

地下水位低下によって地盤沈下した地盤に関する一考察

港湾空港技術研究所 正会員 金田一広, 山崎浩之
名古屋大学 工学研究科 浅岡顕

1. はじめに

帯水層から過剰揚水すると地下水位低下を招き、広域地盤沈下を引き起こす。このメカニズムについては筆者らが骨格構造の劣化より報告している¹⁾。本報告では広域地盤沈下の数値計算を示し、地下水位低下後の地盤の脆弱性および季節変動など地下水位変動が繰返し作用した場合の地盤挙動について示す。計算は水～土連成計算を行い、土の構成式は名古屋大学が開発した骨格構造(構造・過圧密・異方性)の変化を表現できる回転硬化上下負荷面カムクレイモデル²⁾を用いている。

2. 境界条件および初期地盤

図1に境界条件を示す。3層地盤の平面ひずみ条件で、粘土層厚は20mである。地下水位を変動させた領域は最深部水平砂層地盤の7.5mである。また、表1に用いた材料定数、初期値を示す。砂地盤は十分締め固めた状態であり、砂地盤の沈下は粘土地盤に比べて無視できる程度である。砂・粘土層とも構造の程度・過圧密比・異方性は一定としている。次に、地盤の作成方法を以下に示す。

(1)45.9kPaの上載圧をかけた状態の1次元釣合い条件から初期地盤の間隙比、応力を決める。(2)200日かけて45.9kPaの上載圧を除荷し、10年以上放置する。このようにしてできた地盤を図2に示す。比体積、過圧密比および構造の程度は深度方向に分布している。

3. 地下水位低下後の地盤の脆弱性

図3に地下水位低下量(赤線)・図1A地点の沈下量(黒線)～時間関係を示す。地下水位は30年で-33m低下させ、30年一定にした後、20年で元の水位まで回復させた。地下水位が低下するとともに沈下量も増加し、水位を回復させても、わずかなりバウンドしか示さない。これは、地下水位低下により有効応力が増加し、構造劣化による塑性圧縮を伴う軟化が生じたためである¹⁾。図4に地盤の構造劣化の分布を示す。地盤深部から劣化(構造の程度が1に近い方が構造劣化が進んでいる)が進んでいる。さて、計算では100年後に図1に示す高さ4mの盛土を載荷したときの結果も示してある。地下水位低下をさせ

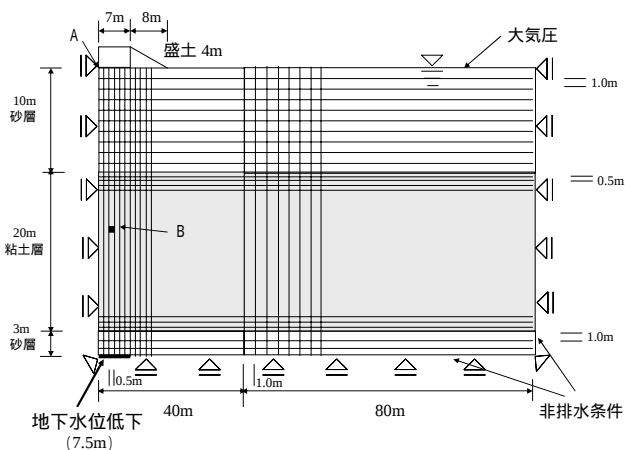


図1 境界条件

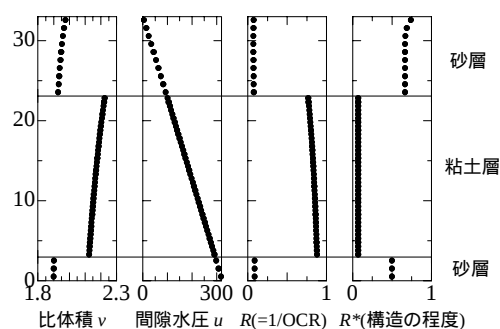


図2 地盤の初期条件

表1 材料定数

	粘土	砂
[弾塑性パラメータ]		
圧縮指数 λ_v	0.13	0.042
膨潤指数 λ_h	0.03	0.012
限界状態定数 M	1.2	1.08
$p' = 98\text{kPa}$ の時の比体積 N	1.97	1.99
ポアソン比 ν	0.3	0.3
土粒子の密度 $\rho_s(\text{t/m}^3)$	2.6	2.65
[発展則パラメータ]		
正規圧密土化指数 m	7.0	0.04
構造劣化指数 a	1.2	10.0
構造劣化指数 b	1.0	1.0
構造劣化指数 c	1.0	1.0
回転硬化指数 b_r	0.001	10.0
回転硬化限界定数 m_b	1.0	0.5
[初期条件]		
初期過圧密比 $1/R_0$	1	10
初期構造の程度 R^*_0	14	2
初期応力比 η_0	0.8	0.8
初期異方性の程度 ζ_0	0.231	0.231
透水係数 $k(\text{cm/sec})$	5.0×10^{-7}	4.1×10^{-2}

キーワード：地盤沈下，季節変動，弾塑性解析

連絡先：〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 TEL 046-844-5054

ていない地盤は、盛土載荷後わずか16cmの沈下であるが、地下水位低下の履歴のある地盤は69cmもの沈下が発生する。これは、地下水位低下によって地盤が乱されたためである。図5に図1のB地点での要素の1次元圧縮挙動を示す。地下水位低下の履歴を受けるといわゆる先行圧密応力 p_c の低下が起こり、新たに加えられる小さい荷重に対しても長期沈下を発生させることになる。図5(D)、(E)より盛土

載荷後の構造劣化が進んでいることがわかる。なお、地下水位履歴のない場合は塑性圧縮軟化を伴う構造劣化は発生しない。

4. 地下水位変動が地盤に及ぼす影響

図6に地下水位が変動した場合の地盤の挙動を示す。地下水位を元の水位まで回復せずに、半分まで回復させた後に、振幅1.5m、周期1年で地下水位を変動させた。地下水位の繰返しによって沈下が進んでいる。これは、繰返しによって少しずつ構造劣化が進んでいることに起因している。季節変動などで地下水位が1年周期で変動し、沈下も進むことが知られているが、このメカニズムは構造劣化に起因している可能性を示唆している。

5. まとめ

地下水位低下によって引き起こされる地盤沈下は、塑性圧縮を伴う構造劣化に起因し、地下水位履歴のある地盤は地盤が乱され新たな荷重や地下水位変動などに対してさらに沈下を促進させる可能性（脆弱性）があることを示した。

参考文献 1) 5)金田一広、山田正太郎、浅岡顕(2003): 地下水位低下に起因する地盤の遅れ圧密沈下のメカニズム, 土木学会論文集, No. 743/ - 64, 89-103. 2) Asaoka A. et al. (2002): An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanics of soils, S & F., 42(5), 47-57.

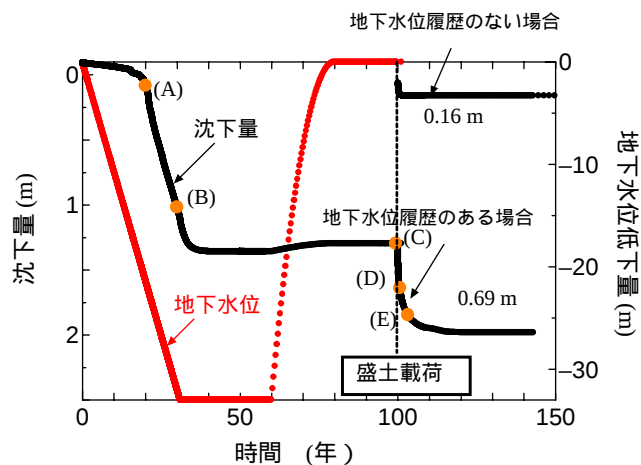


図3 地盤の脆弱性

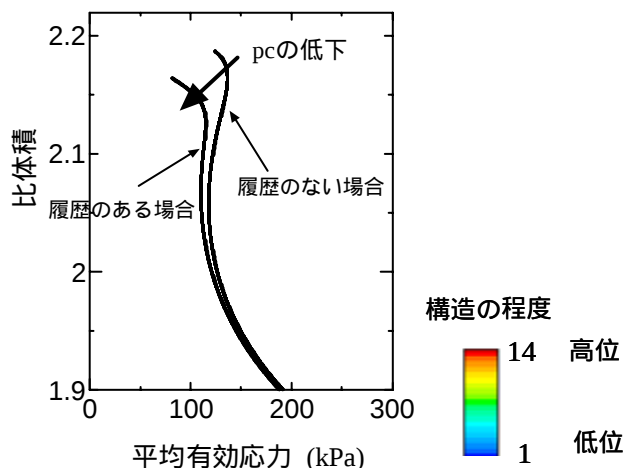
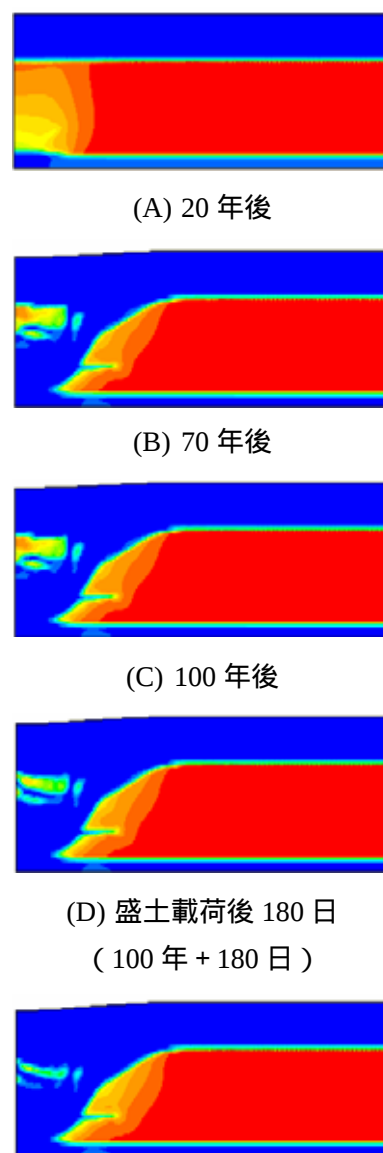


図5 p_c の低下



(E) 盛土載荷後 1095 日
(100 年 + 1095 日)

図4 構造の劣化の分布

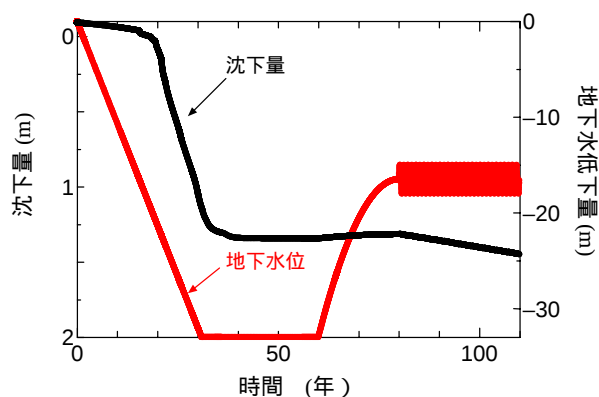


図6 季節変動による沈下