

高圧噴射攪拌工が適用困難な高粘性土地盤に対する大断面シールド発進立坑の施工例

国土交通省 関東地方整備局 東京空港整備事務所
清水建設株式会社
清水・五洋特定建設工事共同企業体

非会員 林 智樹 非会員 鎌田 高史
正会員 ○三輪 理紗子 正会員 安藤 陽
非会員 山本 直樹

1. はじめに

東京国際空港では、国際線と国内線の両ターミナルを連絡する「際内トンネル」を築造し、ターミナル間の移動時間の短縮による利便性の向上を図っている。本稿では、高粘性土地盤における大断面シールド発進立坑の発進防護の地盤改良工、地中連続壁工および立坑掘削時の底盤改良工の施工について報告する。

2. 工事概要

本工事の主要工種は、仕上がり内径 $\phi 10.7\text{m}$ 、延長1,853.6mのシールドトンネル工および国内線ターミナル側へ連絡するアプローチ部（函渠・U型擁壁）のRC躯体構築工であった。シールドマシンは立坑部躯体の構築前に発進する計画であった。

発進防護では、延長14.0m×幅17.3m×厚さ19.6～20.3mの範囲の地盤改良を行った。発進立坑（内空寸法：延長28.0m×幅16.0m×深さ18.5m）では、土留め壁として地中連続壁を造成し、先行地中梁として底盤改良（層厚4.0m）を行った。図-1, 2, 3に本項の対象となる発進防護地盤改良部およびシールドマシン発進立坑の平面図、縦断面図、横断面図をそれぞれ示す。

3. 試験施工と施工上の課題

当初は、発進防護地盤改良工および底盤改良工に高圧噴射攪拌工を適用する予定で、事前に試験施工を行った。設計上の改良体有効径は4.5m、設計改良率は発進立坑底盤改良で80%、発進防護地盤改良で100%であった。表-1に地盤定数の設計値を示す。試験施工の結果、改良体の有効径は最大でAc1層にて1.8m、最小でAc2層にて0.4mであった。地盤の粘性が高いため、目標とする改良体の有効径が確保できなかったものと考えられた。

固化材噴射前に清水噴射にて地山を排土するプレジェット時間の延長や、固化材噴射時間の延長などの対応により改良率を向上させることができた土層がある一方で、Ac2層では効果が見られず、高圧噴射攪拌工による施工の確実性を確認することができなかった。また、2020年東京オリンピック開催までにトンネルを開通させるため、計画通りシールドマシンを発進させる工程確保が求められていた。

3. 対策工の提案

上記の課題に対し、対策工として底盤・地盤改良工法および地中連続壁工法の変更を提案した。底盤・地盤改良工法について、高圧噴射攪拌工からオールケーシング工法を用いた流動化処理土全置換に変更し、改良体施工の確実性と品質を確保することを考えた。また、地中連続壁工法について、当初計画のSMW工法から、油圧開閉バケット式掘削工法を用いた地中連続壁工法に変更し、支障物撤去工を同時に施工することで工程短縮を図った。図-4に底盤・地盤改良杭および

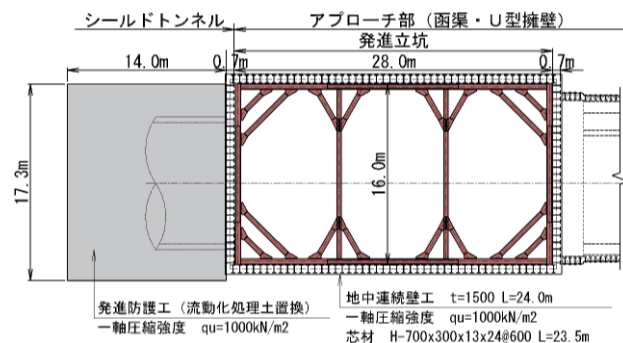


図-1 平面図

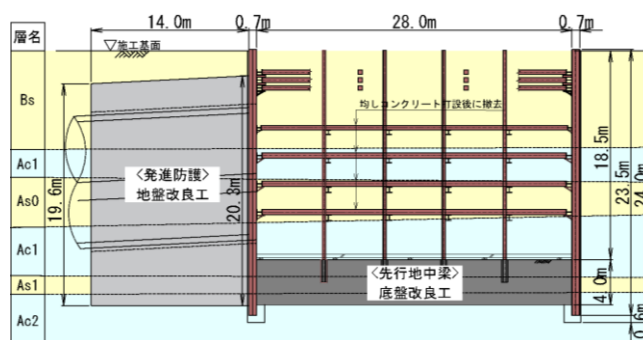


図-2 縦断面図

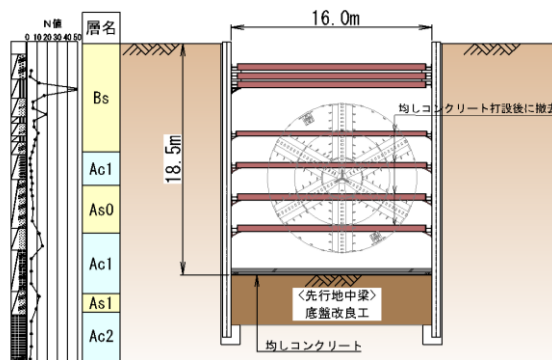


図-3 横断面図

表-1 地盤定数の設計値

土層名	平均N値	単位体積重量 (kN/m ³)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)	変形係数 (kN/m ²)
Bs	8	18.0	—	34	22,400
Ac1	4	16.5	28	—	10,800
As0	7	17.5	—	36	19,600
As1	9	17.5	—	31	25,200
Ac2	3	15.0	41	—	28,400

キーワード 地盤改良工、地中連続壁工、オールケーシング工法、高圧噴射攪拌工、発進立坑

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総本部土木技術本部設計部 TEL:03-3561-3897

地中連続壁の配置を示す。初めに発進防護の地盤改良を行った後、地中連続壁の施工を行うことで、施工済の改良体を切削しながら壁体を造成することができ、発進防護と地中連続壁の密着性を確保した。地中連続壁施工後、発進立坑の底盤改良を行った。地中連続壁打設時に掘削幅を広げ、芯材を掘削幅中心から300mm背面地山側にずらして配列することで、その後のオールケーシング工法による削孔にて地中連続壁を削りながら改良体を造成することができ、底盤改良体と地中連続壁の密着性を確保した。(図-5)

4. 施工状況

4.1 オールケーシング工法を用いた流動化処理土全置換による底盤・地盤改良(写真-1)

改良径は発進防護で1.5m、発進立坑で2.0m、改良率は発進防護で100%、発進立坑で87%、流動化処理土の設計一軸圧縮強度は 1200kN/m^2 とした。打設本数は発進防護176本、発進立坑160本(ともに杭長22.5m)で、施工期間は発進防護で4.7カ月(115日)、発進立坑で2機の施工にて3.3カ月(83日)かかった。

発進立坑底盤改良の埋戻し範囲は、改良体と埋戻材の混合を避けるため、一軸圧縮強度 300kN/m^2 の貧配合流動化処理土とした。立坑掘削時は地山と同等の歩掛にて掘削可能だった。ヒービング防止およびケーシング引抜き時の孔壁の崩壊防止のため、隣接杭の施工時期に間隔を設けた。

4.2 バケット式掘削工法を用いた地中連続壁打設(写真-2)

芯材はH-700×300@600、L=23.5mとし、施工延長は90.8m(掘削幅1.5m)であった。流動化処理土の設計一軸圧縮強度は、底盤改良範囲で 1200kN/m^2 、床付以浅で 600kN/m^2 とした。施工期間として1.0ヶ月(26日)かかった。

芯材に対して掘削幅が広く、芯材を背面地山側に寄せて配置する必要があるため、芯材の掘削面側と側面に掘削時の撤去が可能な塩化ビニル製スパーサー、背面地山側に鋼製スパーサーを取り付け、フラットバーにて複数の芯材の横つなぎを行って離隔を確保した(写真-3)。安定液の水位変動による溝壁の洗掘を防止するため、施工箇所に沿って幅・深さそれぞれ1.5mの範囲を事前に流動化処理土で置換した。

5. まとめ

高圧噴射攪拌工の適用困難な高粘性土地盤に対し、オールケーシング工法による流動化処理土全置換での地盤改良工と油圧開閉バケット式掘削工法を用いた地中連続壁工を実施した。

地盤改良工については、施工完了7日後に改良杭のラップ部にてチェックボーリングを行い、コア観察および一軸圧縮試験を実施し、改良体の連続性を確認できた。地中連続壁工については、立坑掘削後の土留め壁の凹凸や漏水が非常に少なく、改良体との連続性が確保されたことが確認できた上、土留め支保工や躯体構築工の施工性を向上させた。工程についても、掘削・土留め支保工の施工性が高く、シールドマシンを計画通り発進させることができた。

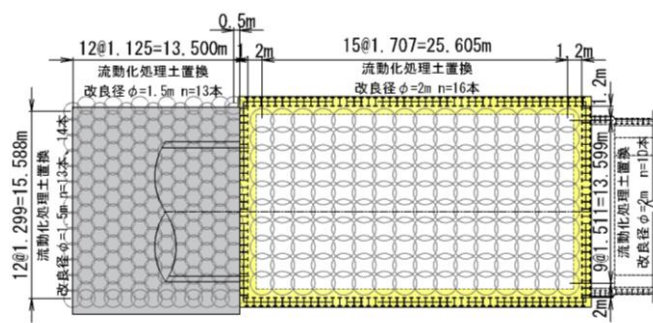


図-4 底盤・地盤改良杭および地中連続壁配置図

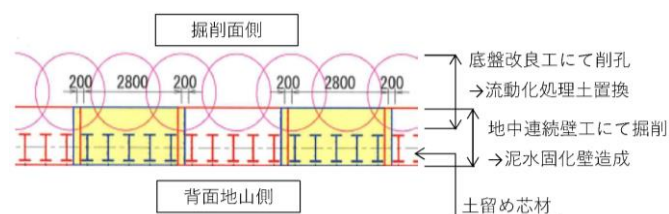


図-5 連続壁と底盤改良の密着性

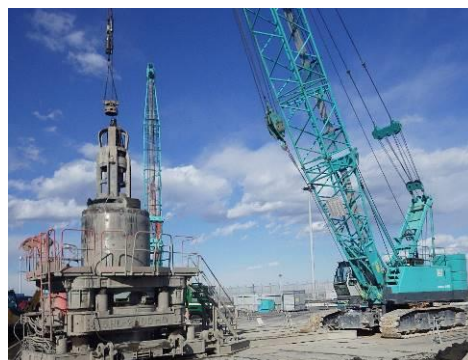


写真-1 地盤改良工 掘削状況



写真-2 地中連続壁工 施工状況

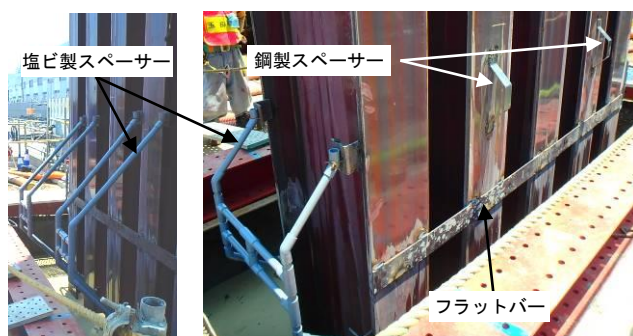


写真-3 地中連続壁スパーサー