

重力式岸壁の液状化対策としての地盤の不飽和化に関する遠心模型実験：不飽和領域の影響

東京工業大学大学院 学生会員 ○小松本 奈央美 正会員 井沢 淳 正会員 竹村 次朗

1. はじめに

間隙中に空気が存在する間隙流体の圧縮性が増加し、非排水繰返しせん断による過剰間隙水圧の発生が抑制され液状化強度が増加し、これを利用した液状化対策として地盤の不飽和化の研究がなされている。本研究では基礎、背面部に液状化層を有する重力式岸壁を対象として、地盤の地下水位を低下・再上昇させることにより均質な不飽和履歴を液状化砂層全層与えた模型と背面砂層にのみに与えた模型を作成し、これに対して遠心模型振動実験を行い、飽和地盤模型の結果と比べることにより不飽和履歴とその範囲が液状化挙動に与える影響について検討した。

2. 実験概要

本実験では表1に示す硅砂8号及び硅砂3号を用いて、液状化層と下部排水層をそれぞれ作成した。実験では、内径 $150 \times 450 \times 270\text{mm}$ の剛性容器を使用し、土槽底部に硅砂3号を厚さ 40mm 敷き、その上に空中落下法により厚さ 160mm 、相対密度 60% の液状化層を作成した。

実験では、重さ 1.6kg 、高さ 80mm 、幅 60mm 、奥行 150mm のフーチング(50g :設置圧 72kPa)を設置した飽和地盤模型を 50g 場において、地盤底部から排水し、所定深さまで不飽和履歴を与え、再び給水することにより初期の水位まで上昇させることで不飽和履歴を与えた。この不飽和履歴を液状化層全層に与えたケース (CASE1)、ケーソン背面の砂層のみに与えたケース (CASE3)、飽和履歴を与えない飽和地盤 (CASE2) に対して機械式振動台を用いて 45Hz の正弦波を13波を与えた。模型概要、各センサーの設置位置を図1に示す。入力加速度は図2に示す通りであり、きれいな正弦波ではないが3つのケースでほぼ同様の波を入力できている。実験の方法については、別報¹⁾に記載されている。

3. 実験及び考察

図3は、CASE3の不飽和化過程の間隙水圧と飽和度の経時変化である。このケースでは水位をケーソン底部までしか低下させなかったため、背面地盤に位置した TDR4のみ大きく飽和度が低下して、残留飽和度も小さくなっているが、最低地下水面付近に位置した TDR3、一番下の TDR2, 1でも飽和度の低下が生じ、残留値も 100% を下回るものとなった。排水前を飽和度 100% と仮定して体積水分含水率より飽和度を求めたが、実際は若干の気泡が存在しており、水圧の低下によりその気泡が膨張したことがこの飽和度の低下の原因と考えられる。図4は不飽和化の過程の最低飽和度と水位上昇後の残留飽和度の深さ方向の分布である。排水により飽和度は 20% 程度まで減少し、CASE1では最終的な平均残留飽和度は 88% 、CASE3では 95% 程度となった。

各実験ケースにおける加振時の過剰間隙水圧の変化を図5に示す。図中の点線は有効上載圧を示している。CASE2のPPT5では早い段階で過剰間隙水圧が有効上載圧に達している。一方、CASE1、3とも過剰間隙水圧の上昇は緩やかである。また、CASE1、3とも、入力加速度の波が小さく振動後半部では過剰間隙水圧は減少傾向を示している。

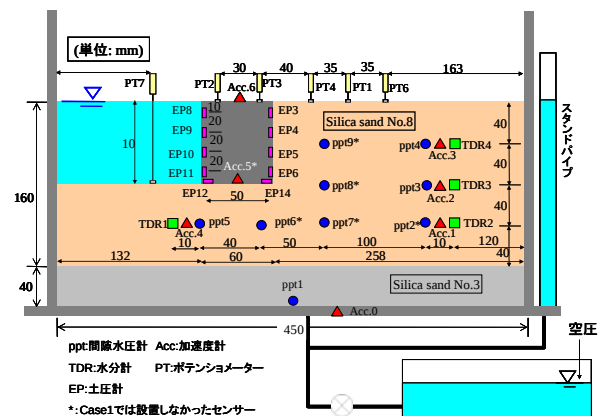


図1 模型地盤およびセンサー位置

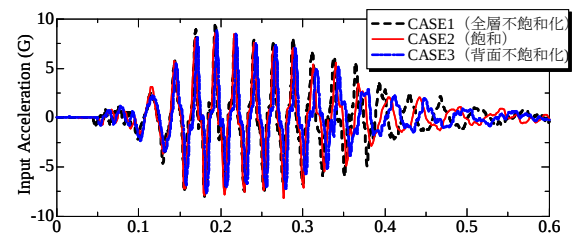


図2 入力加速の時刻歴

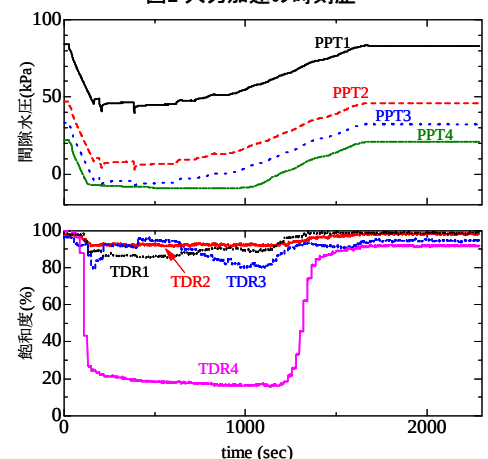


図3 不飽和過程の間隙水圧と飽和度の変化 (CASE3)

キーワード 液状化、遠心模型実験、不飽和化、不飽和領域

連絡先 〒152-0033 目黒区大岡山 2-12-1 M1-18 竹村研究室 TEL03-5734-2592

不飽和履歴領域が浅いCASE3では深い部分でCASE1より大きな間隙水圧が予測されたが、今回の実験ではフーチング直下の間隙水圧の振幅が大きくなったこと以外は明確な差は見られなかった。

図6に振動時のフーチング底部海側先端と背面深部で計測され土圧の時間履歴を示す。CASE3で底部の土圧計の設置状態の問題で、トレンド、振幅とも小さくなっている。飽和のケースはケーソンのロッキングが顕著で不飽和のケースに比べ底部土圧の振幅が大きく、トレンドも大きい。背面の土圧も飽和ケースでは振動中上昇傾向を示すのに対して、不飽和ケースでは殆ど上昇は見られない。また振幅も飽和ケースは不飽和ケースに比べると大きくなっている。

図7に、振動中のフーチングの水平、鉛直変位、回転角の時間履歴を示す。なお、CASE2では、レーザー変位計の計測ができず、ビデオ画像から水平変位を求めたため、振動成分は計測できていない。また、ケーソンの沈下計自体もある程度振動するので、回転や沈下の振動性分はあくまでもケース間の相対的な差を表すものと見るべきである。この図より不飽和にすることによりケーソンの変位、特に水平変位と回転を抑制することができることが確認できる。また、ケーソン底部の液状化が大きくなると、回転振動成分が大きくなっているが、この原因として容器の拘束等の影響も考えられ、更なる検討必要である。また、ケーソン変位についても不飽和領域の差が明確には現れていない。図5に示すケーソン下の間隙水圧挙動からわかるように、この部分の液状化の程度が両者において差がなかったことがこの変形挙動に繋がったものと考えられる。

4. まとめ

重力式岸壁周りの液状化層に不飽和履歴を与えて、地盤間隙中に空気を残存させることにより液状化の発生を抑制することができ、その結果地震時の岸壁の変位、特に水平変位と回転を効果的に抑制することができることが遠心模型実験で確認できた。

しかし、ケーソン底面の改良の効果を確認するためには更なる検討が必要である。

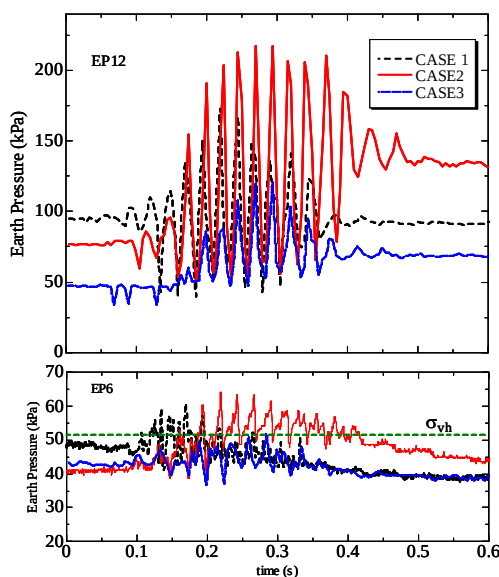


図6 振動中のケーソン先端、背面底部の土圧の変化

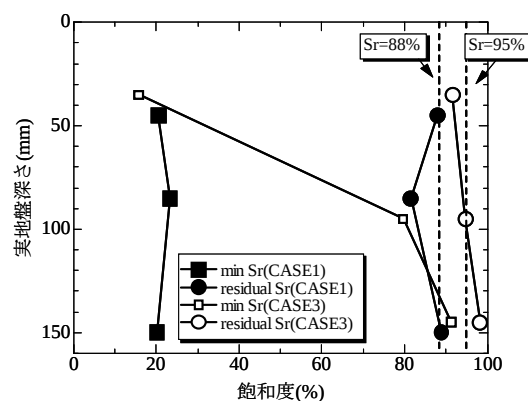


図4 深さ方向の飽和度の変化 (CASE1,CASE3)

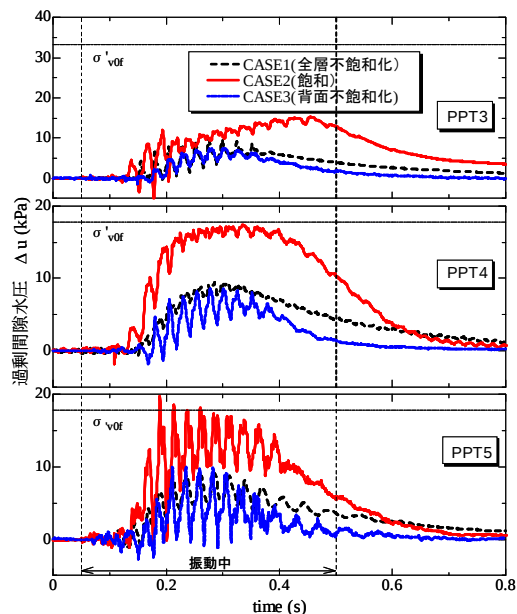


図5 過剰間隙水圧挙動

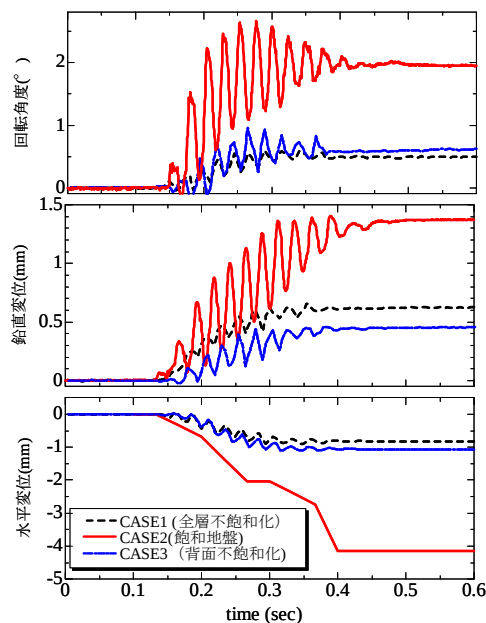


図7 振動によるケーソンの変位

参考文献：

1)粉松本奈央美(2009):重力式岸壁の液状化対策としての地盤の不飽和化に関する不飽和化に関する遠近模型実験。第44回地盤工学研究発表会(発表予定)