

大深度・営業線近接状況下での 矩形ブロック圧入掘削

永田 憲二¹・廣元 勝志²・眞弓 恵佑³
立石 健二⁴・戸田 雅明⁵

¹東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部第一工事事務所（〒110-0015 東京都台東区東上野4-11-1）

E-mail:k.nagata@tokyometro.jp

²正会員 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部第一工事事務所（同上）

E-mail:k.hiromoto@tokyometro.jp

³東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部第一工事事務所（同上）

E-mail:k.mayumi@tokyometro.jp

⁴大成建設株式会社 東京支店 神田駿河台作業所（〒160-0004 東京都千代田区神田駿河台4-6）

E-mail:doboku@ce.taisei.co.jp

⁵大成建設株式会社 東京支店 神田駿河台作業所（同上）

E-mail:doboku@ce.taisei.co.jp

営業線シールドトンネルに近接し、かつ、地下約35mの大深度という条件のもと、矩形のエレベーターシャフトをPCウェル工法にて施工した。鉛直精度を1/400以下とするため、プレキャスト部材の製作精度を確保することと、姿勢監視システムを用いた圧入管理により、精度よく施工することができた。また、シールドトンネルとは離隔が1.5mしかなかったが、近接部の圧入は営業線運行停止時間に行い、シールド変位を計測しながら施工した結果、シールドへの影響はほとんどなく施工することができた。また、形状が矩形であるため従来の必要圧入力算出式では圧入力が不足し圧入不能となったため、ウォータージェットを用いて周面摩擦を低減することにより圧入を完了することができた。

Key Words : PCwell, adjacent to an operating railway, press-in, skin friction, water jet

1. はじめに

千代田線新御茶ノ水駅は、ホーム階がGL-35mと非常に深い島式1面2線構造で、代々木上原方の出入口のみエレベーターが設置されている。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。

エレベーターシャフトの形状は矩形で、綾瀬方の駅舎躯体の外側の単線並列シールドの間に設置する（図-2、図-3）ため、大深度で営業線近接という条件のもと、PCウェル工法を採用した。矩形のPCウェル工法は過去に例がなかったが、シールドトンネルへの影響もなく、精

度よく施工することができた。ここでは、その工事概要について報告する。

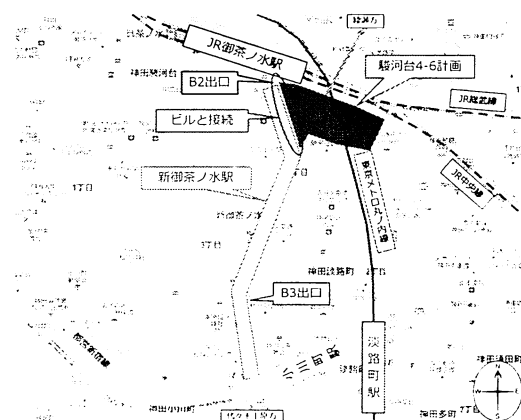


図-1 千代田線新御茶ノ水駅位置図

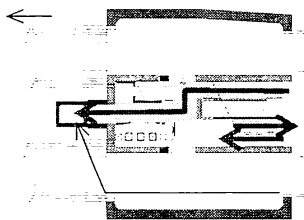


図-2 エレベーターシャフト計画平面図

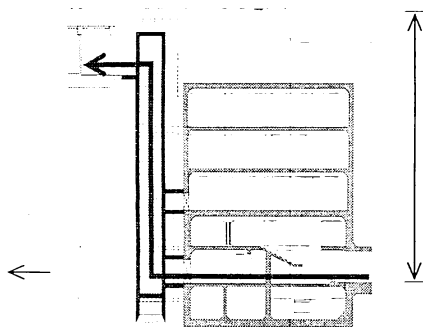


図-3 エレベーターシャフト計画断面

2. 工事概要

(1) 土質条件

ボーリング調査による土質柱状図を図-4に示す。地表から約10mまでが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（N=10～25）がある。さらにその下には20m程度のシルト質粘土層が堆積しており、その下部に4～5m程度の砂・砂礫層（N≧50）がある。地下水位は、自然水がGL-11m付近であり、シールド下

部に位置する洪積砂礫層の水位はGL-25m程度である。

(2) 施工条件

エレベーターシャフトとシールドトンネルとの位置関係は図-4 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 シールドトンネルとの離隔が1.5mしかない。
- ② 大深度（約35m）の掘削が必要となる。
- ③ 地下水位以下の掘削を要する。
- ④ 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。

このため、深礎工法等と比較し、地下水以下の大深度にも対応可能であり、かつ、余掘りが少く周辺への影響が少ないPC ウェル工法を採用した。

(3) PCウェルの概要

PC ウェル工法は圧入ケーソンのひとつであり、特徴は、工場製作のプレキャスト部材であるため品質が信頼できること、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こと、水中掘削が可能のため地盤改良を必要としないこと等である。

今回のPCウェルの構造を図-5に示す。

形状：外形3.65m×2.8m、内径2.71m×1.86m

全長：L=34.8m

部材：刃口付RCロット（H=2.5m）×1個

RCロット（H=1.3m、1.5m）×13個

鋼製ロット（H=1.0m、1.5m）×9個

上床版（H=0.5m）×1個

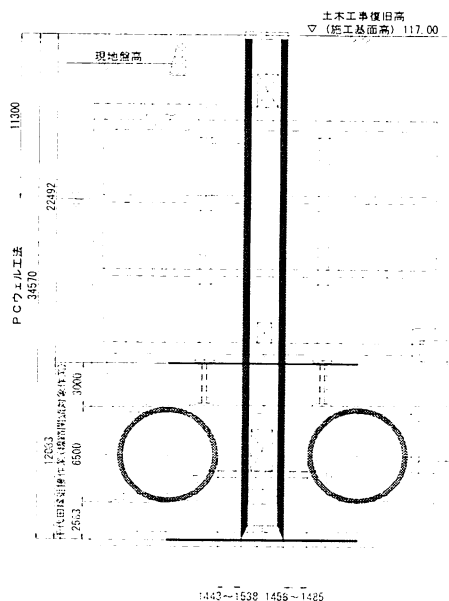
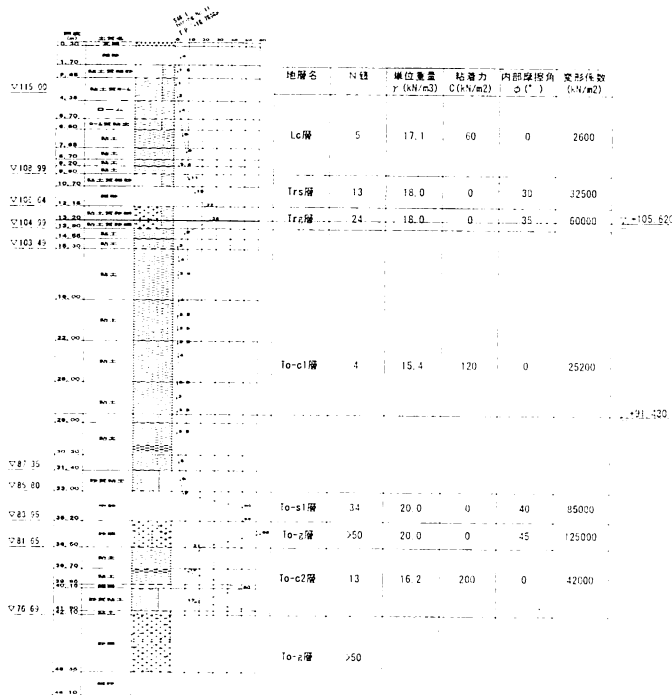


図-4 土質およびエレベータシャフト位置図

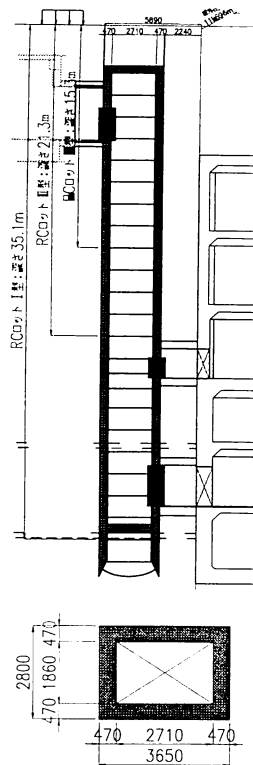


図-5 PCウェル構造図

また、PCウェルの施工フローを図-6に示す。

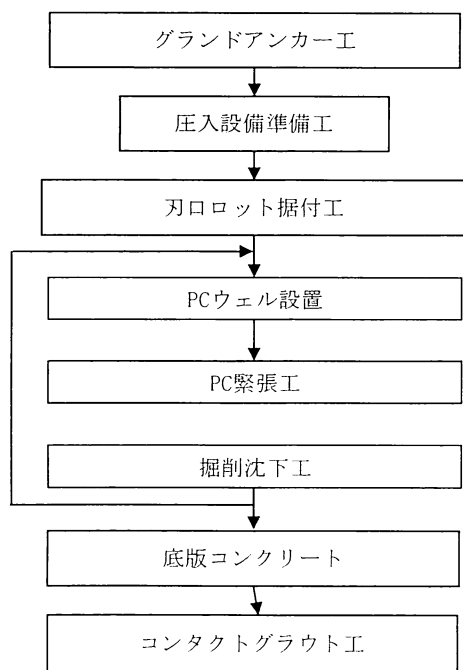


図-6 施工フロー図

(3) 施工状況

営業線シールドとの離隔が 1.5m しかなかったため、シールド+3.0m までの圧入は昼夜間作業とし、シールド+3.0m より以深の圧入は、シールドトンネルへの影響を考慮し、営業線運行停止時間（25:00～28:00）内の作業とした。また、圧入時にはシールド内に監視員を配置するとともに、計測器を設置しシールドの変状の自動計測を行った。

今回、鉛直精度の 1/400 以下を確保する必要があったため、まず、RC ロットの製作精度として、シールド工事用セグメント製作の寸法規格値（例：高さ $\pm 1\text{mm}$ ）を採用して製作精度を上げた。

また、圧入に際しては図-8 に示す姿勢監視システムを用いて精度管理を行った。これは、ブロック天端に取り付けた傾斜計により傾斜量を確認しながら、水平方向と鉛直方向のジャッキ操作により傾斜修正を行うものであり、このシステムと測量による確認を行いながら圧入精度の管理を行った。

その結果、鉛直精度は約 1/405 であり、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。

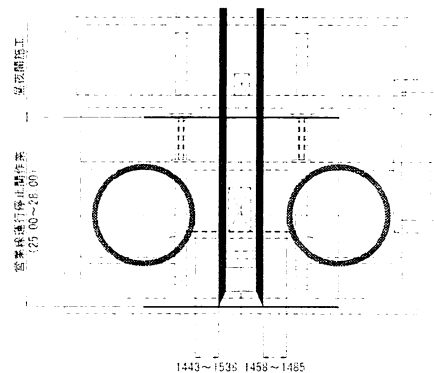


図-7 シールド近接部施工概要

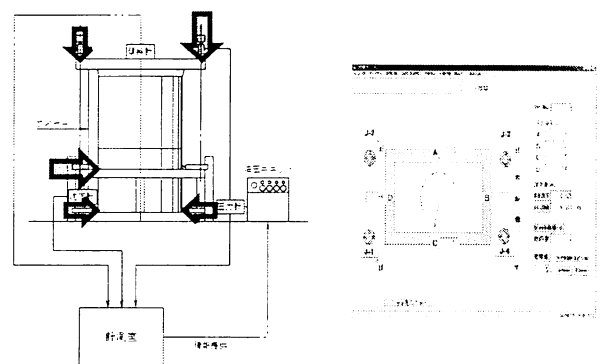


図-8 圧入姿勢制御管理状況図

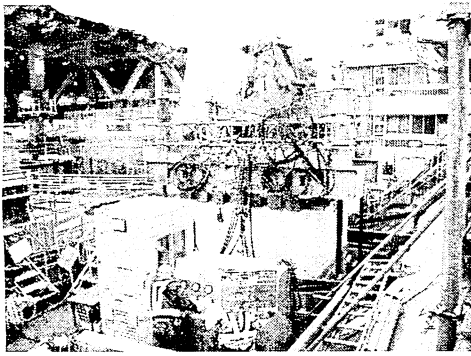


図-9 圧入状況写真

3. シールドへの影響と計測結果

PCウェル工法は基本的には掘削時の余掘りはなく、通常掘削時は図-10に示すように先端付近の1m程度の土砂を残しながら掘削する。刃口ロットには9mmのフリクションカット鉄板があり、その部分には、圧入と同時にグラウト注入を行う。したがって、シールド直近の掘削においても変状などの影響は小さいと考えられたため、シールドに対する事前の影響解析等は特に実施しなかった。

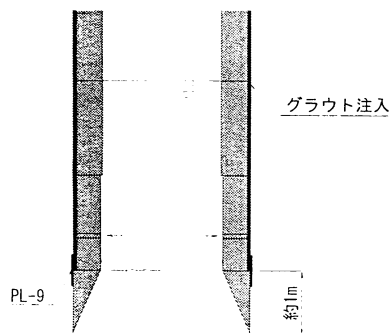


図-10 通常掘削概要図

施工時のシールドの変状計測位置を図-11に示す。計測はシールドの鉛直変位を自動計測し、内腔変位およびレールレベルについては、手動計測を行った。

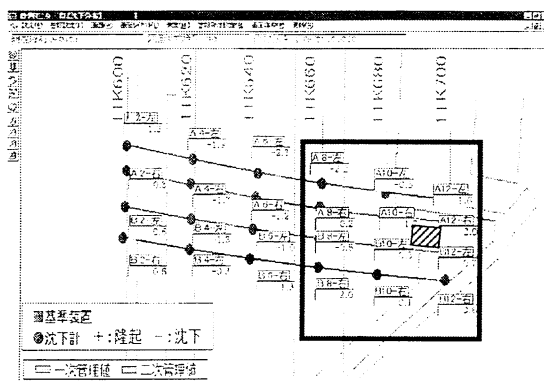


図-11 シールド内計測位置図

計測結果の一部を図-12～13に示す。図-12, 13は、シールド天端+3.0m位置から圧入完了までの間の、A線およびB線のシールドの鉛直変位を示している。

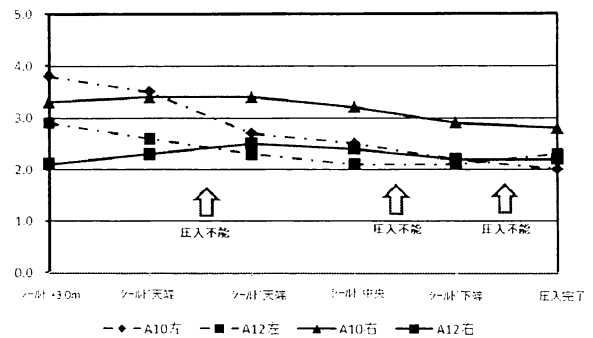


図-12 A線シールド鉛直変位の計時変化

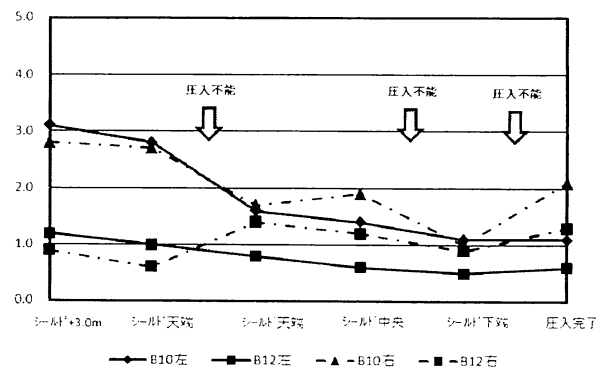


図-13 B線シールド鉛直変位の計時変化

シールドの鉛直変位は最大で2mm程度の変位が発生したが、これは、圧入不能の現象（次章にて詳述）が発生し、対策としてウォータージェット等を採用していた期間に発生（1mm前後）したもので、圧入中のシールドへの影響はほとんどなかったと考えられる。

4. 矩形圧入における周面摩擦の影響

PCウェル工法は圧入反力がグランドアンカーであるが、その反力は式（1）による必要圧入力をもとに計算されている¹⁾。

$$P = 0.5 \times F + Q_d - W_{pc} \quad (1)$$

ここに、 P : PCウェルの必要圧入力
 F : PCウェルの周面摩擦力
 Q_d : PCウェルの先端抵抗力
 W_{pc} : PCウェルの重量

エレベーターシャフトの形状が矩形であったため、上

圧入は、当初から想定圧入力を超えていたが、GL-30 m程度のシールド高さ附近まで来たところ圧入不能の現象が発生した。圧入不能に推定される原因としては以下の事項が考えられた。

- 推定される上記原因に対する対策として、まず、潜水士により刃口先端に障害物がないことを確認し、土べら

PL-9

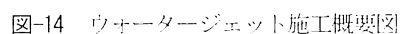
機械掘削

土べら撤去

約 1m

潜水土掘削

さらに、④、⑤に示す周面摩擦低減に対応するために、PC ウェル側面に、刃先付近までジェット管を建込み滑材を注入した。



ウォータージェットの施工範囲を図-15 に示す。

まず、ジェット管を、短辺側1箇所、長辺側2箇所の計6箇所にて刃口先端部まで打込み、クレーンにて引き上げながら滑材を噴射させたが、効果が明確にはあらわれなかった。そこで、先端ノズルを3方向噴射型（図-17）へ変更して1本のジェット管からの縁切り範囲を広くした。また、GL-10m付近の砂礫層が緩み、締付け力が大きくなっていることも推定されたため、この砂礫層附近（図-15 に示す“A部”）にて滑材を噴射させながら上下して、周面摩擦を低減する効果を向上させた。その結果、最大圧入力 4,000 kN で沈下することができた。

また、ウォータージェットで使用した推進等で実績のある滑材を使用した。



図-16 ウォータージェット施工状況写真



図-17 先端3方向ノズル写真

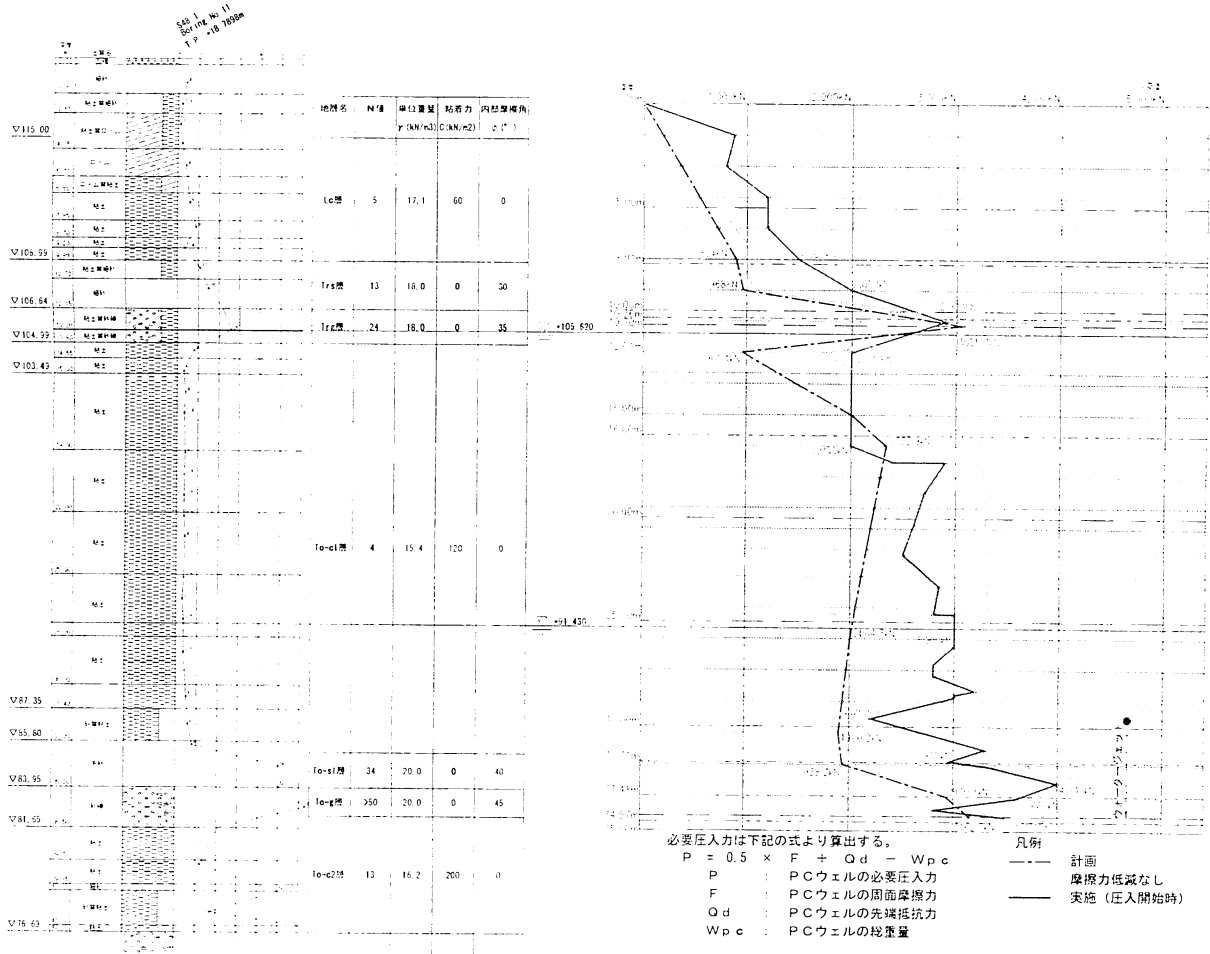


図-18 沈下関係図

PCウエルの沈下関係図（必要圧入力）の計画と実績を図-18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ウエルにおけ

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。今回の施工データが今後の同様な工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) PC ウェル工法協会：PC ウェル工法設計・施工マニュアルー施工編ー，pp.28 -29，2009年3月

(2012. 9. 3受付)

RECTANGULAR BLOCK PRESS-IN EXCAVATION AT GREAT DEPTH ADJACENT TO AN OPERATING RAILWAY

Kenji NAGATA, Katsusi HIROMOTO, Keisuke MAYUMI
Kenji TATEISHI and Masaaki TODA

A rectangular elevator shaft has been constructed by the PC well method to a depth of about 35 m close to an operating railway shield tunnel. In order to achieve a vertical accuracy of 1/400, the manufacturing accuracy of the precast members was ensured, and the construction was carried out to good accuracy by press-in control using an attitude monitoring system. Also, the separation from the shield tunnel was only 1.5 m, but it was possible to complete the construction with virtually no effect on the shield. Also, because the shape was rectangular, the press-in force calculated from the conventional equation was insufficient for pressing in, so pressing-in was completed by using a water jet to reduce the skin friction.