

I-B 431

液状化地盤中の円筒土留に関する遠心模型振動実験（その1）

（株）大林組技術研究所 正会員 ○松田 隆
 同上 後藤 洋三

1 はじめに

液状化地盤中の大型円筒土留壁体に発生する断面力に与える周辺地盤の過剰間隙水圧の影響を明らかにし、設計検討モデルや地震外力設定に関する資料を得ることを目的に、大型遠心試験装置を用いた模型振動実験を実施した。本文は、実験の概要と加速度応答特性や過剰間隙水圧と壁体ひずみの関係を経時的に検討した結果を述べるものである。

2 実験方法

実験は、米国カリフォルニア大学デービス校にある大型遠心装置に搭載された油圧式の振動台¹⁾を用いて実施した。遠心加速度は50Gに設定した。実験対象の円筒土留構造は、幾何的相似率が1/50とした場合、実物寸法で外径は20m、壁厚は0.6mである。図-1に模型地盤と円筒土留および計測器の配置を示す。模型材料は、繊維補強の高強度モルタル（一軸圧縮強度970kgf/cm²、ヤング率3.9×10⁵kgf/cm²）とした。2層の模型地盤は、上部がNevada砂用いた液状化対象層で、飽和後の相対密度は64%である。この層は44cm厚で実物では22mになる。下層はセメント混合土（20cmの非液状化層）は円筒土留模型を支持する不透水層である。模型地盤はせん断土槽に保持され、乾燥状態で投入後、脱気水で飽和させた。入力地震波は、兵庫県南部地震でのポートアイランドNS波のうちGL-83mでの波形を用いた。ただし、実験では最大加速度を12.7G（実物で248gal相当）に調整した。

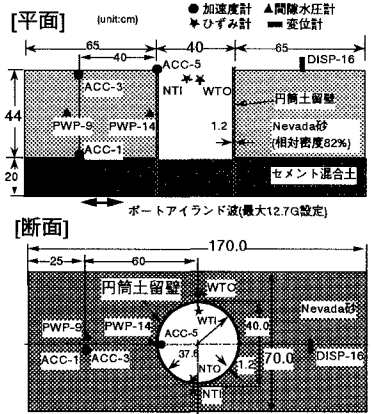


図-1 模型地盤と円筒土留モデル

図-1に模型地盤と円筒土留および計測器の配置を示す。模型材料は、繊維補強の高強度モルタル（一軸圧縮強度970kgf/cm²、ヤング率3.9×10⁵kgf/cm²）とした。2層の模型地盤は、上部がNevada砂用いた液状化対象層で、飽和後の相対密度は64%である。この層は44cm厚で実物では22mになる。下層はセメント混合土（20cmの非液状化層）は円筒土留模型を支持する不透水層である。模型地盤はせん断土槽に保持され、乾燥状態で投入後、脱気水で飽和させた。入力地震波は、兵庫県南部地震でのポートアイランドNS波のうちGL-83mでの波形を用いた。ただし、実験では最大加速度を12.7G（実物で248gal相当）に調整した。

3 実験結果

図-2に最大加速度と最大過剰間隙水圧比の分布を示す。遠方地盤の加速度は液状化によって増幅傾向は示さず、これに対して、土留壁体の応答は増幅している。土留壁体周辺と遠方地盤の過剰間隙水圧比の最大値に関しては、表層を除き、壁体周辺の方がやや小さいが、分布傾向に大きな相違は無いことが分かる。

図-3に加速度・過剰間隙水圧・壁体ひずみ・地表面沈下の経時変化を示す。ACC-1は飽和砂層の下層の加速度で、最大で11.7Gである。入力の最初の主要動で過剰間隙水圧比PWP-14は0.8程度まで上昇し、地盤の剛性は相当低下した状態になったと考えられる。その影響を受けて、地表面の応答ACC-3は低下し、最大で下部層ACC-1の約2/3に相当する6.67Gとなる。特に、0.2秒付近にある2つ目の主要動は地表面ACC-3には見られない。これに対して、土留壁体頂部の応答ACC-5は周辺地盤の液状化に係わらず増幅し、最大で20.45Gにまで達する。これは、周辺地盤の液状化によって、地盤が円筒土留を拘束する効果が低下し、構造本体の増幅特性が現れたものと考えられる。

土留壁体に発生するひずみは、上部外側のNTOとWTOを示している。内側NTIは外側とほぼ同様の経時変化であり、NTOとWTOも一致していることから、円周方向の軸方向成分が卓越していることが分かる。また、始めの一波は壁体の内外共に圧縮側となり、その時刻は大きな加速度振幅と過剰間隙水圧が急激に上昇した時刻と一致している。壁体ひずみは加振が終了しても減少することはなく、この計測時間中は引張り側に累積していく傾向が見られた。

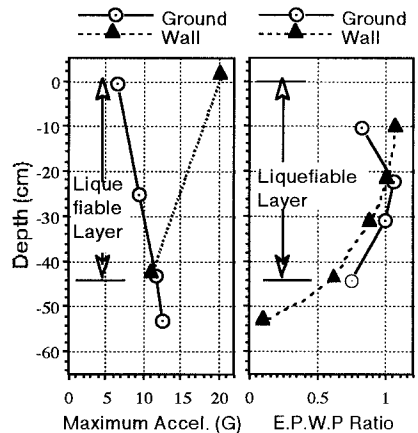


図-2 最大値分布

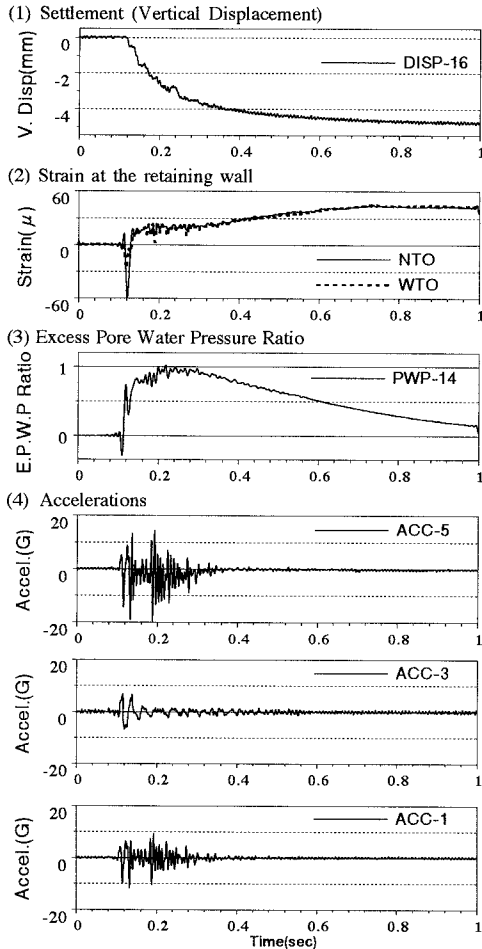


図-3 応答波形

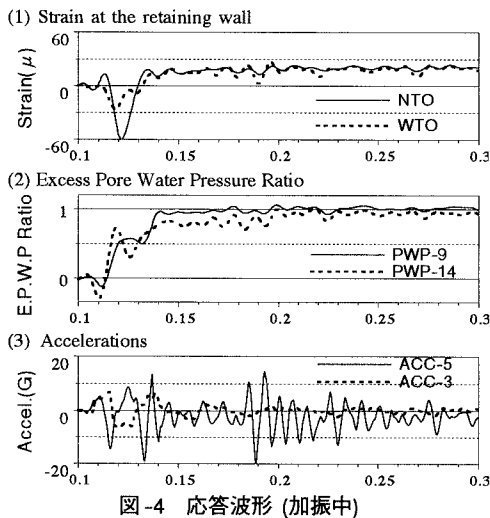


図-4 応答波形 (加振中)

DISP-16の地盤沈下から、最終沈下の約80%が加振中に生じるが、残りの約20%は加振終了後の過剰間隙水圧の消散に伴うものであることが分かる。土留壁体に生じるひずみは、過剰間隙水圧の消散時期、すなわち、残留地盤沈下が増加している時期の土水圧分布の変化との相関が現れている。

図-4に加振中の経時変化を示す。ACC-3と-5の比較から、壁体ACC-5は入力とほぼ位相特性を示し増幅している。これに対して、地盤ACC-3は長周期になり位相特性も入力とは異なる。GL-22cmにある構造物から離れた地盤での過剰間隙水圧PWP-9と、同一深度の土留壁体近傍地盤でのPWP-14は、ほぼ同様の経時変化の傾向を示している。ただし、土留壁体PWP-14では動的な振幅が過剰間隙水圧の経時変化にのっており、土留壁体の振動が影響しているものと考えられる。振動成分を除いた過剰間隙水圧は僅かではあるが土留壁体PWP-14のほうが小さい。

図-5に壁体の曲げひずみと頂部加速度ACC-5の主要動部波形を、図-6にそれらの相関を示す。これらより、曲げひずみは最大で 3μ と軸ひずみの最大 60μ に比べ小さく、壁体の応答加速度相関があることが分かる。

4 まとめ

遠心振動実験を用いた液状化時の円筒土留の挙動に関する検討を実施した。その結果、液状化によって地盤の拘束効果は低下し、土留に大きな加速度が生じることが分かった。また、土留壁に発生するひずみは加振中は壁体の加速度振幅に影響されるが、液状化後は過剰間隙水圧の値と地盤沈下などの変状に影響されることが判明した。この傾向については、シミュレーション解析²⁾によっても確認できる。

なお、実験の実施にあたってはデービス校のエンジニアリングスタッフの協力を得た。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) B. Kutter, et al: Design of a large earthquake simulator at UC Davis, Centrifuge'94, pp163-175
- 2) 田中 他: 液状化地盤中の円筒土留に関する遠心模型振動実験 (その2: シミュレーション解析)、1996年土木学会年次講演 I

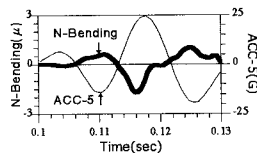


図-5 曲げひずみ波形

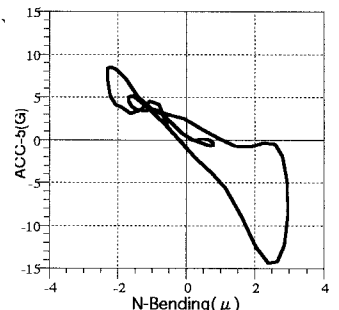


図-6 曲げひずみ波形