

粒度構成の異なる粒状物体の非線形振動応答に関する実験研究

日本大学（院） 学生員 ○山田 雄児 日本大学 正会員 木田 哲量
 日本大学 正会員 澤野 利章 日本大学 正会員 阿部 忠

1. はじめに

構造物を建設する場合は、周辺の地盤条件を十分に考慮した耐震設計を行う必要がある。我が国の平野部に形成する主要都市部の地盤は沖積層などの軟弱地盤であることが多く、地震による被害の拡大が懸念される。特に、砂質土を多く含む地盤は地震などの外力による強制振動を受けた場合、非線形の振動応答を示すことから共振振動数や最大応答加速度の特定が困難となるなどの問題がある。そのため、地震時における砂質土層の振動応答を解明することは重要な課題である。

そこで本研究では、粒度構成の異なる 3 種類の砂質土を用いて砂質土層を想定した供試体を作製し、油圧式二軸振動台により強制水平振動を作用させた時の応答加速度の測定を行う。これより、砂質土層の粒度構成の差異が共振振動数や最大応答加速度に及ぼす影響を考察し、地盤特性を考慮した耐震設計を行う上での基礎的なパラメータを得ることを目的とする。

2. 実験概要

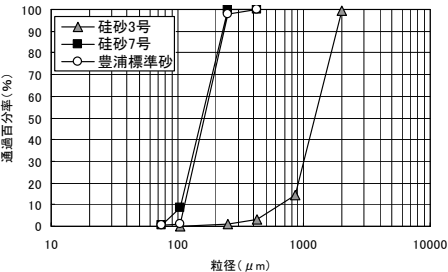
本実験に使用する粒状物体としての砂は、建材として市販されている珪砂 3 号、珪砂 7 号および山口県豊浦産の標準砂（以下、豊浦標準砂と称す）の 3 種類とする。各種砂の最小密度・最大密度を表－1 に、粒度試験により得た粒径加積曲線を図－1 に示す。

表－1 各種砂の密度

	最小密度(g/cm ³)	最大密度(g/cm ³)
珪砂3号	1.40	1.67
珪砂7号	1.29	1.63
豊浦標準砂	1.42	1.65

2－1 供試体

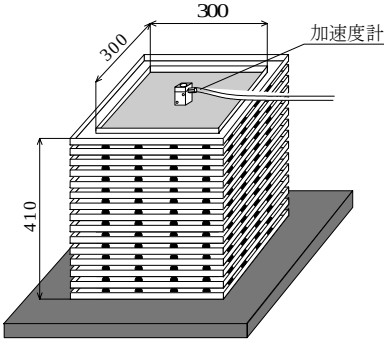
供試体は一段ずつ独立しているせん断面 300mm×300mm、高さ 10mm の軽量溝鋼製の型枠を上下間に直径 15mm の鋼球のベアリングを挟みながら積み上げることにより、上下の拘束を低減し、せん断振動を生じやすい構造としている。また、型枠の内側にゴムシートを取り付けて砂の流出を防止する。この型枠を高さ 410mm となる 26 段積み上げ、各種砂を 400mm の高さまで振動により締固めながら投入したものを供試体とする。供試体概要を図－2 に示す。



図－1 粒径加積曲線

2－2 実験方法

作製した供試体は油圧式二軸振動台により、強制水平振動を与える。強制水平振動は入力加速度を 50gal、100gal、150gal の一定に保ちながら、入力振動数を 0.2Hz 刻みに増加・減少させて応答加速度の測定を行う。入力加速度は供試体底板に設置した加速度計により、応答加速度は供試体砂上表面に設置した加速度計により測定する。



図－2 供試体概要

3. 結果および考察

図－3～図－5 に珪砂 3 号、珪砂 7 号、豊浦標準砂を用いた供試体の入力振動数と応答加速度の関係を示す。これより、すべての供試体において入力加速度が大きくなるにつれて共振振動数が低振動

キーワード：非線形振動応答、砂質土、共振振動数、最大応答加速度
 連絡先：〒275 - 8575 千葉県習志野市泉町 1 - 2 - 1 TEL.047 - 474 - 2429

数域に移行する砂の材料特性による現象を確認できる。また、ほとんどの供試体において共振振動数付近で応答加速度が急激に増加、減少するジャンピング現象が見られるが、珪砂3号、7号の入力加速度50galおよび珪砂7号の入力加速度100galでは連続的な変化を示している。しかし、入力加速度が大きくなるにつれ粒状物体特有のジャンピング現象が顕著に現れていることから、供試体を構成する砂質土の粒度構成や密度が異なる場合においても非線形性を有することがわかる。また、珪砂7号および豊浦標準砂の共振振動数は入力加速度の増加に伴って、ほぼ比例して低下しているのに対し、珪砂3号では入力加速度50galから100galの増加において大幅な低下が見られる。これは、土粒子の粒度構成に依存していると考えられ、珪砂3号の80%以上は粗砂で構成されているため締固め状態が悪く、このような応答を示したものと考えられる。

図-6は、各供試体における入力加速度と共振振動数の関係を示したものである。これより、豊浦標準砂、珪砂7号、珪砂3号の順に共振振動数は高い値を示していることがわかる。これは、土粒子の粒径の大きさの関係とほぼ一致しており、豊浦標準砂と珪砂7号は近似した粒度構成であるため、共振振動数においてもほぼ同等の値を示している。粒径が小さいほど締固めの状態も良好となるため、共振振動数も高い値を示すと考えられる。

図-7は、各供試体における入力加速度と最大応答加速度の関係を示したものである。これより、各供試体における最大応答加速度には大きな差異は見られない。既往の研究¹⁾では砂質土の最小密度、最大密度が高いほど振動重量も重くなるため、最大応答加速度も大きくなると報告されているが、本実験に使用した砂質土の最小密度および最大密度ともに大きな差異は見られないため、最大応答加速度においても近似した結果が得られたと考えられる。

4. まとめ

- ①粒度構成の異なる砂質土層においても粒状物体特有の砂の材料特性による現象やジャンピング現象などの非線形性が確認できた。
- ②共振振動数は供試体を構成する土粒子の粒径が小さいほど、締固まり状態が良好となるため、高くなる。
- ③最大応答加速度は砂質土の最小密度、最大密度に依存しており、粒径が異なる場合においても最小密度、最大密度が同等であれば、最大応答加速度も近似すると推測できる。

参考文献

- 1) 高野純一：砂質土層の非線形振動応答実験、日本大学生産工学部土木工学科卒業研究概要集、2003、pp55 - 56
- 2) 熊膳和也：粒度構成が異なる粒状構造体の非線形せん断振動応答に関する研究、日本大学大学院生産工学研究科修士論文、2004

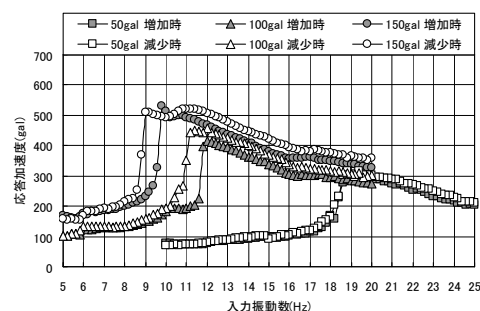


図-3 珪砂3号

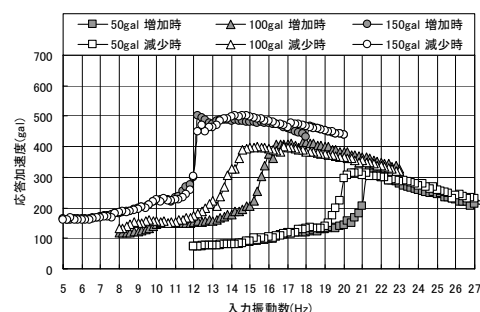


図-4 珪砂7号

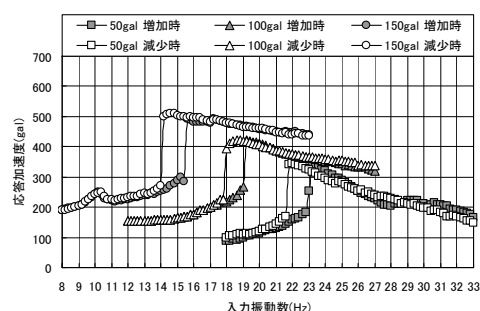


図-5 豊浦標準砂

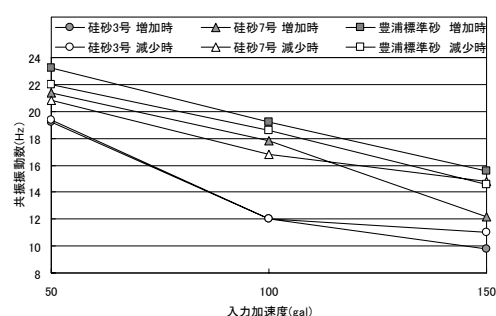


図-6 共振振動数

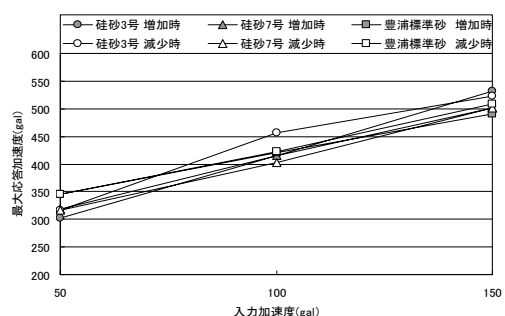


図-7 最大応答加速度