

大規模な仮受け工における薬注から導坑掘削時の支持地盤の挙動

鹿島・奥村・佐藤・森・ハンシン建設工事共同企業体	正会員	渡辺 幹広
神戸高速鉄道株式会社	正会員	井上 真次
神戸高速鉄道株式会社	正会員	長光 弘司
鹿島・奥村・佐藤・森・ハンシン建設工事共同企業体	正会員	奥野 光弘
鹿島建設株式会社	正会員	田中 耕一

1. はじめに

当工区は全体工期の約5割が経過し、鉄道函体の仮受け杭工を本格的に着手する時期を迎えた。現在、仮受け鋼管杭を打設するスペースを地下鉄直下に設けるために、薬液注入(ダブルパッカー工法)による地盤改良を行った後、メッセル工法による導坑(高さ3.5m×幅3.0m)を掘削している。検討に際しては、地盤改良強度の設計から導坑掘削時の挙動予測にはFEM解析を採用し、改良の効果確認には原位置におけるせん断摩擦試験であるSBIFT(Self Boring typed In-situ Friction Test)を採用した。導坑掘削時には側面に計測点を設けて側方変位を計測し、設計値と比較することにより解析モデルの妥当性について検証した。これまでのところ、鉄道函体にも大きな影響を与えずに良好に導坑掘削が進捗しているため、一連の予測解析から実績までを紹介する。

2. 設計手法

(1) 地盤条件

導坑掘削前に薬液注入による地盤改良を行う範囲は、図-1, 2に示すとおり、導坑と導坑との間で、導坑と同じ深度(厚さ:3.5m)の地盤を対象としており、洪積粘土層(UDc1)と玉石混りの洪積砂礫層(UDg1)で構成されている。礫質地盤のN値は50以上であり、平均粘着力は $c = 16\text{kN/m}^2$ 程度である。

(2) 必要改良強度の算定

今回の設計では、導坑掘削時の安全性検討のため2次元非線形FEM解析を行い、モール・クーロンの破壊基準より安全率が1.0を切らないように改良強度を設定した。具体的には改良地盤の粘着力をパラメータとしてFEM解析を行い、安全率が1.0を上回る粘着力を設定した。

解析は図-3に示す縦断面図を図-4のようにモデル化して行い、地盤改良を行う層の物性値についてはSBIFTの結果を用いた。地盤改良を行うのは導坑と同じ高さの層であるが、解析では改良効果を礫質土層についてのみ考慮し、粘性土層の変形係数はそのままとして行った。支保工(H-200×200×8×12@900)についてもモデル化し、初期応力解析では上載荷重として鉄道函体の自重を考慮している。各ステップの応力解放率の設定は山岳トンネルの応力解放率を参考とし、応力解放率の設定を導坑掘削時に30%、支保工・矢板設置時に70%として行った。以上のような条件で解析すると、導坑下部は注入不要、導坑切羽内は1次注入のみ必要、導坑間は函体の重量に応じた2次注入が必要となった。

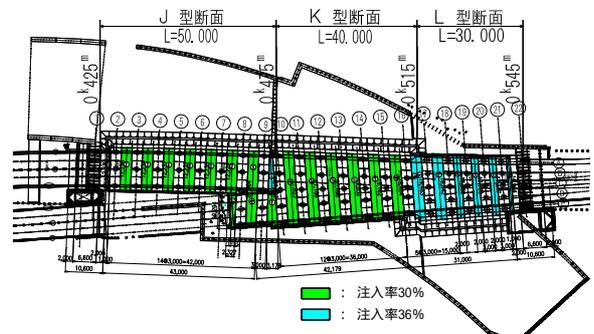


図-1 平面図

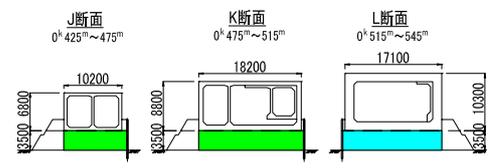


図-2 断面図

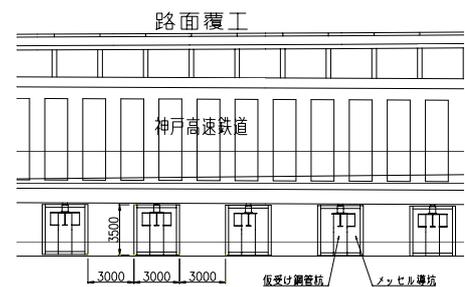


図-3 縦断面図

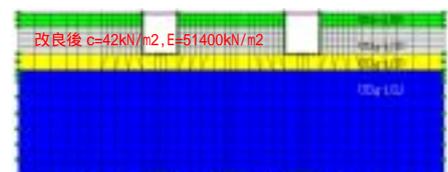


図-4 解析モデル図

キーワード 沈下, 計測, ボックスカルバート, 薬液注入, メッセル工法

連絡先 〒653-0016 神戸市長田区北町2-1 TEL 078-578-1761 FAX 078-578-1767

3. 施工実績

(1) 導坑掘削時の側方変位予測値と実測値との比較

全体施工の前に比較的軽量の断面で注入から導坑掘削までの試験施工を行い、側方変位量の計測により解析モデルの妥当性と施工の安全性を検証した。計測に際しては、ワイヤ式変位計を9m離れた導坑からボーリングにより12点×3断面(図-5, 6参照)=36点設置した。矢板近傍の変位の推移を示した図-7を見ると、計測点を切羽が通過した直後に影響が顕著に現れ、矢板の設置・裏込め注入後に変位は収まる傾向が分かる。裏込め注入完了後の計測結果は予測解析での変位よりも大きな値となったが、変位のオーダーは同程度であったので解析モデルは妥当であると判断し、モデルの見直しは行わないこととした。

(2) 計測値のフィードバック

メッセル工法の施工手順は、メッセル矢板(4.0m)推進後にテール部よりウレタン系材料で裏込め注入を行うとしている。予測値よりも計測値が若干大きかった原因として、矢板推進中の裏込め注入前に当初想定していたよりも大きな応力解放が起こっていたことも考えられる。そこで、解放率を導坑掘削時に50%、支保工・矢板設置時に50%として逆解析を行ったところ、裏込め注入後の変位とほぼ一致する結果となった。

(3) 鉄道函体への影響

鉄道函体への影響としては、薬注時に隆起、導坑掘削時に沈下することが考えられる。これまでの実績より、薬注による隆起量や導坑掘削時の沈下量を想定して施工管理を行った。薬注前後の函体の縦断変形を図-8に、試験導坑付近の薬注から導坑掘削までの経時変化を図-9に示す。絶対変位量は4~5mm程度隆起している箇所もあるが、相対変位量は2次管理値(1.5mm)内に収まった。

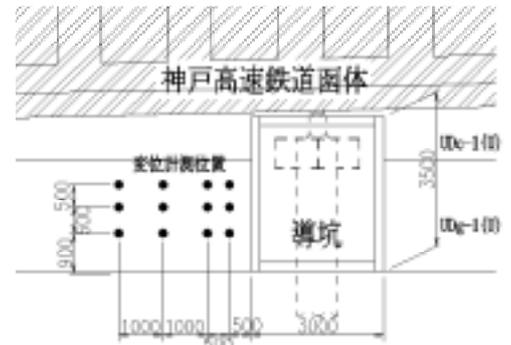


図-5 計測機器縦断配置図

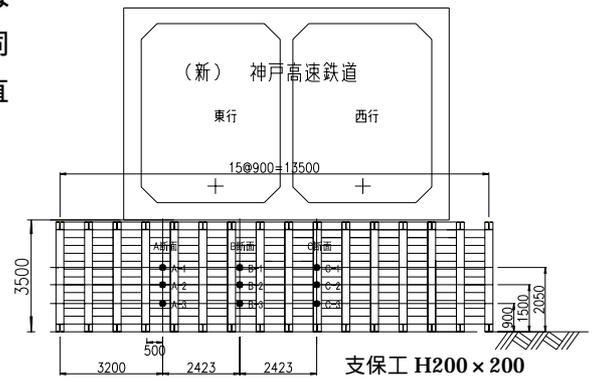


図-6 計測機器横断配置図

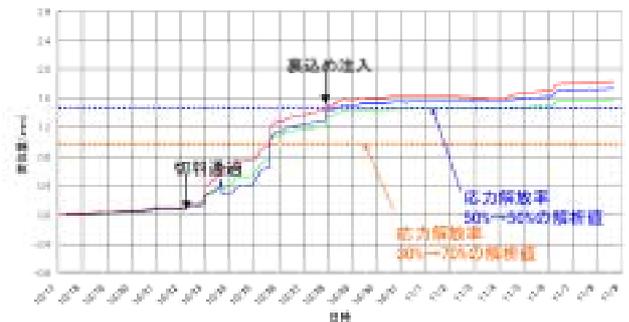


図-7 地山側方変位(導坑より50cm地点)

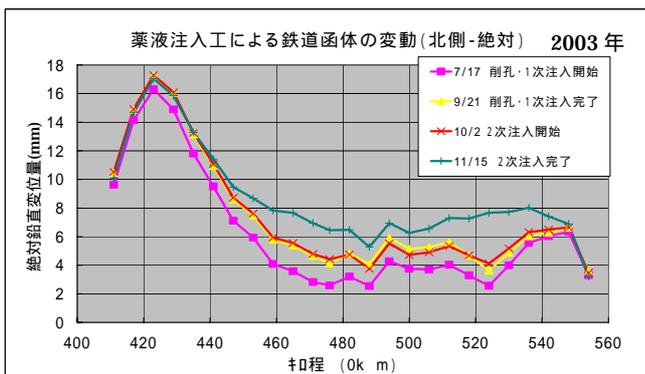


図-8 薬液注入による鉄道函体の変動

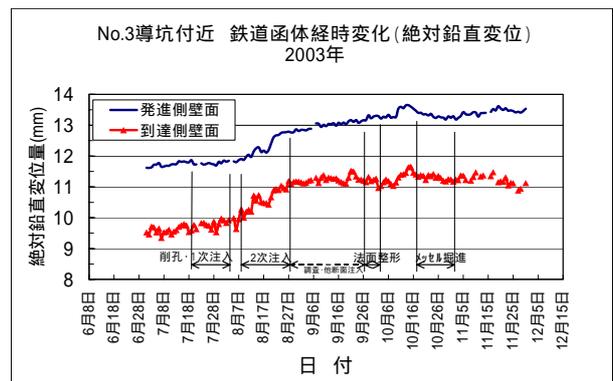


図-9 薬注～導坑掘削時の鉄道函体の挙動

4. おわりに

薬液注入は、強度や範囲の設定から施工に至るまで、安全確保とコスト削減を両立させることが大きな課題であった。導坑掘削はメッセル工法という在来の工法を採用しているものの、地山の実測変位量をフィードバックした応力解放率の検証を行った。今後、残りの導坑についても、調査・計測結果を踏まえながら、安全で効率的な施工を行っていく予定である。

参考文献 1)大橋,井上,長光他;大規模なアンダーパニングの設計と施工(その3),第39回地盤工学研究発表会(投稿中)。