

全地連「技術フォーラム2025」山形 軟弱地盤上で実施した道路盛土の 試験施工結果に関する一考察

大日本ダイヤコンサルタント株式会社

○松永 晶、吉原 諒、谷口 雄太、山田 満秀

1. はじめに

粘性土が卓越した軟弱地盤上に盛土を施工する場合、盛土の沈下・安定・変形が問題となる。そのため、これらの盛土に対しては、軟弱地盤解析を実施し適切な対策工設計を行った上で、盛土施工を進めていくことが必要となる。一方で、軟弱地盤解析では地盤定数や解析条件等が設計者の判断に委ねられるため、これらの条件が安全側に設定された結果、過大な対策工が選定される可能性も有している。同課題を踏まえ、本稿の対象地では、解析結果の検証と最適な対策工の決定を目的として試験盛土が実施された。本稿は、試験盛土で実施された動態観測結果に基づいた検証と考察を報告するものである。

2. 解析位置の地質概要

試験盛土の対象となる地盤条件を図-2.1に示す。当該地盤では表層からGL-25m程度まで軟質な粘性土および砂質土層が互層状に堆積する。特にGL-15m程度までの粘性土層（沖積粘性土①～②）はN値0～3、 $w_n=130\%$ 以上と軟質かつ高含水であり、沈下・安定上の懸念を有する地層となる。当該地盤に対して沈下解析を実施した結果、沈下後に計画高を満足する盛土厚の条件として8.2mの盛土施工が必要となった（表-2.1参照）。

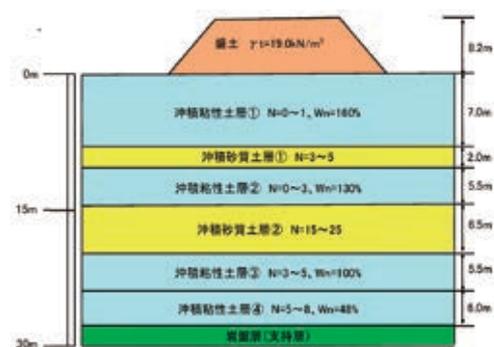


図-2.1 対象となる地盤条件

表-2.1 盛土条件

単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	余盛厚 (m)	施工 盛土厚 (m)	盛土速度 (cm/d)	施工日数 (日)
19.0	2.6	8.2	5	164

3. 軟弱地盤解析結果と選定された対策工

沈下および安定性を検討した軟弱地盤解析条件および解析結果を表-3.1および表-3.2に示す。同表中には軟弱地盤対策工として選定されたバーチカルドレーン工+盛土補強工を施工した場合の解析結果も併記している。

必要盛土厚8.2mの条件での沈下量は2.5m以上と非常に大きい値となる。供用時の安全率は $F_s=1.08$ となり、目標値($F_s \geq 1.25$)を下回る結果となったため、バーチカルドレーン+盛土補強で目標安全率を満足する仕様検討を行った。仕様を満足する条件での盛土立ち上がり時の安全率は $F_s=1.16$ 、沈下収束までの放置期間114日となったが、解析結果の妥当性を検証するために試験盛土を実施することとなった。

表-3.1 解析用地盤定数

土層	代表N値 (-)	含水比 w (%)	粘着力 C (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	初期間隙比 e (-)
沖積粘性土①	0	160	19	0	3.65
沖積砂質土①	4	31	0	30	-
沖積粘性土②	2	130	29	0	2.18
沖積砂質土②	20	25	0	35	-
沖積粘性土③	4	100	51	0	2.05
沖積粘性土④	7	48	74	0	1.45

表-3.2 軟弱地盤解析結果

検討項目	沈下検討			安定検討			
	粘性土	砂質土	合計	盛土速度 (cm/d)	圧密度90% 放置日数 (日)	立上り時 目標安全率 $F_s \geq 1.10$	共用時 目標安全率 $F_s \geq 1.25$
無対策	231.7	20.1	251.8	5	230	0.96	1.08
対策後					114	1.16	1.26

4. 試験盛土計画

試験盛土の計器配置平面図を図-4.1に示す。本検討では盛土の沈下を計測するための沈下板をCL、R側、L側の3箇所、各層の沈下量および圧密度を計測するための層別沈下計と間隙水圧計を各4箇所、盛土時の地盤内および周辺変形量の挙動の確認には、地中変位計および変位杭を図-4.1および図-4.2の通り配置し計測を行った。

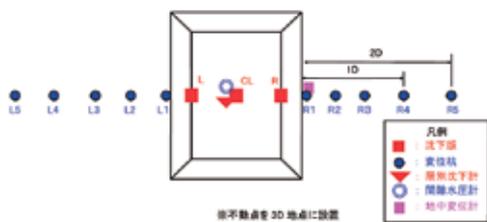


図-4.1 計器配置平面図 (概略図)

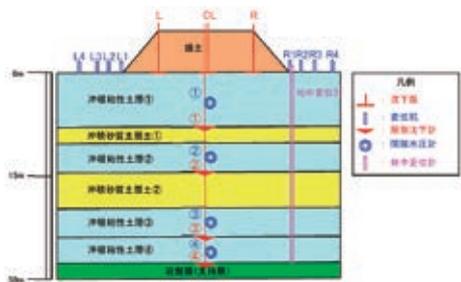


図-4.2 計器配置横断面図 (概略図)

5. 動態観測結果と事前解析との比較

盛土立ち上がり時における動態観測から得られた各実測値と軟弱地盤解析の比較結果を表-5.1および図-5.1に示す。各結果について以下に詳述する。

(1) 沈下板、層別沈下計

沈下板は全体的に解析値よりも実測値の沈下量が小さい結果が確認された。また、L、CLの沈下量と比較してR側は沈下量が10cm程度小さい結果となった。層別沈下計は④計器が概ね解析値通りの沈下量であったが、①～③計器は実測値と解析値で6～30cm程度の差があり、想定よりも沈下量が小さいことが確認された。

(2) 間隙水圧計

圧密度の解析値は間隙水圧の値より算出した。沖積粘性土層①では解析値 $U=63\%$ に対して実測値 $U=42\%$ と67%程度の遅れが確認された。沖積粘性土層②は概ね解析値通りの圧密度となった。沖積粘性土層③、④は解析値に対して実測値が大きく、想定よりも圧密が進んでいる結果が確認された。

(3) 安全率

安全率はL1、R1箇所の変位杭および地中変位計の動態観測結果と松尾・川村の方法¹⁾より安全率を算出した解析値と比較した。変位杭は解析値1.16に対しL1箇所では実測値1.54、R1箇所では実測値1.43と両杭共に解析値よりもやや大きい値となり、地中変位計は実測値1.18と解析値と同程度の値が確認された。

6. 考察

沈下板の実測値は、解析値に対して0.7～0.8倍程度小さい沈下量となった。層別の沈下量としては、沈下量の大きい浅部(①、②)で20～30cm程度の乖離が生じている。本要因としては、土層全体の平均的含水比($w_n=130\sim 160\%$)に対して、圧密特性として選定した $e\text{-log}P$ 曲線の代表曲線の試験含水比($w_n=160\%$)が高くやや安全側の検討となっている点が挙げられる。圧密度については、浅部(①)で遅く、②～④では解析値と同程

度～やや大きい。一方で、双曲線による沈下量から算出した各地層の圧密度は解析値よりも大きい値で推移している（図-5.1参照）。本傾向については今後の解析結果を踏まえ定数の妥当性についての検証を行う予定である。安全率については、変位杭L1、R1箇所は解析値よりも実測値がやや大きな値となった。しかし、地中変位計は解析値と実測値が同程度となっており、変位杭の観測結果が危険側の評価となる結果となった。変位杭および地中変位計の経時変化図を図-6.1に示す。地表面の変位よりも地中の変位が卓越する傾向が確認されたことから、変位杭を設置するだけでなく、地中変位計を設置し地中変位も観測することが推奨される。

盛土について、解析値と実測値の比較を行った。沈下量、圧密度、安全率の比較を行った結果、沈下量および圧密度については解析値が全体的に過大側の値となることが確認された。同点については今後の観測から定数見直しの要否についての検証を行っていく予定である。安全率については地中変位計の観測値が実測値と同程度の値となっていることを踏まえ、今後の本施工に向けての提案を行っていく予定である。

7. まとめ

粘性土系軟弱地盤に対して軟弱地盤解析結果の検証を目的として実施した試験

《引用・参考文献》

- 1) 道路土工-軟弱地盤対策工指針（2012）：日本道路協会、p.381。

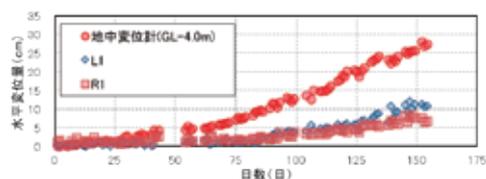


図-6.1 変位杭および地中変位計の経時変化図

表-5.1 実測値と解析値の比較結果一覧

検討項目	沈下板 (cm) ※			層別沈下計 (cm) ※				間隙水圧による圧密度 (%)				安全率		
	L	CL	R	①	②	③	④	①	②	③	④	L1	R1	地中変位
実測値	187.5	184.3	176.0	123.6	51.1	10.4	4.9	42.0	56.1	72.4	74.6	1.54	1.43	1.18
解析値	224.0	251.8	224.0	144.8	82.7	16.6	7.8	63.0	56.2	53.4	53.4	1.16	1.16	1.16
実測/解析値	0.8	0.7	0.8	0.9	0.6	0.6	0.6	0.7	1.0	1.4	1.4	1.33	1.24	1.02

※沈下板・層別沈下計の実測値沈下量は動態観測結果を双曲線法による解析を実施した最終沈下量を記載。

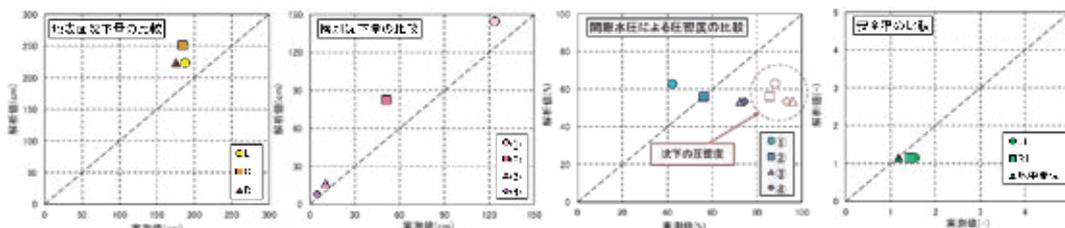


図-5.1 実測値と解析値の比較