

愛媛大学大学院 学生会員 ○相原 聡
愛媛大学大学院 正会員 岡村 未対

1. はじめに

土の液状化強度は飽和度が低下すると著しく増加することが知られており、近年不飽和化による地盤の液状化対策の研究が行われている。本研究では地盤の不飽和化による液状化対策効果を検討するため小型模型ながら実地盤と同等の応力レベルを模型内に再現できる動的遠心模型実験を行った。もたれ式護岸の模型を作製し、地盤全体が飽和、全体が不飽和、部分的に飽和した地盤について実験を行った。

2. 実験方法

図1に示す模型地盤を作製した。実験には豊浦砂を用い、空中落下法により土槽底面上に層厚2cmの相対密度90%の非液状化層を作製し、その上に相対密度45%の液状化層を作製した。液状化層内のAからGの7地点に水圧計と加速度計を設置した。ケース3では、薄いプラスチック遮蔽板を予め土槽に設置してから地盤を作製し、飽和領域と不飽和領域で通水方法を変えて所定の飽和度とした後に遮蔽板を取り除き、模型地盤とした。また、地盤の変位を可視化するため色砂を敷設した。遠心加速度場での動的実験では時間に関する相似率の整合性を図る必要があるため水の50倍の粘性を持つメチルセルロース水溶液を間隙流体として用いて地盤の底部から浸透させた。飽和地盤作製の際には飽和度をできるだけ100%に近づけるため地盤に負圧をかけ、水と溶けやすい二酸化炭素と置換した後に遠心場で通水した。また、不飽和地盤は重力場で通水した。通水終了後、土槽全体に約10kPa程度の圧力変化を与え、そこで生じる水位変化から地盤中の空気量を計算して飽和度を求めた²⁾。実験は40gの遠心加速度場で行い、実物換算で最大加速度約250gal卓越周波数1Hzの振動を与えた。実験条件を表1に示す。

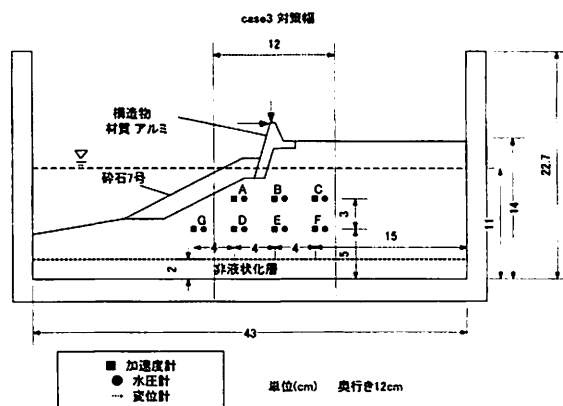


図1 模型地盤概要図

表1 実験条件一覧

ケース	地盤概要	相対密度		不飽和領域幅	飽和度		
		非液状化層	液状化層		飽和領域左	飽和領域右	不飽和領域
case1	全面飽和	94.9%	42.0%	0cm	99.2%	99.2%	
case2	全面不飽和	93.0%	44.5%	43cm			83.7%
case3	構造物下層不飽和	93.5%	42.3%	12cm	99.2%	98.9%	96.3%

表2 液状化地点一覧

ケース	液状化地点
case1	ABCDEF
case2	A、G
case3	全地点

3. 実験結果

液状化の判断は主に水圧計の値から過剰間隙水圧比が1であるか否かにより判断した。各ケースの液状化発生の地点を表2に示す。なお、ケース1ではG地点にセンサーを設置していない。今回、ケース1とケース3では設置した全地点で液状化が発生し、ケース2でもA、G地点で液状化が発生した。ケース2では地盤の飽和度が低いため液状化地点が少なくなっているが飽和度を83.7%まで低下させても土被りの小さいA、G地点では液状化している。これは、拘束圧が小さいと飽和度を低下しても液状化強度の増加が小さいためである。

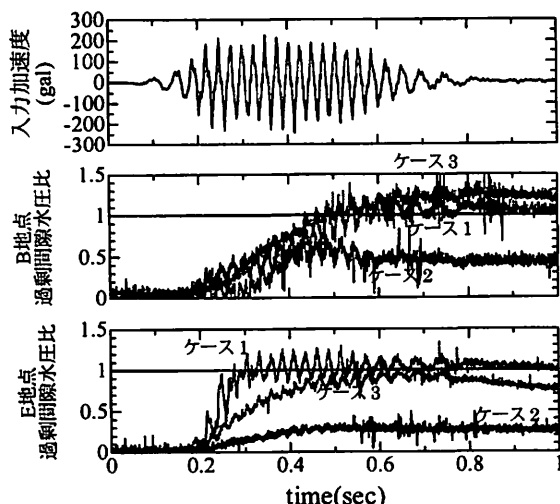


図2 B,E 地点の過剰間隙水圧比

図2はB、E地点の各ケースの水圧上昇時の過剰間隙水圧比の時刻歴である。飽和度が83%と低いケース2では水圧の低下が顕著である。部分的に飽和度を3%低下させたケース3を全体が飽和しているケース1と比較すると、土被りの小さいB地点では違いがあまり見られないが、土被りの大きいF地点ではケース3が水圧上昇が緩やかになっている。また図3は、B、F地点の加振から水圧消散までの時刻歴である。ケース1とケース3を比較すると、ここでも土被りの小さいB地点では違いがあまり見られないが、土被りの大きいF地点では液状化継続時間が短くなっている。このことからケース3でも土被りが大きい地点で飽和度低下による水圧抑制効果が現れているといえる。

図4は各ケースの構造物の変位量である。この図からケース2はケース1に比べ大幅に変位が抑制された。また、ケース3でもケース1と比べ特に水平変位が大幅に減少している。

図5は各ケースの変位ベクトル図である。各ケースとも地盤下部の非液状化層ではほとんど変位はなく、液状化層では地盤深部から土被りの小さい地表面近くに向うにつれて変位が大きくなっている。ケース2では液状化が抑制されており大幅に変位が減少している。ケース3でも液状化は発生しているが水圧の上昇が緩やかになり液状化時間も短縮されているため地盤の変位が大きく減少している。これによりケース2、ケース3では構造物の変位も抑制されている。

4. まとめ

本研究では護岸の模型地盤の動的遠心振動実験を行い、地盤の不飽和化による液状化対策効果を検討した。その結果、飽和度を全域にわたって大きく低下させたケース2でも土被りの小さな地表面付近では液状化が発生するが、ある程度以上土被りが大きい地点では液状化せず変位も大きく減少した。また、構造物周辺のみ飽和度を約3%だけ低下させたケース3では水圧の上昇が緩やかになり、地盤及び構造物の変位が大幅に抑制された。

参考文献 1) Mitsu Okamura and Yasumasa Soga : effects of pore fluid compressibility on liquefaction resistance of partially saturated sand, S&F, 46(5), 703-708, 2006. 2) 岡村未対、来山博昭：遠心加速度を利用した飽和地盤の作製法と飽和度計測法に関する研究, 土木学会論文集, 64(3), 2008

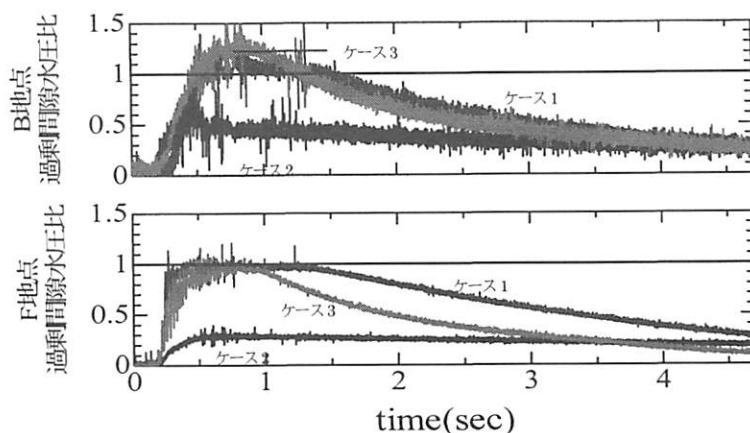


図3 B,F地点の過剰間隙水圧比

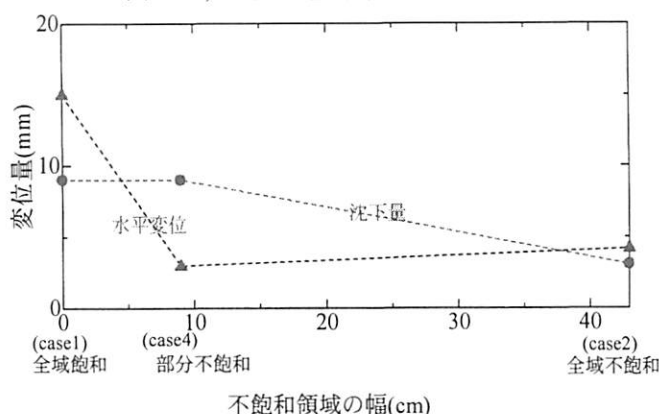


図4 各ケース護岸変位量

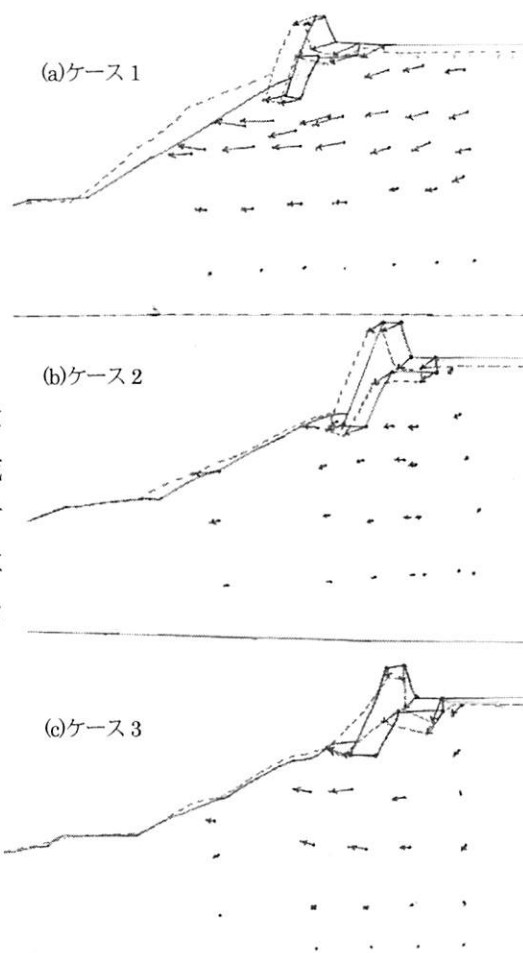


図5 変位ベクトル図