

III-23 鉛直振動を受ける砂層地盤模型の間隙水圧について

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
新潟大学大学院		Budi Wibawa

1. はじめに

砂層模型地盤の振動実験は、水平方向に振動させて行われることが一般的である。これは、地震時に卓越する振動成分が水平方向であること、鉛直振動による軸差応力が小さいため液状化が起こりにくいこと、の理由によるものと思われる。ここでは、液状化後の過剰間隙水圧の変化や砂粒子相互の噛み合わせを考察するために、振動実験の特殊な場合として、砂層を鉛直に加振し、さらに打撃を加えるという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は25tハイドロパルス疲労試験機であり、これを変位制御で用いた。砂箱は、内径31cm、高さ60cmの亚克力製の円筒で、鉄枠で保持して疲労試験機に装着した。

(2) 実験方法

使用した砂は新潟市内の昭和石油新潟精油所敷地内で採取されたもので、新潟地震の際に液状化を起こした砂であり、粒径0.2~0.4mmの均等な粒度を示し、 $G_s=2.76$ である。

円筒内に水を張り、この砂を沈降堆積させて深さ40cmにゆるく詰め、水位面と砂層表面は一致させた。このとき、 $\gamma_{sat}=1.94\text{gf/cm}^3$ 、 $e=0.87$ 程度であった。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。加速度計を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。

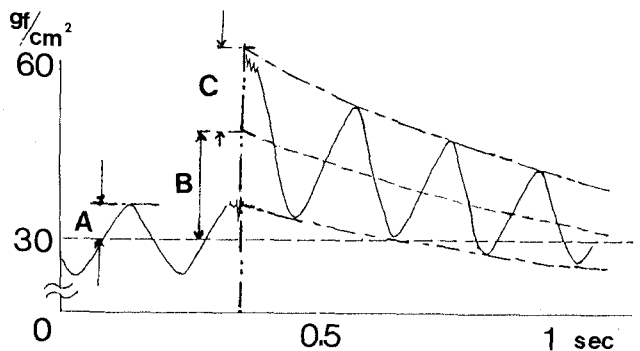
作用加速度波形は正弦波を目標として試験機を調整したが、変位制御であることと、作用力が試験機的能力に比べ小さ過ぎることにより、正弦波とは違った波形(むしろ三角波に近い)で実験せざるを得なかった。加えた加速度の範囲は100~240galであり、振動数はすべて5Hzである。

加振中に液状化を起こすために、円筒の下から20cm(砂層表面からの深さが20cm)の円筒壁面に、野球の硬球により一定の強さの打撃を加えた。

3. 実験結果および考察

加速度振幅 α で鉛直方向に振動させると間隙水圧も振動することになるが、その振幅は $wH\alpha/g$ より少し大きくなる。ここで、 w は水の単位体積重量、 H は間隙水圧計の深さ、 g は重力加速度である。しかし、加速度振幅240galの振動を加えても、砂層の液状化は見られなかった。

ところで、この鉛直加振中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模式的に図1に示す。図中の破線は振幅の山と谷をそれぞれ結んだもので、実線は振幅の中心線を示している。打撃によって実線は $\gamma_{sat}H$ の値に飛び移り、その振幅は $\gamma_{sat}H\alpha/g$ となる。そして、時間とともに、そ



A: 間隙水圧の振幅

B: 打撃時に生ずる過剰間隙水圧

C: 打撃時の間隙水圧の振幅

図1 打撃による間隙水圧の変化

これらの値は打撃前の値へと減衰する。その過剰間隙水圧 u の減衰の様子を示したのが図2である。加振されていることによって減衰が早くなっていることが分かる。この減衰は $u = a e^{-bt}$ で示される。 a は α に無関係な定数であるが、 b は α によって変化する定数である。その関係を示したものが、図3である。

実験を行った $\alpha = 100 \sim 240 \text{ gal}$ の範囲では、図のように b は α とともに増加し、ある値に近付いていくように見える。しかし、加速度が作用していない $\alpha = 0$ の場合と 100 gal の間は、今後、調べる必要がある。また、振動する加速度を受ける砂粒子の沈降モデルにより理論的に b の値を検討する必要がある。

ところで、上記 $r_{\text{sat}} H \alpha / g$ の振幅は、図1の実線 $r_{\text{sat}} H$ の値の減衰と同じ比率で小さくなって行くものと考えられるが、打撃後の 1 sec の間について言えば、振幅の減衰はそれより小さいという結果が得られた。

さて、同一砂層に打撃を繰り返して加えたとき、加振時の間隙水圧振幅がどのように変化するかを示したものが図4である。加速度振幅 α が変化しない状態の下で打撃を繰り返すと、図中の実線、すなわち、 $w H \alpha / g$ の線に向かって値は小さくなって行く。つまり打撃によって砂層は締固まって行く。また、 α を打撃を繰り返す都度小さくして行く場合も同様の傾向がみられる。しかるに、 α を大きくして行く場合は、各々の値が原点を通る直線上にあって、実線よりはずれる度合が α に対して線形である。つまり締固まったことにはならないことを示している興味深い。

4. まとめ

砂層を鉛直に加振しながら打撃を加え、間隙水圧の変化を測定した。加振によって生ずる間隙水圧の振幅が大きいことより、砂層中に噛み合っていない粒子が相当数ありそうである。ただし本実験は土被り厚が極めて小さな場合であって、土被り厚が大きな場合については今後の課題としたい。

《謝辞》 本研究は、菅原 禎氏（現、本間組）に負うところが大きかったことを付記し、謝意を表します。

《参考文献》 鉛直振動による模型地盤の液化化実験，第13回関東支部技術研究発表会講演概要集，Ⅲ-4

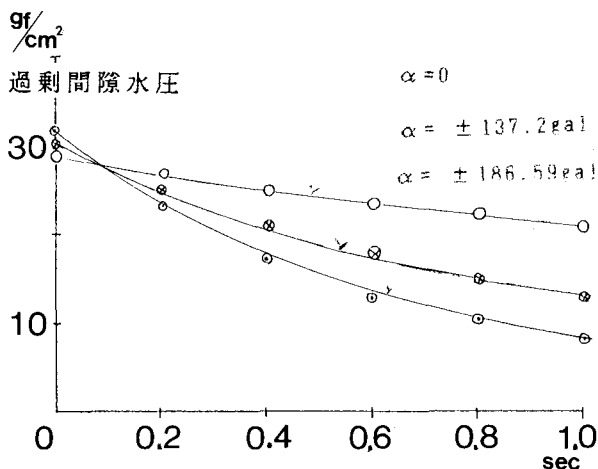


図2 過剰間隙水圧の減衰

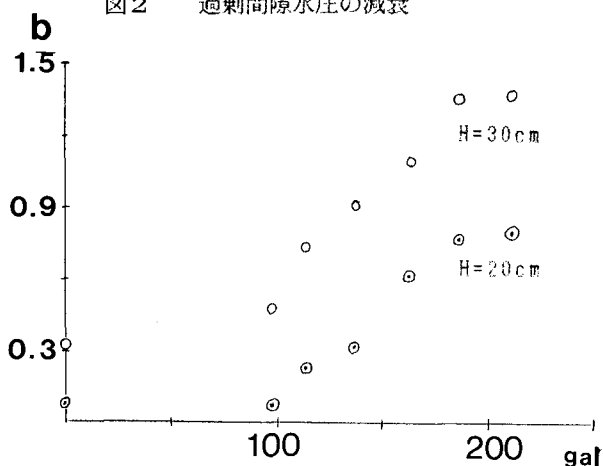


図3 bと加速度振幅 α の関係

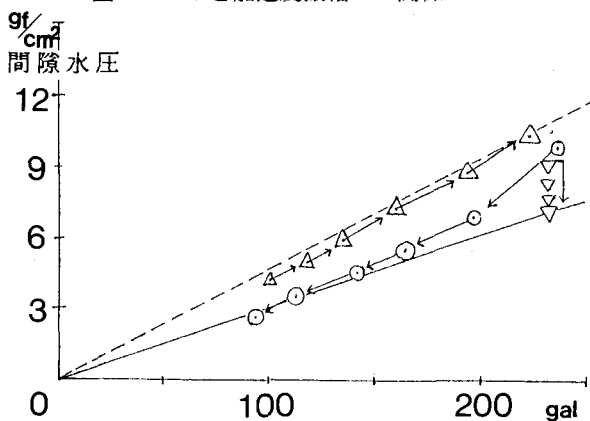


図4 打撃の繰り返しによる間隙水圧振幅の変化