

III-A 131 上下動が飽和地盤の地震時の挙動に与える影響について

大成建設技術研究所 正会員 樋口雄一・田中 満・森井慶行  
 〃 〃 谷澤房郎・末岡 徹

はじめに 直下型地震では、水平加速度が大きいばかりでなく上下方向の加速度も大きい。また入力地震動が水平方向のみでも、地盤の不整形性により上下動が励起される場合があることが報告されている<sup>1)</sup>。筆者らは、上下動によって飽和地盤に生じる変状について、液状化現象のみにこだわることなく調べている<sup>2), 3)</sup>。これまでに同種の研究として、主に重力場における実験結果を論拠にして、上下動は地盤の液状化に影響する<sup>4)</sup>、または影響しない<sup>5)</sup>とする、それぞれ相反する結論が報告されている。本研究では、上下動の影響について重力場だけでなく、遠心力場においても加振実験を行ったので、これらの結果について報告する。

1. 重力場における上下加振実験

1.1 実験方法

供試体は、塩ビ管(VP-250)を加工して作成した実験容器(内径φ25cm×高さ25cm)に、豊浦砂を水中落下法により高さ20cmまで詰めて作成した。この作成方法による供試体の相対密度は $D_r=35\%$ であった。供試体を非排水条件に近付けるために、地表面にはスラリー状のベントナイト粘土を薄く塗布した。図-1は実験時の状況で、容器を振動台(最大加速度1G、周波数範囲0.1~200Hz)に取付け、上下方向に20秒間加振した。入力波は周波数 $f=10\text{Hz}$ の正弦波を用い、2種類の加速

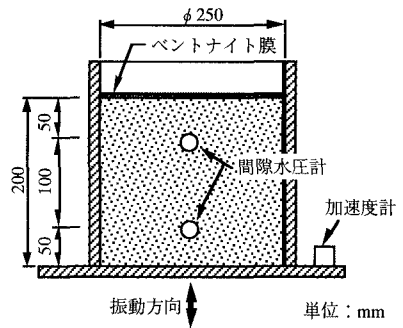


図-1 重力場における上下加振実験の概観

1.2 実験結果

間隙水圧の測定結果から、間隙水圧  $u$  は加振に応じて振動しながら変化することが分かった。図-2は、過剰間隙水圧  $\Delta u$  の測定値を、振動成分を取除くために1周期ごとの移動平均により示したものである。図より、 $a_v=0.6\text{G}$ の場合、 $t=1\sim 2$ 秒において地盤内の間隙水圧が増加し、 $\Delta u/\sigma'_{v0} \approx 0.1$  まで上昇し、その後、徐々に減少していることがみてとれる。これに対し、 $a_v=0.2\text{G}$ の場合では、間隙水圧は殆ど上昇しなかった。なお、いずれの実験ケースでも、加振による間隙水圧計の沈下量は数mm程度と非常に小さかった。以上より今回の実験条件では、値としては小さいものの、上下方向の加振加速度によっては過剰間隙水圧が発生する場合があると考えられる。

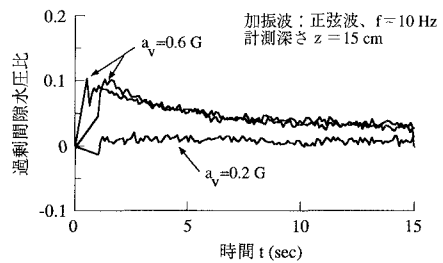


図-2 上下加振を与えた場合の過剰間隙水圧の推移（1周期ごとの移動平均値）

2. 遠心力場における傾斜加振実験

2.1 実験方法

遠心力場における動的実験では、振動台の制御が難しいために、現状では水平一軸振動台が用いられている。模型地盤に上下動を与える方法は、新たに二軸または三軸の振動台を開発するなど種々考えられるが、今回の実験では、図-3に示すような方法とした。すなわち、遠心装置のバスケット上に傾斜板、振動台(最大加速度20G、周波数範囲30~300Hz)、傾斜板の順に取付け、最上部に模型容器を水平に搭載する。この方法では、上下動と水平動の位相が一致するので位相差の影響を評価することはできないが、低コストの改良により上下動を与えることが可能になる。また傾斜板の角度を調整することにより、容易に上下加速度と水

平加速度の比率を変化させることができる。この加振方法を傾斜加振と呼ぶことにする。

模型地盤は、せん断容器(長さ56cm×奥行き21cm×高さ30cm)に豊浦砂を気中落下法により高さ20cmまで詰めした後、シリコンオイルを用いて下部より飽和させて作成した。模型地盤の相対密度は $D_r \approx 50\%$ であった。遠心加速度50G場において、VELACS Projectで用いられた加振波<sup>6)</sup>(原型換算の主要周波数2Hz、波数 $N=25$ )を用いて加振し、地盤内の間隙水圧および水平加速度、鉛直加速度を測定した。実験は、2通りの入力加速度(原型換算で $a_{Hmax} = 0.12G, 0.24G$ )、3通りの上下・水平加速度比( $a_v/a_H = 0, 0.1, 0.15$ )を組合わせて6ケース行った。

## 2.2 実験結果

図-4は、鉛直加速度の測定結果を深さ $z$ ごとに示したもので、図より $z$ が浅くなるにつれて鉛直加速度が大きくなることが分かる。図-5は、 $a_{Hmax} = 0.12G$ の場合の過剰間隙水圧の変

化を深さごとに示したもので、図より以下のことが分かる。(a)深さ $z = 2.5m$ では、いずれの加速度比の場合でも同様の推移を示しており、上下動の影響は殆どみられない。(b) $z = 5m$ では、上下動を与えた場合には $t = 1.5$ 秒前後における過剰間隙水圧値が、水平動のみの場合と比べて大きい。(c) $z = 7.5m$ では、 $a_v/a_H = 0.15$ の場合の過剰間隙水圧比は水平動のみの場合より大きく、 $a_v/a_H = 0.1$ の場合は逆に小さい。また $t = 5$ 秒における過剰間隙水圧比を比べると、上下動がある場合の方が、水平動のみの場合より大きい。

なお、 $a_{Hmax} = 0.24G$ の場合でもほぼ同様の結果が得られた。以上より、浅い部分( $z = 2.5m$ )を除けば、上下動によって過剰間隙水圧の上昇速度に差が生じると考えられる。

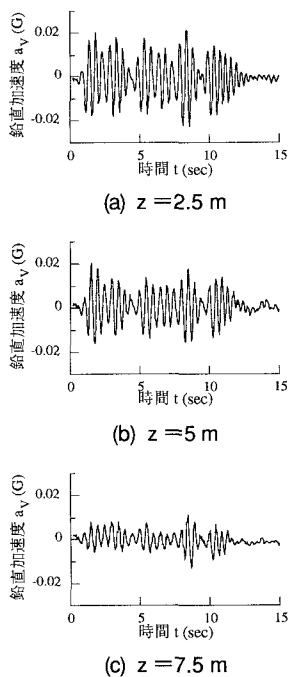


図-4 傾斜加振時の鉛直加速度の伝播

( $a_{Hmax} = 0.12G, a_v/a_H = 0.1$ )

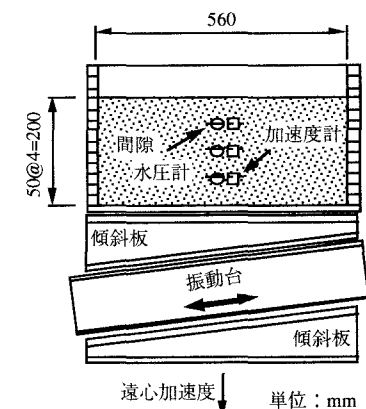


図-3 遠心力場における傾斜加振実験の方法および供試体の概観

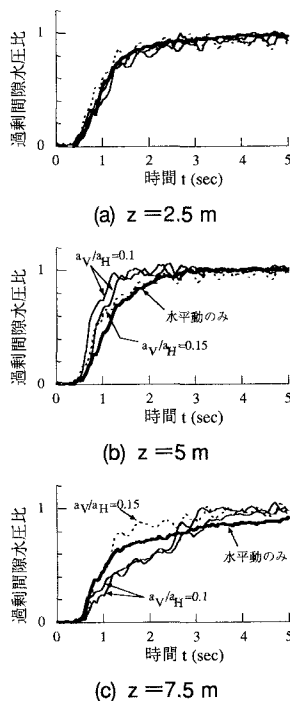


図-5 傾斜加振時の過剰間隙水圧比の推移 ( $a_{Hmax} = 0.12G$ )

## 3. まとめ

ここに示した実験は比較的小さな供試体を用いていることを考えると、実験結果に対する境界条件の影響などについても検討を加える必要がある。しかしながら、ゆるい飽和地盤に上下動が作用すると、浅層を除いて間隙水圧が上昇する可能性があることは否定できないため、今後、上下動の影響についてさらに慎重に検討していきたいと考えている。

参考文献 1)五十嵐ら:地盤の不整形性による鉛直地震動の励起と構造物被害, 第23回地震工学研究発表会, pp.77-80, 1995、2)建設通信新聞, 1995.6.22、3)日刊建設工業新聞, 1995.6.22、4)金本ら:上下地震動が液状化地盤の挙動に及ぼす影響に関する実験, 第23回地震工学研究発表会, pp.289-292, 1995、5)森ら:神戸人工島で噴出したまき土の振動台による液状化実験, 第23回地震工学研究発表会, pp.225-228, 1995、6) Arulanandan et al.: VELACS Volume 1, 1231p., Balkema, 1993