

鉛直振動による模型地盤の液状化実験

新潟大学工学部 正 員 大川 秀雄
 新潟大学大学院 学生員 ○石田 辰英
 新潟大学工学部 菅原 禎

1 はじめに

従来、液状化を対象とした模型地盤の振動実験は水平方向に振動させて行われてきた。これは、地震時の破局的な液状化を再現するものである。地震による地表での鉛直振動成分は水平振動成分よりかなり小さいこと、また鉛直振動による軸差応力は小さいため液状化が起こりにくいこと、の理由により鉛直加振による実験が行われることは少ないようである。ここでは、液状化の特殊な場合として模型地盤の鉛直振動実験を試みたので報告する。

2 実験装置および方法

(1) 実験装置

鉛直振動を与えるための装置として、25 t ハイドロパルス疲労試験機を変位制御で用いた。砂箱は、内径 31cm、高さ 60cm のアクリル製の円筒で、鉄枠で保持して疲労試験機に吊り下げた。

(2) 実験方法

用いた砂は、新潟市昭和石油新潟精油所敷地内で採取したもので、新潟地震の際に液状化を起こした砂である。この砂の物理的諸定数を表 1 に示す。この砂を円筒内に高さ 40cm にゆるく詰め、地下水位面は砂層表面に一致させた。間隙水圧計は円筒の中心軸上で深さ 20cm、30cm の位置に取り付けた。加速度計は円筒底面に取り付け、これにより砂層に作用する加速度を評価した。作用加速度波形は正弦波を目標としたが、少し違った波形で実験せざるを得なかった。与えた加速度は 100~240gal 程度とし、振動数はすべて 5Hz である。液状化を起こすため、円筒の下から 20cm (砂層表面からの深さが 20cm) の円筒壁面に一定の強さの打撃を与えた。

G s	2.76 gf/cm ³
γ_{sat}	1.94 gf/cm ³
e	0.87
体積濃度	0.53

表 1 実験砂の物理的諸定数

3 実験結果および考察

鉛直方向に振動させているだけでは間隙水圧の大きな変化は見られず、加速度振幅 240gal 程度の振動を与えても液状化しなかった。鉛直振動ではせん断変形を与えることにはならないため、予想通りの結果である。

次に、筒に打撃を加えて強制的に液状化を起こさせた場合の間隙水圧の変化を図 1 に示す。実線で示す振幅の中心線は、鉛直振動を加えない静止状態で打撃を加えた場合に一致する。間隙水圧の上昇量の最大値は初期の有効応力に等しく、時間とともに指数関数的に減衰し、一般に良く知られている曲線形を描く。鉛直振動が加えられている場合は、上記の線を中心に間隙水圧が振動していると解釈さ

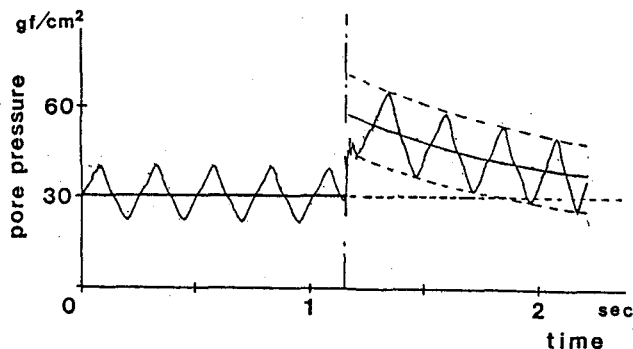


図 1 間隙水圧変化の 1 例

れる。その振幅は液状化直後が最大で、時間とともに小さくなりながら一定の振幅に近づくことがわかる。

さらに図1を詳しく調べると、間隙水圧は、打撃の瞬間にその圧力波によるものと思われる上昇を示し、直後、負の圧力波の値よりかなり上回る値と思われる下降を示す。その後、初期の有効応力に等しい間隙水圧が発生している。かなりゆる詰めの砂層であることを考えると分かりにくい現象である。

打撃を加える前の間隙水圧の振幅と、打撃直後の間隙水圧の振幅を、作用させている鉛直振動の加速度振幅に対してプロットしたものが、図2、3である。この間隙水圧の振幅 p は、一般に

$$p = \gamma H \alpha / g \quad g: \text{重力加速度}$$

H : 深さ

α : 鉛直加速度振幅

であり、 γ は、打撃直後では γ_{sat} 、打撃前では水の単位体積重量 w と考えられる。しかしながら、打撃前の値は $\gamma = w$ としたものより大き目である。このことは、鉛直振動で間隙水圧が少し大きくなっていることを意味する。また、実験を行った 100~240gal の範囲では、打撃前の γ は w より大きく、 γ の w よりの増加量の最大値は加速度振幅 α に関して無関係であるように思われる(図中の破線)。

次に、液状化した地盤の砂粒子の沈降モデルより、過剰間隙水圧の減衰を考察した。図4のプロットは、打撃によって液状化した砂層の、深さ 30cm での過剰間隙水圧の減衰を示す実測例である。用いた砂の粒径加積曲線より離散化した砂の粒径と粒子の個数を求め、各粒子の沈降速度を与えることによって過剰間隙水圧を計算したものが図中の直線である。実測値より計算値の方が早く減衰する結果となった。

4 まとめ

従来行われることが少なかった砂層の鉛直振動実験を行った。240gal でも液状化は起きないが、打撃によって簡単に液状化が起きる。鉛直振動が問題となるのは、交通荷重、機械振動等に対してである。破局的な液状化を対象とするのではなく、長期間に亘る現象と関連させて考えるべきであろう。要素試験としての鉛直繰返し載荷と、本実験のような模型地盤の鉛直加振の関係を明らかにすることも重要である。

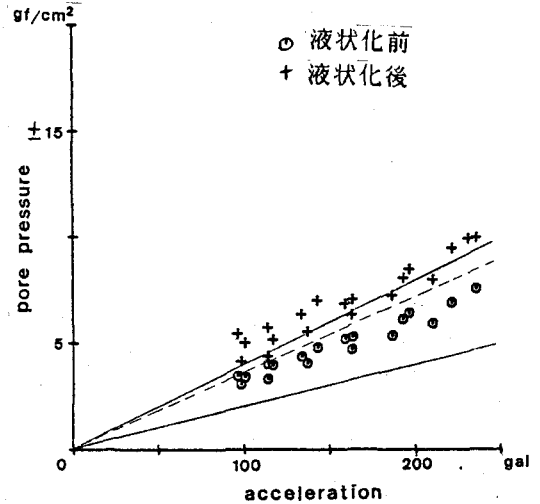


図2 加振時の間隙水圧振幅 ($H = 20\text{cm}$)

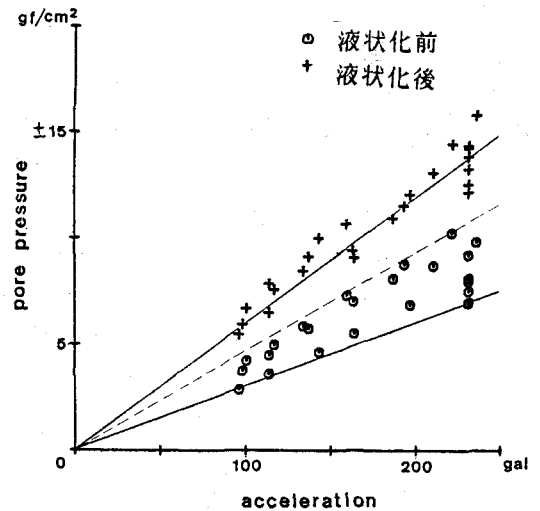


図3 加振時の間隙水圧振幅 ($H = 30\text{cm}$)

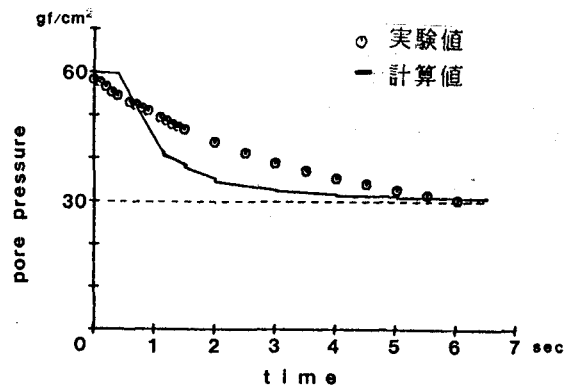


図4 液状化後の間隙水圧の変化