

中間砂層の有無が解析結果に及ぼす影響

株式会社ダイヤコンサルタント ○吉原 諒, 山田 満秀, 谷口 雄太

1. はじめに

軟弱な粘性土地盤上に盛土など土工構造物を施工する場合、圧密沈下の影響を評価し、事業工程を勘案した上で適切な対策工を選定する必要がある。圧密沈下の影響の中で、中間排水層の存在は、沈下時間に大きな影響を与えるので非常に重要である¹⁾。本稿では、宮城県石巻地方において軟弱地盤上に計画された新規の道路盛土を対象として実施した調査・解析事例をモデルケースとして、電気式コーン貫入試験を用いて、中間排水層を詳細検討した事例を紹介する。また、同結果を用いて、排水層の有無が沈下時間に与えた影響について考察を行った結果を報告する。

2. 解析位置の地質概要

対象箇所で行われた調査によると、当該地区の軟弱地盤は図-1に示すとおり、陸成のApc(有機質粘性土層)が深度3.5m程度まで堆積し、その下位に海成のAc1(沖積粘性土層)が7m程度堆積していることが確認された。Apc層は平均wn=160%、Ac1層は平均wn=105%程度と、両層ともに含水が高く、かつほぼ正規圧密状態にある粘性土層であり、沈下・安定の問題が懸念された。ボーリング調査ではGL-10.20mのTw(軟岩層)まで排水層となる中間砂層は確認できなかった。同条件で実施した事前解析結果は沈下収束までに34年以上かかる計算結果となった。そこで、薄層の排水層の有無や詳細な層厚、地盤強度の評価のため電気式コーン貫入試験を実施した。その結果、後述のとおり中間砂層が確認された。

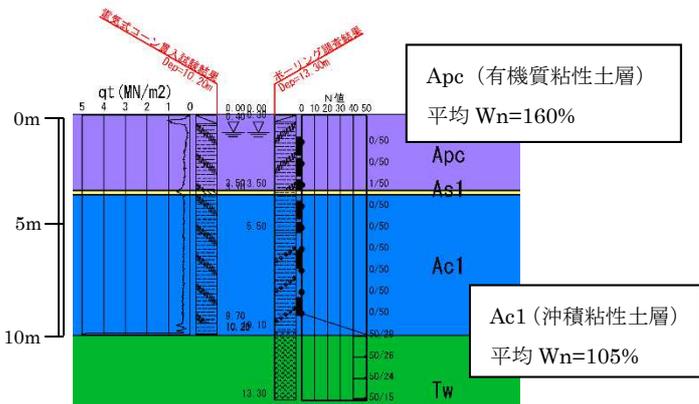


図-1 地質状況

3. 電気式コーン貫入試験による地層構成と排水層評価

(1) 地層構成の評価結果

電気式コーン貫入試験は、先端抵抗 (qt)、周辺摩擦 (fs) 及び間隙水圧 (Ud) を 1~2cm ピッチと詳細に取得することが可能な試験である。このデータの連続性は地盤の不均質な堆積構造を採知できるという利点がある。図-2に対象箇所での試験結果を示す。同図より、対象箇所にお

いては、GL-0.4m~3.5m までは先端抵抗の値が小さいものの周面摩擦 (fs) が高い値を示しており、同深度範囲が有機物を含有する Apc 層に対応していると判定した。GL-3.5m~GL-3.6m 間は先端抵抗 (qt) が急激に上昇し、間隙水圧 (Ud) が急激に低下する傾向を示し、砂質土層 (As1) に変わったことによる変化であると判断した。As1 層の下位は間隙水圧が上昇する傾向があるため沖積粘性土層 (Ac1) と判定した。土質区分については、客観的な指標に基づく評価が必要であると考え、Robertson による土質分類図で土層の分類を行った。分類結果を図-3に示す。土質分類には試験結果から算出した先端抵抗 (Qt)、周面摩擦比 (Fr)、間隙水圧比 (Bq)、を用いる²⁾。同結果からも As1 層に分類した GL-3.5m~GL-4.3 の区間においてシルト混じり砂~砂質シルトに分類されていることがわかる。

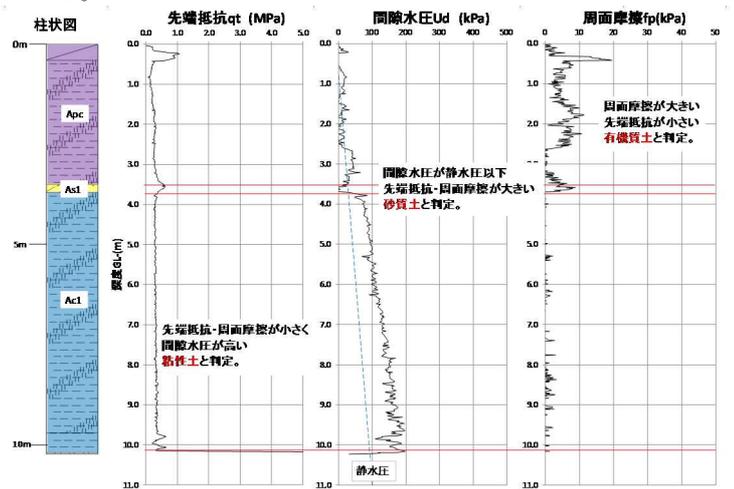
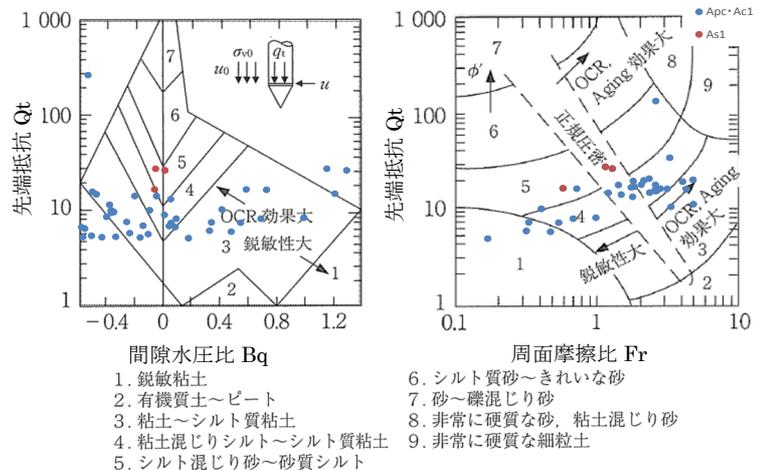


図-2 電気式コーン貫入試験結果図



$$Qt = \frac{(qt - \sigma_{v0})}{\sigma_{v0}'}, Fr = \frac{fs}{(qt - \sigma_{v0})} \times 100(\%), Bq = \frac{(u - u_0)}{(qt - \sigma_{v0})}$$

σ_{v0} : 当該深さにおける鉛直全応力(kN/m²)
 σ_{v0}' : 当該深さにおける鉛直有効応力(kN/m²)

図-3 Robertsonによる土質分類図²⁾

(2) 間隙水圧消散試験による排水層の機能確認

砂質土層と想定される位置で、排水層としての性能を有しているか確認するため、間隙水圧消散試験を実施した。排水層としての性能を有している土層では、貫入時に発生した過剰間隙水圧は、比較的速やかに消散することを踏まえ、対象層での貫入停止後の間隙水圧測定を行い静水圧となるまでの時間を測定した。間隙水圧消散試験の結果を図-4に示す。同図より、貫入停止後3分程度で過剰間隙水圧は消散し、6分後には概ね静水圧付近で一定になっている。同結果から、GL-3.5m~GL-3.6mは排水層としての性能を有する砂質土層であると判断した。

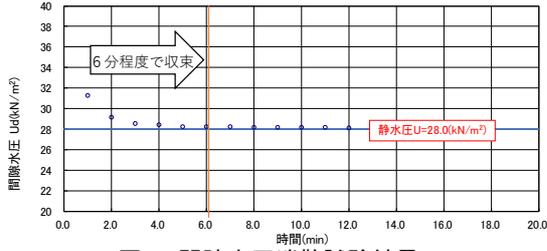


図-4 間隙水圧消散試験結果

4. 中間砂層の有無による解析結果の影響

間隙水圧消散試験において中間砂層が排水層として機能することを確認したことから、同結果を踏まえた修正解析を実施した。修正解析条件を表-1に示す。比較のため砂質土層の有無以外の条件は、概ね同条件で解析している。事前解析（排水層無）と修正解析（排水層有）の沈下時間解析結果の比較を表-2に示す。同表より、修正解析の目標値に達する日数は、事前解析の1/4程度の日数となっていることがわかる。各解析の沈下曲線の比較結果を図-5に示す。砂質土層は10cm程度しかないため、必要盛土厚は両解析でほぼ同値となっているが、修正解析の方が事前解析に比べ、明らかに沈下速度が速いことがわかる。対象箇所で採用された許容値である、残留沈下量10cmの比較では、修正解析により8557日（約23年）の短縮を確認した。また、実設計では電気式コーン貫入試験の結果及びサンプリング試料で実施した室内試験を整理し、地盤モデルを修正した。修正した地盤モデルを用いて軟弱地盤対策工について再検討した結果、採用対策工の規模を変更することが可能となり、約1600万円程度の対策工費を低減する結果となった。

表-1 解析条件一覧

地盤条件		地盤高: 1.62m		計画高: 8.45m		計画盛土高: 6.83m		水位: GL- 0.80m		
深度 (m)	層厚 (m)	土層名	N値	含水比 wn (%)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	変形係数 E_{50} (MN/m ²)	強度増加率 m	二次圧密係数 ε_{α}
		B			19.0	0.0	30.0			
3.50	2.00	Apc	0	160	13.0	8.0	0.0	0.6	0.40	0.016
3.70	0.20	As1	-	-	17.0	0.0	30.0	-	-	-
10.10	6.40	Ac1	0	105	14.0	8.0	0.0	1.2	0.30	0.012

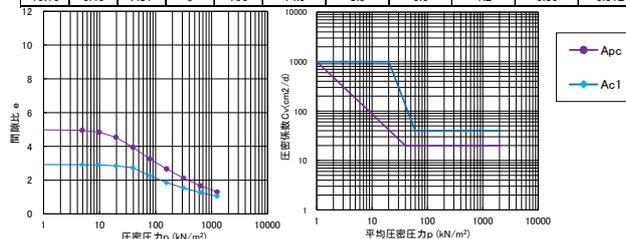


表-2 沈下時間解析結果一覧

排水層条件	盛土速度 (cm/d)	盛土施工期間 (日)	残留沈下量 $S_r \leq 10$ cm		残留沈下量 $S_r \leq 30$ cm		強度増加後 $U=90\%$	
			放置期間 (日)	施工期間 (日)	放置期間 (日)	施工期間 (日)	放置期間 (日)	施工期間 (日)
排水層有	5	286	3883	4169	2369	2655	2869	3155
	10	112	3939	4051	2425	2537	2925	3037
排水層無	5	286	12440	12726	8354	8640	7672	7958
	10	112	12496	12608	8410	8522	7728	7840

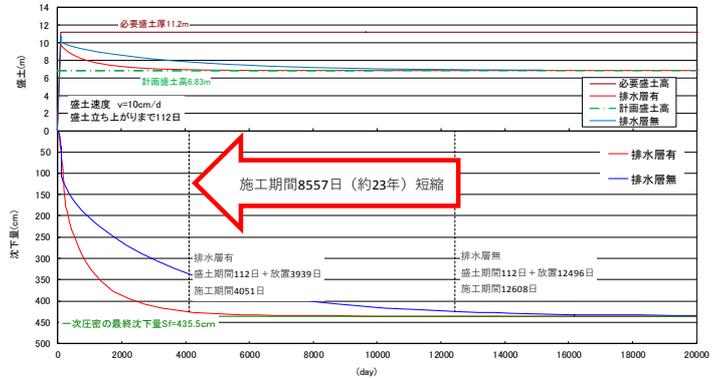


図-5 沈下解析結果

5. まとめ

軟弱地盤を対象として、電気式コーン貫入試験を用いて薄層の排水層の評価を実施し、同結果を用いて修正解析を行った事例の紹介を行った。検討結果は以下の通りであった。

- 電気式コーン貫入試験を用いることで、ボーリング調査で確認することが出来なかった薄い砂層を確認することができた。
- 間隙水圧消散試験により排水層としての機能を評価することができた。
- 排水層を考慮した修正解析において、沈下収束にかかる期間を解析上約23年短縮する結果となった。
- 詳細な地盤モデルを作成することで対策工の規模が変更可能となり軟弱地盤対策工の削減となった。

以上から、軟弱な粘性土地盤上へ土構造物を施工するための調査では中間砂層の有無を詳細に把握し、適切な地盤モデルで解析を行うことが重要である。今回の事例は電気式コーン貫入試験の排水層評価としての有効性と、地盤モデルの修正が事業費用の改善に寄与した良好なケースであった。今回の結果はあくまで解析値であることを踏まえ、さらに解析精度向上と事業費の提言を行うため、試験施工などの提案を随時実施していく予定である。また、今後も調査目的や地盤条件に適した調査計画を策定していく所存である。

《引用・参考文献》

- 1) 社団法人日本道路協会：道路土工指針-軟弱地盤対策工指針, pp. 34, 2012. 8
- 2) 地盤工学会編：地盤調査の方法と解説, pp. 392, 2013. 3.