

特集>>> 鉄道

鉄道函体直下への透し掘り連壁の施工

JR ゲートタワー新設工事

齋 藤 力 哉・平 山 哲 也・安 斎 和 雄

JR ゲートタワー建設工事にあたり、土留め壁に地中連続壁を採用した。地中連続壁の施工にあたり、建設する敷地の地下には私鉄の鉄道函体が横断していたことから、当初は、鉄道函体下を施工基面とする計画としていた。しかし、鉄道函体下の狭隘な施工空間かつ地下水位以下という条件で多くの仮設工事を行わなければならないという課題があった。そこで、安全性の向上を目的として検討を行い、地上から施工する透し掘り連壁工法¹⁾を採用することに変更し、課題の解消を図った。本報では、透し掘り連壁工法を採用するに至った経緯と、採用にあたって検討した施工上のリスクへの対策について紹介する^{2), 3)}。

キーワード：土留め壁、鉄道近接、透し掘り連壁工法

1. はじめに

現在、名古屋駅前において、高さ約 220 m（地上 46 階）、深さ約 35 m（地下 6 階）の超高層複合ビル「JR ゲートタワー」（以下「新ビル」という。）を建設中である（図—1）。本工事は、既存の名古屋ターミナルビル（以下「旧ビル」という。）を取り壊し、跡地に新ビルを建設するものである。新ビルの地下躯体は、敷地の外周に土留め壁を設けて掘削し、地上部の建方と同時並行可能な逆打ち工法にて構築する。

2. 現場条件

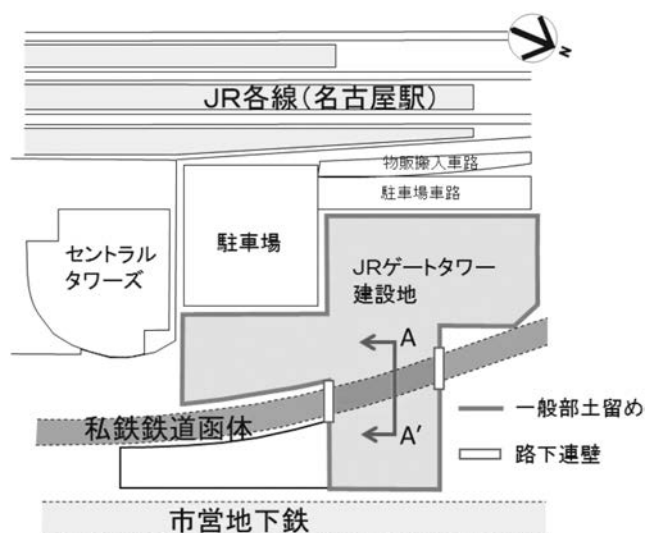
本現場の特徴は、①複数の鉄道営業線に近接していること（図—2）、②地下水位が GL-3 m と高いことが挙げられる。

特に、敷地中央の GL-9 m の位置には私鉄の鉄道函体が南北に横断しており、これを跨ぐように旧ビルが存在する。そのため、旧ビルを解体しながら、鉄道函体を約 50 m に亘って、一旦、杭・桁・ジャッキで仮受する。その後、鉄道函体下の空間に地下 3 階の床を構築し、その床に函体を受替えることで鉄道函体を地下の一室に取り込みつつ、更に地下 6 階まで新ビルを構築する（図—3）。

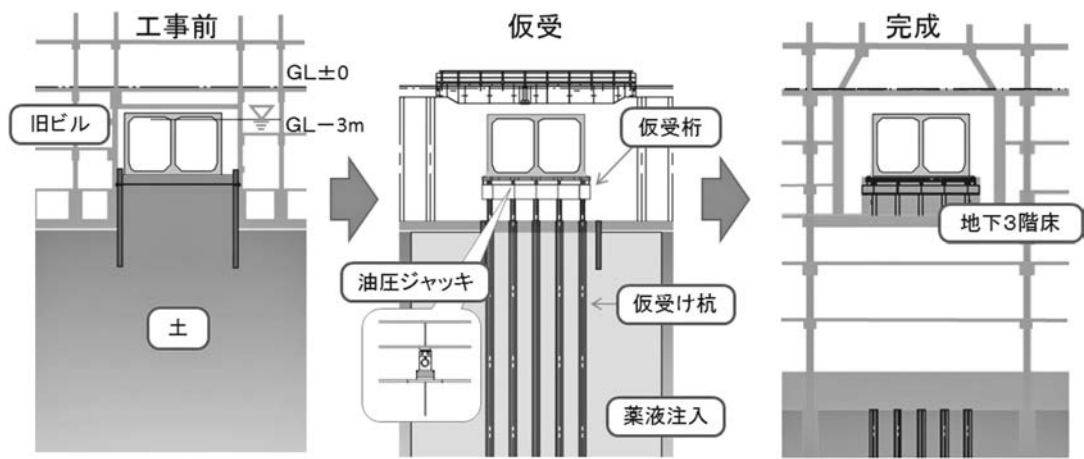
鉄道函体は昭和 16 年に完成した古い構造物であり、さらに他社営業線の重要線区でもあることから慎重に工事を進める必要がある。また、地下水位が高いことから、仮受工事に際して仮受杭周りに薬液注入等



図—1 JR ゲートタワー



図—2 平面略図



図ー3 ステップ図 (AーA'断面)

の止水対策を先行する必要がある。

3. 土留め壁の概要

敷地の外周を囲む土留め壁には遮水効果の高い地中連続壁工法を採用した。一般部の土留め壁はソイルセメント壁とし、GL-50 m まで H 鋼芯材を建込むこととした。また、盤ぶくれ防止を目的として土留め壁の掘削を延長し、GL-72.5 m の不透水層まで根入れさせて無芯のソイルセメント壁を構築することとした (表ー1)。



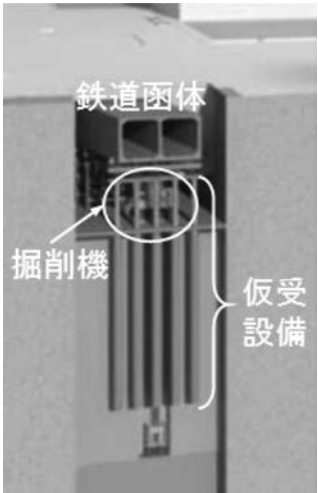
写真ー1 連壁掘削機

表ー1 土留め壁 (一般部) 諸元

項目	内容
施工方法	地中連続壁工法
土質条件	砂レキと粘性土の互層 (地下水位 GL-3 m)
土留め壁仕様	柱列式ソイルセメント壁
芯材	H-912 × 302 × 18 × 34 @450 H-900 × 300 × 16 × 28 @450 H-900 × 300 × 16 × 28 @750 H-588 × 300 × 12 × 20 @600 BH-700 × 300 × 30 × 80 @450 等
芯材長	49 m (GL-50 m)
エレメント形状	3.2 m × 1.15 m × 72.5 m 3.2 m × 0.95 m × 72.5 m 3.2 m × 0.80 m × 72.5 m 等
ソイルセメント 設計基準強度	$f'_{ck} = 0.5 \text{ N/mm}^2$

道函体と土留め壁が横断(交差)する部分においては、鉄道函体下での施工 (以下「路下連壁」という。)が必要であった。

路下連壁の施工方法について、当初計画では、鉄道函体の仮受工事を先行させることで事前に鉄道函体下に空間を確保し、その空間に掘削機を据え付けることとした (図ー4)。

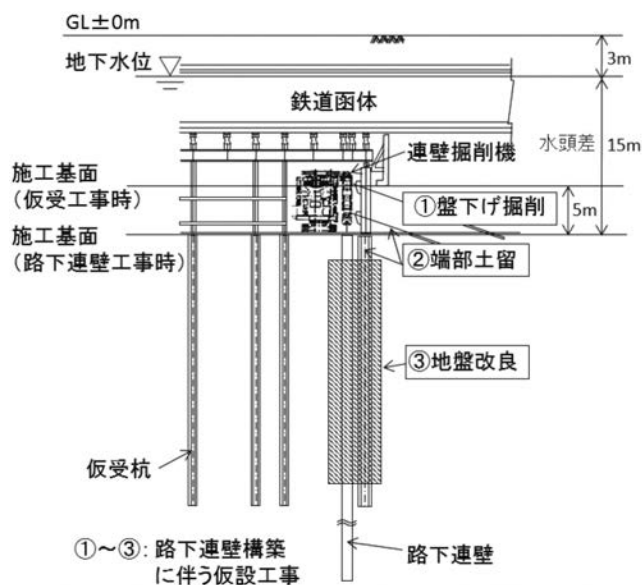


図ー4 当初計画イメージ

4. 当初計画の概要と課題

地中連続壁工法は、地上に据え付けた水平多軸回転カッター方式の掘削機にて掘削するが (写真ー1)、敷地の地下に先述の鉄道函体が存在することから、鉄

しかし、当初計画では、鉄道函体直下の狭隘な施工空間かつ地下水位以下という条件で以下の多くの仮設工事を行わなければならないという課題があった（図—5）。



図—5 当初計画図

課題① 盤下げ掘削が必要

掘削機を据え付ける空間を確保するためには、仮受工事の施工基面よりも更に5mの盤下げ掘削が必要であった。

課題② 端部土留が必要

盤下げ掘削用の土留めが必要であった。

課題③ 地盤改良が必要

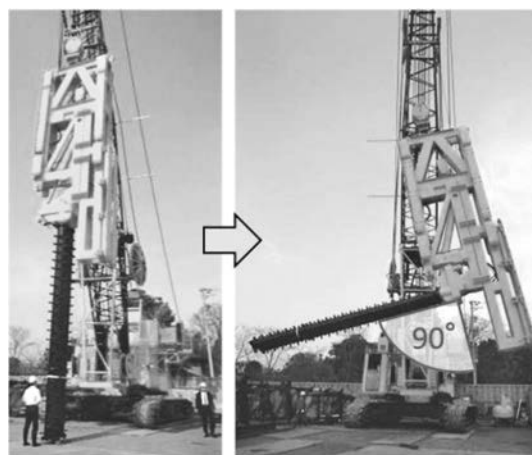
路下連壁の施工基面は、地下水位と15mの水頭差が生じることから、溝壁防護のために大規模な地盤改良が必要であった。

また、これらの仮設工事は全て、鉄道函体の仮受工事を終えた後から鉄道函体直下に集中して順次行うことから、全てがクリティカルパス上の直列工程となる。そのため、当初計画の課題を解消する目的で、より安全性の高い施工方法を検討した。

5. 透し掘り連壁工法の概要と課題

課題の根本は、施工基面が鉄道函体直下であることから生じていることから、掘削機を地上に据えて施工する方法として透し掘り連壁工法（SATT工法：Swing Arm Taisei Twincutter）に着目した。

この工法は、埋設物や構造物の障害物直下に地中連続壁を構築するために開発されたもので、あらかじめ障害物の脇に掘削したガイド孔内にツインカッター拡



写真—2 透し掘り掘削機

翼式掘削機のカッターを投入し、所定の位置でカッターを任意の角度に拡翼することができる掘削機をベースマシンに吊り下げ、障害物直下の掘削を地上から行うことが可能となる（写真—2）。

本工法は、当初計画で課題とした①盤下げ掘削、②端部土留、③地盤改良が不要となる。また、仮受工事に先立って路下連壁を施工できるので、仮受杭周りの薬液注入も不要となることから、鉄道函体直下での仮設工事を大幅に減らすことで安全性の向上が期待された。

しかし、当初計画の課題を解消できる一方で、以下の新たな課題が2点生じた。

- ・ 拡翼式掘削機のカッターと鉄道函体の離隔を目視確認できないため、鉄道函体を損傷してしまう恐れがあること。
- ・ 掘削中に、万が一鉄道函体に沈下が生じた場合の対処が極めて困難であること。

鉄道営業線の安全確保の観点から、本工法の採用には、これらの課題の解消が不可欠であった。

6. 新工法採用に向けた検討

透し掘り連壁工法を採用するための課題解消にあたり、改めて当初計画を振り返った。

当初計画では、連壁掘削機を鉄道函体直下に据え付けるために、先行して仮受工事を行うこととしていた。そのため、連壁掘削時には、鉄道函体は仮受杭により支持されており、掘削に伴い周辺地盤の緩みが発生してもその影響は受けない上に、万が一沈下が生じてもジャッキによる制御が可能である。また、路下連壁の施工基面が鉄道函体より下であるため、拡翼式掘削機のカッターが鉄道函体と接触する恐れもない。

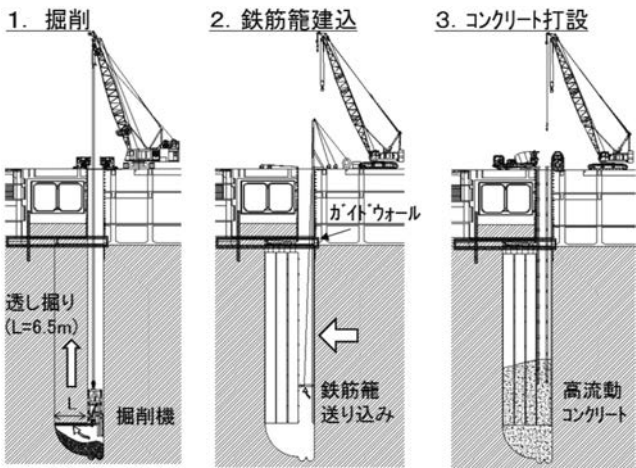
したがって、先行して仮受工事を行った後に新工法

の透し掘り連壁工法を行えば、仮受杭周りの薬液注入は必要となるが、先述の新たに生じた鉄道営業線の安全確保に関する課題は解消できると判断した。

以上から、透し掘り工法に仮受工事を組み合わせる案を検討したところ、当初計画と比較して、安全面に加えてコスト面や工程面でも優れていることが確認できたため、同工法の採用を決定した（表―2、図―6）。

表―2 透し掘り連壁諸元

項目	内容
施工方法	透し掘り連壁工法（SATT 工法）
土質条件	砂レキと粘性土の互層 （地下水位 GL-3 m）
支障構造物	RC ボックスカルバート 幅 11 m × 高さ 6.6 m
土留め壁仕様	鉄筋コンクリート地中連続壁
コンクリート	高流動コンクリート、60-68-20N
エレメント数	4 エレメント
エレメント形状	9.7 m × 1.15 m × 43.3 m
透し掘り長	6.5 m
空掘り長	13.2 m（先行仮受高さ）



図―6 透し掘り掘削ステップ

7. 施工上のリスクの抽出と対策の実施

透し掘り連壁工法は、鉄道営業線直下での作業実績がなかったため、施工の半年前から、施工上のリスクの抽出と、リスクへの対策を考案し、実施を図った。その中で代表的なものを以下に示す。

(1) 拡翼式掘削機の故障対策

透し掘り連壁施工箇所では、仮受工事の前に止水を目的とした薬液注入を実施しているため、使用した注入管や削孔ビットが土中に残置されたままとなってい

る。そのため、それらが拡翼式掘削機のカッターに絡まることで機械が故障し、掘削作業が中断もしくは困難となることがリスクとして考えられた。

そこで、注入管や削孔ビット等の支障物を入れた実物大の模擬土槽を地上に構築し、その土槽の土をトラブルなく掘削できるか確認する試験を行った。試験の結果、支障物を拡翼式掘削機のカッターにて切削、排出しながら、問題なく掘削できることを確認した（写真―3、4）。



写真―3 掘削機の刃



写真―4 排出されたビット

(2) 掘削精度の確保

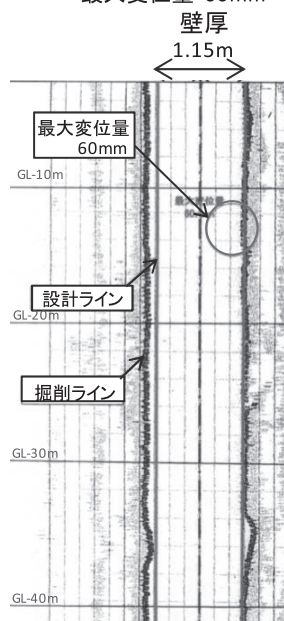
連壁の平面長さは、鉄道函体の幅から 13 m となり、溝壁の開放延長を短くすることと掘削精度を高める為に、6.5 m ずつ両側から掘削することとした。これは、過去に実績のない透し掘り長となった。そのため、鉄筋かごを溝壁に当てることなく建て込むためには、透し掘り連壁工法における掘削精度の確保が重要となるが、従来通りの掘削精度管理手法では、カッター先端の位置が分からず、所定の精度が確保できないことがリスクとして考えられた。

そこで、通常の連壁掘削時に多く使われる APS（絶対位置測定装置）を透し掘り掘削機に初めて搭載することとした。これにより、拡翼式掘削機のカッター先



写真—5 APS モニター

●測定結果
掘削変位管理値 64mm
最大変位量 60mm



図—7 超音波測定結果

端位置をオペレータ室にてリアルタイムにモニタリングし、掘削時のカッターの位置を、アジャスタブルガイドを用いて速やかに修正できることを可能にした。実施工において、掘削後の超音波測定により溝壁の形状を確認し、適切な掘削精度が確保されていることを確認した（写真—5、図—7）。

(3) コンクリートの確実な充填

コンクリートを打設する時、鉄道函体脇のガイド孔に配置したトレミー管から鉄道函体の中央部まで6.5mに亘って自己充填させる必要があるため、スランプフロー68cmの高流動コンクリートを採用した。しかし、高密配筋かつ安定液中での打設となるため、材料分離して自己充填されないことがリスクとして考えられた。

そこで、土木学会の『高流動コンクリート施工指針』に則り、事前に本施工の条件を模擬した上で、高流動コンクリート打設試験を実施した。試験の結果、先端までコンクリートが確実に充填され、材料分離がなく、設計値以上の強度が発現することを確認した（写真—6）。

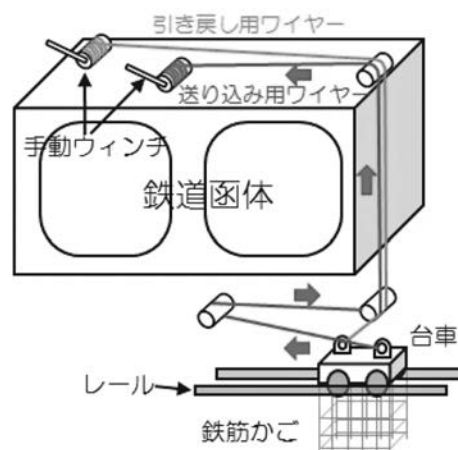


写真—6 高流動コンクリート試験

(4) 鉄筋かごの送り込み

鉄道函体下に長さ2mの鉄筋かごをガイド孔から3ロット送り込むために、手動ウインチを用いたワイヤリング装置を開発した。この装置は、あらかじめ鉄道函体の路下にガイドウォールと鋼製レールを設置し、鉄筋かご頭部に走行用台車を取付け、レール上に建込んだ後、地上の手動ウインチを用いて鉄道函体中央部まで鉄筋かごを送り出す。この時、鉄筋かごが安定液の抵抗を受けて鉛直に収まらず傾斜したままとなることがリスクとして考えられた。

そこで、鉄筋かごを押込む押付け装置を開発するとともに、加えて、押付けるアーム長を3段階に設定することで、各ロットの設計位置まで鉄筋かごを順調に送り込むことに成功した（図—8、写真—7）。



図—8 ワイヤリング装置概要



写真一七 押付け装置



写真一八 施工完了時の集合写真

8. おわりに

鉄道営業線の安全確保を最優先に施工方法を検討し、当初計画よりも安全性を向上させるとともに、低コスト・工期短縮が可能な施工方法を採用することができた。また、施工時のリスク対策を入念に実施した

ことにより、無事故で中断なく土留め壁工事を完遂することができた。引き続き、鉄道営業線の安全確保を最優先に、新ビル新設工事の完成に向けて工事を進めていく。

謝 辞

最後に、本稿で紹介した工法のみならずあらゆる場面において、多くの関係者の知恵と力を結集して本工事を進めてきました。まだ新ビル新設工事途中ではございますが、紙面をお借りしまして、ご指導、ご協力をいただいた関係者各位に深く御礼申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 透し掘り連壁工法研究会：透し掘り連壁工法，施工マニュアル・積算基準（案），2006.4
- 2) 渡辺，片上，齋藤，小野寺：透し掘り連続壁工法（SATT 工法）による営業線直下の路下連壁の施工について，土木学会第 69 回年次学術講演会，VI -697，2014
- 3) 齋藤，森，小野寺：鉄道函体直下を横断する透し掘り連壁工事の施工，日本鉄道施設協会誌，2015.9

〔筆者紹介〕

齋藤 力哉（さいとう りきや）
東海旅客鉄道㈱
建設工事部 土木工事課
課長代理



平山 哲也（ひらやま てつや）
大成建設㈱
土木本部 機械部 機械技術室
課長



安斎 和雄（あんざい かずお）
成和リニューアルワークス㈱
名古屋事業所
所長

