

一次元条件下にある初期構造・過圧密状態が不均質な粘土供試体の二次圧密沈下挙動の解析

名古屋大学 正 野田利弘・浅岡顕・中野正樹・金田一広
中部電力(株) 光川健

1. はじめに

自然に堆積した粘土は「構造」が発達していると言われ、これらの地盤に過去に受けたことがないような大きさの荷重が作用すると、収束傾向にあった沈下が再び速度を増してだらだらと進行し(「二次圧密沈下」、「遅れ沈下」と呼ばれる)、驚くほど沈下することがしばしば観測される¹⁾。著者らは、この二次圧密沈下のメカニズムを調べるべく、弾塑性構成式に上負荷面カムクレイモデル²⁾を用いた水～土連成の境界値問題として一次元載荷条件下にある厚さ 2cm の構造を持つ過圧密粘土供試体を対象に計算を行ってきた^{3),4)}。前報告^{3),4)}では供試体の物性および初期条件等を均質一様として想定したが、本報告では、供試体の応力状態は深さ方向に一様であるが、初期の構造と過圧密を不均質にして計算を行った場合の計算事例を示す。

2. 計算条件

図 1 に計算に用いる一次元載荷条件下にある供試体(100 要素)とその境界条件を、表 1 に材料定数・初期条件を示す。供試体内部の初期の構造と過圧密比の不均質性は、

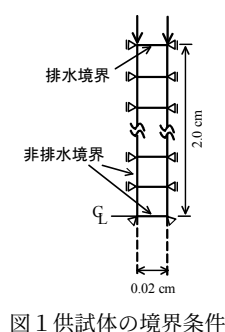


図 1 供試体の境界条件

圧縮指数 $\tilde{\lambda}$	0.075
膨潤指数 $\tilde{\kappa}$	0.131
限界状態定数 M	1.53
ポアソン比 ν	0.30
透水係数 k (cm/sec)	7.8×10^{-9}
初期鉛直応力 σ_v' (kPa)	9.8
初期間隙比 e_0	1.19
構造劣化指数 m^*	0.5
正規圧密土化係数 m	10.0

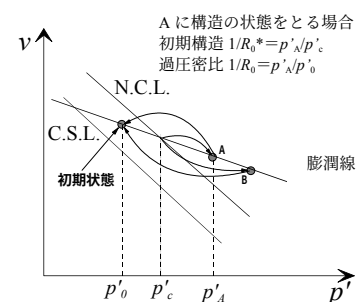


図 2 初期構造 $1/R_0^*$ と過圧密比 $1/R_0^*$ の決め方

上負荷面カムクレイモデルに基づいて設定する。すなわち、構造を有する土は、図 2 中の N.C.L.(正規圧密線)の上側(完全に乱した練り返し土の外側)に状態をおくことができるが、供試体内で初期応力状態は等方で均質で間隙比も一様として、その応力状態から膨潤線に沿って初期の構造 $1/R_0^*$ と過圧密比 $1/R_0$ を設定した(表 2)。なお簡単のため、物体力は考慮していない。

3. 計算結果

3.1 完全排水試験の結果： 図 3 はこの不均質な供試体を、すべての要素において過剰水圧が発生しないように極めてゆっくりと行った定率変位制御試験の計算結果である。このとき変位速度は $3.0 \times 10^{-8} \%$ /sec であった。なお点線は、内部で初期構造(と過圧密比)が一樣な場合の完全排水試験の結果である。ここで、比体積の減少とともに鉛直応力が増加したあと、再び減少に転じるのは、低応力比で塑性圧縮を伴う軟化が生じるためであるが、さらには、粘土が過圧密の解消が早く生じ遅れて構造劣化が進むためである³⁾⁻⁵⁾。また 3 層で不均質な場合には、3 ケ所で鉛直(有効)応力の増加から減少に転ずるピークが現れ、比体積が小さくなるにつれ値が大きい。これは上層側から順次軟化が起きていることを反映している。

3.2 二次圧密沈下挙動の計算結果： 定率載荷(9.8×10^{-1} kPa/sec)中に、784kPa, 784.98kPa, 789.88kPa の 3 種類の荷重で一定に放置した結果を図 4～図 7 に示す。784kPa では、供試体内部で軟化が生じないが、他の二つのケースでは、軟化する要素が供試体内部に現れ、それに伴い、784.98kPa では 2 回、789.88kPa では 3 回だらだらと続く遅れ沈下が発生している。この遅れ沈下の発生メカニズムの詳細は文献 3),4)に譲るが、概略は次の通り。

構造を持った過圧密な粘土供試体は **3.1** で示したような鉛直有効応力のピークを有するため、これを超えて荷重

キーワード：弾塑性、二次圧密、構造を有する粘土、過圧密粘土

連絡先：〒464-8603 名古屋市千種区不老町, TEL:052-789-3833, FAX:052-789-3836

層(要素数)	構造 $1/R_0^*$	過圧密比 $1/R_0$
上 (33)	20.0	100.0
中 (34)	20.4	102.0
下 (33)	20.8	104.0

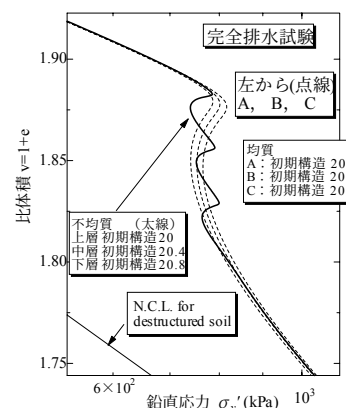


図 3 不均質供試体の完全排水試験

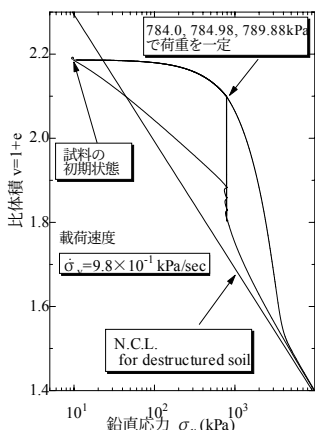


図4 完全排水試験と荷重一定試験

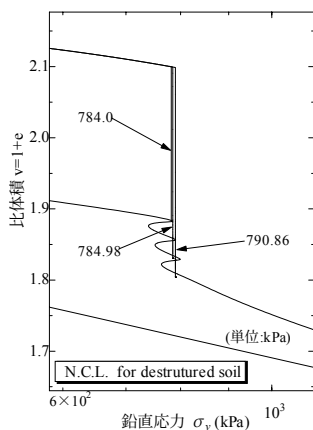


図5 図4の拡大図

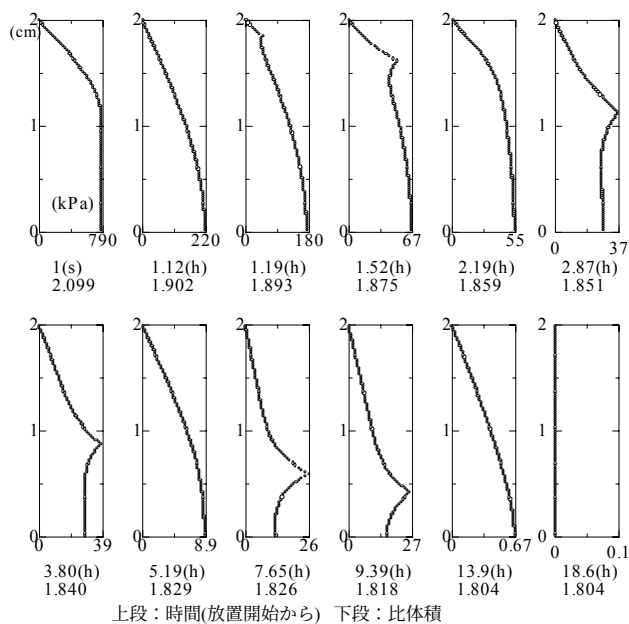


図8 正の過剰水圧の湧き出しと消散の繰り返し

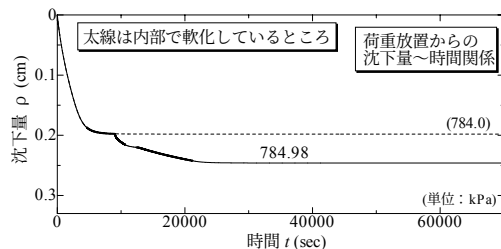


図6 $\sigma_v = 784 \text{ kPa}$, 784.98 kPa の沈下挙動比較

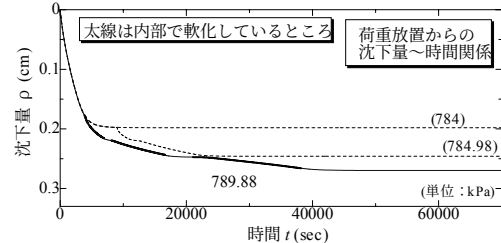


図7 $\sigma_v = 784 \text{ kPa}$, 789.88 kPa の沈下挙動比較

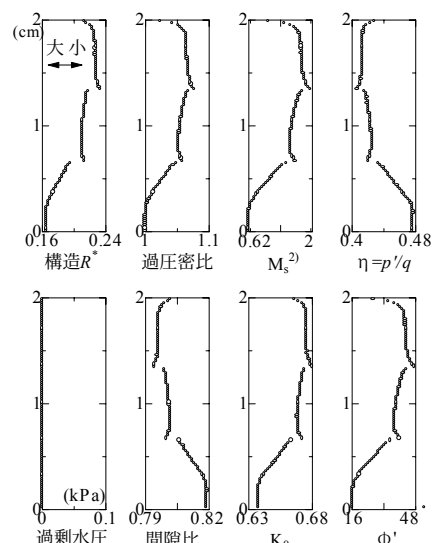


図9 圧密終了後の供試体内部の不均質性

σ_v が荷重されると、過剰水圧の消散過程で排水が進む上端の要素群から軟化が起き、この領域からまず全応力一定下で有効鉛直応力の減少と正の過剰水圧の湧き出しが生ずる。この領域周辺の要素群は正の過剰水圧の湧き出しに引きずられ除荷を示す。その後排水が進んで、軟化した要素群が構造喪失の進展によって硬化に転じ除荷要素群も硬化に転ずるが、徐々に下側の要素群で順次軟化が発生し有効鉛直応力が同様に減少する。この過剰水圧の湧き出し（と消散）を伴って軟化域が排水端から中央部へと進み、排水が長い間続いて遅れ沈下がだらだらと続く。最終的には全ての要素が硬化域となり過剰水圧が完全に消散し「通常の」圧密が終わる。図8に789.88kPaの場合に対する過剰水圧の湧き出し・消散の過程と、図9に、一次元下にあっても負荷・除荷が繰り返すために現れた圧密終了後の供試体内部の不均質性を示す。また、この荷重の大きさの場合は、1,2回目の二次圧密の際に供試体内部で繰り返し負荷を受けて構造劣化が進んだため、最下層での軟化を示す荷重の大きさが小さくなり、1,2回目の二次圧密終了前に3回目の二次圧密が引き続き発生した。

3. おわりに

本報告では不均質性が極めて単純な場合の計算事例を示したが、不均質性が顕著な場合には、一次元荷重条件であっても、荷重の大きさ・構造の発達度合い等に応じてもっと様々な沈下挙動が現れる。

参考文献: 1) 木山: 臨海埋立地盤の工学的評価と圧密による地盤改良に関する研究, 大阪市立大学学位請求論文. 2) Asaoka, A. et al.: Superloading yield surface concept ..., S&F, 40(2), 2000. 3) Asaoka, A. et al.: Delayed compression/consolidation of natural clay due to degradation ..., S&F, to appear, 2000. 4) 浅岡ら: 構造を有する粘土の1次元遅れ沈下挙動, 第34回地盤工学研究発表会, 81-82, 1999. 5) 中野ら: 「砂と粘土の違い」に関する構造・過圧密の劣化過程から見た一考察, 第35回地盤工学研究発表会, 2000.