

# 真空圧密による泥炭地盤の二次圧密低減効果

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 正員 ○林 宏親  
同 上 正員 西本 聡

## 1. まえがき

真空圧密工法による泥炭地盤の二次圧密低減効果<sup>1)</sup>を定量的に検討することによって、その効果の評価法を確立できると考えられる。深沢ら<sup>2)</sup>や白子ら<sup>3)</sup>は、盛土荷重の一部除荷によるサーチャージ効果を過圧密比 OCR で評価し、泥炭地盤の二次圧密量の低減と関係づけている。本報告では、この考え方を真空圧密工法の改良効果の評価に適用し、土-水連成の粘弾塑性 FEM 解析を用いた検討を実施した。

## 2. 解析の概要

泥炭の二次圧密を粘性によるものと仮定し、粘弾塑性モデルである関口・太田モデル<sup>4)</sup>を用いた土-水連成 FEM 解析を実施した。解析対象は、別報<sup>1)</sup>で述べた真空圧密工法の試験施工箇所である(図 1)。真空圧の除荷による地盤の過圧密化の程度を式(1)で定義される OCR で表すこととした。ここで、 $P_0$  は初期有効土被り圧( $\text{kN/m}^2$ )、 $P_E$  は盛土による増加応力( $\text{kN/m}^2$ )、 $P_N$  は真空圧( $-60 \text{ kN/m}^2$ )である。

$$\text{OCR} = (P_0 + P_E - P_N) / (P_0 + P_E) \quad (1)$$

解析ケースを表 1 に示す。真空圧は一定値 ( $-60 \text{ kPa}$ ) とし、盛土の高さを変化させることによって OCR を変化させた。

解析に用いた土質パラメータを表 2 に示す。これらのうち、初期透水係数  $k_0$ 、圧密による透水係数の変化係数  $C_k$ 、二次圧密係数  $\alpha$  および初期体積ひずみ速度  $v_0$  は、長期沈下の解析に重要なパラメータなので、決定法を詳述する。 $k_0(\text{cm/s})$  は式(2)によって決定した。ここで、 $k_{\text{Oed-p0}}$  は圧密試験から得た有効土かぶり圧時の透水係数( $\text{cm/s}$ )である。式(3)で定義される  $C_k$  は、圧密試験から得た間隙比 - 透水係数関係から求めた。

ここで、 $e$  は圧密終了時の間隙比、 $e_0$  は初期の間隙比である。 $\alpha$  は式(4)から求めた  $C_\alpha$ <sup>5)</sup> を自然対数表示の時間に変換し用いた。 $v_0$  は Iizuka and Ohta<sup>6)</sup> が提案する方法に従って圧密試験結果から決定した。

$$k_0 = 10 \times k_{\text{Oed-p0}} \quad (2) \quad k = k_0 \exp((e - e_0) / C_k) \quad (3) \quad C_\alpha (\%) = 3.3 + 0.0043 \times W_n (\%) \quad (4)$$

泥炭 (Ap1) と有機質粘土 (Ap2) のその他のパラメータは、著者ら<sup>7)</sup>が提案している方法を利用して決定した。粘土のパラメータは、Iizuka and Ohta<sup>6)</sup>の方法によって求めた。なお、鉛直ドレーンの放射流れによる圧密を平面ひずみ問題に変換する方法として、水平一次元流れと放射流れの場合の 50% 圧密に要する時間を一致させる方法<sup>8)</sup>を採った。

## 3. 結果と考察

図 2 に各ケースにおける盛土中央の泥炭層 (Ap1) の沈下経時変化を示す。泥炭地盤の沈下挙動に典型的に見られる盛土施工初期における速度の速い沈下および圧密後期における沈下速度の低下が表現できている。また、経過日数 1500 日程度から対数表示の時間に直線的な沈下である二次圧密が発生しており、この直線的

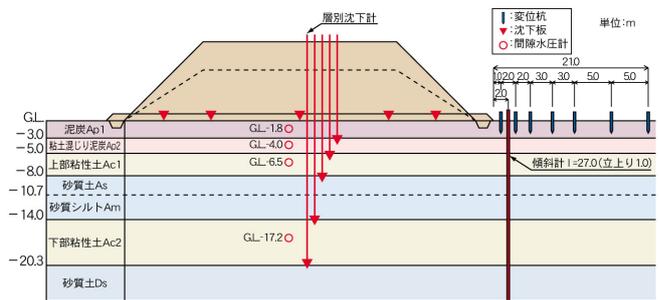


図 1 解析対象箇所の断面図

表 1 解析ケース

ケース	OCR	真空圧 ( $\text{kN/m}^2$ )	盛土高 (m)
1	1.21	-60	15.0
2	1.38		8.3
3	1.57		5.5
4	1.86		3.7

表2 解析に用いた土質パラメータ一覧

	ダイレ タンシー 係数 D	非可逆比 A	限 界 応力比 M	有効 ポアゾン比 v'	水平方向 透水係数 (m/day)	鉛直方向 透水係数 (m/day)	先行圧密	先行圧密の	原位置での	原位置での	二次圧密	初期体積	圧縮指数	先行鉛直応力	透水係数の
							の上載圧 $\sigma v0$ (kN/m <sup>2</sup> )	静止土圧 係数 Ko	有効上載圧 $\sigma v1$ (kN/m <sup>2</sup> )	静止土圧 係数 Ki	係数 $\alpha$	ひずみ速度 Vo (1/day)	$\lambda$	に対する 間隙比 eo	変化係数 Ck
泥炭	Ap1	0.10	0.92	1.94	0.21	0.08640	0.01728	13.00	0.26	11.30	0.295	0.0002211	2.69	12.36	1.16
	Ap2	0.15	0.90	1.48	0.30	0.02592	0.00518	14.50	0.43	14.60	0.431	0.00003327	1.62	5.44	0.84
粘土	Ac1	0.11	0.80	1.08	0.37	0.00086	0.00086	45.30	0.58	21.90	0.779	0.0000291	0.39	1.63	0.43
	Am	0.07	0.82	1.16	0.35	0.00162	0.00162	128.40	0.54	67.50	0.706	0.00002252	0.20	0.91	0.24
	Ac2	0.09	0.86	1.10	0.36	0.00099	0.00099	101.70	0.57	92.00	0.589	0.0000138	0.24	1.06	0.31

な沈下の傾きから  $C_\alpha$  を求めると、OCR が大きくなるに伴って小さな  $C_\alpha$  であった(図2中に各ケースの  $C_\alpha(\%)$  を表示)。

無処理地盤の解析も土質パラメータを変えずに実施した上で、泥炭層 (Ap1)、有機質粘土層 (Ap2) および地表面沈下の二次圧密係数の低減率 R を式(5)のように求めて、OCR との関係を整理したのが図3である。図中には、試験施工の結果<sup>1)</sup>も併記した。ここで、 $C_{ai}$  は真空圧密ケースでの  $C_\alpha$ 、 $C_{a0}$  は無処理(正規圧密状態)ケースでの  $C_\alpha$  である。

$$R = C_{ai} / C_{a0} \quad (5)$$

OCR の増加に従って  $C_\alpha$  が OCR=1.3 の付近で最大曲率を持つ双曲線的に低下し、OCR=1.3 で正規圧密状態における  $C_\alpha$  の 30~40% 程度になることがわかった。図中には、今回の解析と試験施工結果の近似曲線も示したが、この曲線と泥炭の自然含水比  $W_n$  から正規圧密状態の  $C_\alpha$  を推定する式(4)を利用することで、真空圧密で改良された泥炭地盤の二次圧密量が推定可能である。

#### 4. まとめ

真空圧の除荷によるサーチャージ効果を OCR で評価すると、OCR と  $C_\alpha$  の低減率の間に OCR=1.3 程度で最大曲率を持つ双曲線的な関係が認められた。この関係を利用して、真空圧密工法の二次圧密低減効果を予測できると考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) 西本聡・林宏親：真空圧密工法のサーチャージ効果に関する試験施工、平成22年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集(投稿中)、2011。
- 2) 深沢栄造・山田清臣・栗原宏武：プレローディング工法で改良した高有機質土地盤の長期沈下挙動、土木学会論文集 No.493 III-27、pp.59-68、1994。
- 3) 白子博明・杉山太宏・外崎明・赤石勝：サーチャージ除荷後の二次圧密沈下挙動、土木学会論文集 C、Vol.65 No.1、pp.275-287、2009。
- 4) Sekiguchi, H. and Ohta, H.: Induced Anisotropy and Time Dependency in Clays, Proc. of 9th ICSMFE, pp.229-239, 1977。
- 5) 能登繁幸：「修正された泥炭地盤の沈下予測式」の簡略化、開発土木研究所月報 No.460、pp.37-41、1991。
- 6) Iizuka, A. and Ohta, H.: A Determination Procedure of Input Parameters in Elasto-viscoplastic Finite Element Analysis, Soils and Foundations, Vol.27, No.3, pp.71-87, 1987。
- 7) 林宏親・三田地利之・西本聡：泥炭地盤の弾塑性 FE 解析用土質パラメータの決定法、第43回地盤工学研究発表会発表講演集(CD-R)、2008。
- 8) 新舎博・原久夫・安部豊彦・田中昭人：サンドドレーンによる部分改良地盤の圧密沈下と側方変位、土と基礎、Vol.30 No.5、pp.7-12、1982。

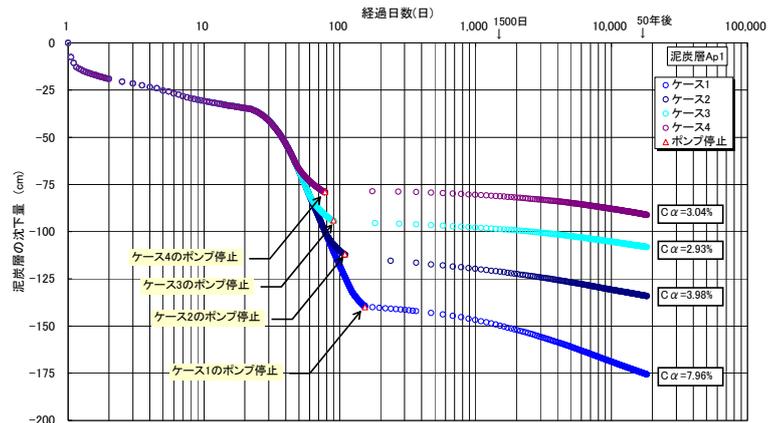


図2 泥炭層の沈下解析結果

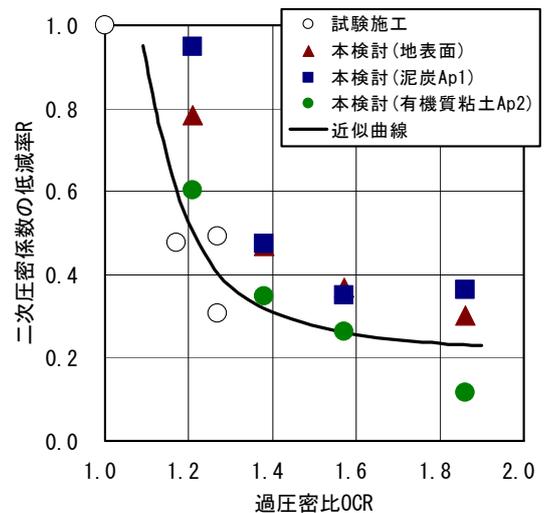


図3 OCR と二次圧密係数の低減率