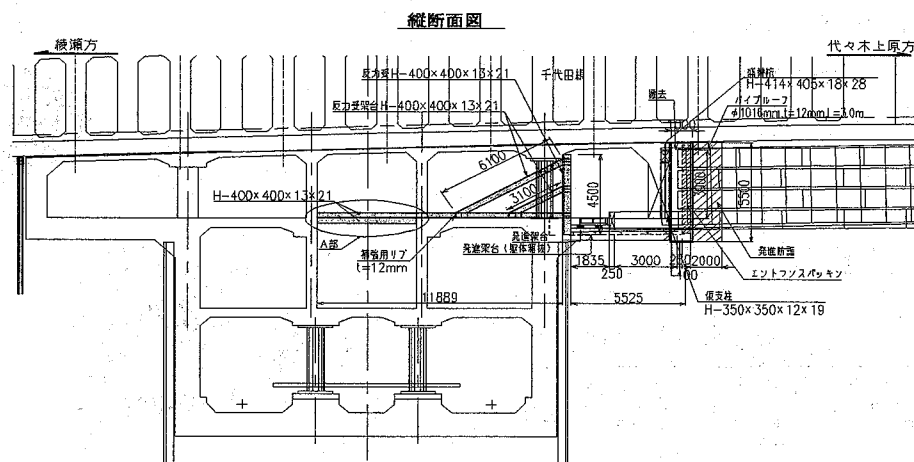


図-6 パイプルーフ反力受台縦断面図

(3) 隔壁注入工

連絡通路の掘削を進めていくうえで、既設千代田線直下の掘削開放長が千代田線の構造解析検討の結果から4m以内に抑える必要がある。掘削の作業を行うに当り、側部は前段で説明したようにパイプルーフにより土留めを形成しているが、切羽前面の地山の崩壊防止を考える必要がある。このため発進部より、水平注入にて隔壁となる地盤改良部分を形成することにより切羽部分の崩壊防止と千代田線を支持することとした。

水平注入の断面形状は図-7に示すように、既設千代田線直下に1.5mの改良体を設け、二本の柱で支えるような鳥居形とした。また、改良範囲は幅1.0mを1.4mピッチで改良し、2リング分の掘削完了時に常に先端は地盤改良部分となることで、施工を進めた。

水平注入の削孔には、延長が80mと長いため、5ブロックに分割し、1回の施工範囲は約16mとして、使用するボーリング機械は硬質地盤の当る礫層に対し、削孔速度及び削孔精度を確保可能な、回転・打撃による工法（NS-DPD工法）とし、水平精度を確認しながら削孔し、改良体を造成した。

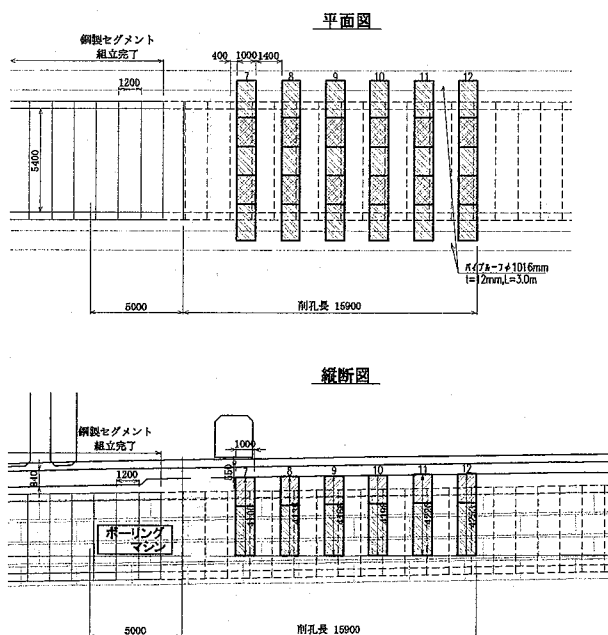


図-8 隔壁注入範囲図

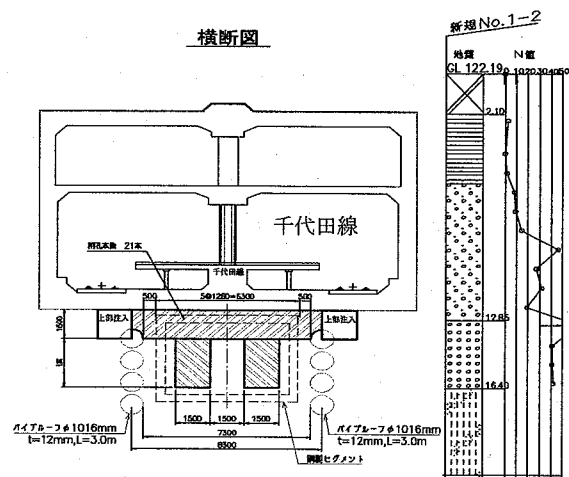


図-7 隔壁注入断面図

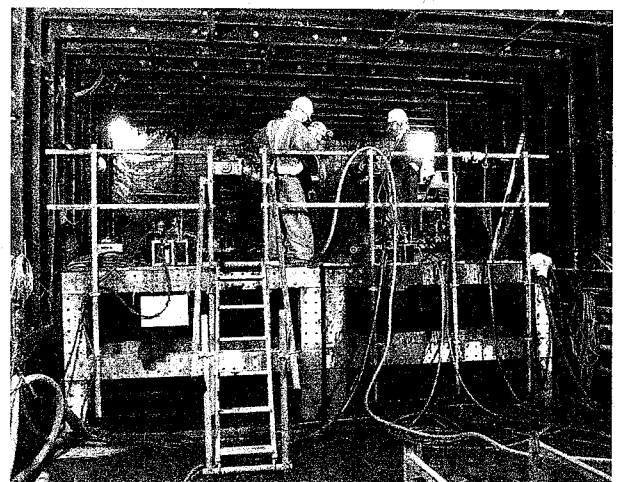


写真-3 隔壁注入施工状況

(4) 掘削・セグメント組立

掘削はバックホー（ショートリーチ）にて許容開放長である4mまで掘削を行い、随時切羽前面についてはワイヤーメッシュにて仮土留めを実施した。また、掘削残土の運搬はキャリアダンプにて運搬し、副都心線の構築部分に設置されている資材搬入開口部分より路上に引上げ搬出した。

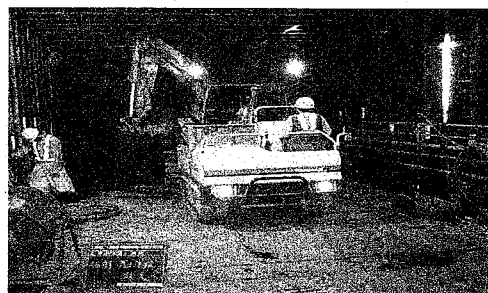


写真-4 掘削・運搬状況

今回の矩形鋼製セグメントは掘削が2リング（1リングL=1.2m 重量11.98t）分完了後、組立てる。

ここで、セグメントの組立てから裏込めの充填及び既設千代田線の支持迄の施工の流れを説明する。

① 副都心線の資材搬入開口部分より構内に投入されたセグメントをフォークリフトにて運搬し、クローラークレーン（4.9t吊）にて下部の4ピースを組立て、接続ボルトにて固定する。次に側部の2ピースを組立て、ボルトにて仮固定する。浮上防止のため千代田線下部とセグメント（側部）の間に水圧ジャッキを設置し固定する。下部セグメントの安定のため、グラウトホールより下部セグメントの下及び側部の一部まで裏込め注入を行う。（図-10）

セグメント組立(下段,中段),2リング分

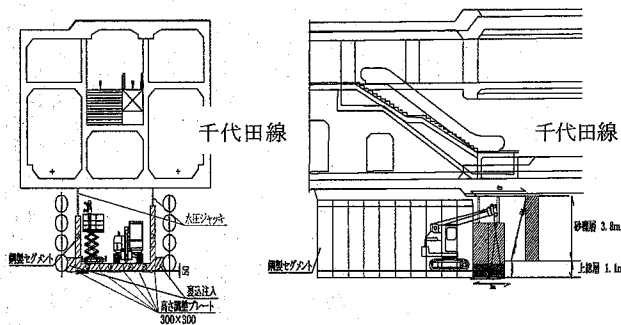


図-10 セグメント下部・側部組立図

② 上部のセグメントの組立ては千代田線との空頭に余裕が無く、クレーン作業が困難なため、事前に上部セグメント組立て架台を作成し、それを使用して1ピース毎架台に設置し、所定の高さまで上昇させて上部セグメントの組立てを行った。

（図-11）、（写真-5）

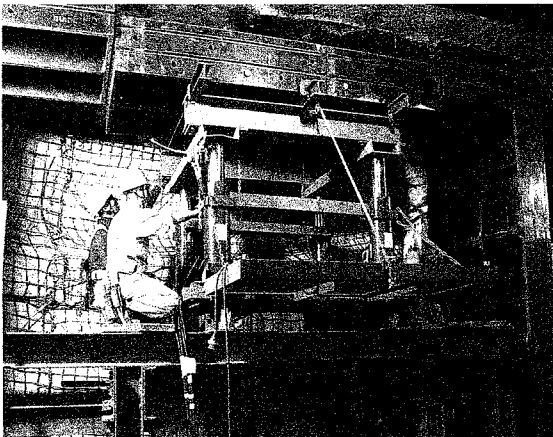


写真-5 上部セグメント組立状況

③ セグメント組立て完了後、セグメント側部両肩にジャッキを設置しプレロードを導入する。導入圧

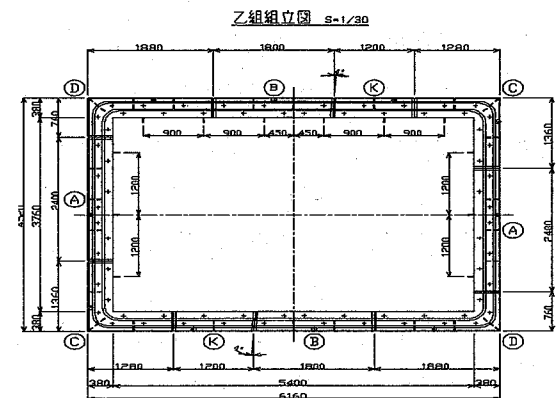
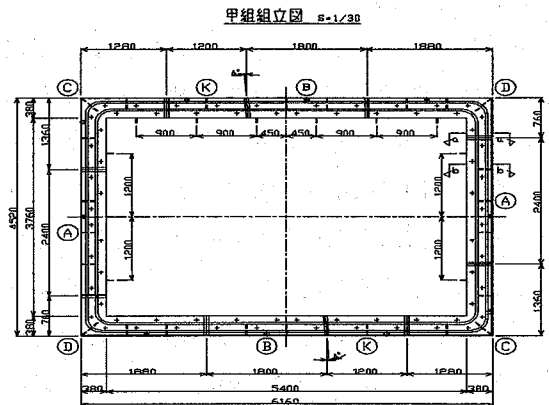


図-9 セグメント組立図

セグメント組立(上段)

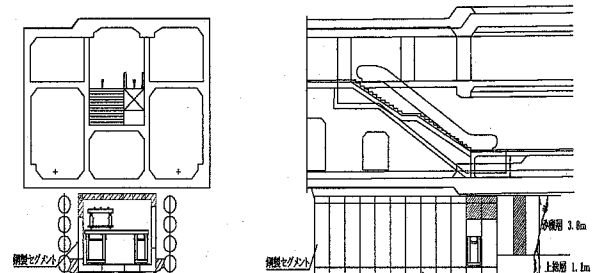


図-11 セグメント上部組立図

力は既設千代田線に影響を及ぼさないよう、千代田線鉛直死荷重1,284KN/m²の100%を導入後、鋼製キャンバーにて置換える。

プレロード完了後、セグメントの上部と側部の隙間に裏込め材を充填した。

プレロード,裏込め注入

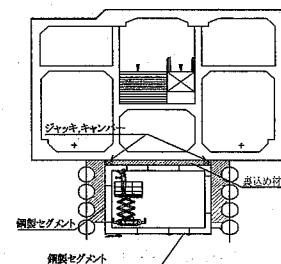


図-12 裏込め注入図

裏込め材の選定は、今回の施工条件から、

1) 千代田線とセグメントの間隙への充填性に優れ、充填後早期に目標強度が得られること、施工サイクルから裏込め充填後すぐに次のスパンの掘削作業を行うため、また目標強度 (1 時間 0.193N/mm^2) が千代田線鉛直荷重 0.193N/mm^2 をクリア出来ること。

2) 流動性が良く、材料分離がすくなく、長距離圧送が可能なこと。

3) 注入時に地下水による希釈が少ないこと。

など、上記 3 点の条件から試験練りを実施し、その結果を基にクリーンバック工法を採用した。

今回の掘削・セグメント組立は 2 リング毎に全体で 49 リングのセグメント区間の施工を上記サイクルにて作業を進めた。

(5) 階段・エスカレーター部分

連絡通路の先端部分はエレベーターと階段エスカレーターが出来るが、この部分は既設千代田線のホーム部分に直接接続することから、既設千代田線の躯体と一体化させる必要があり、セグメントではなく鉄筋コンクリートにて構造物を築造する必要がある。

よって掘削作業を進める上で、既設千代田線構造物を鋼製支保工にて支持しながら作業を進めた。

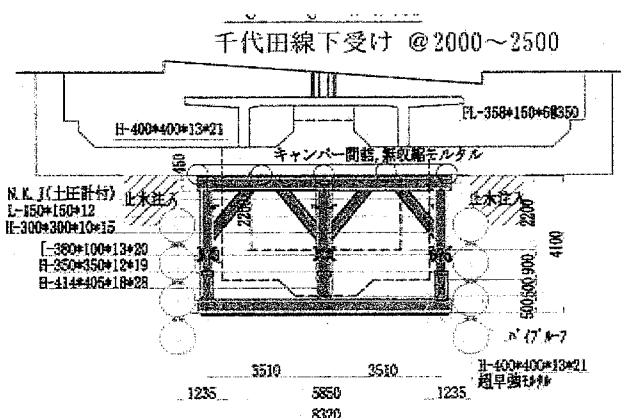


図-13 鋼製支保工受断面図

特に階段・エスカレーター部分は既設千代田線のホーム及び下床版に開口を作る必要があることから、まず既設千代田線のホームを鋼製の仮ホーム構造として置き換えることから作業を進めた。施工に際しては、営業線のホーム上の作業になるので、営業に

支障することなく、限られた時間内で慎重に作業を進めた。

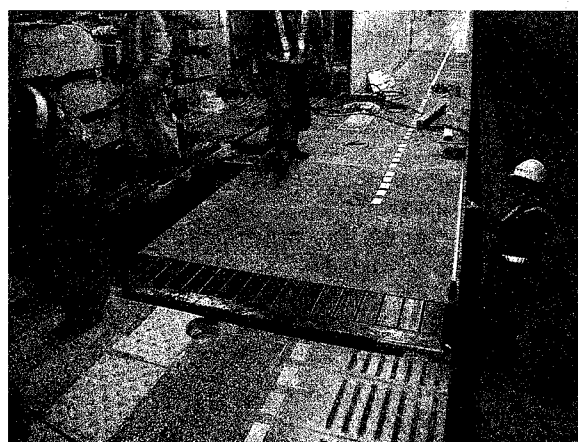


写真-6 仮ホーム施工状況

次に既設千代田線の地下 2 階部分 (ホームの上床) のスラブ・梁を鋼製の支保工にて下受けして、今回支障となる既設鋼管柱を 3 箇所撤去し、順次下床版を一部ワイヤーソーを使用して撤去した。これは、営業線のホーム部分の作業になることから、騒音・粉塵等を極力低減して、人力でののはつり作業を少なくすることで、施工を夜間だけでなく昼夜可能な限り進めることが出来た。(図-14、図-15)

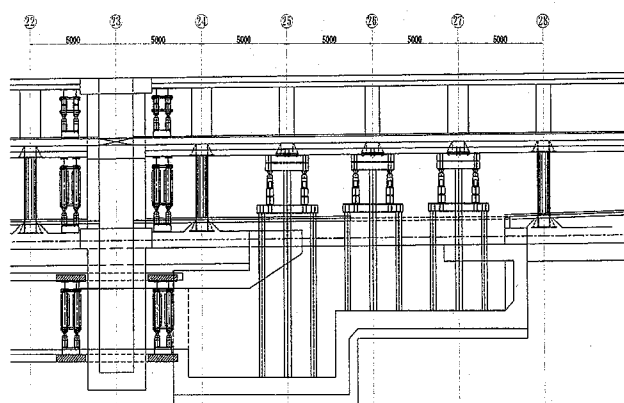


図-14 既設千代田線仮受図

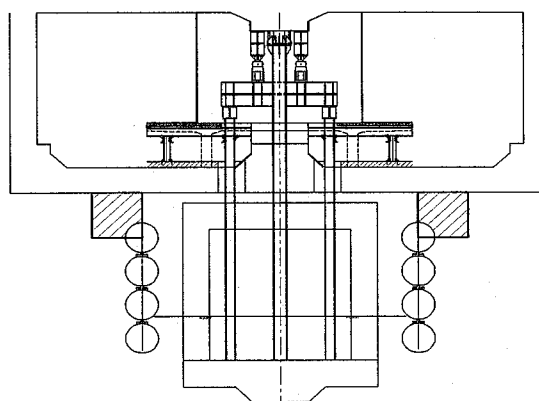


図-15 仮受断面図