

圧密履歴を有する粘性土地盤上の盛土の地震時挙動

京都大学工学研究科 芦野 貴之
京都大学防災研究所 正会員 ○上田 恭平
京都大学防災研究所 正会員 井合 進

1. はじめに

従来、盛土の地震被害の主な原因は基礎地盤部の液状化によるものと考えられていた。しかし、2011 年東北地方太平洋沖地震では、河川堤防において、厚い粘土や泥炭が堆積した層を有する非液状化地盤上でも盛土の被害が確認された。既往の研究では、粘土地盤の圧密が進行した結果、地下水面が上昇し、盛土下部の飽和領域が拡大したことが指摘されている¹⁾。本研究では、盛土の地震時挙動に及ぼす粘性土地盤の圧密履歴の影響に焦点を当て、その定量的な影響の把握に向けて遠心模型実験および二次元有効応力解を実施した。

2. 遠心模型実験

遠心模型実験には京都大学防災研究所の遠心力载荷装置(半径 2.5m)を使用した。実験模型の概略を図 1 に示す。実験は遠心場の相似則を用いて縮尺 1/50 とした。本研究では、基礎地盤上に盛土を設置し、「盛土による圧密過程」及び、それに続く「地震時挙動」について実験を行った。実験ケースは全 4 ケースで、表 1 に示す。基礎地盤を正規圧密カオリン粘土 (NC) または過圧密カオリン粘土 (OC)、盛土をセメント混合土または珪砂 7 号を使用することで、それぞれの違いによる影響を調べた。また、全ケースで、遠心場は 50 G、間隙流体は水、入力波の最大加速度は 200gal とした。

本実験では、盛土自体が変形しないセメント混合土を用いた盛土と、盛土自体が変形可能な珪砂 7 号を用いた盛土を用意した (図 2)。前者では盛土の底面のみを、後者では盛土の天端と底面を計測した。ここで、盛土底面の沈下量は粘土層の沈下量を、盛土天端の沈下量は粘土層の沈下量と盛土自体の変形量を表す。

3. 実験結果

本実験では、盛土による圧密過程を約 90 日間とした。図 3 及び図 4 は、圧密前後の様子である。正規圧密粘土地盤では、圧密によって排水された赤色の水が地表面に見取れる。図 5 の左図は、圧密によって生じた沈下量である。圧密過程において、正規圧密粘土地盤上の盛土底面と天端に差が生じており、盛土が変形していることが示唆される。

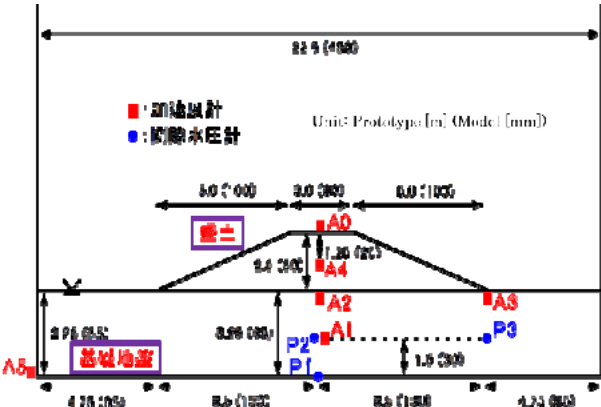


図 1 センサー配置図

表 1 実験ケース

	基礎地盤	盛土	入力波 最大加速度
Case NC-C200	正規圧密粘土	セメント混合土	200 gal
Case OC-C200	過圧密粘土	セメント混合土	200 gal
Case NC-S200	正規圧密粘土	珪砂 7 号	200 gal
Case OC-S200	過圧密粘土	珪砂 7 号	200 gal

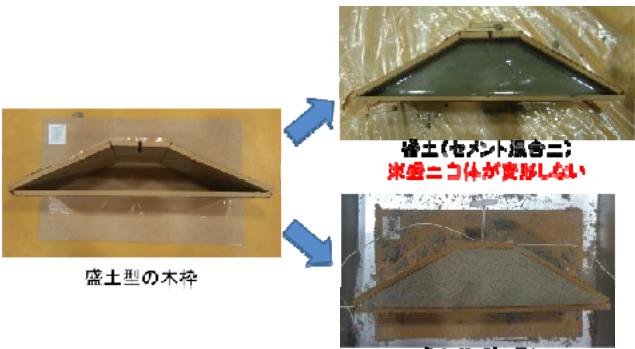


図 2 盛土(セメント混合土と珪砂 7 号)

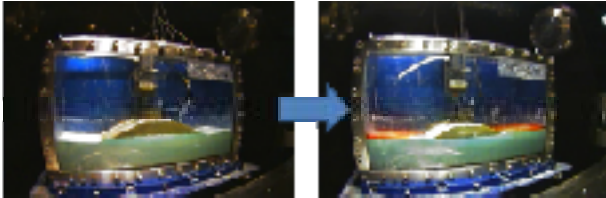


図 3 正規圧密粘土地盤の圧密前後 (Case NC-C200)

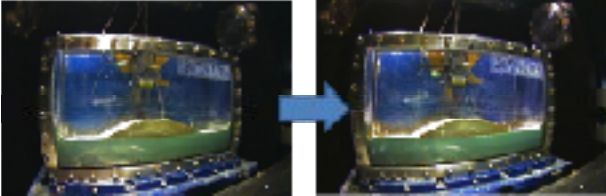


図 4 過圧密粘土地盤の圧密前後 (Case OC-C200)

キーワード 盛土, 地震時挙動, 圧密履歴

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 TEL 0774-38-4092

図6に加速度時刻歴を示す。正規圧密粘土地盤の方が地表面付近で減衰されやすいことが分かる。さらに、盛土内の加速度も正規圧密粘土地盤の方が小さいのにも関わらず、図5の右図に示す通り、盛土の変形量が極めて大きい。すなわち、粘土地盤の圧密沈下によって、その上の盛土に大きな影響を与え、建設当初の強度を有していない盛土は、地震によってさらに被害が拡大した。

4. 有効応力解析

本研究では、二次元有効応力解析 FLIP を用いた。粘性土の力学モデルは Cookie Model²⁾とした。圧密解析・地震応答解析の一連の解析において、正規圧密及び過圧密ともに全て同一のパラメタを使用し、遠心模型実験の手順に忠実に従った。盛土は線形平面要素とし、遠心模型実験のセメント混合を用いた盛土と整合性を保っている。図7に示すように、圧密過程における盛土底面の沈下量を忠実に再現できた。図8は圧密前後の変形図であり、良い一致が見られる。以上のことから、クッキーモデルの適用性を確認した。また、地震時挙動に関しても、現時点では定量的な再現には至っていないが、定性的傾向については確認できた(図9)。

5. まとめ

遠心模型実験では、粘土地盤の圧密沈下によって、その上の構造物(今回は盛土)に大きな影響を与え、その初期の強度を有していない盛土は、地震によって被害が拡大した。したがって、これらの被害予測を精緻に行うためには、地震が作用する前の圧密履歴を圧密解析により適切に考慮する必要があり、今回、粘性土モデル(クッキーモデル)の可能性を示した。

参考文献：1) Okamura M, Tamamura S, Yamamoto S. Seismic stability of embankments subjected to pre-deformation due to foundation consolidation. *Soils and Foundations* 2012; 53(1): 11-22. 2) 井合進, 上田恭平：ひずみ空間多重せん断モデルによる粘性土の力学挙動の表現, 京都大学防災研究所年報, 第59号, 2016.

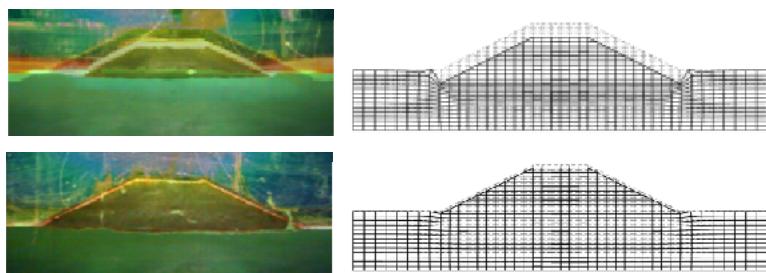


図8 NC(上)とOC(下)の圧密前後の変形

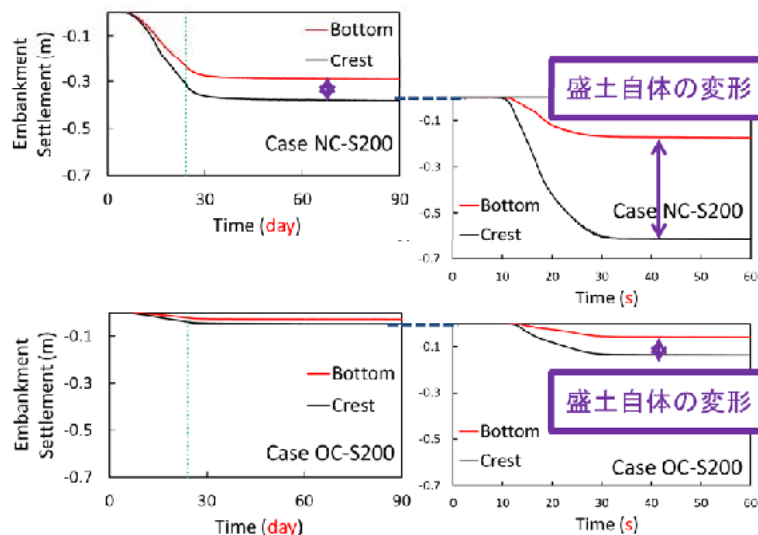


図5 NC(上)とOC(下)の沈下量比較

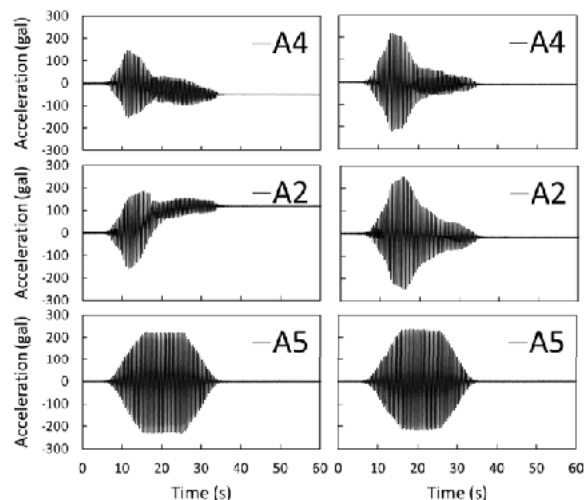


図6 NC(左)とOC(右)の加速度比較

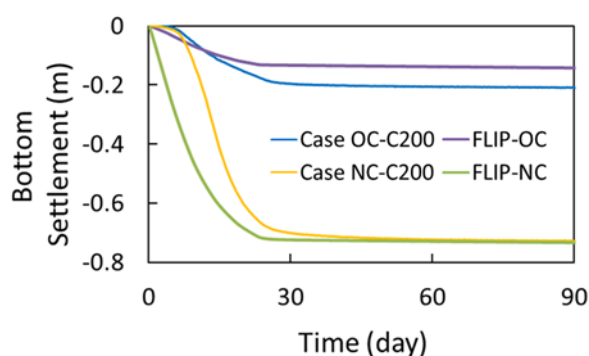


図7 解析と実験の圧密沈下量比較

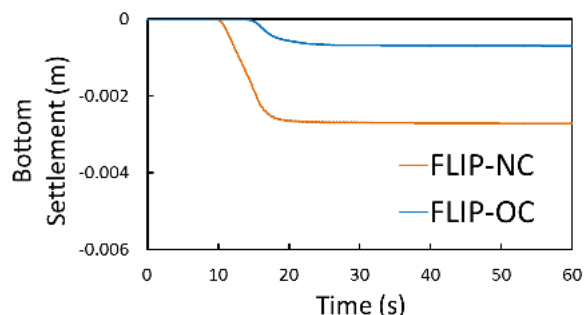


図9 加振時における盛土底面沈下量(解析)