

III-311

せん断土槽による飽和砂地盤の動的挙動について

水資源開発公団 正会員 ○ 東 世司美
 " 正会員 青山 竜二
 中央大学理工学部 正会員 涂 敏強
 " 正会員 藤井 斉昭

1、はじめに

筆者らが先に報告した遠心模型による飽和砂地盤の液状化実験¹⁾では剛性土槽による飽和砂地盤の液状化実験の報告を行っている。今回の報告はその土層壁面の反射や拘束の影響を抑えるため新たに開発したせん断土槽²⁾を用いて飽和砂地盤の液状化実験を行い結果をとりまとめたものである。これら一連の研究を通じ筆者らは地中埋設管の地震時挙動の解明を目指している。

2、実験方法

遠心模型による飽和砂地盤の液状化実験¹⁾で報告した方法により、グリセリン水溶液中に気乾状態の豊浦砂を撒きだして作成した均一な飽和砂地盤に表-1の規則波を入力した。実験は振動台上で作成した模型地盤を40gの遠心力場においてしばらく安定させた後に振動を加え、地盤内に予め埋設してある加速度計と間隙水圧計により地盤の挙動を調べた。実験後、直ちに遠心装置の回転を止めた後に地盤表面の沈下等を調べた。

表-1 振動台による基準の入力波形

		遠心モデル	実物対応
重力加速度	N (g)	40	1
振動波形		サイン波	サイン波
周波数	ν (Hz)	200	5
振幅	λ (mm)	± 0.037	± 1.5
振動加速度	a (gal)	5880	147
継続時間	t (sec)	0.3	12

3、実験結果

図-1は実験結果の中から、加速度計の記録を深さ方向に示したものである。これより土層基盤の加速度分布をみると、ほぼ表-1に示した設定の規則波が入力されていたことが窺える。しかし、地表に向かうにしたがってその分布形状は大きく崩れている。即ち、均一な入力波形に対し地盤内の浅部では、起振からおよそ10波目ほどになって漸く加速度のピーク値を迎え、その後は漸減を続けて起振から30波目以降ではほとんど一定の大きさの残留加速度値をとる。これらの応答波形からみると、起振後比較的早い段階で地盤のせん断剛性は急速に低下し、その傾向は地表に近いほど顕著であるといえよう。

図-2は加速度記録を示した図-1と対応した深さにおける間隙水圧計記録より、振動前の初期間隙水圧を差し引いた過剰間隙水圧 Δu として求め、その経時変化を示したものである。図-3は図-2の過剰間隙水圧を、各深さの初期鉛直有効応力 σ_{v0} との比 $\Delta u /$

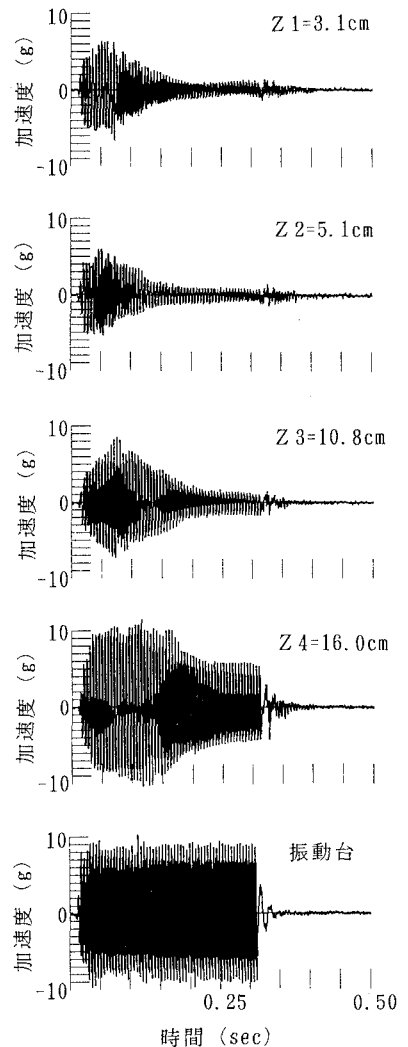


図-1 加速度の経時変化

σ'_{v0} で表したものである。この図において縦軸の有効応力比が1とは、土中の過剰間隙水圧が有効応力に等しくなって土粒子が溶液中に浮遊している状態、いわゆる液状化現象を呈していることを表している。この図では砂層の下部は振動終了時点で有効応力比が1に達しているものの、振動終了後は急速に有効応力の回復が見られる。一方、砂層の上部データを見ると、振動終了時点では有効応力比がまだ1に達せず、振動終了後しばらくしてから液状化に至り、有効応力の回復はそれだけ下層部に比べて遅いことがわかる。それでは砂層の上部では、振動終了時点でまだ液状化していないのであろうか。

図-4は過剰間隙水圧の分布を深さ方向に示したもので、図中の実線は鉛直有効応力分布を表している。図中の破線は先の加速度分布において、起振から約25波目における間隙水圧分布を示したものである。確かに、この時点で破線はまだ実線より下に位置しているが、破線の傾きは実線とほぼ同じか、むしろ間隙流体の動水勾配に比例するものである。従って、実線の傾きはいわゆる限界動水勾配 i_{cr} に対応している。

ここに示した実験結果では少なくとも振動終了時点で有効応力比が1に達し、いわゆる液状化が確認されているが、有効応力比が1以下であっても図-4に示すような動水勾配の高まりによる不安定な状態の存在することが埋設管モデルにおいて見られた。それは本実験と同じ飽和砂地盤に埋設管モデルを設置した地盤の振動実験において、非常に弱い入力加速度で有効応力比が0.7前後の値であっても、動水勾配の上昇により埋設管が相対的に浮き上がる傾向を見せていた。

4、まとめ

本実験において計測された応答加速度ならびに間隙水圧の分布から、均一な飽和砂地盤が液状化に至る過程について次のことがいえる。①図-3の初期勾配が、地表付近を除いてほぼ一致していることから、1サイクル当りの間隙水圧上昇量は最大せん断強さに比例している。②基盤には規則波が入力されているにもかかわらず砂層上部の応答加速度が残留状態になるとき（図-1）、過剰間隙水圧と初期有効応力比は1以下であるが（図-3）、動水勾配は限界動水勾配になっている（図-4）ことから液状化の発生していることが窺える。③砂層下部の液状化は、基盤への振動入力を停止するとともに急速に終了するが、地表に近いほど液状化の収束は遅い。地表面近くの液状化現象はこの遠心モデル実験では振動終了後も約1.1秒、時間に関する相似則で実物の地盤に換算すると30分近くも液状化の続くことがわかる。

- 参考文献 1) 太原他：遠心模型による飽和砂地盤の液状化へのアプローチ、土木学会第48回年次学術講演会
 2) 東、青山、涂、藤井：遠心モデル用せん断土層の開発、土木学会第49回年次学術講演会
 3) 「土質地震工学」土質工学会編 土質基礎工学ライブラリー24
 4) 「砂地盤の液状化」技報堂 吉見吉昭著

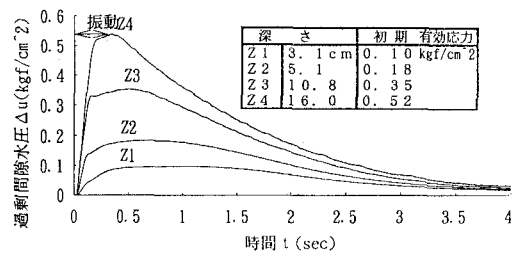


図-2 過剰間隙水圧の経時変化

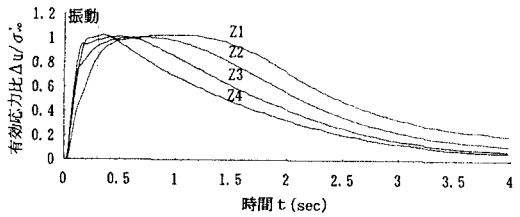


図-3 $\Delta u / \sigma'_{v0}$ の経時変化

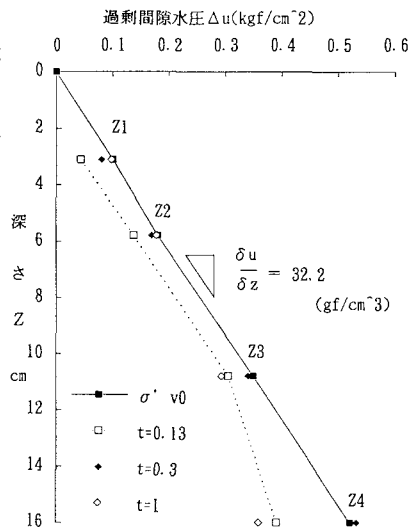


図-4 過剰間隙水圧の深度分布