

上下動が地盤の液状化に及ぼす影響に関する実験

金沢大学大学院	正会員	宮島 昌克
金沢大学工学部	正会員	北浦 勝
金沢大学大学院	学生会員	翟 恩地
金沢大学工学部		○金本 昌也

1.はじめに

地震時の地盤の液状化のメカニズムにおいて、これまでは地震の上下動成分による影響は一般には考慮されておらず、その認識も浅かった。飽和砂地盤の液状化についての研究は1964年の新潟地震以来活発に行われているが、対象としている繰り返し荷重は大部分が水平せん断波S波のみである。近年発生したノースリッジ地震や兵庫県南部地震のような直下型地震においては、地震動の上下動成分が大きい。したがって、上下地震動が飽和砂地盤の液状化に及ぼす影響が大きいか否かについてを明らかにすることが待たれている。

このような観点から本論文では、水平と上下の両方向を同時に加振できる振動台に正弦波を入力して飽和砂地盤を振動させ、上下動が液状化の発生とその程度、さらにそれに伴う地盤の沈下に及ぼす影響について考察した。

2.実験に用いた材料および実験装置

実験に用いた砂の平均粒径は $D_{50}=0.86\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=4.42$ であり、比較的液状化しやすい砂であると言える。図1に実験装置の概要を示す。この振動台では水平1方向と上下方向に加振することが可能である。この振動台の上に砂箱を固定し、その中にボーリング法によって層厚42cmのゆる詰め飽和砂地盤を作成した。地表面から12cmと32cmの地点に水圧計を、地表面から12cmの地点に地盤の水平方向および上下方向の応答を求めるための加速度計を設置した。また、地盤への入力加速度となる振動台の水平および上下動の加速度を測定するために、振動台の基部に加速度を設置した。

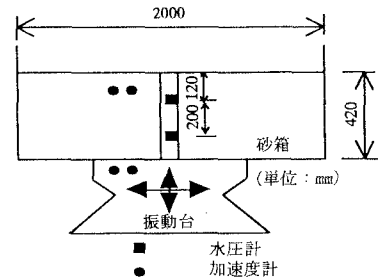


図1 実験装置概要図

3.実験方法および実験条件

加振方向と入力加速度をパラメータとして飽和砂地盤を振動させ、とくに上下動が液状化の発生とそれに伴う地盤の沈下に及ぼす影響について考察する。

加振方向は、水平方向、上下方向、水平および上下両方向同時加振の3ケースで実験を行った。入力波は正弦波であり、振動数は水平動、上下動ともに10Hzとした。加振時間は水平動、上下動ともに4秒間である。

4.実験結果および考察

図2に1方向加振時における入力加速度と地盤の沈下量の関係を示す。入力加速度の増加に伴い、地盤の沈下量がほぼ直線的に増加している。1方向加振において、加速度が等しい場合、水平方向加振の方が上下方向加振よりも沈下量が大きくなっている。図3は1方向加振のケースにおいて、横軸を12cm最大過剰間隙水圧比としてプロットしたものである。液状化の程度が等しい場合、水平動の方が上下動よりも地

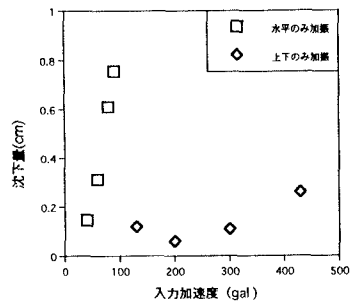


図2 入力加速度と沈下量の関係

盤の沈下に与える影響が大きい。これは水平動と上下動の波の性質の違い、すなわち水平動はせん断波であり、疎密波である上下動よりも砂粒子骨格の破壊に与える影響が大きいことの現れであると考えられる。

図4は水平方向の入力加速度を60gal一定として上下方向の入力加速度を40gal、60gal、140galと変化させた場合の過剰間隙水圧比を比較したものである。なお、図5に水平60gal、

上下40galのケースの各測定項目の時刻歴を示す。図4は、図5に示すような過剰間隙水圧比の時刻歴の振幅の中央をプロットして各ケースを比較しやすいように整理したものである。図4において、水平60galの1方向加振のケースと比較すると、上下40galを加えた水平および上下両方向加振では最大過剰間隙水圧比がさらに増加しており、液状化の程度が激しくなる。上下方向の加速度を大きくしていくにつれて過剰間隙水圧比はさらに上昇している。このような、上下動が過剰間隙水圧比の上昇に及ぼす影響について以下のように考えることができる。

水平動が働くと、砂粒子は水平移動過程、すなわちせん断振動する過程で、現在位置より低い場所の間に落ち込もうとする。次の瞬間には、別の粒子がその間に落ち込もうとするので、間隙水圧は上昇し続け、これが液状化につながる。これら一連の動作に上下動の上向きの加速度成分が働くと、砂粒子に働く重力加速度が低減される形となり、砂の粒子骨格はよりはずれやすくなる。反対に上下動の下向きの加速度成分が働くと、砂粒子は近傍の砂粒子に押しつけられるか、もしくはより強く間に落ち込もうとするので、結果として水平動のみが働く場合と比較して間隙水圧の上昇が促進されると考えられる。

5.おわりに

本研究では、加振方向、入力加速度をパラメータとして飽和砂地盤を振動させる実験を行い、特に上下動が飽和砂地盤の液状化の発生とそれに伴う地盤の沈下に及ぼす影響について考察した。本研究の結論を以下に示す。

- (1) 液状化の程度が等しい場合、水平動の方が上下動よりも地盤の沈下量に与える影響が大きい。
- (2) 上下動は飽和砂中の過剰間隙水圧の発生とそれに伴う地盤の液状化に影響する。水平動に上下動を加えて加振すると、水平動のみで加振した場合よりも過剰間隙水圧が上昇する。

参考文献

1)金本昌也・北浦勝・宮島昌克・翟恩地・柚村孝彦：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講演集、pp.289～290、1995。

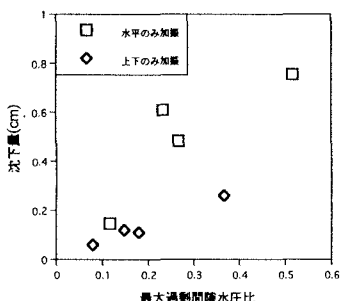


図3 最大過剰間隙水圧比と沈下量の関係

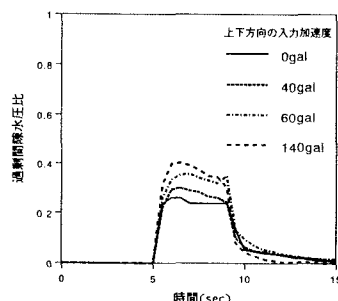


図4 水平方向の入力加速度が一定とした場合の上下方向の入力加速度と過剰間隙水圧比

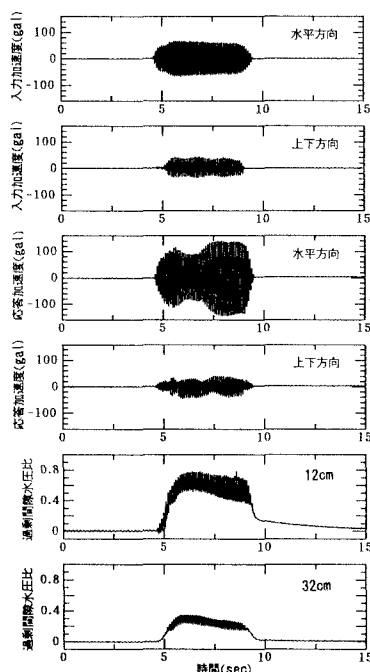


図5 入力加速度、応答加速度、過剰間隙水圧比の時刻歴