

関西大学大学院 学生員 楠見晴重
 関西大学工学部 正会員 谷口敬一郎

1. 緒言

砂質土の締固めには振動、衝撃荷重がよく利用されている。しかし、それらを利用したときの締固まりの機構については、まだ明らかにされていない部分が多いと思われる。筆者らは、粒径の異なった数種類の不飽和状態の砂について、鉛直方向の正弦振動を与えた場合の締固め機構についての実験的結果を報告した。また、衝撃荷重を用いた場合、高い含水状態の砂質土において、締固め密度は、衝撃回数、最大加速度、含水比、均等係数によることを明らかにした²⁾。

本研究は、上述した結果に基づき、高い含水比状態にある砂質土に爆破等に類似した衝撃荷重を与えた場合の締固まりの機構について、実験的に行ったものである。その結果、締固めの機構は振動荷重の場合と同様、間隙水圧の影響が大きいことが判明した。

2. 実験方法

実験装置は図-2に示したように、振動台上にアクリル製円筒容器(内径18.1cm、高さ60cm、肉厚1cm)を垂直に固定したものである。この容器内にある含水比に調整した試料と一定量ル

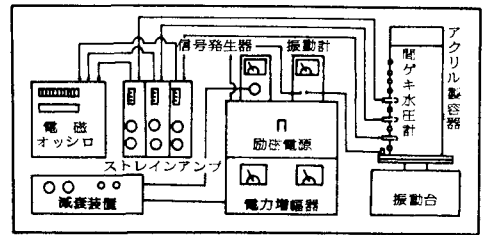
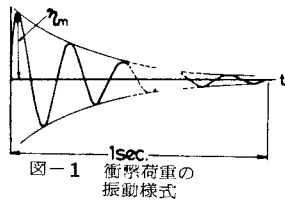


図-2 実験装置

ーズな状態となるよう、また飽和度が70%前後となるように砂層を作製した。この砂層に図-1に示したような、周波数30Hz、作用時間1秒の鉛直方向減衰振動を表面沉下量がほぼ一定となるまで与えて、各回の沉下量を測定した。なお与えた減衰振動は、最大加速度比(a/g :重力加速度) $Z_m=3.85$, 1.92, 1.44, 0.96, の4種類を用いた。周波数および作用

時間については、実際の発破における振動様式を顧慮して決定した。間隙水圧計は、砂層底面から10cm, 20cm, 30cmの3ヶ所に取り付け、衝撃時の間隙水圧を測定した。実験に用いた砂としては、表-1に示したような2種類の砂を用いた。ここで粗粒砂とは、粒径範囲2.00~0.42mmの均等な砂である。

表-1 試料の諸物性

試料	G_s	D_{50} mm	D_{30} mm	D_{10} mm	U_c
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

3. 実験結果および考察

砂質土の動的締固めの特性として、締固め密度変化は、動的荷重の加速度に依存することが既に明らかにされている。このような概念に基づいて含水比 $w=24.0\%$ の粗粒砂における、衝撃荷重の最大加速度比 Z_m と間隙比 e との関係と、衝撃回数 N をパラメーターとして示したのが図-3である。ここで図中の点線は初期間隙比 e_0 である。この図より、 Z_m が大きいかほど各衝撃回数ごとの e の変化量が小さくなっている。原状盤での実際の発破において、爆源に近いほど大きな加速度が得られ、地盤表面がクレーター状に変形する。図-3もそのような形状変化と比較するとほぼ同様の傾向を呈しており、川砂についてもほぼ同じ結果が得られている。

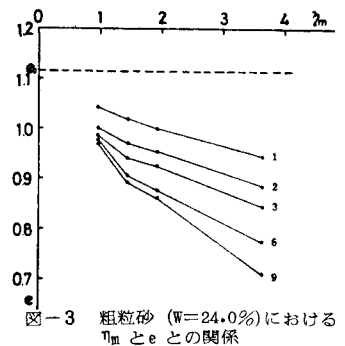


図-3 粗粒砂($w=24.0\%$)における Z_m と e との関係

図-4, 5は川砂 ($w=21.0\%$), 粗粒砂の異なった γ_m における締固め密度 (ρ_d 乾燥密度) と N との関係を示したものである。両図中の点線は、その衝撃回数において砂層表面に出水したことを示している。なお粗粒砂においては $\gamma_m=3.85$ のみ出水が観察された。この両図より、砂層表面に出水が観察された場合と、そうでない場合とでは ρ_d - N 曲線形状は異なつたものとなっている。すなわち、出水がない場合、ある回数において締固め密度 ρ_d はほぼ一定値に落ち着いて、但含水砂の場合と同様の挙動を示している。しかし、出水が観察された場合、 N が増加しても ρ_d は一定値に落ち着き難く、出水以後ほぼ直線的に増加している。以上の相異は、衝撃時の間隙水圧の発生状況によるものと考えられる。図-6は衝撃時の間隙水圧変化の模式記録である。ここで最大間隙水圧を u 、残留間隙水圧を u_r とする。 u_r とは衝撃後数分間、砂層を放置すると間隙水圧は0にならず一定の値となるが、このときの間隙水圧という。

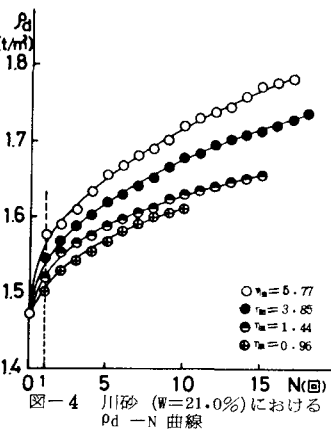


図-4 川砂 ($w=21.0\%$) における ρ_d - N 曲線

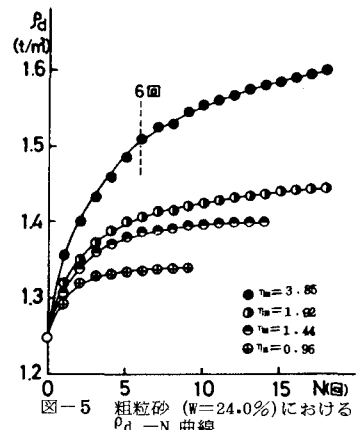


図-5 粗粒砂 ($w=24.0\%$) における ρ_d - N 曲線

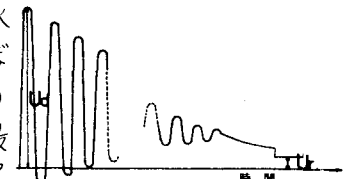


図-6 間ゲキ水圧の模式図

図-7は、図-5で示した粗粒砂の $\gamma_m=1.44$ での u_r と N との関係を各深さ別に表わしたものである。ここでこの衝撃下では図-5からも明らかなように砂層表面には出水は観察されなかった。また図中の u_r と N との関係は、それぞれ、各衝撃後の砂層の単位体積重量 (γ_m)、表面から水圧計までの距離 (cm)、底面から水圧計までの距離 (cm) である。この図より、各層の u_r/γ_z は、 N が増加するにつれて減少し、 $N=5$ 以上ではほぼ一定の値となっている。また u_r/γ_z は、各層とも徐々に増加している。これに対し、図-8は、図-7と同様、 $\gamma_m=3.85$ の衝撃下での u_r と N との関係を示している。図-5からも明らかなように、この条件下では $N=6$ で砂層表面に出水が観察された。この図より、 $z=10, 20$ cmでの u_r/γ_z は、 N の増加に対して減少しているが、 $z=30$ cmでは u_r/γ_z は他と異なり、減少せずに約0.95の高い値を保っている。また u_r/γ_z は、 $z=10, 20$ cmでは、図-7と同様の挙動を示しているが、 $z=30$ cmでは、増加の割合が他よりも極端に多くなっている。以上の結果より、 u_r/γ_z が減少することは、 N の増加に応じて締固められていると考えられるが、 u_r/γ_z が減少せず高い値を保っていることは、その層以上において、液状化が生じて砂粒子構造の変化が著しいと考えられる。出水する場合と、しない場合の ρ_d - N 曲線の相異の原因は以上のように説明される。

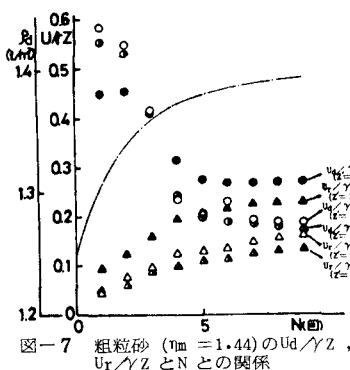


図-7 粗粒砂 ($\gamma_m=1.44$) の u_r/γ_z と N との関係

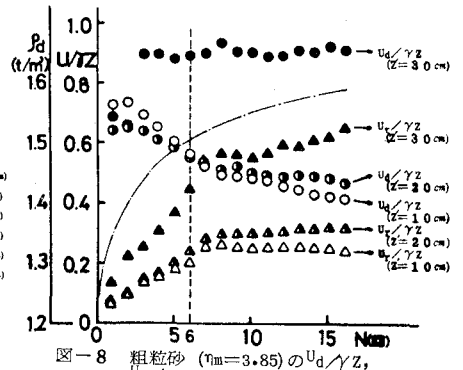


図-8 粗粒砂 ($\gamma_m=3.85$) の u_r/γ_z と N との関係

＜参考文献＞

- 1), 桶見, 谷口, 井上, 吉川; 不飽和砂の振動締固めについて, 「土と基礎」1980, Vol.28, No.9
- 2), 桶見, 谷口, 井上; 衝撃荷重による砂質土の締固めについて, 第16回土質工学研究発表講演集