地下水位低下変動が地盤沈下に及ぼす影響についての一考察

名古屋大学 正会員 金田一広,浅岡顕 名古屋大学 学生会員 大日向勇介

1.はじめに

低平地に見られる広域地盤沈下は過剰な地下水揚水が主な原因とされている.本 報告では地下水の揚水は地下水位の低下と強い相関があることから,地下水位低下 に起因する地盤沈下について水~土連成有限変形計算を行い,地下水位低下変動が 地盤沈下に及ぼす影響について調べる.弾塑性構成式は土の「骨格構造」、「過圧密」、 「異方性」を適切に表現できる回転硬化上・下負荷面修正カムクレイモデルを用いる.詳 しくは参考文献¹⁾を参照されたい.計算は砂・粘土3層地盤で,1次元条件とする.

2.境界条件と初期条件

図1に境界条件を,表1に計算で用いた材料定数,発展則パラメータ,初期値を示す. 濃尾平野の堆積状況を参考に粘土と砂がそれぞれ3層重なった地盤を仮定する.上端は 過剰間隙水圧をゼロとし,砂層が10m堆積しているとして上載圧182kPaをかける.1 メッシュは,粘土層は50cm×50cm,砂層は50cm×250cmとし,初期水圧は静水圧分布,

初期比体積・初期応力は上載圧と粘土・砂の自重から決定している. 砂は簡単のためすべて同じパラメータにしているが,過圧密比10,構造の程度1(初期の構造のない)のよく締まったものを用いている.発展則パラメータは,粘土は過圧密の解消が早く,構造の喪失・異方性の発展が遅いように,砂は構造の喪失・異方性の発展が早く過圧密の解消が遅いようなものを用いる.また,回転軸の傾きは初期地盤の異方性を表している.計算では図1の点Aに示した初期の地表面から52.5mの砂層からの揚水を想定し,地下水位を変動させる.

2.計算結果

化, 灰色は除荷, 黒色は硬化していることを示す.地下水位 を低下させた時は, 粘土 , 層が沈下し, (a), (b)に見られ るように構造喪失に起因する塑性圧縮軟化による間隙水圧の 上昇がみられる²⁾.地下水位を一定に保った後も地盤は元に戻 ら年間 2mm 程度の沈下が約 50 年間続く.これは粘土 層で 塑性圧縮を伴う軟化域が地盤深部に伝達していくためである. 炭 っのわずかな沈下が地下水位一定に保ち約 50 年後には粘土 層の沈下を誘発し, これも塑性圧縮軟化を伴いつつ 200 年に 亘って 2m におよぶ沈下が続いている(図 3(c), (d))³⁾.図 4 に 400 年後の地盤の物性の様子を示す.v は比体積, 1/R は過 圧密比, R^{*}は構造の程度で R^{*}の値が小さいほど高位な構造を 示す.地盤沈下後の物性はどれも不均質になっていることがわかる. 地下水位変動の影響

図 5 に,計算の初めから 57 年間の地下水位の低下は図 2 と同じであるが,一定に保たず 200 年に 1m, 2m 水位

キーワーズ:地盤沈下,地下水位低下,構造,有限要素法,軟化 連絡先:〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学研究科土木工学専攻 TEL052-789-4624

粘土層 位低 砂層 27.5m 55n 位 粘土層 20m 180n 砂層 30m 粘土 30m 砂層 20m -50ci 非排水境界



	粘性土			砂質土
[材料定数]				
圧縮指数		0.13		0.042
膨潤指数		0.065		0.012
限界状態定数 M		1.2		1.08
<i>p′=</i> 98kPaの時の比体積 N		1.974		1.994
ポアソン比		0.3		0.3
土粒子の密度 _s (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		1.5		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 mb		1.0		0.5
[初期値]				
初期過圧密比 $1/R_0$	1.25	1.05	1.01	10
初期構造 1/R [*] 0	8.5	8.0	9.8	1.0
初期側圧係数 K _i		0.8		0.85
回転軸の傾き		0.231		0.167
透水係数 k(cm/sec)	2.0×10^{-7}	1.2 × 10 ⁻⁷	1.0×10^{-7}	4.1 × 10 ⁻²



図2 地下水位・沈下量の経年変動

が回復していっ た場合の地下水 位、地表面の経年 変動を示す.1m 程度の水位回復 では大沈下を抑 止することはで ず,2mの回復が 必要であった 一 度地盤を乱して 塑性圧縮軟化を 経験すると わず かな地下水位回 復では沈下をと めることができ ないことがわか る.つぎに図 6 は、はじめの 47 年間は-25m低下 させ,その後 10 年間で-10m まで 回復させた後周 期1年,振幅1m の sin カーブで地 下水位変動を与 えた場合の経年 変動を示す この 地下水位の変動 は 1 年の中での 季節変動を想定 している 地下水 位変動の繰り返



ている.地下水位が繰り返されると粘土、 層の沈下がさらに進 む.図7に400年後の地盤の物性を示す.図4と比べて粘土 層の 下部,粘土 層上部の構造の喪失が進んでおり,300年という期間 ではわずかな地下水位の繰り返しによっても構造の喪失による大 沈下が起こる可能性を示している.300年後からは粘土 層の沈下 も発生し,その後も数百年続く.なお,地下水位の繰り返しを行な わず-10m で一定に放置した場合は、図2のような100年後から始 まる大沈下は見られなかった.

沈下量 (m)

図 7 図 6 の 400 年後の地盤物性

20

1/*R*

20^Ц 0.5

R

8

七

20L 1.5

2

図1 A の地下水位

(II)

400

3.おわりに

地下水位低下によって構造の破壊を伴う塑性圧縮軟化が生じて,地盤沈下が引き起こされることを示した.地下 水位の低下・回復が繰り返されると、さらに構造の喪失が進み沈下することを示した.

参考文献 1) Asaoka A.et al.(2002):An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanics of soils, S & F, 42(5), pp. 47-57. 2) Asaoka, A. et al. (2000): Delayed compression/consolidation of natural clay due to degradation of soil structure, S & F, 40(3), pp. 75-85. 3) 金田ら(2003): 地下水位低下に起因する長期広域地盤沈下の水~土連成計算,第, 土木学会第58回年次学術講演会講演集.