

営業線近接状況下での大深度矩形ブロック圧入掘削

東京地下鉄（株）		永田 憲二
東京地下鉄（株）	正会員	廣元 勝志
東京地下鉄（株）		眞弓 恵佑
大成建設（株）		立石 健二
大成建設（株）		平川 雄一
大成建設（株）	正会員	○戸田 雅明
大成建設（株）		立花 信行

1. 千代田線新御茶ノ水駅エレベーター設置工事の概要

(1) 千代田線新御茶ノ水駅の現況

千代田線新御茶ノ水駅の位置を図-1に示す。新御茶ノ水駅ホームは島式1面2線構造で、代々木上原方のB3出口のみエレベーターが設置されている。

(2) 工事の概要

本工事は、新御茶ノ水駅に隣接する再開発計画に伴い、駅のバリアフリー化を図り、車椅子利用者等の利便性を向上させるために、地下鉄駅のホームから改札階までのエレベーターを設置するものである。（図-2, 3 参照）



図-1 千代田線新御茶ノ水駅の位置

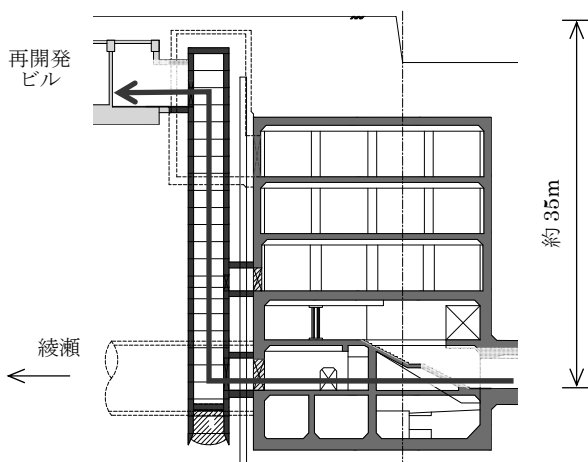


図-2 綾瀬方立坑断面図

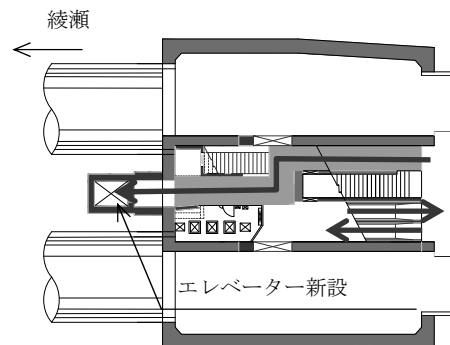


図-3 地下5階平面図

(3) シャフトの形状

エレベーターシャフトの平面形状は矩形であり、寸法は外形 3.65m×2.8m、内形 2.71m×1.86m である。深さはGL-35m であり、現駅の B3 階、B5 階（ホーム階）と再開発ビル B1 階にて連絡する構造である。（図-4, 5 参照）

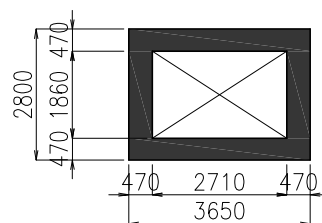


図-4 エレベーターシャフト平面図

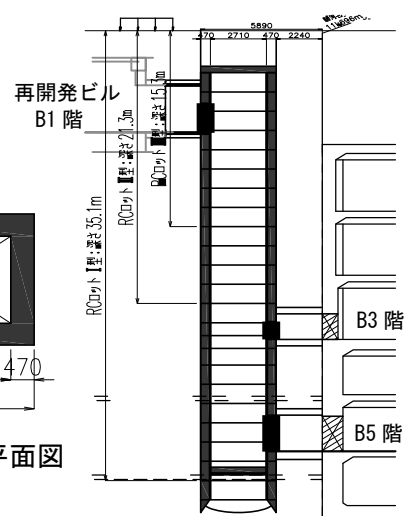


図-5 エレベーターシャフト断面図

キーワード 営業線近接、シールドトンネル、エレベーターシャフト、鉛直精度、圧入掘削、圧入不能
連絡先 〒101-0062 東京都神田駿河台4丁目6番地 大成建設(株)東京支店 神田駿河台土木作業所 TEL03-5297-6856

(4) 土質条件

当該地においてボーリング調査を行い、その結果確認された土質柱状図を図-6 に示す。地表から約 10m までは、ローム層及び凝灰質粘土層で、その下部に 4m 程度の砂礫層がある。さらにその下には 20m 程度のシルト質粘土層（N=3~4）が堆積しており、その下部に 4~5m 程度の砂・砂礫層（N≥50）がある。

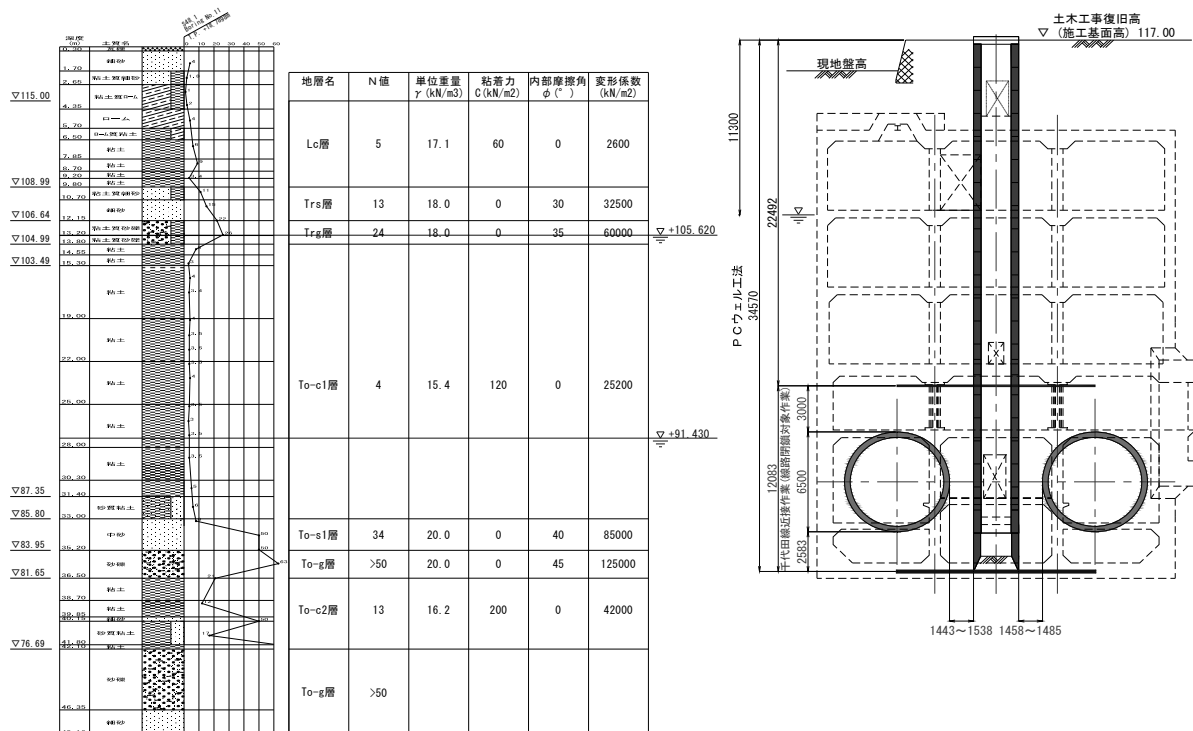


図-6 土質及びエレベーターシャフト位置図

2. 施工方法の検討

(1) 施工条件

エレベーターシャフトと本線シールドトンネルとの位置関係は図-6 に示すとおりであり、施工条件は、以下のとおりであった。

- ① 千代田線シールドトンネルとシャフトとの離隔が約 1.5m と非常に小さい。
- ② 掘削深さが約 35m となり、大深度の掘削が必要である。
- ③ 対象地盤の大半が軟弱地盤であり、地下水位も GL-11m と地下水位以下の掘削を要する。
- ④ エレベーターシャフト内にエレベーター設備を設置するため、鉛直精度は 1/400 以下である。

以上 4 つの施工条件から、近接構造物に影響が少なく、大深度の掘削可能で精度が確保できる工法を選択する必要があった。

(2) 施工方法の選定

本線シールドトンネルへの影響を最小限にするため、深礎工法等と比較し余掘りが少なく必要最小限の掘削範囲で施工が可能である、PC ウェル工法を用いた。圧入掘削状況を写真-1 に示す。

PC ウェル工法の特徴は以下の通りである。

- ① 工場製作のプレキャスト部材（RC ロット、鋼製ロット）であるため、品質が信頼できる。
- ② 周辺地盤への影響が非常に少なく近接施工に適している。
- ③ 水中掘削が可能のため地盤改良を必要としない。



写真-1 掘削圧入状況

3. 施工状況

(1) 施工状況

施工は、既設の千代田線シールドトンネルへの影響を考慮し、シールド+3.0m までは昼夜間作業、シールド+3.0m より以深の掘削圧入においては、営業線運行停止時間（25:00～28:00）内の作業とし、シールド内に監視員を配置するとともに、シールド内に計測器を設置し自動計測を行った。

鉛直精度を 1/400 以下で施工するために、ブロック天端に傾斜計を取付け、姿勢監視システム（図-7 参照）にて圧入の制御管理を行った。また、RC ロットの製作精度が施工精度を左右するため、シールド工事用セグメント製作の寸法規格値（例：高さ±1mm）を採用して製作を行った。

その結果、実工事期間は約 4 ヶ月で他の工法と比べ早期の完成に至った。なお、鉛直精度は約 1/405 であった。また、PC ウェルの施工によるシールドへの影響は、自動計測の結果、特に影響はみられなかった。

(2) 施工時の問題点

エレベーターシャフトの形状が矩形であり、このような PC ウェル工法は、国内で施工実績がなく、このことから他工事（円形）の採用実績による必要圧入力値を算定する理論沈下図を基に反力のグラウンドアンカーの仕様を決定し、圧入計画を立てたが、実施工において周辺地盤の周辺摩擦力等により、圧入不能の現象が発生した。この対策としてウォータージェット工法を補助的に採用し、シャフトと周辺地盤の周面摩擦力を切ることで、施工を完了することができた。以降に圧入不能時の対策について詳述する。

4. 圧入不能時の対策

圧入不能における推定される原因は、以下の 5 つが考えられた。

- ①鋼製刃口及び刃口ロット周囲に付着した土べらの圧入抵抗
 - ②鋼製刃口先端における障害物の存在
 - ③周面摩擦力の低減不足
 - ④刃先付近の砂層の圧入抵抗
 - ⑤刃先付近外側の砂層による周面摩擦力
- これらの原因に対する対策として、以下の項目を実施した。

- ①潜水土による刃口状況を確認し、刃口周面の土べらを撤去した。
- ②潜水土による刃口先端の障害物の有無を確認した。（障害物は確認されなかった。）
- ③PC ウェル側面にジェットノズルを設置し、同時にジェットを噴射し、圧入した。
- ④刃先下を機械掘削及び潜水土にて刃先下を狸掘りして、刃先の先端抵抗を除去した。
- ⑤刃先付近までジェット管を建込、6 箇所同時に注入、上下に動かし、滑材を注入した。

また、ウォータージェットの先端ノズルを変えて、図面の締切り範囲を大きく取ることとした。

（1 方向噴射型⇒3 方向噴射型）

当初、PC ウェル壁面の吐出口からベントナイト溶液を吐出させ PC ウェル外周にベントナイト溶液を注入していたが、ベントナイト溶液から推進等で実績のある滑材を使用した。また、この滑材をウォータージェットでも使用した。

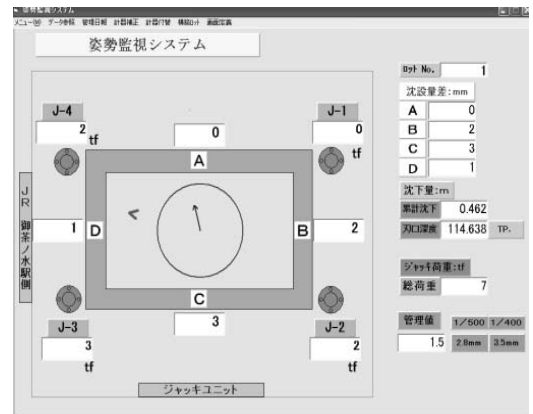


図-7 姿勢監視システム

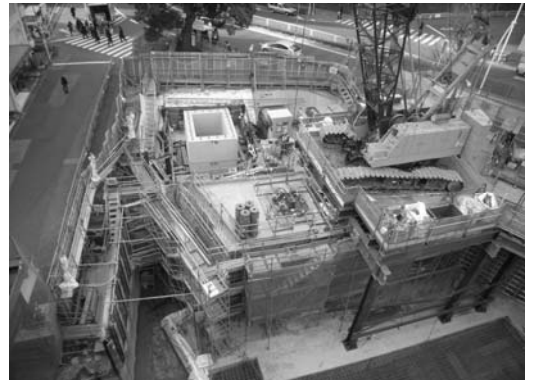


写真-2 施工状況（全景）

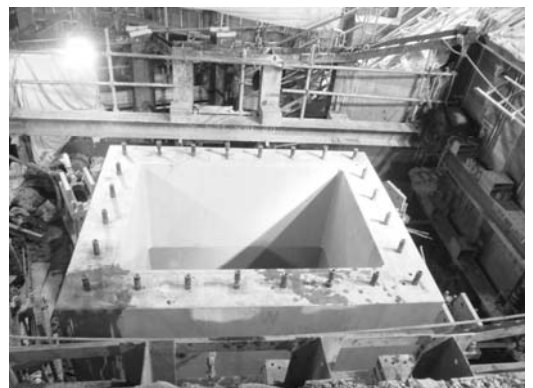


写真-3 施工完了

計画時の圧入力値は下記の式より算定して、反力グラウンドアンカーφ165×4本を決定した。

$$P=0.5\times F+Qd-Wpc=3,162kN \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

- P : PC ウェルの必要圧入力
- F : PC ウェルの周面摩擦力 (F = 4,455.8kN)
- Qd : PC ウェルの先端抵抗力 (Qd = 4,300.6kN)
- Wpc : PC ウェルの総重量 (Wpc = 3,366.3kN)

PC ウェルの沈下関係図（必要圧入力）の計画と実績を図-8 に示す。掘削の当初から、実績値の方が従来の算定式による必要圧入力より大きかった。図中の破線は周面摩擦力の低減を行わなかった場合の曲線であるが、圧入初期段階では実績値との差は大きいものの、30m程度までの圧入では実績値よりも大きな値となっている。今回、最終的にはウォータージェットを併用しての圧入なので正確な値は分からないが、矩形 PC ウェルにおける必要圧入力の算出においては、円形の場合の実績にある周面摩擦の低減は行わず、適切な割増係数を検証する必要があると考える。



写真-4 ウォータージェット施工状況



写真-5 ウォータージェットの先端ノズル（3方向噴射型）

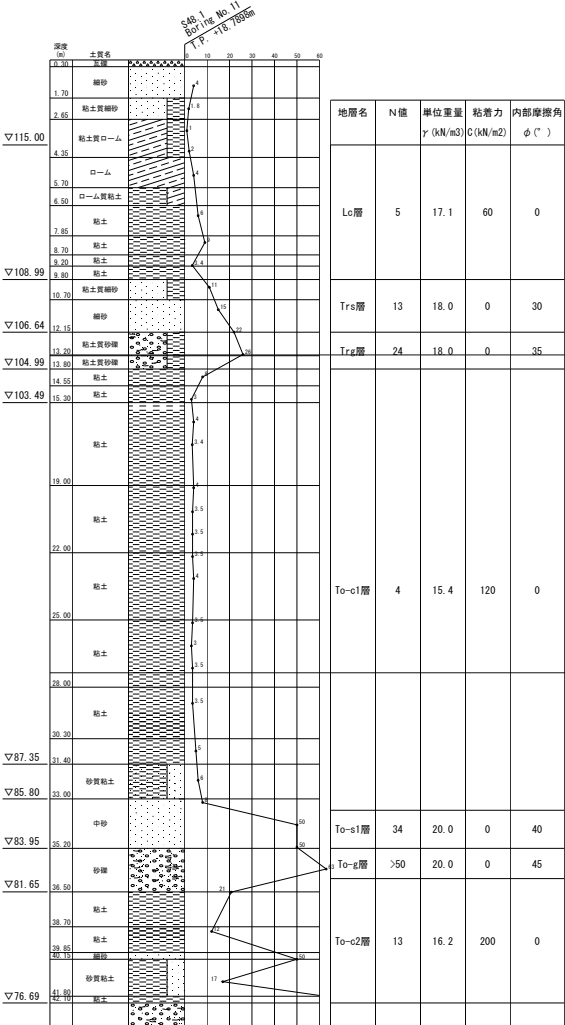


図-8 PC ウェル工 沈下関係図（必要圧入力）

