

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

1. まえがき

砂質土の締固めには、振動を利用して締固める方法が多用されているが、その変形の要因には、砂質土の平均粒径、均等係数、含水比、間ゲキ比や、振動の振幅、周波数、振動加速度ならびに加振時間などが多くが挙げられる。これらの諸要因が締固め度に密接に関連していることは確かであるが、一つ一つの要因が、振動締固めにいかなる影響をおよぼしているかに関しての基礎的な資料が不足しているように思われる。このうち、振幅、加速度、加振時間と締固め度の関係はすでに発表したとおりであり、加振後の乾燥密度と振動加速度の関係は1次の関係で表わされた。また、飽和状態近傍における砂質土の乾燥密度と振動加速度の関係は、ある振動加速度で急激に密度増加が得られ、振動時の間ゲキ水圧が大きく影響していることが判明した。

本研究では、不飽和状態の砂質土の振動締固めにおよぼす平均粒径、均等係数の影響を調べるために、室内で振動機を用いて実験を行なった。その結果、不飽和状態の砂質土の振動締固めは、砂の粒径、均等係数によって、得られる密度が著しく異なることが判明したのでここに報告する。

2. 実験方法

実験装置は、図-1に示したように、振動機の振動台にアクリル円筒容器（直径19.5cm、高さ60cm、厚さ1cm）を垂直に固定したもので、振動機の規格は、周波数範囲5~5000Hz、最大振幅25mm P-P、最大加速度38gであり、最大搭載重量は100kgである。また、可動部は、特殊ロッキングアーム方式で、空気バネによる支持されている。

実験条件は、種々の含水比の試料を一定量ルーズな状態になるよう、また試料高さが約50cm程度となるよう詰めた。この試料に正弦振動を与えて、振動加速度と加振後の沈下量の変化を測定した。与えた振動は、振動加速度が重力加速度以下となるよう

表-1 土の物理的性質

種々の振幅、周波数を用いた。ここに用いた試料の粒度分布および物理的性質は表-1、図-2に示す通りである。なお、粗粒砂、

試料	G_s	D_{50} (mm)	D_{30} (mm)	D_{10} (mm)	U_t
川砂	2.640	0.54	0.40	0.19	2.842
粗粒砂	2.638	1.01	0.95	0.55	1.836
中粒砂	2.649	0.33	0.32	0.27	1.222
微粒砂	2.681	0.14	0.13	0.093	1.505

中粒砂、微粒砂は、川砂をフルイ分けしたもので、細粒分を水洗いして取り除いた。

3. 実験結果および考察

砂質土の振動締固めにおいて、振動と締固め度の関係は、乾燥密度と振動加速度が密接に関連していることはすでに発表したとおりであり、1次式で表わされた。この乾燥密度-振動加速度曲線が、砂の平均粒径、均等係数および含水比の変化（ただし、不飽和状態）に従ってどのように変化するかを調べた。

図-3は、ほぼ同様な含水比に対する粒度別の乾燥密度-振動加速度曲線である。それぞれの実験式は、式(1) $\rho_d = aU + b$ ----- (1) ただし ρ_d : 乾燥密度 U : 振動加速度 a, b : 定数

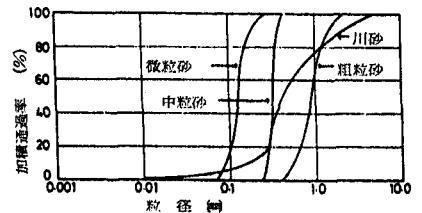
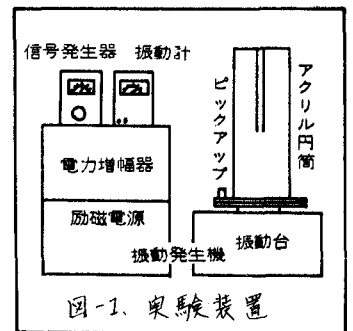


図-2 粒度加積曲線

の関係より次に示すように求められた。

川 砂	含水比	3.21%	$\gamma_d = 0.866 \times 10^4 U + 1.243$ ----- (2)
粗粒砂	含水比	2.75%	$\gamma_d = 0.827 \times 10^4 U + 1.198$ ----- (3)
中粒砂	含水比	3.08%	$\gamma_d = 0.868 \times 10^4 U + 1.035$ ----- (4)
微粒砂	含水比	3.31%	$\gamma_d = 0.619 \times 10^4 U + 1.005$ ----- (5)

式(2)~式(5)より、係数 α の値は川砂、粗粒砂、中粒砂においては、ほとんど変わらないが、微粒砂が他の試料よりも低い値を示している。定数項 b については、各試料ともばらつきがみられる。このばらつきの大きな原因としては、各試料をできるだけルーズな状態とするよう試料作成に長ことにより生じたものと考えられる。川砂は、加振前の乾燥密度が高いにもかかわらず、振動を加えると他の試料に比べて大きな密度が得られ、また係数 α の値も大きい。均等係数がほぼ等しい試料では、平均粒径が小さい試料(微粒砂)が、加振前の乾燥密度が低いにもかかわらず、加振後の乾燥密度は近く、係数 α の値も小さい。すなわち、微粒砂が他の試料よりも振動に対する抵抗力が強く、締固めにくいと考えられる。

図-4は、一定の振動の速度下(750gal)において5000回振動させたときの乾燥密度と含水比の関係を示し、均等係数がほぼ等しく平均粒径が異なる砂について表わしたものである。各試料とも、ある含水比で最小値となり、いわゆる最適含水比なるものが存在している。その値は、粗粒砂8.6%、中粒砂11.0%、微粒砂11.8%であり、平均粒径が小さいほど大きな含水比で最小密度となっている。また、平均粒径が小さい砂ほど含水比に対する密度の差は大きく、締固め効果は、不飽和状態においては、平均粒径の大きい砂に比べて低いことが判明した。

図-5は、縦軸に係数 α 、横軸に含水比をとって表わした曲線である。この図から明らかなように、含水比を増加させると、各試料とも振動による影響度が高くなっており、川砂の場合、それがとくに顕著である。すなわち、川砂は振動および含水比の両要素に対して密度変化が敏感に反応していると考えられる。また、川砂、粗粒砂は、ある含水比で変曲点が存在しており、その含水比から係数 α の値は急激に増加している。中粒砂、微粒砂は、この含水比領域では明確な変曲点は存在せず、含水比に対して α の値は、直線的な増加傾向を示している。以上より、均等係数がほぼ等しい砂は、平均粒径が大きいほど、含水比の増加にしろが、土粒子間の振動に対する抵抗力は、ある含水比で急激に弱まる。しかし、平均粒径の小さい砂では、それが、含水比の増加に対して徐々に弱まると考えられる。

4. まとめ

砂質土の振動に対する影響度は、均等係数、砂の粒径および含水比の3要素に左右されることが明らかにされた。すなわち、均等係数が大きく含水比が高ければ締固め効果は高い。均等係数がほぼ等しい砂においては、平均粒径が小さい砂ほど締固め効果は低い、含水比を高めるとその効果は高くなることが判明した。しかし、各試料とも、最適含水比なるものが存在しており、その値は、均等係数、平均粒径に左右されることが判明した。

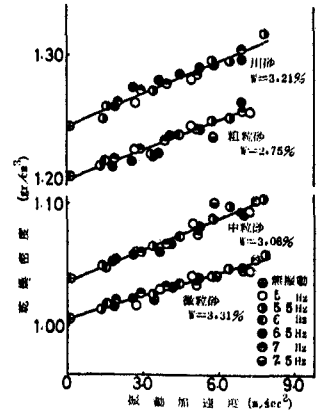


図-3. 粒径別の乾燥密度・加振距離

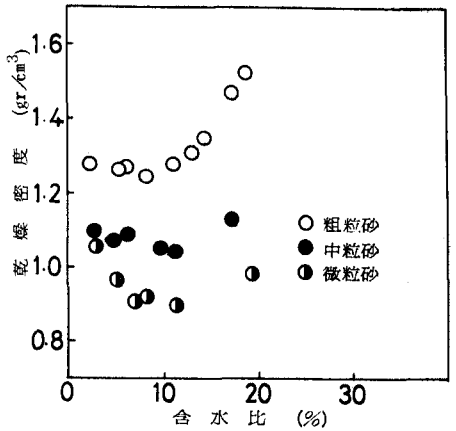


図-4. 粒径別の含水比と乾燥密度関係

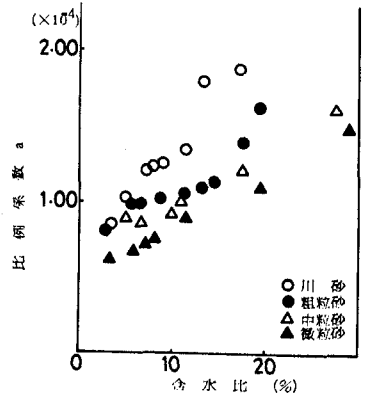


図-5. 粒径別による含水比と係数の関係