

(株)シアテック 正会員 ○井上 寿幸
愛媛大学大学院 正会員 岡村 未対

1.はじめに

新たな液状化対策工法として、空気注入工法¹⁾が研究されている。この工法は土の飽和度を低下すると液状化強度が増加することを利用して地盤を改良する工法である。特徴として材料が空気であるためコストが安いということと、既存構造物直下にも対策できるというものである。

実際に空気を注入すると、空気は2次元的な広がり¹⁾をもつことが明らかにされており、地盤中に飽和度が低下する領域と低下しない領域（以下不飽和領域、飽和領域と称す）が存在することになる。飽和領域と不飽和領域間に発生する水圧の差から相互作用が生じることが想定される。本研究では遠心模型実験を行い、部分的に不飽和領域が存在する地盤の地震時液状化特性を調べた。

2.実験概要

実験では、図1に示す剛な土層内に豊浦砂（ $\rho_s=2.64\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=0.973$, $e_{\min}=0.609$ ）を空中落下させて相対密度 $Dr=45\%$ 、厚さ 16cm の模型地盤を作製した。次に土槽全体に負圧を作用させ、20g の遠心場においてメチルセルローズ水溶液（50cst）を地盤に注入し、所定の飽和度の地盤を作製した。飽和領域と不飽和領域を有する地盤を作製するケースでは、地盤作製前に遮蔽板を取り付けて別々に注水し、その後遮蔽板を撤去して飽和度が領域により異なる地盤を作製した。飽和度は岡村・来山の方法²⁾により圧力変化に伴う水位変位量の測定から求めた。

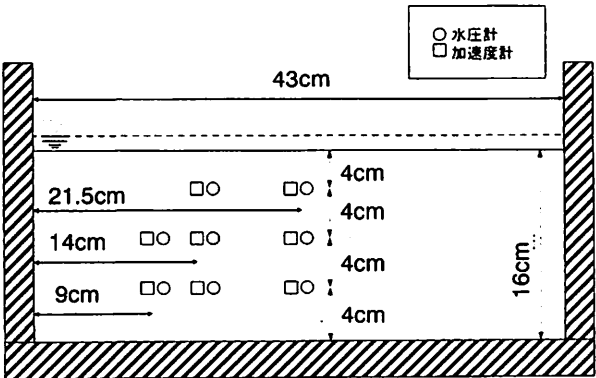


図1 模型地盤概要

図1に示す模型地盤を遠心模型実験装置に搭載し、40g の遠心加速度場にて最大加速度 5g、周波数 30Hz の水平加速度（図2）を土槽に与えた。実験条件の一覧を表1に示す。ケース1は全体が飽和している無対策地盤、ケース2は全体の飽和度を約3%低下した地盤、ケース3は部分的に対策(飽和度を3%低下)した地盤で飽和領域の幅を4m、ケース4は飽和領域の幅を2mとした。

表1 実験条件

ケース	相対密度	Sr(左側,中央,右側)	飽和幅(m)
1(無対策)	45%	99.2%	17.2
2(全対策)		96.6%	0
3(部分飽和)		(96.2%,99.0%,96.4%)	4
4(部分飽和)		(96.5%,99.3%,96.6%)	2

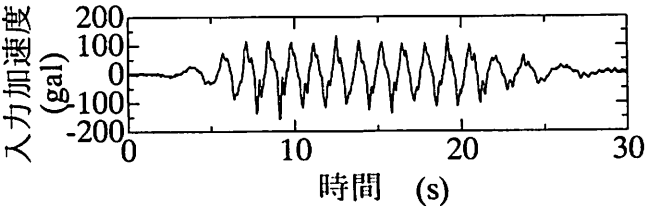


図2 入力波形の時刻歴

3.実験結果

実験結果は以後、遠心模型実験の相似則に従って実地盤に換算、すなわち長さと時間を40倍して示す。まず、土槽中央の3深度での過剰間隙水圧の時刻歴を図2に示す。水圧計の設置深度は地表面からそれぞれ1.6m、3.2m、4.8mである。深度1.6mでは全てのケースの水圧の時刻歴がほぼ一致しており、飽和度が異なることの影響がほとんどない。3.2mでは不飽和領域があるケース2,3,4で過剰間隙水圧の上昇が緩やかになっている。4.8mでは地盤全体が不飽和であるケース2で最も過剰間隙水圧が低く、部分的に飽和度が低いケース3,4でもケース1に比べて低くなっている。曾我ら³⁾は不飽和砂の三軸液状化試験を行い、飽和度低下による液状化強度の増加率は拘束圧に依存し、拘束圧が大きいほど液状化強度が増大することを明らかにしてい

る。図2の結果もこれと定性的に一致している。

実験3および4では土槽中央のセンサーは飽和領域にあるが、周りに不飽和領域が存在することにより飽和領域から不飽和領域へ水圧の伝播が起こり過剰間隙水圧の上昇が抑制されている。

4. 過剰間隙水圧の経過時間の影響

深度4.8mでの測定値を用いて水圧の水平方向の伝播特性を調べる。ケース1の実験結果より代表的な4時刻における過剰間隙水圧比と土槽左壁面からの距離の関係を図4(a)に示す。また図4(b)~(d)は、各ケースの過剰間隙水圧比を、ケース1(図4(a))の対応する位置と時刻の水圧比で除した、過剰間隙水圧の変化率である。 $t=8s$ と $t=9s$ では変化率はほぼ一定であるが、 $t=12s$ 以降は時間とともに変化率が上昇している。これは、ケース1では $t=10s$ で液状化し過剰間隙水圧が一定になるのに対して、他のケースでは液状化せずにその後も過剰間隙水圧が上昇していくためである。従って液状化が生じない地震動であれば過剰間隙水圧の変化率は加振中を通してほぼ一定になるものと考えられる。

5. まとめ

飽和領域と不飽和領域の相互作用を調べるために動的遠心模型実験を行い、深さおよび水平距離について比較、検討し、以下の結果を得た。

①地盤の飽和度を低下すると、加振中の過剰間隙水圧は地表面近くでは変化がないが深度の増加とともに大きく低下した。

②部分的に不飽和化した地盤では飽和領域から不飽和領域への水の移動により、飽和領域でも水圧低減効果がみられた。

③液状化が生じるまでの時刻では、過剰間隙水圧の変化率は時刻によらずほぼ一定になり、液状化が生じた後には、時間とともに過剰間隙水圧の変化率は上昇する。

参考文献

- 1)岡村：空気注入による安価な液状化対策工法、土と基礎 Vol.54, No.7, pp.28-30, 2006
- 2)岡村、来山：遠心加速度を利用した飽和模型地盤の作製法と飽和度測定法に関する研究、土木学会論文集 Vol.64, No.3, pp.662-671, 2008
- 3)曾我ら：不飽和土の液状化強度に及ぼす空気の圧縮性の影響、第40回地盤工学研究発表 pp.511-512, 2005

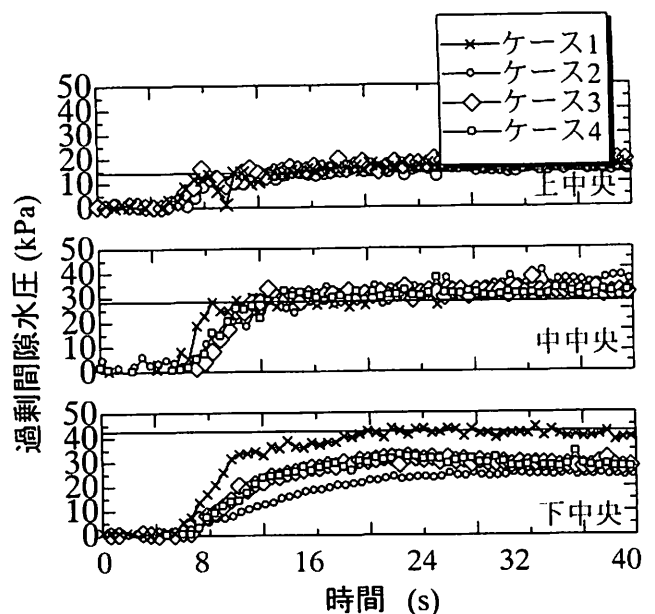


図3 過剰間隙水圧の時刻歴

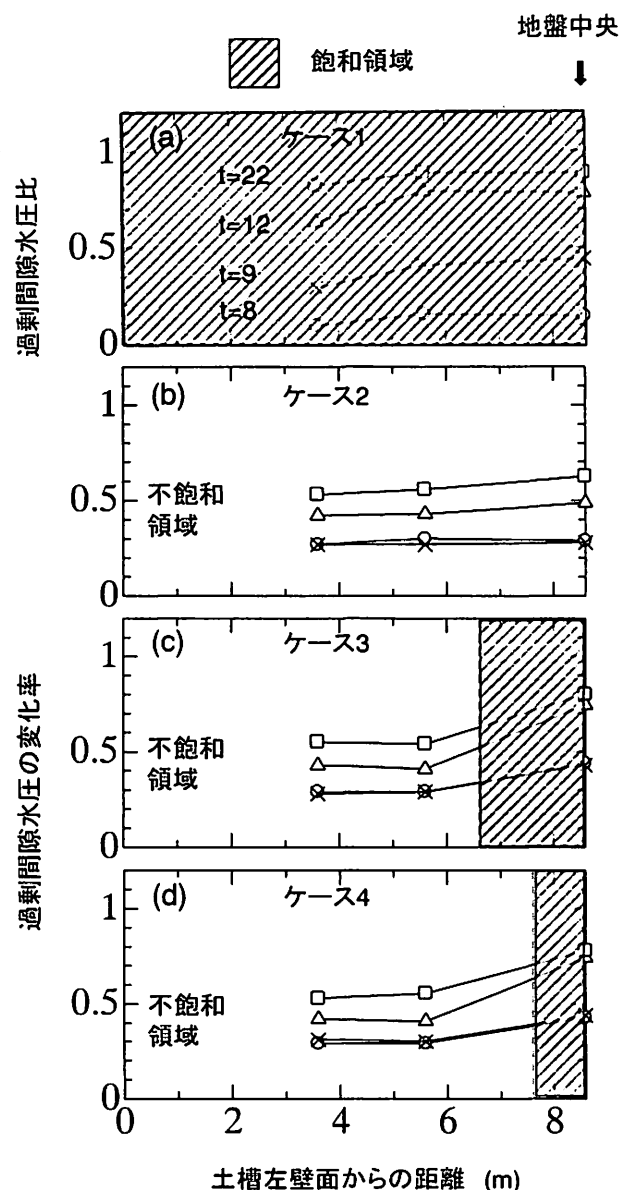


図4 過剰間隙水圧比と水平距離 および 過剰間隙水圧の変化率と水平距離の関係