

不飽和砂の振動による締固めについて (その3)

関西大学大学院 学生員 楠見晴重
 関西大学工学部 正会員 谷口敬郎
 関西大学工学部 正会員 井上啓司

1. まえがき 近年、軟弱な砂質地盤において、短期間の支持力増加および地震時の液状化防止対策工法として、振動締固め工法が多用されているが、その締固めの機構については、まだ明らかにされていない面も多いように思われる。低含水比状態の砂については、締固め密度と振動加速度とは1次的である¹⁾が、高含水比状態の砂については1次的ではなく、ある振動加速度で飛躍的な密度増加が得られる²⁾。本研究は高含水比状態の砂について、上載圧と載荷させたときの締固め密度と振動加速度との関係、および振動時の間ゲキ水圧変化について、砂の粒径別に検討したのでここに報告する。

2. 実験方法 実験装置は図-1に示す通りである。振動台の上に透明なアクリル円筒容器(直径18.1cm、高さ60cm、肉厚1cm)を取り付け、その中に含水比を調整した試料をゆるめ状態となるよう、50cm程度の高さに詰め込む。この状態から砂層表面に上載圧(6kgf、12kgf)を載荷し、表面沈下がおさまったのち、鉛直方向の正弦振動を与える。最終沈下量、各層の振動時の間ゲキ水圧変化を測定した。間ゲキ水圧計は容器側面に5ないし10cm間隔で数ヶ所取り付け、与えた振動は重力加速度以下の種々の振幅、周波数を用いた。実験に用いた砂としては、比重2.64、均等係数2.34の川砂を粒径別にフルイ分けした粗粒砂(2.0~0.42mm)、中粒砂(0.42~0.25mm)、微粒砂(0.25~0.074mm)および比重2.64、均等係数1.44の豊浦標準砂の4種類を使用した。

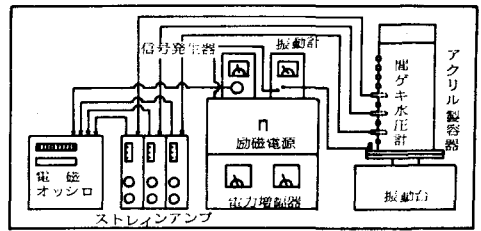


図-1 実験装置

3. 実験結果、考察

砂層表面に載荷されていない高含水比状態の砂に、ある振動加速度以上の振動を与えると砂層が液状化して間ゲキ水圧が大きく影響しており、高い締固め密度が得られることはすでに発表³⁾した通りである。図-2,3は高含水比状態の粗粒砂、

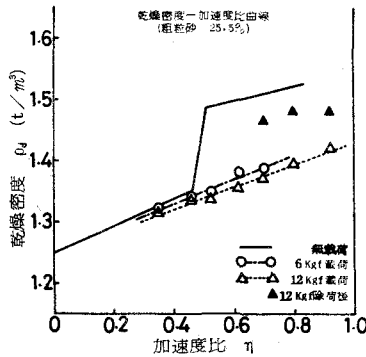


図-2 粗粒砂の ρ_d - η 曲線

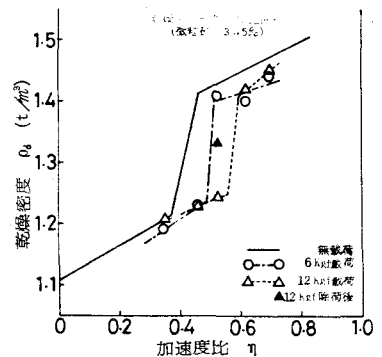


図-3 微粒砂の ρ_d - η 曲線

微粒砂において、砂層表面に6kgf, 12kgf載荷でセメントの締固め密度 ρ_d と加速度比(a/g)との関係を示したものである。両図中の実線は無載荷時の ρ_d - η 曲線であり、ある加速度比で急激的な密度増加を示している。この不連続点の加速度比を η_d とすると、粗粒砂においては、6kgf, 12kgf載荷でセメントの ρ_d - η 曲線($\eta \leq 1.0$)は η が存在せず1次の関係を示している。これに対して、微粒砂の ρ_d - η 曲線は $\eta \leq 1.0$ の範囲内においても6kgf, 12kgf載荷でセメント、不連続点 η_d は存在しており、高い締固め密度が得られている。しかし、 η_d は上載圧が大きくなると大きくなっており、それは無載荷時の $\eta \leq \eta_d$ での ρ_d - η 曲線の延長線上に存在していることは、図-3からも明らかである。

この不連続点 η_d の値、そのときの締固め密度(乾燥密度)、飽和度 S_r と各試料上載圧別に示したのが表-1である。各試料とも上載圧が増加するに連れて、 η_d , S_r , ρ_d とも増しており、砂中応力が大きいと高い乾燥密度・飽和度でない η_d が存在しないことが認められる。図-2, 3中の Δ は12kgf載荷

表-1 異なる上載圧下での各試料の η_d における締固め密度, 飽和度

試料	粗粒砂			中粒砂			微粒砂			標準砂		
上載荷重 (kgf)	0	6	12	0	6	12	0	6	12	0	6	12
含水比 w (%)	25.5			34.0			33.5			30.0		
初期飽和度 S_w (%)	63.0	63.7	63.4	70.2	76.9	78.4	64.7	65.3	68.4	64.8	67.3	72.6
加速度比 η_d	0.46	—	—	0.35	0.36	0.46	0.35	0.46	0.52	0.34	0.46	0.52
乾燥密度 ρ_d (t/ π)	1360	—	—	1202	1275	1288	1202	1230	1244	1227	1283	1319
飽和度 S_r (%)	71.7	—	—	74.9	83.1	83.7	73.9	76.5	78.0	69.5	75.9	80.2

れたとより η_d の範囲内であり、いわゆる高い締固め密度が得られない場合において、加振後上載荷重を除荷し、砂層を数分間放置してふたたび同条件の振動を与えたのちに得られた締固め密度である。その締固め密度はかなり高い値を示しており、加振時においては間ゲキ水圧の発生が観察され、 $\eta > \eta_d$ の領域と同様の挙動を示していることが認められた。

図-4.5は、6kgf載荷でセメント中粒砂、微粒砂における間ゲキ水圧変化である。これらの図より、ともに底面から15cmの層の間ゲキ水圧が大きくなっており、粒子の構造変化が最も著しいと考えられる。また、間ゲキ水圧が安定化するのには、微粒砂の方が長時間必要とすることが判明した。すなわち、粒子の小さい砂ほど液状化の継続時間が長く、砂層が安定化するのにかかる振動回数を必要とすることが考えられる。

4. あとがき 以上により、今回得られた実験結果について述べたが、今後は各試料の間ゲキ水圧の鉛直分布状態について、上載圧を考慮して実験を継続する予定である。

- 〈参考文献〉 1). 楠見, 井上, 谷口: 砂質土の振動締固めに及ぼす平均粒径, 均斉係数の影響, 73年度土木学会年講, PP259
2). 楠見, 井上, 谷口: 振動による砂質土の変形挙動について(2), 昭54年度土木学会開成部年講 II-11

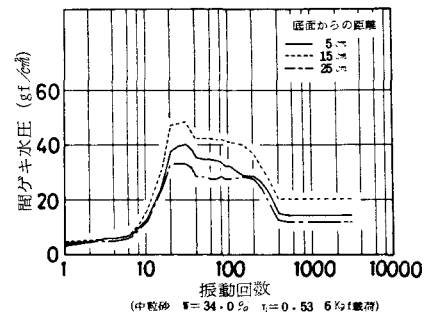


図-4. 中粒砂の各層の振動時の間ゲキ水圧変化

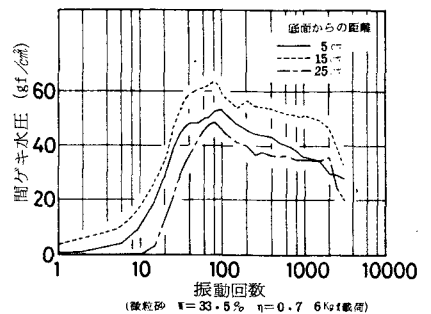


図-5 微粒砂の各層の振動時の間ゲキ水圧変化