

上下・水平同時加振による地盤液状化実験

金沢大学大学院 ○田中 伸治
 金沢大学工学部 正会員 宮島 昌克
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝
 金沢大学工学部 山根 健太郎

1. はじめに

地震によって引き起こされる被害は様々に分類されるが、その中でも地盤の液状化現象は、復旧にかかる時間も費用も甚大なものとなる。近年多発する都市直下型地震においては、これまであまり考慮されてこなかった上下動成分が大きく、もはや軽視できない。

そこで本研究では、上下動が加わった場合の液状化時の地盤の挙動がどのようなものになるのか、加速度の大きさをパラメータとして地盤の応答加速度、過剰間隙水圧、そして地盤表面の沈下量を測定し、その影響を明らかにするものである。

今回は、これまであまり触れられていない液状化継続時間に注目し、考察を加えた。

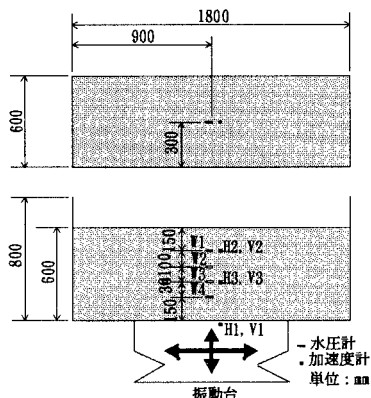


図1 実験装置概要図

2. 実験方法

実験には平均粒径0.47mm、均等係数1.7の5号珪砂を使用した。実験装置の概要を図1に示す。

図のような砂箱内に層厚35cmまでをボイリング法、35cmからは水中落下法により全層厚60cmの飽和砂地盤を作成した。砂箱中央に過剰間隙水圧測定のための水圧計を4つ、入力および応答加速度測定のための加速度計を6つ設置した。入力波は水平、上下ともに5Hzの正弦波であり、水平入力加速度は100gal一定とし、上下入力加速度および両者の加振時間をパラメータとして実験を行った。沈下量は実験前後に地表面の高さを測定し算出した。入力加速度波形の一例を図2に示す。

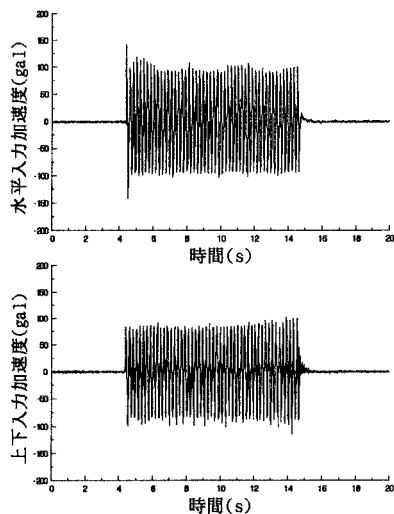


図2 入力加速度の一例

3. 実験結果及び考察

3.1 液状化継続時間

ここでは過剰間隙水圧のグラフに基づいて液状化継続時間を考えた。液状化継続時間の定義は解釈によって異なるが、考察を簡略化するため、図3に示すように過剰間隙水圧比0.9以上のところを完全液状化状態と考え、これをここでは液状化継続時間とした。

3.2 上下動と液状化継続時間の関係

最初に、加振時間をパラメータとして水平入力加速度100gal一定の水平単独加振による実験を行った。その結果に基づき、横軸を加振時間、縦軸を深さ15cmの水圧計の液状化継続時間としたものを図4に示す。図を見ると分かるように加振時間が長いほど液状化継続時間が大きくなっている。

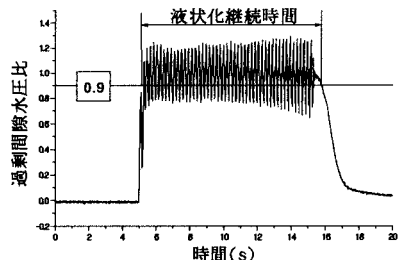


図3 液状化継続時間の定義

それでは上下動を加えると液状化継続時間はどのように変化するであろうか。図5は水平100gal一定のもとで上下動を増加させた加振時間10秒のものの11ケースについて、上下入力加速度を横軸、液状化継続時間を縦軸とし、深さごとにプロットしたものである。地盤の表層付近では下層に比べて有効上載圧が小さくなり、加振によるせん断ひずみは大きくなる。また、下層から排出された間隙水が流入し、液状化が長期化すると考えられる。そのため、深さ15cmの水圧計における液状化継続時間だけでは、上下動の大きさと液状化継続時間との相関がはっきりと読みとれなかったという理由から、深さごとにプロットした。

深さ45cmでは初期有効上載圧が大きく、締め固まるのが早いいため、過剰間隙水圧比が0.9に達しなかったケースも多く、相関は読みとれないが、深さ15cm、25cm、35cmでは上下入力加速度100gal手前まで、上下入力加速度が大きくなるにつれ、液状化継続時間が短くなっている。しかし、上下入力加速度が100gal以上のケースについてはデータがばらついており、さらなる実験の繰り返しが必要である。

3.3 上下動と沈下量の関係

水平入力加速度100gal一定で横軸を上下入力加速度、縦軸を沈下率としたグラフが図6である。ここで沈下率とは地盤表面の沈下量を全層厚60cmで除した値である。この図からは上下入力加速度と最終的な沈下率の間にはっきりとした相関は見られなかった。

そこで、加振時間の長さ、上下動の有無に関わらず、全実験ケースにおける深さ15cmの水圧計で測定された液状化継続時間を横軸に、沈下率を縦軸に取ったグラフを図7に示す。この図から明らかなように、液状化継続時間が長いほど沈下率が大きくなっている。ある程度ところでこの沈下は次第に収束していくと考えられるが、その収束までは地盤表面の沈下は液状化継続時間に支配されていると考えられる。

液状化という現象に関しては水平動がより支配的であることは明らかである。今回の実験では水平入力加速度を100galと大きく設定したため、図5に見られたような上下入力加速度の大きさによる液状化継続時間の違いが、図6には見られなかった。もし上下動が過剰間隙水圧の消散、すなわち地盤の締め固めを早める役割を果たすならば、あるいは逆に、消散・締め固めを妨げるならば、上下動の存在によって液状化の被害も変化する可能性がある。水平動の大きさをパラメータとしてさらに実験を実施する予定である。

4. 結論

- ①地盤表面の沈下量は過剰間隙水圧時刻歴による液状化継続時間に支配され、液状化継続時間は加振時間の長さに大きく影響を受ける。
- ②地盤内の液状化継続時間に上下動が影響力している可能性はあるが、水平入力加速度が地盤を液状化させるに十分な大きさである場合、最終的な沈下率に上下入力加速度による明白な変化は見られない。

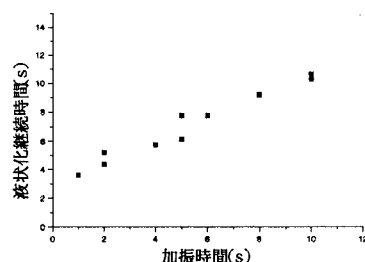


図4 加振時間と液状化継続時間

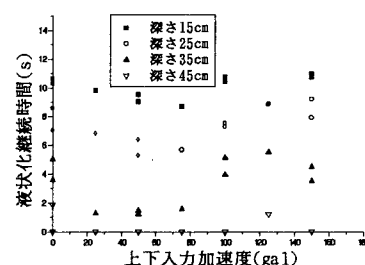


図5 上下入力加速度と液状化継続時間

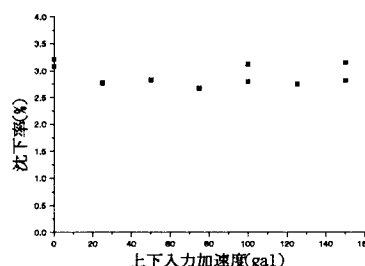


図6 上下入力加速度と沈下率

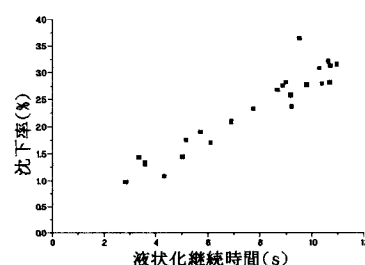


図7 液状化継続時間と沈下量の関係