

III- 464

2成分混合体モデルによる自然粘土地盤の一次元圧密解析

大阪大学工学部 正会員 阿部 信 晴
大阪大学大学院 学生会員 ○橋本 和 晃

1. まえがき

カナダのBerthierville における盛土試験¹⁾では自然粘土地盤に特徴的な圧密挙動が明らかにされており、また粘土の原位置での有効応力 $\sim$ ひずみ関係が求められている。本報告ではこの盛土試験について2成分混合体モデルによる弾粘塑性一次元圧密解析を行い、これらの解析結果および実測結果にもとづいて自然粘土地盤の圧密特性を検討している。

2. Berthierville における盛土試験の概要

試験の対象となったのは図に示すように上下を砂層に挟まれた厚さ3.20mの粘土層（地表面下2.15～5.35m）である。地表には直径24m、高さ2.4mの円形の砂盛土が4日間で建設された（30cmの砂層 $\times$ 2層/日）。図-1は粘土層のほぼ中央での全応力増分の時間的変化を示したものである。盛土載荷直後（A）の全応力増分は39kPaであり、その後全応力は一定であったが、11日目（B）から24日目（C）まで強い降雨があり、全応力は5kPa増加した。その後の小さな全応力の変化は地下水位の季節的変動によるものである。計測機器は地表面沈下板、沈下計、間隙水圧計などが設置された。盛土の半径および粘土層の深さと厚さから変形条件は一次元と見なしうるが、沈下計、間隙水圧計などは盛土中心から半径3.5 mの円内に集中的に埋設された。

3. 2成分混合体モデルによる弾粘塑性圧密解析

自然堆積粘土の降伏は発達した粘土構造の劣化に起因するものである。この構造劣化による圧縮性の変化をモデル化するために2成分混合体モデル(two-fractions mixture model, interacting continua model)が用いられている。2成分混合体モデルでは粘土の構造劣化の影響を平均的に記述するために粘土要素の挙動は2つの成分、非損傷成分(intact fraction)と損傷成分(damaged fraction)による寄与に分解される。モデルの詳細は文献^{2), 3), 4)}を参照されたい。厚さ3.20mの粘土層を図-2に示すように32個の一次元要素に分割している。粘土層の初期条件（間隙比、有効応力、透水係数の分布）は関連文献等⁵⁾から推定した。用いた材料パラメータを表-1に示している。

4. 自然粘土地盤の一次元圧密挙動

図-3は粘土層の鉛直ひずみ $\sim$ 時間関係について解析結果と実測結果（沈下計R3, R7による）を示したものである。実測では1,000日で36cmの沈下が生じているが、解析結果はそれ以上の沈下となっている

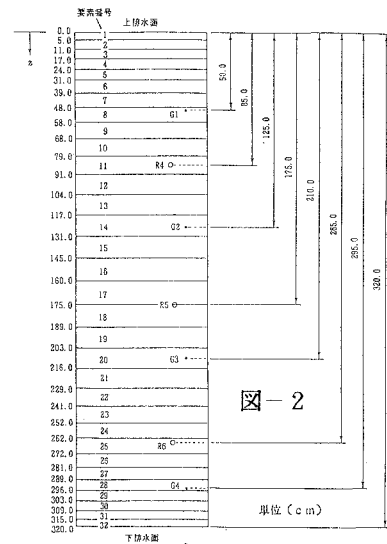
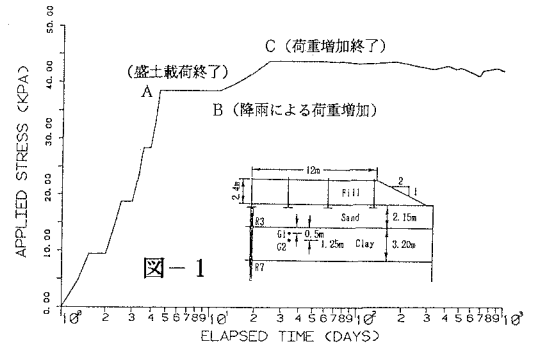


表-1

parameter	intact fraction	damaged fraction
Compression index λ	0.0320	0.2971
Swelling index κ	0.0099	0.0307
Coefficient of secondary compression μ	0.003	0.014
Reference strain rate $(\text{day}^{-1}) \dot{\epsilon}_{\text{cr}}$	1.3×10^{-4}	1.0×10^{-2}
Damage variable parameter m		1.05
" k		0.0005
" h		120.0
" r_u		1.0
Coefficient of permeability $(\text{m/day}) k_*$		5.1×10^{-2}
Permeability change index C_*		0.6

る。図-4 (a), (b)は間隙水圧計G1, G2の応答と対応する要素(要素8と14)の間隙水圧変化を比較したものである。実測結果から自然粘土地盤に特徴的な以下の間隙水圧挙動がわかる。すなわち、①AB間では全応力は一定であるにも係わらず、間隙水圧は減少後増加傾向を示す。②BC間での全応力の増加は5kPaであるが、間隙水圧はそれ以上増加している。③C以後全応力はほぼ一定であるが、間隙水圧は一旦増加した後減少していく。解析結果の間隙水圧応答はこのような実測挙動とよく一致しているが、C以後の間隙水圧の増加量は異なっている。図-5 (a), (b)は要素8と14の全応力、有効応力-ひずみ関係である。自然堆積粘土は小さなひずみで降伏し、その後のひずみの増加に伴って有効応力が減少するひずみ軟化特性を示している。すなわち、①~③の間隙水圧挙動は自然堆積粘土のひずみ軟化特性から説明することができる。図-5 (b)には原位置における有効応力-ひずみ曲線が示されているが、これは沈下計R4-R5間のひずみと図-1の全応力および図-4 (b)の間隙水圧計G2の応答値から求められた有効応力との関係である。Berthierville clayは原位置でひずみ軟化していることが分かる。

5. あとがき

自然粘土地盤において間隙水圧の消散が記録されないのに沈下が生じるといった実測例が数多く報告されている。これは自然堆積粘土の圧密時の降伏特性に起因する現象である。現実の圧密降伏特性を反映したモデル化が重要となっているが、2成分混合体モデルのパラメータ、特に損傷変数パラメータを室内試験結果から決定することは現時点ではむずかしく、圧密試験あるいは実測挙動のフィッティングによらなければならない。さらに問題となる点は、自然堆積粘土の降伏が攪乱に極めて敏感であり、採取試料の室内圧密試験から得られる応力-ひずみ関係が原位置のそれと異なっていることである。

参考文献

- ①Kabbaj, M. et al.: In situ and laboratory stress-strain relationships, Geotech. 38, No. 1, 83-100.
- ②平尾他: 粘土の一次元弾粘塑性ひずみ軟化モデル 土木学会第46回年次学術講演会概要集第3部, 390-391.
- ③阿部他: 弾粘塑性ひずみ軟化モデルによる一次元圧密解析, 平成4年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要.
- ④阿部他: Interacting continua modelによる鋭敏粘土の一次元圧密解析, 第27回

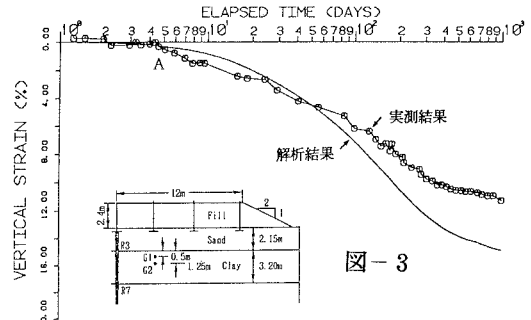


図-3

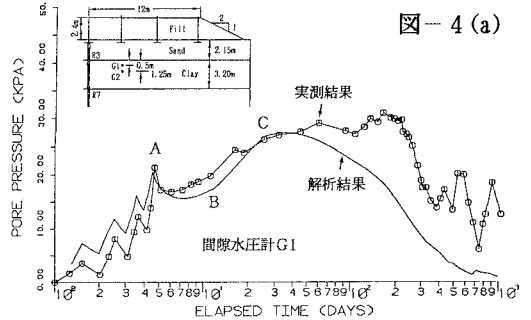


図-4 (a)

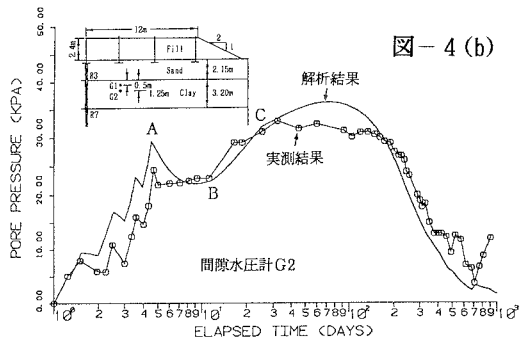


図-4 (b)

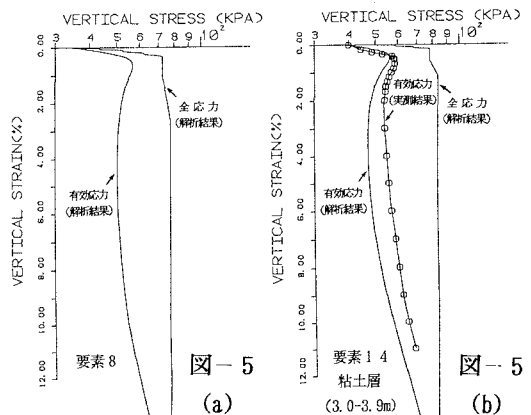


図-5

(a)

図-5

(b)

土質工学研究発表会発表講演集, 375-378. ⑤Samson et al.: Settlement performance of two embankments on deep compressive soils, Can. Geotech. J. 20 No. 2, 211-266.