

センタードレーン工による水位変化を考慮した泥炭性軟弱地盤上盛土の沈下解析

土木研究所寒地土木研究所

正会員 ○山木 正彦

同 上

正会員 山梨 高裕

同 上

正会員 橋本 聖

同 上

正会員 林 宏親

1. はじめに

センタードレーン工法は、軟弱地盤上に構築された盛土が自重により沈下し、めり込んだ盛土底部に集水された地下水を一般工事用の排水ポンプで強制的に排水し、盛土内水位を低下させることでサーチャージ効果が期待できる工法である(図1参照)。筆者らは、泥炭性軟弱地盤上の道路盛土で実施したセンタードレーン工の調査および浸透流解析から、センタードレーン工による水位低下の影響範囲に関して検討を行っている¹⁾。本報では、泥炭性軟弱地盤上の盛土の沈下に着目し、センタードレーン工による水位変化を考慮した2次元弾粘塑性FEM解析による現地計測結果の再現を試みたので報告する。

2. 解析手法

2-1 解析条件等

センタードレーン工による泥炭性軟弱地盤の圧密促進効果、二次圧密(長期沈下)低減効果を定量的に把握することを目的とし、2次元弾粘塑性FEM解析(関口・太田モデル)により、現地調査結果の再現を試みた。現地調査の詳細は文献2)を参照されたい。なお関口・太田モデルは、既往の研究³⁾により泥炭性軟弱地盤への適用性が高いことがわかっている。

解析モデルを図2に示す。境界条件は、変位境界に関しては、左右側面は水平方向固定で鉛直方向自由、下端は水平・鉛直方向ともに固定とした。水理境界に関しては、地表面と基盤層を排水条件とした。なお排水条件に関しては、本解析では、圧密を伴う変形を扱うため、有効応力解析(水へ土連成)とした。

解析に使用する各種パラメータおよびそれに係る関係式

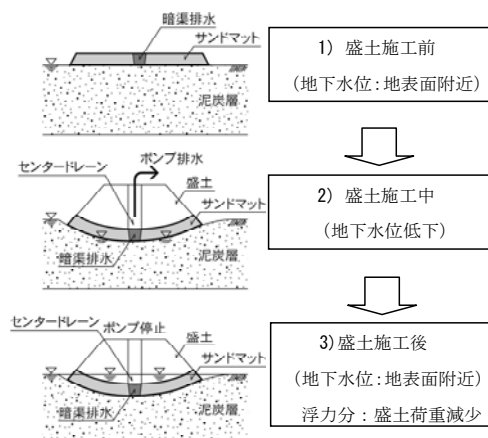


図1 センタードレーン工法の概要

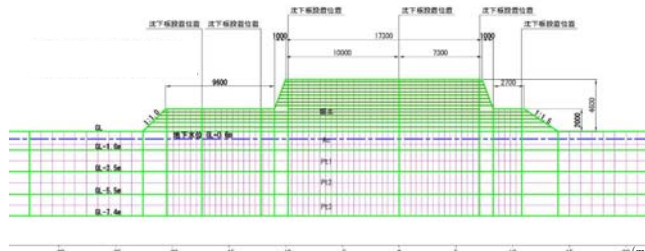


図2 解析モデル(盛土横断方向)

表1 解析パラメータ一覧

弾粘塑性体パラメータ

		ダイレイ タンシー 係数	非可逆 比	限界 応力比	有効 ポアソン 比	水平方向 透水係数	鉛直方向 透水係数	先行圧密 の上載圧	先行圧密 の静止土 圧係数	原位置で の有効上 載圧	原位置で の静止土 圧係数	二次 圧密 係数	初期体積 ひずみ 速度	圧縮 指数	先行鉛直応 力に対する 間隙比	eの 傾き
		D	A	M	v'	K _h (m/day)	K _v (m/day)	σ _{v0} (kN/m ²)	K ₀	σ _{v1} (kN/m ²)	K _i	α	V ₀ (1/day)	λ	e ₀	λ _K
泥炭	Pt1	0.10	0.89	1.72	0.26	0.0459	0.0092	11.50	0.34	11.50	0.34	0.026	0.0000459	2.37	11.70	0.92
	Pt2	0.09	0.89	1.84	0.23	0.3802	0.0760	12.60	0.30	12.60	0.30	0.026	0.0001630	2.20	10.59	0.72
	Pt3	0.11	0.89	1.70	0.26	0.1227	0.0245	13.20	0.35	13.20	0.35	0.022	0.0000131	2.08	8.78	0.86
粘土	Ac	0.15	0.87	0.87	0.37	0.4683	0.4683	18.00	0.58	9.60	0.75	0.009	0.0001784	0.74	2.95	0.50
備考	泥炭	①式	= 1-C _s /C _c	②式	③式	現場透水 試験結果	K _v =K _h /5	= P0	④式	試験値	⑥式	⑧式	⑩式 (平均圧密 圧力時)	⑪式	⑫式	試験値
	粘土						⑤式		⑦式		⑨式	⑬式				

弾性体パラメータ

	ラム定数	せん断弾性係数	原位置での有効上載圧	原位置での静止土圧係数	水平方向透水係数	鉛直方向透水係数
	λ	$G(\mu)$ (kN/m ²)	σ_{v1} (kN/m ²)	K_i	Kh (m/day)	Kv (m/day)
盛土	10216.72	5263.16	0	0.5	8.64	8.64
備考	⑭式	⑮式	= P0	一般値	$K_v = K_h$	一般値

※1 $\phi' = 0.19 \times Li + 32$ ※2 $\sin \phi' = 0.81 - 0.233 \log Ip$ ①式 $D = \lambda A / [M(1 + e_0)]$ ($\lambda = \text{⑩式}$)②式 $M = 6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi')$
(泥炭: ※1, 粘土: ※2)③式 $v' = K_0 / (1 + K_0)$ ④式 $K_0 = 0.5 - 0.003 Li$ ⑤式 $K_0 = 0.44 + 0.0042 Ip$ ⑥式 $K_i = K_0 \times OCR^{(0.005 Li / 0.45)}$ ⑦式 $K_i = K_0 \times OCR^{0.54 \exp(-Ip/122)}$ ⑧式 $\alpha = (0.033 + 0.000043 W_n) \times 0.434$ ⑨式 $\alpha = \alpha_e / (1 + e_0)$
($\alpha_e = 0.05 \times \lambda$) ($\lambda = \text{⑩式}$)⑩式 $V_0 = \alpha / tc$ ⑪式 $\lambda = C_c \times 0.434$ ⑫式 $e_0 = \rho_s \times W_n$ ⑬式 $e_0 = 3.78 \lambda + 0.156$ ⑭式 $\lambda = v \times E / (1 + v) (1 - 2v)$ ⑮式 $G(\mu) = E / 2(1 + v)$

キーワード 泥炭性軟弱地盤 センタードレーン工 圧密沈下 FEM 解析

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 TEL 011-841-1709

を表1に示す。

2-2 解析手順

解析ステップは、盛土施工時期、排水ポンプの稼働・停止時期、および想定される供用時期を踏まえ、22ステップとした(表2)。

センタードレーン工の特長は、排水ポンプの稼働による盛土内水位の低下、および排水ポンプの停止による盛土内水位の回復(上昇)、すなわち、水位変動に伴う盛土への浮力の作用によって基礎地盤の圧密促進効果もしくは二次圧密低減効果を期待するものである。しかし、本解析で利用した解析プログラムでは、①沈下し地下水位以下となった盛土に働く浮力を考慮することができない、②解析の過程で水位を自由に変更することができない、といった課題があった。そこで、①に対応すべく、沈下により地下水位以下となった盛土沈下量に応じ盛土の単位体積重量を小さくすることとした。しかし、当該箇所では、センタードレーン工の影響を受けた盛土沈下量を測定しているが、センタードレーン工未実施の場合の盛土沈下量は把握していない。そのため、まず、浮力を考慮せず、かつ排水ポンプの稼働を考えない条件で、盛土沈下量を解析により求め、地下水位以下となる盛土沈下量を得た。次いで②に対応すべく、排水ポンプの稼働に伴う地下水位の低下は、荷重を下方に加えることとし、排水ポンプの停止に伴う地下水位の回復(上昇)は荷重を上方に加えることとした。この際、地下水位の低下量および回復量は調査結果より50cmとし、それに応じる荷重を作用させた。なお実際の盛土沈下挙動は経時的に変化するが、その再現は解析上困難であるため、ここでは、盛土の沈下に伴い排水ポンプが地下水面に到達した時点(ステップ10)で水位低下量50cm相当の荷重を一度に下方に作用させた。下方荷重は排水ポンプの停止前(ステップ16)まで作用させ、排水ポンプ停止時(ステップ17)に同荷重を上方に作用させることで作用荷重をキャンセルした。

3. 解析結果

図3に、前節で述べた、浮力を考慮しない沈下解析結果(排水ポンプ考慮なし)、そこで得られた盛土沈下量をもとに浮力を考慮し盛土の単位体積重量を小さくした沈下解析結果(排水ポンプ考慮なし)、浮力を考慮しつつ排水ポンプの稼働・停止を荷重で表現した沈下解析結果、および現地調査の実測結果を示す。両図の違いは横軸(時間スケール)の取り方のみである。なお、浮力を考慮し排水ポンプを考慮しない解析とは、センタードレーン工を実施しない場合の沈下を想定した解析である。図より浮力を考慮しない場合、考慮した場合より70~80cm程沈下量を過大に評価する結果となった。また、実測結果は盛土開始388日目までしか得られていないが、浮力を考慮した解析結果は実測結果をよく再現しているようである。図3(a)からは、排水ポンプを考慮することで若干実測結果より大きめの沈下量を算出しているが、図3(b)で、より大局的に見るとその差はわずかと言える。これにより、本解析手法はセンタードレーン工を考慮した盛土沈下量を再現可能であり、すなわちセンタードレーン工の改良効果を表現可能であると考えられる。

【参考文献】 1) 山木正彦, 山梨高裕, 橋本聖, 林宏親: センタードレーン工による水位低下の影響範囲に関する考察, 土木学会第69回年次学術講演会講演集, pp.293-294, 2014. 2) 橋本聖, 山梨高裕, 林宏親, 梶取真一: 泥炭性軟弱地盤におけるセンタードレーン工法の改良効果に関する検討(その2), 寒地土木研究所 月報, No.727, pp.23-29, 2013. 3) 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所: 泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル, 2011.

表2 解析ステップ

ステップ	経過日数	日数	盛土厚(m)	備考
1	1	1	0.0	初期値
2	3	2	0.8	サンドマット
3	15	12	1.1	1層目
4	26	11	1.4	2層目
5	36	10	1.7	3層目
6	46	10	2.0	4層目
7	57	11	2.3	5層目
8	67	10	2.6	6層目
9	77	10	2.9	7層目
10	91	14	3.2	8層目(ポンプ稼働)
11	101	10	3.5	9層目
12	111	10	3.8	10層目
13	133	22	4.1	11層目
14	152	19	4.3	12層目
15	208	56	4.6	13層目
16	358	150		ポンプ停止前
17	359	1		ポンプ停止
18	388	29		最終計測
19	688	300		供用開始
20	1788	1100		3年後
21	9988	8200		
22	19988	10000		

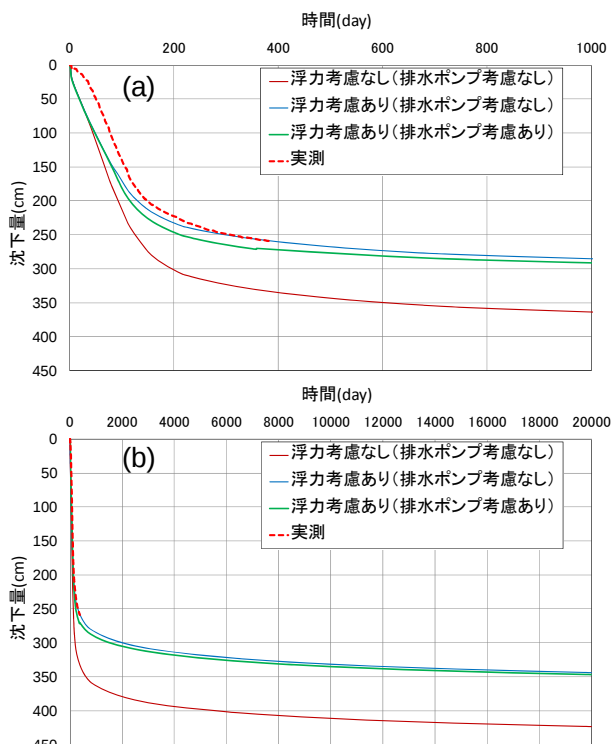


図3 解析結果(両図は同一の結果)

(a) : 1000 日目までの結果

(b) : 19988 日目までの結果