

首都高速道路橋脚近接箇所における CSM 工法による開削工事 - 虎ノ門・麻布台地区第一種市街地再開発事業に伴う六本木一丁目駅連絡通路設置工事 -

清水建設株式会社	正会員	○新田 直也	清水建設株式会社	正会員	上嶋 靖治
清水建設株式会社		高橋 伸知	清水建設株式会社		太田 諒
森ビル株式会社		橋山 昌和	森ビル株式会社		安本 洋輔
			東京地下鉄株式会社		臼井 康人

1. はじめに

「六本木一丁目駅連絡通路設置工事」は、「虎ノ門・麻布台地区第一種市街地再開発事業（麻布台ヒルズ）」の一部として、東京メトロ南北線六本木一丁目駅と麻布台ヒルズを接続する地下通路を構築する工事である（図1）。埋設管が輻輳する区間の躯体構築は、非開削工法（URT 工法）で施工し、その他の区間は開削工法（最大掘削深度 15.3m）で施工した。開削区間には、首都高都心環状線が近接しており、橋脚と土留壁の最小離隔は約 4.0m であった。そのため、掘削時の土留壁の変形による首都高橋脚の変位発生が懸念された。

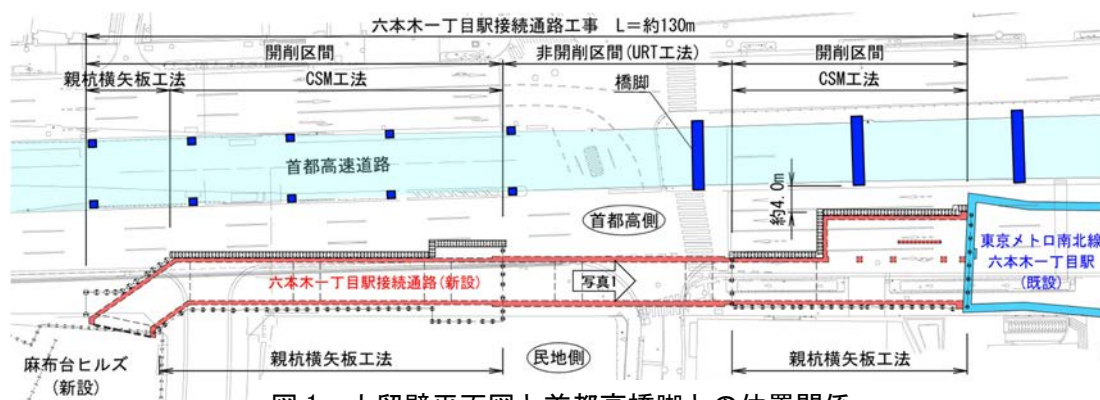


図1 土留壁平面図と首都高橋脚との位置関係

2. 土留工法と施工機械の選定

首都高橋脚への影響を抑制するため、土留壁の変位を低減させる必要があった。そのため、首都高側の土留壁は、柱列式地中連続壁よりも芯材間隔を密に配置でき、より剛性を高めることが可能な等厚式地中連続壁を採用した。また、施工ヤードが首都高や民地に近接しており、非常に狭隘であることから、首都高を走行する車両や周辺の住民に圧迫感を与えない施工機械が求められた。さらに、土留壁の平面配置が直線となる区間が短く、チェーンソー型のカッターで掘削を行う施工機械では、カッターの引き上げ工程を幾度も挟む必要があり、作業効率が悪いという問題も存在した。

そのため、機械高さが約 8.6m と低空頭で、かつ水平多軸回転カッターにより土とセメント系懸濁液を現位置攪拌して壁体造成を行う CSM 工法を採用した（写真1、2）。

なお、首都高橋脚の対面である民地側の土留壁については、再開発用地であるため背面地盤沈下に対する厳しい制限が無く、埋設管が存在することもあり、親杭横矢板工法を採用した。



写真1 CSM 工法 機械配置状況



写真2 水平多軸回転カッター

3. 首都高に対する近接影響判定

開削工法による掘削を行う際の首都高橋脚に対する近接影響範囲を図2に示す。近接程度は、首都高からのキーワード 開削工事，土留支保工計画，CSM 工法，首都高近接工事

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設株式会社 土木技術本部 TEL:03-3561-3877

距離により無条件範囲Ⅰ、要注意範囲Ⅱ、制限範囲Ⅲの3種類に区分しており、各範囲に応じた設計施工上の検討・対策が必要となる。そのうち、本開削工事は、図2に示す通り、近接対象躯体（首都高）の幅 $B_1 \times 1.0$ の範囲内である制限範囲Ⅲに該当する。制限範囲Ⅲは、影響検討の結果に基づき、地盤改良、土留壁の剛性増加などの対策が必要となる範囲である。

4. 土留計画

図3に、最も首都高橋脚に近接する区間の土留支保工の横断面図を示す。支保工段数は5段（0～4段目支保工）とした。また、覆工受桁と腹起しを隅部フラットピースにより接続する（図4）ことで、土留壁が受ける土水圧を覆工受桁に軸力として伝達させる構造としている。そのため、覆工受桁は、土留壁に対して切梁（0段目切梁と呼称）としても機能しており、土留壁頭部の変位抑制の一助となっている。土留の弾塑性解析（首都高側土留壁と民地側土留壁の非対称を考慮した解析）により、躯体下層側壁のコンクリートを打設後、3段目支保工（TP+18.200m）を撤去する際、首都高側土留壁の変位が最大となる。そのため、TP+15.200mの位置に盛替梁を設け、変位を抑制する計画とした。

5. 地盤改良計画

床付け直下は、高圧噴射攪拌工法により底盤改良を行う計画とした。改良の目的は、床付け付近の土留壁変位の抑制と東京メトロ南北線シールドに対するリバウンドの抑制であった。そのため、改良体強度（変形係数）が高いこと、施工機が小型で狭隘な施工ヤードで使用可能であること、大口径（ $\phi=3500\text{mm}$ ）の改良体を造成可能であり工期短縮も可能であることから、JET CRETE工法（一軸圧縮強度 $q_u=3.0\text{ MN/m}^2$ 、改良率80%、変形係数 $E=912\text{ MN/m}^2$ ）を採用した。掘削底面の安定（盤ぶくれ）に対する対策は、首都高側についてはソイルセメント壁を粘性土まで根入れすることで対策とした。また、民地側の土留壁は親杭横矢板であるため、背面に薬液注入工を実施し注入下端を粘性土とした。

以上の対策を考慮した土留の弾塑性解析により、首都高側土留壁の変位（最大水平変位 3.50mm ）を算出した。この算出した土留壁変位量を「首都高橋脚と開削部をモデル化した2次元FEMモデル」の土留壁部に強制変位として与えることで、首都高橋脚の変位を予測した。首都高橋脚変位の予測値は水平方向 2.09mm 、鉛直方向 0.41mm であり、許容値を超過しないことを確認した。

6. おわりに

2023年3月時点で、最も首都高橋脚に近接する区間の躯体構築は上床版まで完了しているが、首都高橋脚の変位は管理値を超過することなく安全に施工ができている。本稿が類似工事の参考となれば幸いである。

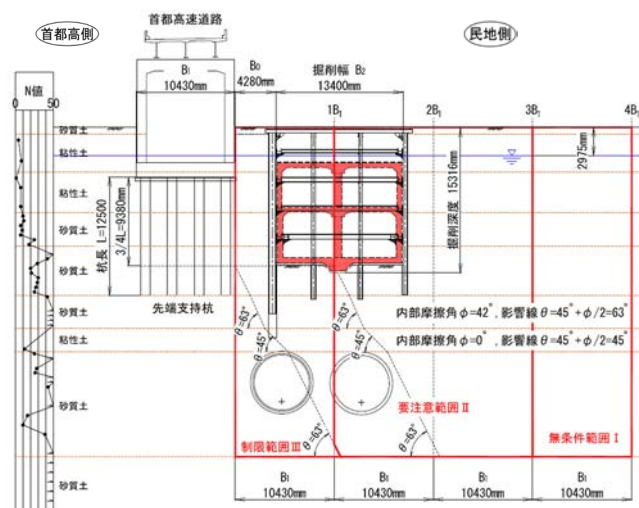


図2 掘削に対する影響判定図

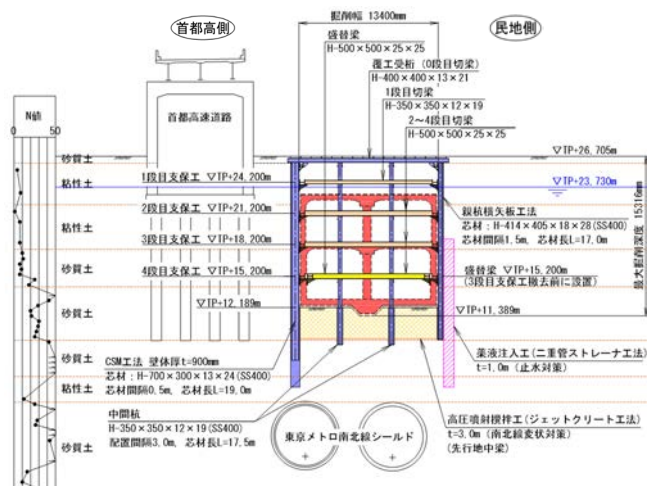


図3 土留支保工（横断面図）

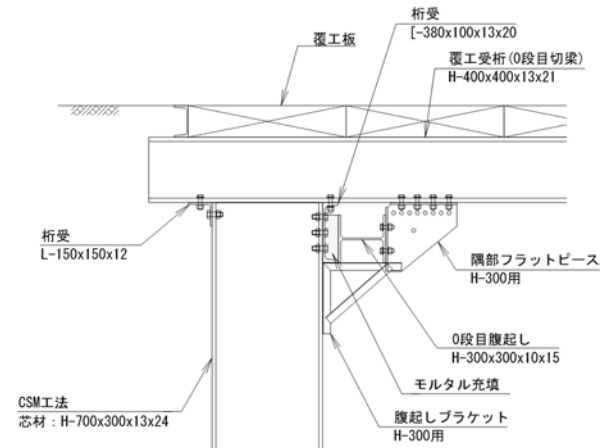


図4 0段目支保工詳細図