

鹿島建設技術研究所 正員 保岡光敏  
鹿島建設技術研究所 正員 山田 功

### 1. はじめに

ゆるい砂地盤を締固めるために振動や衝撃が利用されているが筆者らもかねてより電気放電により発生する衝撃圧力を利用する工法(電気衝撃工法)の開発を行なってきた。この工法は原理的には他の工法と同様、砂が振動または衝撃によって締固まる性質を利用したものであるが、一般にこれらの工法は実用的な効果は十分認められているが砂の動的締固め特性が解明されていないため、まだ信頼できる設計法が確立されていないのが現状である。そこでこれら工法の合理的な設計法のアプローチとして、今回ゆるい飽和砂に衝撃荷重を作用させた時の挙動、特に密度変化に対する室内実験を行なったのでここに報告する。

### 2. 実験方法

実験は、一般の三軸試験機の載荷部分を、重錘の自由落下による衝撃荷重を試料に作用させるように改造した衝撃三軸圧縮試験機を用いて行なった。試料は相模川産砂を0.074%以上2.0%以下の範囲にそろえたものを用いた。 $(G_s=2.75, U_c=8)$  また一般に載荷速度が大きくなると、砂でも事実上非排水状態の挙動を示すとされているので、実験は非排水状態で行なった。すなわち試料を飽和排水状態にしたあと、この試料にまず衝撃荷重を1回作用させた後試料を排水状態にし計測値が安定したところでその排水量を測定する。次に同じ初期間ゲキ比の試料を新たに準備し、衝撃荷重を2回作用させ同様に試料の排水量を測定する。このような方法で重錘重量を一定にして衝撃回数を逐次増加させ、20回に達した所で1シリーズの実験を終了した。次に重錘重量にだけを変え、先の実験を繰り返して、重錘重量が60g, 100g, 200g, 400gの4シリーズの実験を行なった。なお各シリーズとも試料の初期間ゲキ比は0.78( $D_r=60\%$ )、初期有効応力は0.5kg/cm<sup>2</sup>と一定条件で行なったが初期間ゲキ比は0.80~0.76の範囲でのバラツキがあった。

### 3. 実験結果とその考察

実験記録の一例を図-1に模式的に示す。図-1に示されるように、衝撃荷重が作用すると間ゲキ水圧はまず水の弾性圧縮によると思われるピークを示し、その後ダイラタンシーによると思われる漸増する間ゲキ水圧が発生する。このピーク値は荷重が除荷されると直ちに消滅するがダイラタンシーによると思われる間ゲキ水圧は、残留間ゲキ水圧として蓄積される。そしてこの残留間ゲキ水圧は、衝撃回数が増加するにつれて大きくなり、ある回数に達すると初期有効応力と等しくなると試料は液状化する。残留間ゲキ水圧が初期有効応力と等しくなる、すなわち試料が液状化するまでの回数は、図-2に示すように重錘が重いほど少ない。これらの現象は、飽和砂に振動荷重を作用させた場合に生ずる現象と定性的に類似している。

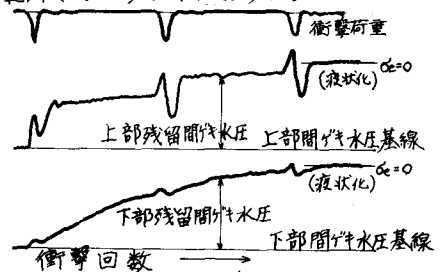


図-1 実験記録の模式図

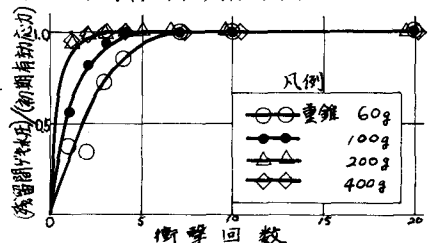


図-2 衝撃回数と残留間ゲキ水圧の関係

一方、体積ヒズミは図-3に示すように衝撃回数がある回数以上になると重錘の重さ、衝撃回数に関係なくほぼ一定な値となる。この体積ヒズミが変化しなくなる時も図-2の残留間ゲキ水圧と比較すると、各重錘ともいずれも残留間ゲキ水圧が初期有効応力に等しくなり、試料が液状化した時に一致している。したがって試料が液状化した後、その後さらに衝撃回数を増しても体積ヒズミは変化せず、また1回の液状化に起

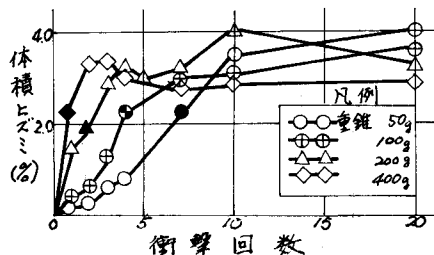


図-3 衝撃回数と体積ヒズミの関係

る体積ヒズミは、作用させた重錘の重さ、衝撃回数に関係なく初期条件に応じた一つの値が定まるといえるようである。このような現象は、BarkanやYoud等の振動によって生ずる乾燥砂の体積ヒズミは、図-4に示すように加振時間を十分長くすれば変化しなくなるがその値は作用させた振動加速度の大きさによって変化するという報告と異なっており、飽和排水状態における砂の体積ヒズミ特性を示していると思われる。

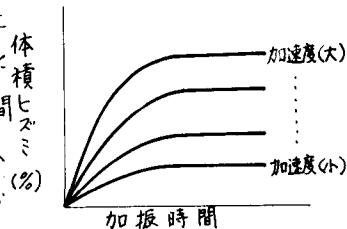
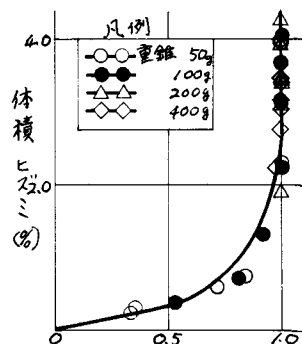


図-4 乾燥砂の体積ヒズミ特性(Barkan)

また各実験シリーズにおいて、体積ヒズミと残留間ゲキ水圧との関係をそれぞれ求め、それらを同じグラフ上に示すと図-5のような一本の指数曲線になる。これより、体積ヒズミは試料中に蓄積される残留間ゲキ水圧によって決定され、残留間ゲキ水圧が発生しなければ体積ヒズミも発生せず、また残留間ゲキ水圧の増大に伴って体積ヒズミも大きくなる。残留間ゲキ水圧が初期有効応力に等しくなると試料が液状化すると、残留間ゲキ水圧は初期有効応力以上にはなりえないので、体積ヒズミも変化しなくなるのがわかる。(したがって重錘の重さ、衝撃回数が異なっても、発生する残留間ゲキ水圧が同じならば、体積変化も同じ値になり、飽和排水状態で生ずる体積ヒズミは試料の初期条件と残留間ゲキ水圧の大きさによって決定されるといえるようである。



(残留間ゲキ水圧)/(初期有効応力)  
図-5 体積ヒズミと残留間ゲキ水圧の関係

以上、今回行った実験より明らかになったことをまとめると次に示すようになる。

- ①飽和排水状態にあるゆるい砂に繰り返し衝撃荷重を作用させると残留間ゲキ水圧が発生し、衝撃回数が増すにしたがって次第に増大し、ついには初期有効応力に等しくなると試料は液状化する。
- ②飽和排水状態にある砂の体積ヒズミは、試料の初期条件と発生する残留間ゲキ水圧の大きさによって決定される。
- ③試料が液状化すると、残留間ゲキ水圧は変化しなくなるので、体積ヒズミは重錘の重さ、衝撃回数に関係なく一つの値が定まる。

#### 4. おわりに.

今回行った一連の室内実験より、飽和排水状態の砂に繰り返し衝撃荷重を作用させた時、体積ヒズミは残留間ゲキ水圧の大きさによって決定されることがわかった。しかし実際の砂地盤を締め固める場合には、土質条件、荷重条件によって必ずしも砂地盤が非排水状態であるとはいえないので、今後は排水状態にある砂の体積ヒズミ特性を研究し、砂の締め固めに対する実用設計を確立していきたいと考えている。