

不飽和砂の振動締固めについて（その4）

関西大学大学院 学生員 ○榎見晴重
 関西大学工学部 正会員 谷口敬一郎
 関西大学工学部 正会員 井上啓司

1. まえがき

砂質土の振動締固めにおいて、締固め密度は砂の粒径、含水比、および振動の諸条件によって左右される。筆者らは振動条件が一定の場合、締固め密度の差異については砂の均等係数、含水比が大きな要因となることをすでに明らかにした。とくに、含水比が高い砂の振動締固めは、非常に高い密度が得られ、その機構については、振動時の間隙水圧が触れ作用を呈していることを示した。本研究は前報に引き続き、この高い締固め密度が得られる高含水砂について、砂層表面に荷重が存在するときの締固め密度、各層の間隙水圧変化の測定を行った。その結果、砂の粒径によって間隙水圧の発生状態が異なり、それらが締固め密度と密接な関係にあることが判明した。

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製円筒容器（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程度の高さで詰めた。この状態から砂層表面に荷重（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、最終沈下量、各層の振動時の間隙水圧変化を測定した。間隙水圧計は容器側面に5ないし10cm間隔で数ヶ所取り付けた。与えた振動は重力加速度以下で、周波数5～7Hzのものを用了。実験の試料としては、 $G_s=2.64$ 、 $U_c=2.84$ の川砂を粒径別にふるい分けした中粒砂（ $0.42\sim 0.25mm$ ）、微粒砂（ $0.25\sim 0.074mm$ ）、および $G_s=2.64$ 、 $U_c=1.44$ の豊浦標準砂の3種類を使用した。

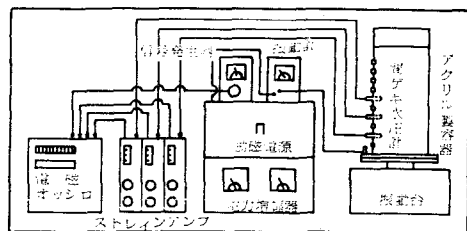


図-1 実験装置

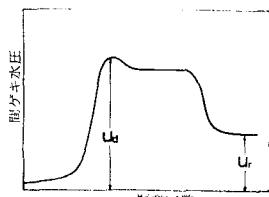


図-2 振動時の間隙水圧変化の模式図

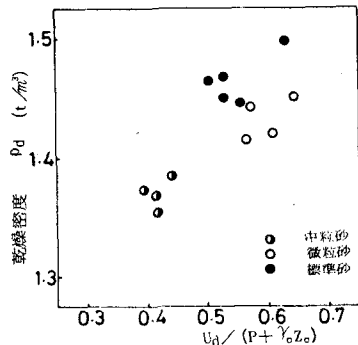


図-3 各砂における ρ_d と $U_d/(P+\gamma z_0)$ との関係

3. 実験結果および考察

高い含水比状態にある砂の振動締固めは、高い密度が得られる。しかし、締固め密度は、砂の粒径、上載圧および間隙水圧によって左右されると考えられる。以上のことより、本報告は、締固め密度

Harushige KUSUMI, Keiichiro TANIGUCHI, Keiji INOUE,

と間隙水圧との関連性を、均等係数がほぼ等しく、平均粒径 D_{50} が異なる砂について、以下の検討を行った。

図-2は振動時の間隙水圧変化の模式図である。この図より、最大の間隙水圧を u_d 、残留間隙水圧を u_r とする。

図-3は各砂における、締固め密度 ρ_d と $u_d/(p+\gamma_0 z_0)$ との関係を示している。ただし、横軸は上載圧(土かぶり圧+表面上載圧)を考慮するために $u_d/(p+\gamma_0 z_0)$ で表わしている。ここで p は単位面積当りの表面上載圧、 γ_0 、 z_0 は加振前の砂層の単位体積重量、表面から間隙水圧計までの距離である。この図より、 $u_d/(p+\gamma_0 z_0)$ が大きいほど締固め密度は高くなっているが、各砂について明らかな相異が存在する。すなわち、与える振動条件が等しい場合、 u_d の絶対量は粒径に左右され、粒径が小さいほど大きく、締固め密度は高くなるのが定性的に認められる。図-4は各砂における締固め密度 ρ_d と $u_r/(p+\gamma_0 z_0)$ との関係を示している。この図から、 $u_r/(p+\gamma_0 z_0)$ が大きくなると、 ρ_d は低くなっている。 $u_r/(p+\gamma_0 z_0)$ が大きいということは、砂層内に残留間隙水圧が長く残存していることであり、もしそれが自然的もしくは人為的にすみやかに逸散できれば、より高い締固め密度が得られるものと考えられる。

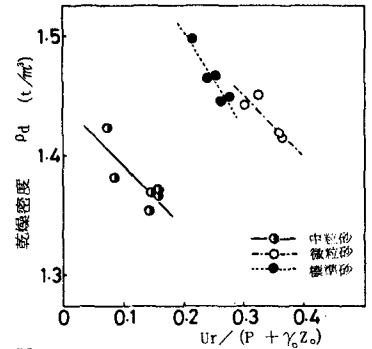


図-4 各砂における ρ_d と $u_r/(p+\gamma_0 z_0)$ との関係

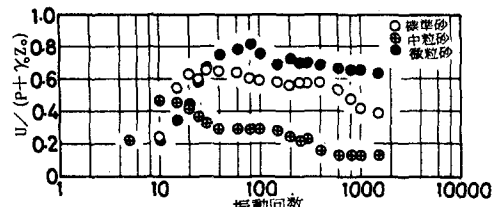


図-5 各砂の振動時における $u/(p+\gamma_0 z_0)$ 変化 ($\eta=0.7$, $p+\gamma_0 z_0=78.16 \text{ gf/cm}^2$)

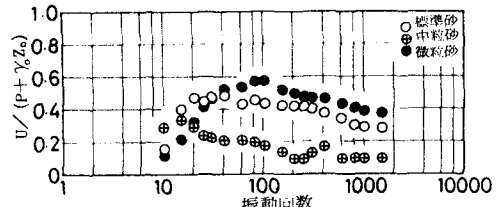


図-6 各砂の振動時における $u/(p+\gamma_0 z_0)$ 変化 ($\eta=0.7$, $p+\gamma_0 z_0=93.87 \text{ gf/cm}^2$)

図-5, 6は、各砂の初期上載圧($p+\gamma_0 z_0$)が等しい層(図-5: 78.16 gf/cm^2 , 図-6: 93.87 gf/cm^2)における同じ振動下($\eta=0.7$)での $u/(p+\gamma_0 z_0)$ 変化を示している。これらの図より、もっとも早く最大値に達しているのは中粒砂であるが、その値は他の砂に比べて小さく、比較的早く減衰している。これより、中粒砂の砂層内の粒子構造の変化はあまり著しくなく、図-3, 4からも明らかなように他の砂に比べて締固め密度は低い。微粒砂は、中粒砂とはまったく逆の挙動を示しており、砂層内の粒子構造の変化は著しいものと考えられ、締固め密度は中粒砂に比べて高い。しかし中粒砂と微粒砂との中間的挙動を呈している標準砂と比べて、微粒砂の締固め密度は低くなっている。

以上のことより、間隙水圧が比較的早く最大値に達し、その値が大きい砂ほど、高い締固め密度が得られるものと考えられる。

5. あとがき

均等係数がほぼ等しく、高い含水比状態にある砂の振動締固めは、間隙水圧が発生すると液状化が起こり、高い締固め密度が得られるが、その発生状態によって密度が左右されることが明らかにされた。すなわち、間隙水圧の最大値に達する時間、そのときの絶対量および残留間隙水圧の要因に支配されるものと考えられる。