

Ⅲ-270

遠心模型実験による埋設管の動的挙動（その1）
一様な飽和砂地盤

水資源開発公団

平野 勇

日特建設(株)

正会員

池田 淳

"

正会員 ○ 東 世司美

中央大学理工学部 正会員

藤井 斉昭

"

正会員 青山 竜二

1. はじめに

地盤が液状化した状態を含めて、地中埋設管の動的な挙動を遠心模型実験において解明することを目的に、筆者らは遠心力場での振動実験や計測システムの開発を実施してきた。そしてこれまでに新しいせん断土槽の開発をはじめ、遠心力場における液状化現象についてもいくつかの知見を得るようになってきた。ここではその中から、振動特性に及ぼす地盤の相対密度の影響および埋設管の設置深さの違いによって管と周辺地盤の動的挙動がどのように変わるかの二点について報告する。

2. 実験の概要

実験に用いたせん断土槽は、筆者らが先に開発したもので、剛性が高い板厚15mmの積層板19枚をボールベアリングを挟んで組み上げるものである。この土槽の内寸法は $250 \times 600 \times 300\text{mm}$ （縦×横×高さ）で、土槽内部に豊浦標準砂を所定の密度で、均一な飽和状態になるように詰めてモデル地盤とした。なお、遠心力場における動的な相似則に基づき、間隙水圧としてここでは75%のグリセリン水溶液を用いた。図-1はこの土槽内に設置した埋設管、間隙水圧計や加速度計の位置を示したものである。実験はこのせん断土槽を40gの遠心力場でしばらく安定させた後、土槽に水平方向の振動を加え、地盤内の加速度応答と間隙水圧の経時的な変動および地表面の変化を計測した。模型に加えた振動波形は加速度レベル $\pm 6\text{g}$ 、周波数 200Hz、振動時間 0.3秒の均一なサイン波を基準としたが、これは実地盤の振動に対応させると周波数 5Hz、最大加速度147gal、継続時間12sec に相当するものである。

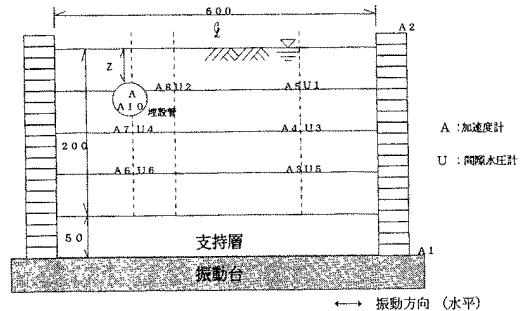


図-1 土槽内計測器の配置

3. 実験の結果

図-2に示す加速度の波形は振動台の位置（A1）、および積層板上端（A2）にそれぞれ取り付けられた加速度計の記録である。A1の波形は上述した入力波の基準値にほぼ等しいきれいなサイン波形である。A2は波形が多少乱れているものの、最大でも入力加速度の20%程の加速度しか計測されず、このことはせん断土槽としてこの土槽が極めて有効であったことがわかる。

相対密度による影響

ここでは地盤の相対密度を $D_r = 60, 70, 80\%$ を目処に変化させたとき、均一地盤（図-1の右半分）における振動特性について述べる。図-3はこのような地盤における過剰間隙水圧の変化を記録したもので、図中の記号は図-1に示す間隙水圧計の位置に対応している。（a）図は $D_r = 60\%$ のもので、地盤の下層部の方が上層部よりも早く有効応力比が1に近付いている。振動が終了すると直ちに下層部の水圧は順調に減少していくが、

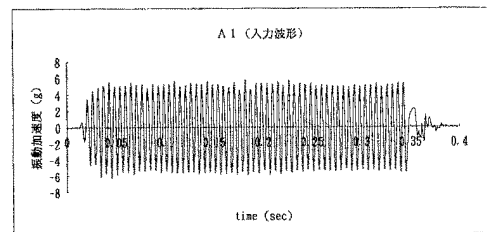
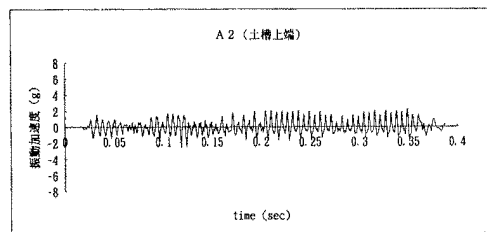


図-2 加速度波形

上層部では振動終了後もしばらく水圧の上昇がみられる、これらの現象は昨年に報告したことと同じである。これに対して(b)図は $D_r \approx 80\%$ のもので、加振と同時に間隙水圧が急激に上昇し(a)図の場合と同様に有効応力比は1近くまで達している。(a)図と

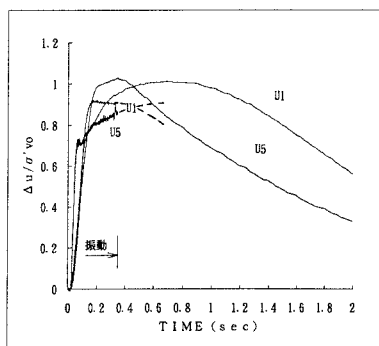
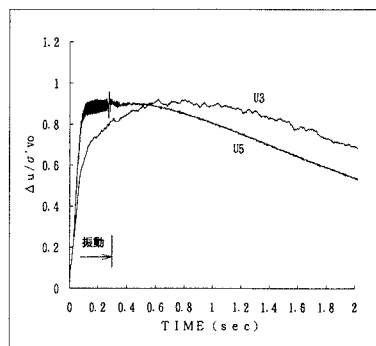
(a) $D_r \approx 60\%$ (b) $D_r \approx 80\%$

図-3 過剰間隙水圧分布

の比較では、入力振動の周波数に一致した脈動のような過剰間隙水圧が下層部の水圧記録(U5)に認められることが特徴としてあげられる。これは振動による繰返しせん断によって、地盤がいわゆるダイラテンシーによる体積膨張を伴った体積変化をしているためと解釈できる。

振動前後の地表面をレーザー変位計で計測した結果、 $D_r \approx 60\%$ では約5mmほど地表面が沈下するのに対して、 $D_r \approx 80\%$ では逆に1~2mm地表が隆起し、 $D_r \approx 70\%$ では僅かに沈下する場合と隆起する場合とがあった。一方、地盤内の応答加速度をみると $D_r \approx 80\%$ の密に締まった地盤の場合と、 $D_r \approx 60\%$ の緩い砂地盤の場合では顕著な有意差は認められなかった。

埋設深さによる影響

ここでは地盤の相対密度が $D_r = 60 \sim 80\%$ の範囲で、地表面から埋設管天端までの深さを $z = 0.5D \sim 2.0D$ (D は管の外径で $D = 35\text{mm}$)に変化させて、それらの影響を調べた。なお、埋設管模型の体積換算密度は $\rho = 0.7 \text{ g/cm}^3$ で、地盤が液状化した場合には管体が浮き上がるようになっている。図-4は $D_r \approx 60\%$ 、埋設深さ $0.5D$ で管体が最も浮き上がり易い場合について行った実験の応答加速度を示したものである。図中のA7は管の下部地盤(図-1参照)、A10は管体の水平方向の加速度成分を、A9は管体の垂直方向の加速度成分をそれぞれ示している。図-2のような均一な入力波形に対してA7では16波目以降の加速度がほとんどゼロ、地盤が液状化状態になっていると判断され、管体の水平加速度も最大で入力の1/3程になっている。ところが、管体の鉛直方向の加速度は振動方向が水平であるにもかかわらず、それを上回る大きさの加速度が観測されている。この実験の場合に埋設管は周辺地盤に対し、約 $0.2D$ の浮き上がりをしていた。

4. まとめ

本実験で得られた知見をまとめると、以下の通りである。①このモデル地盤では基準とした入力振動に対して、密度が緩いと体積収縮し、密な場合は体積膨張を起こす。その結果、加振後の相対密度はほぼ70~75%の範囲になった。②密な地盤であっても有効応力比は1近くまで達し、応答加速度の波形も液状化に近い形をとっている。③埋設深さが $0.5D$ の浅い場合であっても、相対密度が70%以上では埋設管の浮き上がりは見られない。

参考文献 1) 野 勇・東 世司美・青山竜二・藤井齊昭: 遠心模型による大口徑埋設管の地震時挙動 農業土木学会誌 1995-2 VOL.63 P37~42

2) 東 世司美・青山竜二・涂 敏強・藤井齊昭: 遠心モデル用せん断土槽の開発、せん断土槽による飽和砂地盤の動的挙動について 土木学会第49回年次学術講演会概要集 Ⅲ, 1994

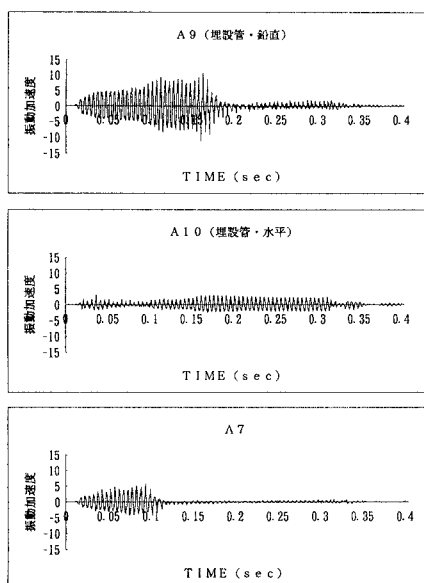


図-4 応答加速度