

上載力を受ける粒状構造体の非線形振動応答に関する研究

日本大学 学生員 ○永井 紘作
 日本大学 正 員 木田 哲量
 日本大学 正 員 澤野 利章
 日本大学 正 員 阿部 忠

1. はじめに

砂地盤のような粒状構造体に強制水平振動が作用すると、そのせん断振動応答は非線形振動応答となる。この特有な現象として、ジャンピング現象や入力加速度を増加させると共振周波数が低周波域に移行する現象がある。このような現象が地盤の共振周波数・応答加速度の推定を困難にしている。

本研究では、せん断振動応答を容易に起こさせる粒状構造体の供試体を用いて、水平方向に強制振動を生じさせ、その振動応答について考察する。ここでは、沖積層の一部を構成する砂地盤上に構造物や他の地盤からの上載力を受けた状態で、地震のような水平振動が起こった場合を想定した供試体を用いることとする。この実験結果から、粒状構造体の上載力を受けた場合の入力加速度と共振振動数、最大応答加速度の関係を明らかにする。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体寸法および上載力発生装置を図-1に示す。供試体の型枠は、厚さ1mm、内側寸法300×300×10mmの鋼製枠を直径15mmの鋼球をベアリングとして、高さ410mmとなるように26段に重ね、振動台上に取り付ける。型枠の内側には、砂の流出防止のためにゴムシートを貼付し、隙間にはシリコンを注入する。

2.2 表面荷重作用方法

供試体底板からM3の長ネジを4本立て、標準砂を投入し、締め固め後に載荷装置を設置する。載荷装置は供試体上部からの圧力を均等に分布させるように、スタイロフォーム、アルミニウム板、ロードセル、炭素繊維強化プラスチック板より構成している。上部のねじを締め付け、ロードセルでその大きさを測定する。

2.3 実験手順

油圧式二軸振動台上に供試体を固定し、水平方向の強制振動を与えて振動実験を行う。本実験の最大入力加速度である150galの振動を加えながら型枠内へ乾燥した標準砂を投入し、砂層高さ400mmが変化しないことを確認する。加速度の測定には小型ひずみゲージ式加速度計を用い、振動台上に設置した加速度計から入力加速度、砂層表面直下の加速度計より応答加速度を測定する。入力加速度50、100、150galを一定に保ちながら、0.2Hz刻みで入力振動数を増加・減少させ、応答加速度を測定する。なお、上載力は無載荷状態、4kg、8kg、12kg、20kg、28kg、36kg、45kgの8種類とする。

3. 実験結果および考察

図-2～9は、入力振動数を増加・減少させたときの各供試体の応答加速度を上載力別に示したものである。なお入力加速度50galは、実験装置の性能限界により上載力12kgまでの測定とする。これらより、入力振動数増加時・減少時のどちらにも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を確認することができた。したがって、上載力を作用させた場合にも顕著にジャンピング現象が現れることがわかった。また、入力加速度に着目すると、すべての上載力作用状態において、入力加速度が大きくなるにつれて共振振動数が徐々に低くなっており、砂のせん断に対する非線形振動特性であるスプリングソフニングに影響を与えないことがわかった。以上のことより、上載力の作用は供試体の非線形振動応答特性そのも

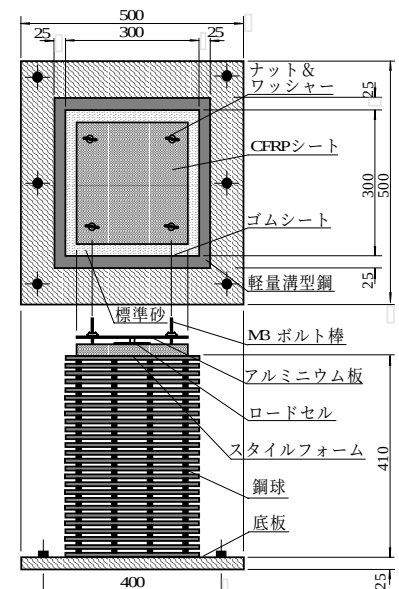


図-1 供試体

キーワード：粒状構造体、上載力、非線形振動応答特性、共振振動数

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

のを変えるものではないといえる。

図-10 に荷重別に共振振動数の推移を示し、表-1 にはその各点での値を示した。これらより、上載力の増加に伴って共振振動数が高い方へ移行することが確認できる。一般に固有振動数は質量と剛性に支配される固有の定数であると考えることができる。本実験では、質量が一定状態のまま供試体上部のナットを締め付けることにより上載力が増加する供試体を用いており、振動質量は変動しないと考ええると、共振振動数が大きくなったことは剛性が増したことに起因したと考察できる。一方、上載力が36kg以上になると共振振動数にほとんど変化が見られなくなるが、これは本実験で用いた供試体に対し、締め付けによる剛性の増加が終局に近づいたと考えられ、やがて共振振動数の増加は収束すると思われる。また入力加速度50galにおいて、表面荷重の増加とともに入力振動数増加時と減少時の共振振動数の差が徐々に大きくなるのが分かる。しかし100galではほぼ一定で推移し、150galではその差が小さくなることを確認できる。

図-11 は、上載力別に入力加速度ごとの最大応答加速度を示したものである。この図より、すべての場合において上載力が増すにつれ最大応答加速度がほぼ直線的に増加する結果となった。これは上載力が作用した場合でも水平方向の応答変位振幅は大きく変化せず、一方で共振振動数が大きくなったためであると考えられる。

4. まとめ

- 上載力作用時に、ジャンピング現象や共振振動数が低くなる現象等の非線形振動応答特性が確認できた。
- 上載力の作用は供試体の共振振動数に影響を与え、上載力の増加に伴い高い振動数へ移行したが、ある一定値以降は剛性の増加が終局を迎えると推測される。

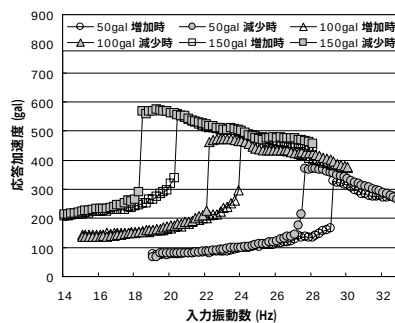


図-2 無載荷時の共振曲線

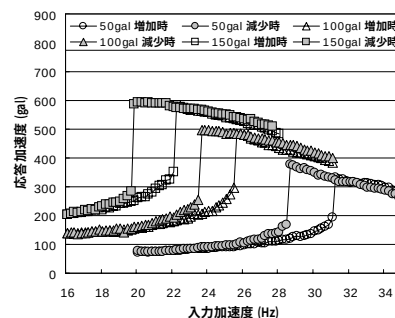


図-4 8kg 載荷時の共振曲線

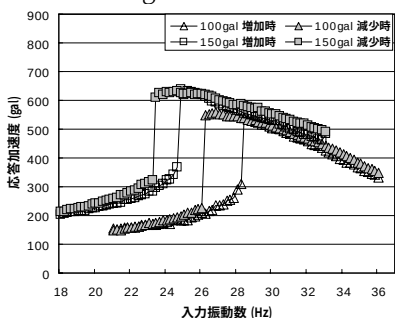


図-6 20kg 載荷時の共振曲線

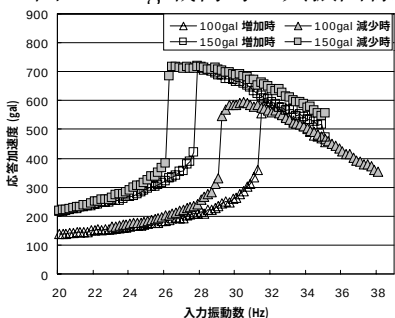


図-8 36kg 載荷時の共振曲線

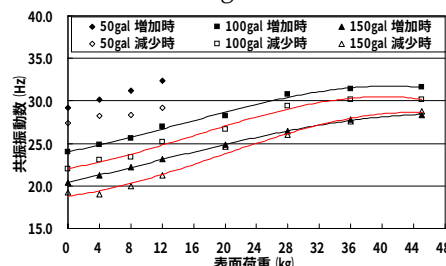


図-10 共振振動数の変化

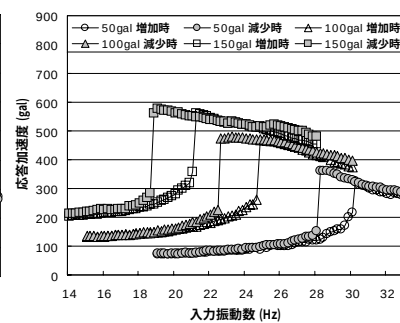


図-3 4kg 載荷時の共振曲線

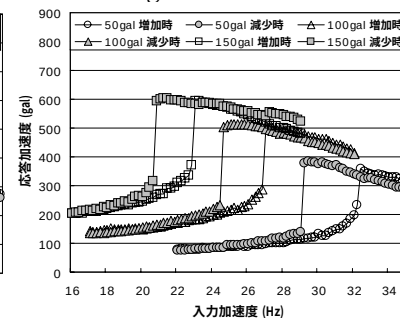


図-5 12kg 載荷時の共振曲線

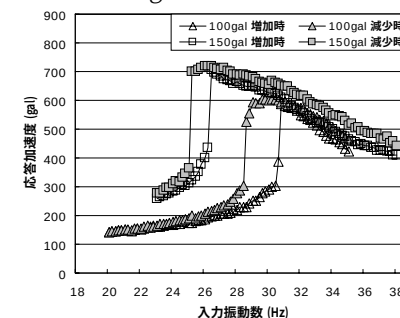


図-7 28kg 載荷時の共振曲線

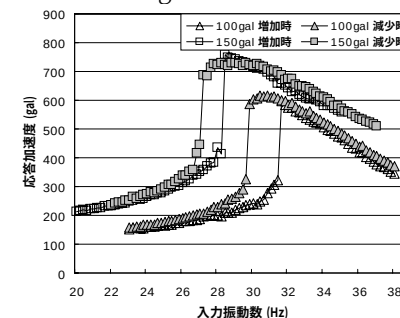


図-9 45kg 載荷時の共振曲線

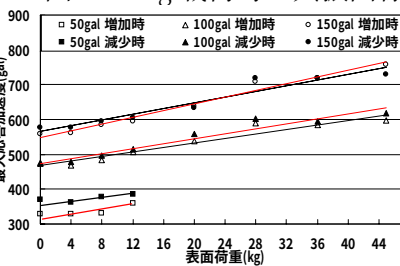


図-11 最大応答加速度の変化

表-1 共振振動数の変化

	0kg	4kg	8kg	12kg	20kg	28kg	36kg	45kg
50gal 増加時	29.2	30.2	31.2	32.4				
50gal 減少時	27.4	28.2	28.4	29.2				
100gal 増加時	24.0	24.8	25.6	27.0	28.2	30.8	31.6	31.6
100gal 減少時	22.0	23.0	23.4	25.2	26.6	29.4	30.2	30.2
150gal 増加時	20.4	21.2	22.2	23.2	24.8	26.4	27.8	28.4
150gal 減少時	19.2	19.0	20.0	21.2	24.6	26.0	27.6	28.8