

盛土併用真空圧密された泥炭の圧密時間におよぼす盛土载荷条件の影響

秋田大学 学生会員 ○前田尚弥

正会員 荻野俊寛 正会員 高橋貴之 非会員 渡辺慶

1, はじめに

著者らの一人はこれまでに盛土を併用した真空圧密工法をシミュレートした三軸試験から、負圧および軸応力载荷を複合的に受ける泥炭の側方ひずみが軸応力の载荷条件によって圧縮側から引張側まで幅広い範囲で制御可能であることを示した。本研究では、このような盛土载荷を想定し、盛土の载荷条件が圧密度におよぼす影響を検討するため、一様な泥炭からなる仮想地盤を対象に、盛土併用真空圧密を施工した場合の圧密沈下挙動を圧密理論によって計算した。

2, 対象地盤

圧密沈下計算の対象とした地盤は一様に堆積した泥炭層からなる仮想地盤である(図-1)。 p_0 を土被り圧とし、载荷条件はサンドマット荷重 $p_s=9.5\text{kPa}$ (厚さ 0.5m , $\gamma_t=19\text{kN/m}^3$), 負圧 $p_v=80\text{kPa}$, 盛土荷重 $p_e=120\text{kPa}$ (盛土高さ 6.32m , $\gamma_t=19\text{kN/m}^3$)であり、盛土の载荷速度および载荷開始時期を様々に変化させて所定の圧密度に到達するまでの時間を求めた。盛土载荷速度は $0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5\text{m/日}$ の5通りとし、盛土载荷時期は後述する負圧のみを载荷した場合の圧密度 U_v が $0\%, 50\%, 95\%$ に達した点として3通りに設定した。また、ドレーンは 1m ピッチで正方形配置とし、ドレーン径は 5cm とした。

沈下計算に必要な泥炭地盤のパラメータは秋田県横手市から採取した大雄泥炭の室内試験から得られた値を用いた。試料の物性値は土粒子密度 $\rho_s=1.66\text{g/cm}^3$, 強熱減量 $L_i=70\%$, 分解度 $H=88\%$ であり、比較的分解の進んだ泥炭である。図-2に試料の $e\text{-log } p$ 関係を、図-3に $\log c_v\text{-log } \sigma$ 関係を示す。

3, 圧密沈下計算

盛土併用真空圧密によって改良された泥炭地盤の圧密沈下量は実務で用いられている方法に準じて以下のように求めた¹⁾。

サンドマット、負圧および盛土をそれぞれ個別に载荷した場合の最終沈下量 S_f を式(1)によって求める。

$$S_f = \frac{\Delta e}{1+e_0} H_0 \quad (1)$$

ここに、 Δe はそれぞれの载荷による間隙比の変化、 e_0 は原地盤の初期間隙比、 H_0 は原地盤の初期層厚であり、 Δe および e_0 は図-2から求めた。それぞれの荷重を個別に载荷した場合の圧密度 U はバロン式にしたがって式(2)から求める。

$$U = 1 - \exp\left(-\frac{8T_h}{F(n)}\right) \quad (2)$$

$$T_h = \frac{c_h}{d_e^2} t \quad (3)$$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2-1} \ln(n) - \frac{3n^2-1}{4n^2} \quad (4)$$

ここに、 t は時間、 c_h は水平方向の圧密係数、 $n=d_e/d_w$ であり、 d_e は等価集水径、 d_w はドレーン径である。対象地盤の場合、ドレーンの配置から $d_e=113\text{cm}$ となる。式(1), 式(2)より沈下量 S_t を $S_t=US_f$ として求め、それぞれの荷重载荷による S_t を足し合わせることで総沈下量 S を算出した。なお、既往の設計手法に従い、 $c_h=c_v$ として代用し、盛土による沈下量は漸増载荷にともなう補正を行った。

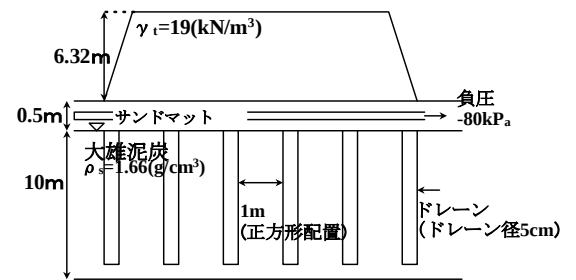


図-1 地盤の模式図

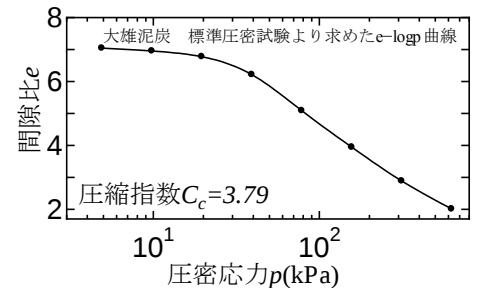


図-2 圧密試験より得られた e-log p 曲線

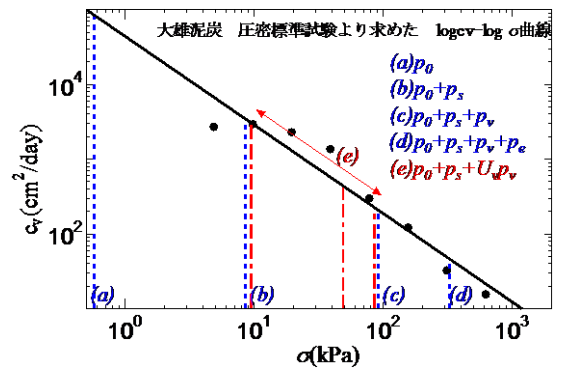


図-3 圧密試験より得られた log $c_v\text{-log } \sigma$ 曲線

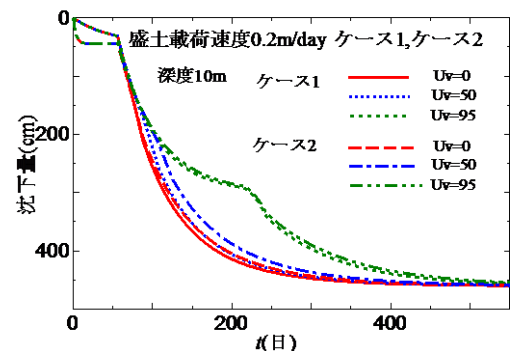


図-4 圧密沈下曲線

キーワード 盛土併用真空圧密 泥炭地盤 圧密理論 圧密係数 応力依存性

連絡先 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2364

式(3)中の $c_h(=c_v)$ は通常、圧密応力によらず一定として、荷重載荷前後の圧密係数の平均値を用いて計算される。しかし、図-3 に示されるように、泥炭の圧密係数は圧密応力の増加にともなって著しく減少することが知られている。そのため本報告では c_h を一定とした場合に加えて、圧密応力依存性を考慮した 2 通りの方法で c_h を決定し、結果を比較した。以下に c_h の決定方法を示す。

・ケース 1： c_h 一定とした場合

図-3 の $\log c_v - \log p$ 関係から $p_0 + (p_s + p_v + p_e)/2$ に対応する c_v を c_h として求める。

・ケース 2： c_h が圧密応力によって変化する場合

サンドマットの c_h は載荷前後の圧密応力の平均値に対応する c_v として、負圧載荷時の c_h は負圧載荷開始時と盛土載荷完了時(全行程完了時)の平均値に対応する c_v として、盛土載荷時の c_h は盛土載荷開始時および完了時の圧密応力をそれぞれ $p_0 + p_s + U_v p_v$, $p_0 + p_s + p_v + p_e$ としてその平均値に対応する c_v として求める(図-3)。この方法では盛土載荷時の c_h は載荷時期が遅いほど小さくなる。

4. 結果および考察

4.1 圧密時間におよぼす盛土載荷開始時期の影響

図-4 はそれぞれケース 1 およびケース 2 における沈下挙動におよぼす盛土載荷時期の影響を示している。いずれのケースでも $U_v=0$ (真空圧、盛土圧同時載荷) の場合が一番速く圧密沈下が収束し、次に $U_v=50\%$, $U_v=95\%$ の順となっているが、 c_h の違いから、所定の圧密度に到達するまでの時間はケースによって異なっている。 c_h を一定としたケース 1 では、初期のサンドマット載荷時の圧密の進行がケース 2 により遅くなっているが、真空圧および盛土載荷時はその関係は逆転し、ケース 2 よりも早くなっている。

4.2 圧密時間におよぼす盛土載荷速度の影響

図-5 は圧密沈下挙動におよぼす盛土載荷速度の影響を示している。盛土載荷を開始した点($U_v=95\%$ に達した点)から盛土完了点までの区間は載荷速度によって沈下挙動に変化が見られるが、盛土完了点の U は載荷速度が最も遅い 0.1m/day とした場合でも 79.8% と小さいため、盛土載荷速度は圧密時間に影響しないということがわかる。なお、 c_h の決定方法や載荷時期を変化させた場合も同様の結果が得られた。

4.3 解析結果と三軸試験結果の比較

図-6 は盛土併用真空圧密を模擬した三軸試験から得られた大雄泥炭の圧密沈下曲線であり²⁾、真空圧および軸応力(盛土圧)の載荷は本報告と近似した条件で実施している。早期に軸応力載荷を行った実験ほど短時間で圧密が収束する点は解析結果(図-4)と同様であるが、 $U=90\%$ に到達する時間 t_{90} は顕著な差が見られ(図-7)、軸応力載荷時期の影響が明瞭に表われている。実験結果と比較すると、解析結果(図-4)は $U_v=0\%$ と $U_v=50\%$ にあまり差が見られないが(図-8)、圧密による c_h の減少を考慮したケース 2 では実験結果の挙動にやや近づいている。また、ケース 2 では c_h が減少するため、全ての載荷条件でケース 1 よりも圧密収束までに多くの時間を要している。載荷時期 U_v が大きくなるほどケース 1 とケース 2 の c_h の差も大きくなるが、 $U_v=95$ とした場合では t_{90} に大きな差は見られない。

5. 結論

本報告から得られる知見は以下の通りである。

- ・早期に盛土載荷を行うほど短時間で圧密が収束する。
- ・本報告の条件下では盛土載荷速度は圧密時間に影響しない。
- ・ c_h の圧密応力依存性を考慮すると、圧密収束に要する時間は増大する。しかし、圧密応力依存性を考慮しない場合との差は盛土の載荷時期を変化させても明瞭には変わらない。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 15K06207 の助成によって実施された。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル, 独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所。
- 2) 鈴木京, 荻野俊寛, 柳田陽平, 高橋貴之, 及川洋: 盛土併用真空圧密にともなう泥炭のせん断弾性係数の変化, 土木学会東北支部技術研究発表会, CD-ROM, 2015。

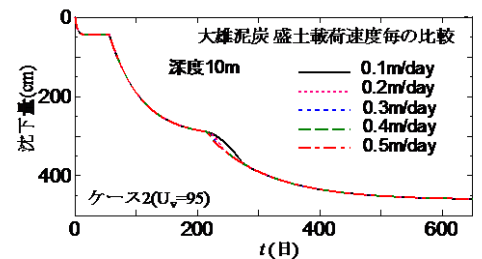


図-5 密沈下挙動におよぼす盛土載荷速度の影響(ケース 2, 載荷時期 $U_v=95\%$)

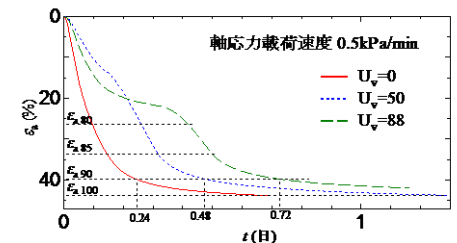


図-6 三軸試験結果の t -沈下量関係

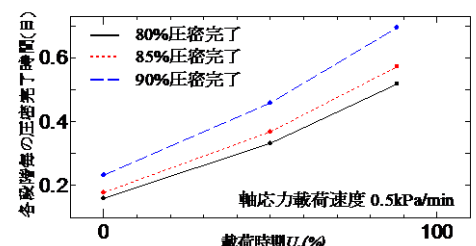


図-7 三軸試験結果 t - U_v 関係

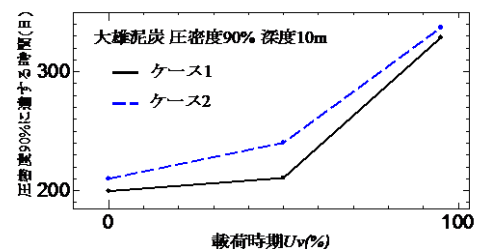


図-8 t - U_v 関係