

既設地下鉄のアンダーピニングにおける補助工法

被圧地下水 地盤改良 地下鉄

大阪市交通局 正会員 塩谷智弘, 石崎雅史
三井住友・地崎特定建設工事共同企業体 井上幸治, 富山茂樹
(財)地域 地盤 環境 研究所 正会員 譽田孝宏
(株)エステック 正会員 小川恒郎, 加嶋透

1. 工事概要

大阪市営地下鉄第8号線のうち太子橋今市停留場(仮称)においては、既設の地下鉄第2号線(谷町線)との連絡駅との位置づけから、乗り継ぎ利便性を向上させるため、第2号線既設構造物の仮受工(アンダーピニング)を施工した。アンダーピニング工法については、既設構造物直下に導坑を掘削し、その中で路下杭を造成して仮受けする下受梁工法を採用したが、既設構造物が軟弱かつ鋭敏な沖積粘性土層に支持されており、主として「導坑掘削に伴う地盤の支持力低下」による沈下が懸念されたことから、補助工法として高圧噴射工法による先行地盤改良を施工した。本稿では、地盤改良体の出来形および既設構造物との密着性について報告する。

2. 土質概要と工事概要

既設構造物の支持地盤は、東大阪特有の軟弱かつ鋭敏な沖積粘性土層(3.5m程度のAmc下層(自沈粘土)相対含水比0.7~0.8、粘着力65~110kN/m²)であり、その下部にはGL-8m程度の非常に高い被圧水頭を有する洪積砂礫土層(Tg層)が堆積している。本工事では、上載荷重を直接的に硬質なTg層へ伝達させることを目的とした地盤改良体を図1および図2に示すような配置で施工した。対象地盤にはTg層とその上部にあるAls層といった高い被圧水頭を有する土層が含まれるため、CJG工法やRJP工法等の従来の高圧噴射工法によった場合には、孔内外の圧力不均衡から孔壁崩壊を引き起こして改良径が不足するなどの不具合を招くおそれがある。そこで、地盤内圧力および排泥の管理が容易であるMJS(Metro Jet System)工法を採用した。MJS工法は水平施工の事例が数多くあるが、本工事はアンダーピニングの補助工法として鉛直施工した初の事例となった。また、本工事では先端モニター部に地盤内圧力計と排泥口に加え排泥シャッターを新たに設け、施工管理がより容易になるよう改良を加えた。これにより、孔内圧力を常時管理しながら泥土の排出制御が可能となるので、高被圧水でもより確実な改良効果を得ることが可能となった。

3. 地盤改良体の施工計画

地盤改良体は図1に示すとおり、第2号線の側壁沿いに12本を路下施工、第2号線の軌道敷内に設けたコア抜き孔から営業時間外の列車間合い(約2.5時間)に36本を施工した。コア抜き孔には被圧地下水が噴出ししないよう逆止弁を設けた。第2号線の軌道敷内は上下線の軌道中心間隔が約10mと広く、ボーリングマシンおよびプラント設備を建築限界外に留置することが可能であり、さらに地上部においてもプラント設備を設置できる用地が確保でき、効率的な施工を行うことができた。地盤改良体はそれ自体で上載荷重(約71,000kN)を支持できる条件を満たすものとし、1本当たりの改良径を1,800mm、設計強度を1,000kN/m²とした。また、上載荷重を確実に下部地盤へ伝達するためには

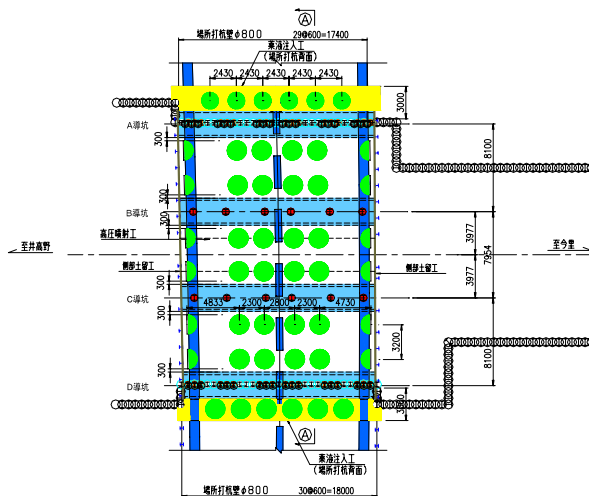


図 - 1 高圧噴射工配置図

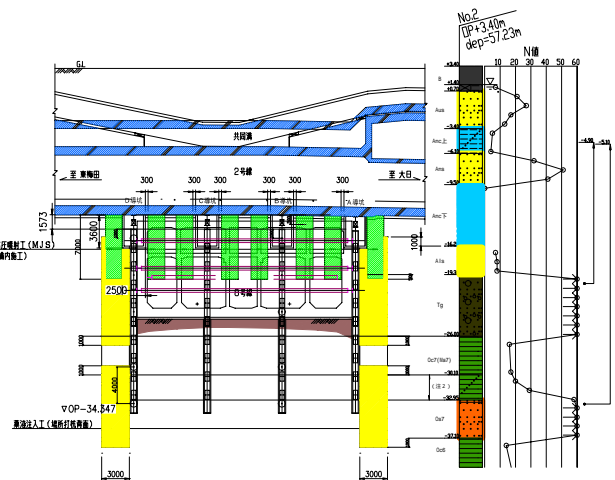


図 - 2 土質柱状図と施工断面

Supplementary method in underpinning for established subway;Tomohiro Shiotani & Masashi Ishizaki (Osaka Municipal Transportation Bureau),Yukiharu Inoue & Shigeki Tomiyama (Sumitomo Mitsui Construction JV),Takahiro Konda(Geo-Research Institute),Tsuneo Ogawa & Toru Kashima (ESTEC Co.,Ltd.)

既設構造物との密着性を良好に保つ必要があるため、ブリージングを抑制した硬化材配合を採用するとともに、コア抜き孔内にエア抜きを設けた。地盤内圧力管理値は図 - 3 に示すように、深度により上限値と下限値を設けて管理した。

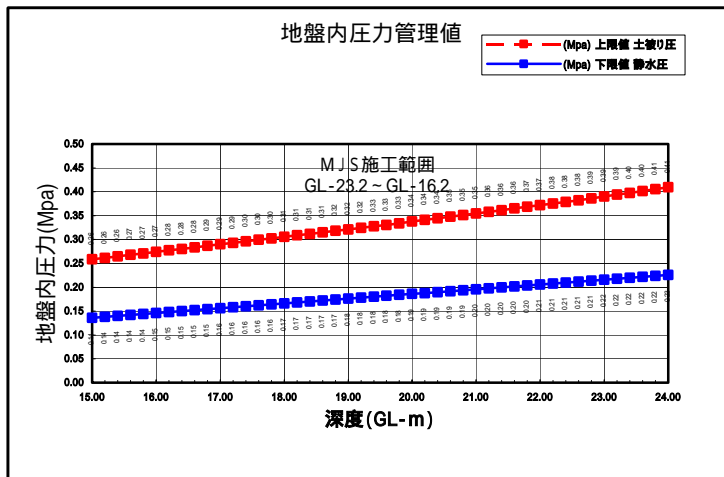


図 - 3 地盤内圧力管理値

4. 地盤改良体の出来形および既設構造物との密着性の確認

使用した硬化材の配合を表 1 に示す。このうちブリージング対応型については、事前に室内試験を行い、噴射圧力、流量のバランス等を考慮して良好な流動性が確保できるよう、水セメント比を 80% に設定したものであり、標準配合(水セメント比 100%) と比べブリージング率が約 1/4 (0.6% 程度) に減少した。地盤改良体頭部ではこの配合を採用し、さらにエア抜きを利用して無収縮グラウトによる補足注入を行った。図 4 に示すように、既設構造物下部で地盤改良体頭部を観察したところ、基礎砕石を巻き込んで既設構造物に密着していることが確認できた。また、第 2 号線軌道敷内からもコアサンプリングしたところ、既設構造物片に密着している状況が確認できた。

第 2 号線軌道敷内においては作業時間帯が短く、1 本の地盤改良体 (7m) の造成に 7 日要することから、前日に施工した改良体との打継部 (ラップ部分) には遅延剤を用いた配合を採用した。それぞれの配合で施工した部位からサンプリングした試料により一軸圧縮試験を行ったところ、平均 2,744kN/m² と設計強度以上の値が得られた。このうち、ラップ部分の一軸圧縮強度は平均 2,880kN/m²、一般部は 2,647kN/m² であり、頭部から末端に至るまでほぼ均一な強度を有していることが分かった。また、全層にわたって、先端モニターの排泥口に設けたシャッターの開度を調整して精度の高い排泥管理を行い、さらに既設構造物の直接的な支持地盤である Amc 下層については不攪乱状態では粘着力が高いため、清水によるプレジェット (40Mpa) を先行施工して改良体を造成した。その結果、図 4 に示すように、平均 2,000 mm の改良径を確保することができた。

表 - 1 硬化材の配合

	標準配合	遅延型配合 ラップ部分	ブリージング 対応型
高炉セメント(kg)	754	754	886
添加剤(kg)	8	8	9
遅延剤(kg)		15	
水(kg)	752	733	701
比重	1.51	1.51	1.60



図 - 4 出来形及び密着性の確認状況

5. おわりに

既設構造物直下に先行施工した地盤改良体については、従来の高圧噴射工法にはない「地盤内圧力と排泥の管理」が可能である MJS 工法の利点を生かし、高被圧水下でも所要の改良径を得ることができ、結果として導坑掘削時はもとより導坑間切広げの完了時に至るまで、既設構造物に与えた変動を微小な値に抑制することができた。²⁾

また、硬化材の配合を調整することによって、ラップ部分の出来形が一般部とほぼ同等に確保できるとともに、頭部において既設構造物との良好な密着性が確保できることが確認できた。今後、同種の立体交差工事において非常に有用な補助工法であると考えている。

参考文献 1) MJS 協会: MJS 工法技術・積算資料第 6 版, 2002. 2) 塩谷智弘, 石崎雅史, 井上幸治, 富山茂樹, 豊田孝宏, 藤原正明: 既設構造物アンダーピニング時に地盤改良体と仮受杭に発生する応力計測, 第 40 回地盤工学研究発表会 (投稿中), 2005.