

鉄道営業線近接工事における仮土留工の計測管理と挙動解析

東日本旅客鉄道（株） ○正 木戸 素子 正 齊藤 開
" 正 渡邊 康夫 加藤 堅作
（株）大林組 正 山本 忠久 村山 幾雄

1. はじめに

軟弱な地盤における仮土留工には、壁の変形抑止やヒービング・盤ぶくれの抑止、受働抵抗の増大の目的で、先行地中梁や底版改良と称して掘削面側に地盤改良を施すことが多い。仮土留工設計時のこの地盤改良に対する評価は、その使用する工法の技術資料等に示されている地盤定数を用いるのが一般的である。

しかし、この設計定数の検証がなされた事例が少なく、特に高圧噴射攪拌混合工法に関する報告は皆無に等しい。

今回は、砂層地盤での実施例を基に、この高圧噴射攪拌混合工法の評価を行ったので報告する。

2. 仮土留工の概要

今回の事例は、新潟県新発田市での都市計画道路建設工事に伴うJR在来線アンダーパス工事であり、線路下に非開削工法であるHEP&JES工法を用いてボックスカルバートを構築するものである。

HEP&JES用の発進・到達立坑部は、エレメントけん引等に支障しないように、土留め支保工を可能な限り少なくする方が有利である。

そこで、本工事においては、ゆるい砂層地盤での深さ10m程度の掘削ではあったが、切梁1段と底版改良（先行地中梁）のみで支保する構造とした。（図-1）

地盤条件および仮土留工の構造は、次の通りである。

>地盤条件：G.L.0.0～15.0m くらいまでN値5～20の

ゆるい砂層が堆積。地下水頭は、G.L. -0.9m。

>仮土留工の構造：

発進立坑一平面 約14×17m、掘削深さ 10.4m

到達立坑一平面 約 9×21m、掘削深さ 9.9m

切梁 1段 2H-500×500×25×25 @ 4.0m（発進・到達とも）

先行地中梁 全面改良 厚さ1.5m スーパージェットミディ工法

なお、下段の地盤改良は、盤ぶくれ抑止の目的で造成した。

3. 計測結果

床付け完了時の仮土留工の挙動を表-1および図-2に示す。

表-1 計 測 結 果

計測項目	発進立坑	到達立坑
最大変位量	13.4 mm	14.9 mm
切梁軸力	185.0 kN/m	122.6 kN/m

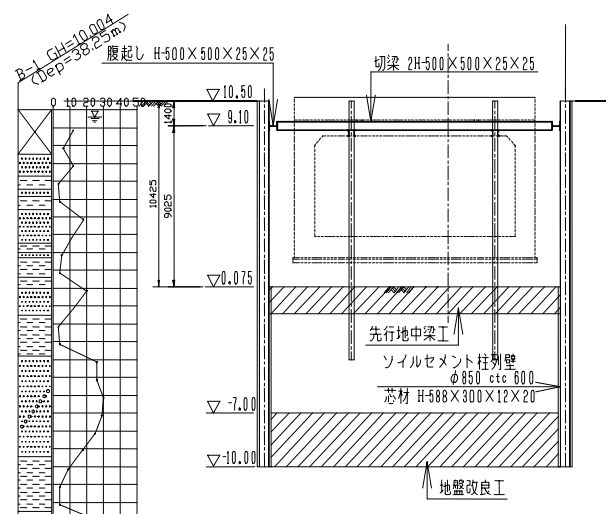


図-1 土留め工断面図（発進立坑）

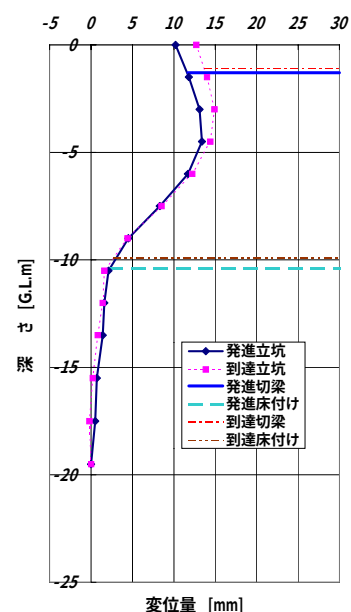


図-2 土留め壁変位分布（計測値；床付け時）

キーワード：地盤改良，高圧噴射攪拌混合工法，土留め工，逆解析，計測

連絡先：東日本旅客鉄道株式会社 上信越工事事務所 新潟担当課 群馬県高崎市栄町6-26

4. 地盤定数の同定

上記計測結果を基に、現地盤および先行地中梁部の特性値（地盤定数）を同定した。

4-1. 同定の方法

同定の方法は、いわゆる逆解析の手法を用いた。逆解析は、カルマンフィルタ等の統計的処理を施す場合もあるが、今回は近似解を得る方法として次の方法を用いた。すなわち、土層をあらかじめ細分化しておき、各土層深さ毎に土留め変位の解析値と計測値とを比較し、解析条件である土質定数（粘着力Cおよび内部摩擦角 ϕ ）や地盤反力係数kを上下させてフィッティングを行なう方法である。『支保工バネ値』は、計測で得られた「切梁軸力」と「土留め壁の変位置量」から算定した。主働側圧はランキン土圧、受働側圧はクーロン土圧とした。

4-2. 逆解析結果

逆解析における土留め変位置量分布は、図-3に示す通りとなった。ここに、実線が解析値、“・”印が計測値である。参考として、原設計の変位置量を一点鎖線で併記した。

また、逆解析における側圧は、図-4の通りとなった。ほぼ設計値に等しいが、G.L. -8.0~-10.0m 付近の主働側圧が小さくなっている。その原因は、原設計では「砂質土層」C=0としていたが、現実にはシルト質細砂層であり、粘着力が存在したためだと考えられる。

4-3. 地盤改良体の同定結果

逆解析によって同定された先行地中梁部の地盤反力係数は、原設計用値の約5.5倍となった。（表-2）

また、別途改良体の一軸圧縮試験を行なった。供試体は、先行地中梁（高圧噴射攪拌混合工法）の施工完了時にボーリングによってサンプリングした。その結果、一軸圧縮強度は設計用値の約1.7倍、変形係数は約2.1倍であった。（表-2、3）

今回の設計時には、営業線等に近接した工事で、かつ緩い砂層での大空間掘削であったため、軌道や近隣家屋に対する安全性を考慮して地盤反力係数算定時の α を1としていた。（表-2 欄外参照）

しかし、上記の照査結果より、先行地中梁部の地盤反力係数kは、設計用値のE50を用いた場合の $\alpha=4$ の値以上であることが分かる。

また、一軸試験結果の平均値を用いた場合には $\alpha=2.7$ 相当である。一軸試験結果を用い $\alpha=4$ とした場合には、床付け付近の変位置量が若干小さくなる。ただし、実測された変位置量が小さいため有為な差ではないといえる。

5. おわりに

今回逆解析の手法を用いて、地盤定数の同定を行なった。仮土留工の逆解析は、弾塑性モデルを用いているため、一般的には解析パラメータの同定が難しい。ただし、本事例の場合は、支保工が1段のみであり、解析モデルがシンプルであったため、比較的精度の高い同定結果が得られたと考えられる。

その同定結果を基に、高圧噴射攪拌混合工法による先行地中梁の評価を行なったが、設計用値と同等以上の品質であることが分かった。したがって、本事例のように比較的緩い砂層地盤であり、かつ施工管理を十分に行なう場合には、設計時の解析条件として技術資料¹⁾に示されている設計基準強度、変形係数および α を用いればよいと考えられる。

<<参考文献>> 1) Superjet-Midi 技術資料；Superjet 研究会

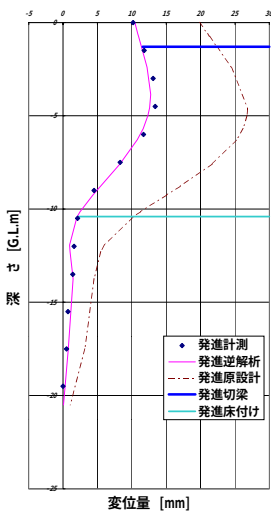


図-3 土留め壁変位置量比較

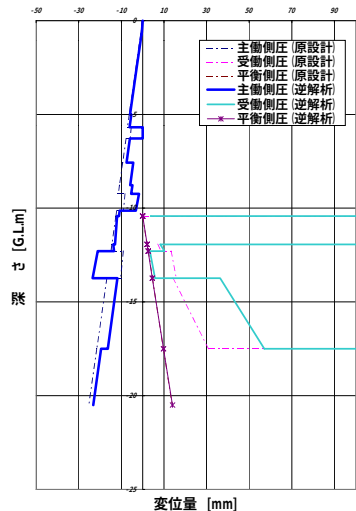


図-4 側圧比較

表-2 先行地中梁部同定結果

項目	単位	原設計用値 ¹⁾	逆解析による同定結果	一軸圧縮試験結果(平均)
一軸圧縮強度		3	—	5.1
粘着力	MN/m ²	0.5	—	—
変形係数E50		300	—	620
地盤反力係数k	MN/m ³	72.1*	400	149*

*：算定式は、 $k=1/30 \cdot \alpha E0 \cdot (B/30)^{-3/4}$ を採用。 $\alpha=1$ 。

表-3 先行地中梁部一軸圧縮試験結果

位置	供試体No.	一軸圧縮強度 MN/m ²	変形係数 MN/m ²
発進立坑	1	4.07	499
	2	4.82	667
	3	3.81	550
到達立坑	1	3.60	653
	2	6.39	733
	3	7.33	1536
	平均	5.00	773 (620)

()内は、到達立坑No.3の結果を除いた平均値