

力学的特性の異なる砂質土層の非線形せん断振動応答に関する研究

日本大学 学生員 熊膳 和也

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

地震が及ぼす被害は、地盤の性質により様相が大きく異なる。平野部に位置する日本の主要都市部は、沖積層や埋立地などの軟弱な地盤が表層部を構成しているため、地盤の軟弱性が被害拡大の原因の一つとなっている。またこれらの軟弱地盤には、砂質土のような粒状物質が含まれ、地震等による強制振動を受けると非線形の振動応答を示す。これにより、地盤の共振振動数の特定が困難となり、地震被害の拡大につながる影響力の大きい地盤とされている。

そこで本研究では、力学的特性の異なる砂質土層を想定し、山口県豊浦産の標準砂、JIS規格に定められたセメント試験用の標準砂、千葉県成田地方で採取された山砂を用いて供試体を作製し、強制水平振動を作用させた時の応答加速度を測定する。これより、土質力学的特性の違いが共振振動数や最大応答加速度、また非線形性に及ぼす影響について考察することを本研究の目的とする。

2.供試体

供試体は、せん断面の寸法を $300 \times 300\text{mm}$ 、高さ 400mm とし、内側にゴムシートを貼り付けてある鋼製の軽量溝型枠を一段とした独立構造としている。型枠間に直径 15mm で鋼製のベアリングを挟みながら積み上げることにより、上下の拘束を低減させているため、せん断振動が生じ易い構造となっている。この供試体型枠に豊浦標準砂、JIS標準砂、成田山砂を砂層高さ 400mm となるまで投入し、本実験の最大加速度である 150gal で十分に締固め、砂層表面に応答加速度測定用の加速度計を設置したものを供試体とする。供試体の概略図を図-1に示す。また図-2に各砂の粒径加積曲線、表-1に各砂の密度を示す。

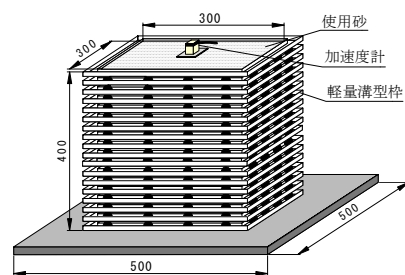


図-1 供試体

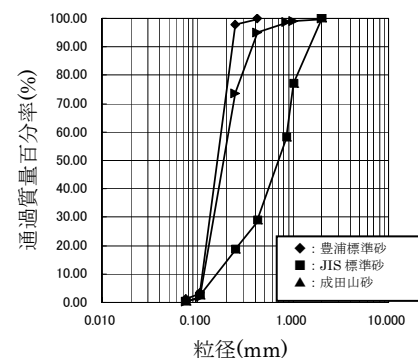


図-2 粒径加積曲線

3.実験方法

本実験では、油圧式二軸振動台を使用し、供試体に強制水平振動を与えることとする。豊浦標準砂、JIS標準砂、成田山砂の各供試体において、入力加速度を 50gal 、 100gal 、 150gal でそれぞれ一定に保ちながら、入力振動数を 0.2Hz 刻みに増加・減少させ、振動台に設置した加速度計から入力加速度、砂層上の加速度計から応答加速度を測定する。

4.実験及び結果

図-3～5は、豊浦標準砂、JIS標準砂、成田山砂の供試体における入力振動数と応答加速度の関係を示したものである。これより、すべての供試体において、入力加速度の増加に伴い共振振動数が低い振動数へ移行する現象が見られる。また、ほとんどの供試体において、入力振動数が共振振動数付近に達すると応答加速度が急激に増加・減少するジャンピング現象を確認することができる。しかしJIS標準砂においては、入力加速度が 100gal 、 50gal と減少するのに伴い、ジャンピング現象の変化量が減少していることがわかる。また、同一の入力加速度におけるジャンプ時振動数の増加時と減少時の差は、豊浦標準砂と成田山砂では $1.6 \sim 2.8\text{Hz}$ の差があるのに対し、JIS標準砂では $0.4 \sim 0.8\text{Hz}$ とほぼ近似している。これら

表-1 各砂の密度

	最大密度(g/cm^3)	最小密度(g/cm^3)	均等係数
豊浦標準砂	1.65	1.42	1.5
JIS標準砂	1.84	1.6	5.313
成田山砂	1.62	1.36	1.75

キーワード：共振振動数 応答加速度 せん断振動応答 非線形振動応答

連絡先：〒275 - 8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 Tel. 047 - 474 - 2429

は、JIS 標準砂が図－2の粒径加積曲線に示すように広い範囲で粒度分布し、80%の土粒子を中砂と粗砂が占めているのに対して、豊浦標準砂、成田山砂はその大部分が細砂により構成されているために両者は異なる共振曲線を示したものと考えられる。以上のことより共振曲線は、供試体を構成する砂の粒度分布に起因して変化するものと考えられることから、より粒度分布の大きい砂を用いた場合、ジャンピング現象が小さくなることが推測される。

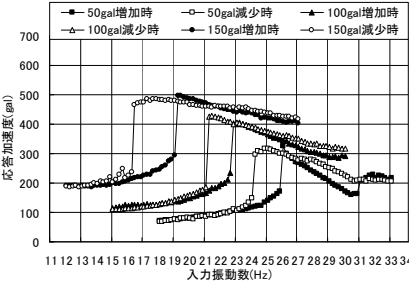
表－2は、各砂の供試体における入力加速度と共振振動数の関係を示したものである。これより共振振動数は、豊浦標準砂に対し JIS 標準砂の方が高く、成田山砂の方が低い値となっていることがわかる。この関係は、表－1に表す最大・最小密度の関係に合致していることから、図－6に各入力加速度における最大密度と共振振動数の関係を示す。なお本実験では、供試体を十分に締固めていることを考慮し、最大密度を用いて比較することとする。これより、共振振動数と最大密度は比例関係で近似することができる。このことから、供試体が砂と称される物質であり、かつ 2000 μm 以下の粒径範囲で構成されている場合、共振振動数は最大・最小密度が増加するに伴い高くなることが推測される。

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。最大応答加速度は JIS 標準砂が最大値を示し、以下成田山砂、豊浦標準砂の順となっていることがわかる。既往の研究¹⁾²⁾より、豊浦標準砂に粒径や混入量を変化させたガラス球を投入した場合、粒径の大きさを変化させても最大応答加速度に規則性は見られない。しかし、ガラス球の混入量のある一定値まで増加させると、最大応答加速度は大きくなることが報告されている。図－2から、425 μm 以下の土粒子が 100%で構成される豊浦標準砂に対し、JIS 標準砂では 425 μm 以上が 70%、成田山砂では 425 μm 以上が 5%となっており、2000 μm 以下の粒径で構成されている本実験の供試体においても、比較的大きな 425～1000 μm の粒径混入量が多い JIS 標準砂が最大の応答加速度を示している。

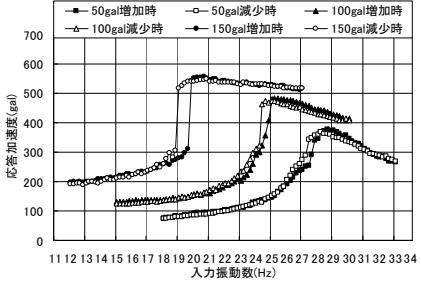
5.まとめ

- ①土質力学的特性の異なる砂を用いた場合においても、非線形性を確認することができた。しかしジャンピング現象は、JIS 標準砂に限り小さくなっていることから、粒度分布が良く剛性が大きい砂ほど、連続的な変化になるものと推測される。
- ②粒径が 2000 μm 以下で砂と称される物質により供試体が構成されている場合、共振振動数と最大・最小密度の関係は比例すると考えられる。
- ③砂質土を構成する 425 μm 以上の粒径が、ある一定量以上混入する場合、最大応答加速度は大きくなるものと推測される。

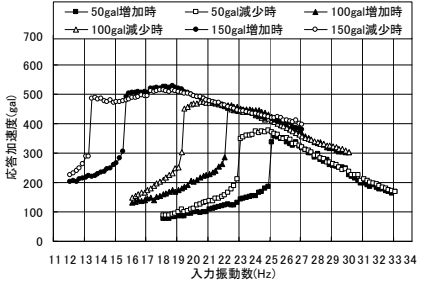
参考文献：1）吉川祐介：異径粒状物質を混入した層状構造体の非線形振動応答に関する研究、平成 11 年度修士論文 p.81、2）澤田裕二：粒径 1 mm のガラス球を混入した砂質構造体の振動応答特性、平成 12 年度日本大学生産工学部土木工学科卒業研究概要集、pp.13-14



図－3 豊浦標準砂



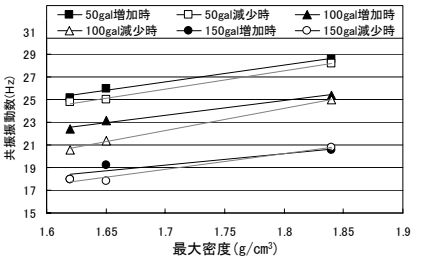
図－4 JIS 標準砂



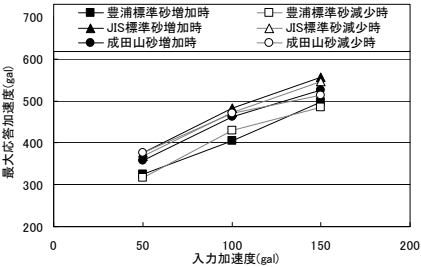
図－5 成田山砂

表－2 共振振動数

	共振振動数(Hz)		
	豊浦標準砂	JIS標準砂	成田山砂
50gal増加時	26.0	28.6	25.2
50gal減少時	25.0	28.2	24.8
100gal増加時	23.2	25.4	22.4
100gal減少時	21.4	25.0	20.6
150gal増加時	19.2	20.6	18.0
150gal減少時	17.8	20.8	18.0



図－6 最大密度と共振振動数



図－7 入力加速度と
最大応答加速度