

日本大学生産工学部(院) 学生会員 ○吉川 祐介
 日本大学生産工学部 正 会 員 澤野 利章
 日本大学生産工学部 正 会 員 阿部 忠
 日本大学生産工学部 正 会 員 木田 哲量

1. はじめに

層状構造を成す地盤に水平振動が作用すると、それはせん断振動を呈し、振幅が増幅されたり、共振点において特異な挙動を示すことがある。地盤上の土木構造物が受ける振動応答を考える際には、これら地盤の振動特性を明らかにする必要がある。

そこで、本研究においては層状構造体を形成する砂質土層を想定し、標準砂および標準砂に粒径の異なる物質を混入させた供試体を作製し、水平方向の強制振動を与えて、入力加速度を一定に保ちつつ入力周波数を変化させたときの応答加速度を測定し、混入する物質の粒径の違いによってどのような挙動を示すかを考察することによって、砂層の振動解析に必要なパラメーターを定めるための基礎資料を得ることを目的とする。

2. 実験方法

1) 合板上に厚さ 1 mm の軽量溝型鋼を内側 30×30 cm の正方形に組み上げた型枠をネジで固定する。その上に直径 15 mm の鋼球をベアリングとして配置し、1 層を 16 mm とする。同様の型枠を層状に縦方向に積み上げ、26 段 41 cm のせん断振動箱を組み上げ、供試体型枠とする。

2) 供試体型枠内に山口県豊浦産の標準砂(A 供試体)および標準砂に直径 6 mm プラスチック球を混入したもの(B 供試体)、標準砂に直径 3 mm ガラス球を混入したもの(C 供試体)を投入する。

表ー1 供試体への混入率と単位体積重量

	混入物	混入物の 単位体積重量	混入率	供試体の 単位体積重量
A 供試体	(標準砂)	(1.637 g/cm ³)	—	1.637 g/cm ³
B 供試体	6mm プラスチック球	2.252 g/cm ³	10.0%	1.699 g/cm ³
C 供試体	3mm ガラス球	2.360 g/cm ³	8.5%	1.699 g/cm ³

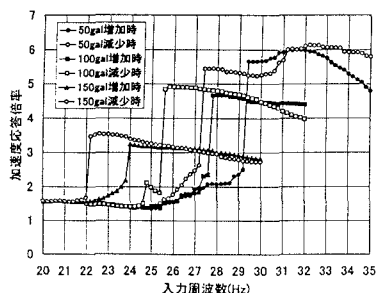
表ー1 に各供試体への混入率と単位体積重量を示す。B 供試体には 6 mm プラスチック球を体積比 10.0% で、C 供試体には 3 mm ガラス球を体積比 8.5% で混入し、B 供試体と C 供試体では単位体積重量が同一になるようにした。両供試体の単位体積重量は 1,699 g/cm³ である。供試体底部、砂層表面中央、砂層中にはひずみゲージ式加速度計(許容加速度 2 G、重量 38 g)を設置する。型枠内に所定の高さまで砂を投入した後、十分に加振して締め固め、砂層高さが 40 cm から変化しないことを確認した後に実験を行う。

3) 振動台を水平振動させて、供試体にせん断振動を与える。入力加速度を一定に保ち、共振点付近の約 10 Hz を 0.2 Hz 刻みで入力周波数を増加、減少させたときの応答加速度をデータレコーダに収録する。入力する加速度は 50 gal、100 gal、150 gal の 3 種類とする。

4) 収録したデータの中から任意の 0.5 秒間を A/D 変換機を通し、2 ms 間隔で A/D 変換を行う。

3. 結果および考察

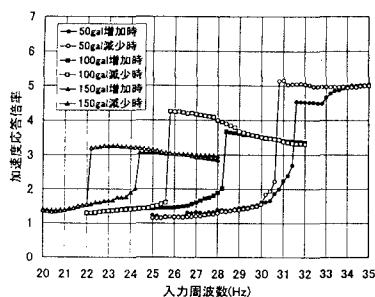
図ー1～3 にそれぞれの供試体に 50 gal、100 gal、150 gal で水平振動を加え、入力周波数を増加、減少さ



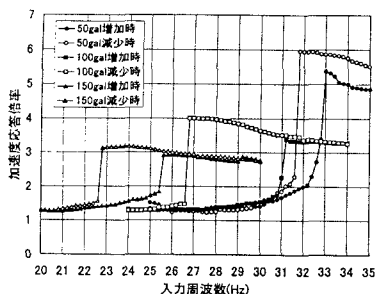
図ー1 A 供試体 加速度応答倍率

キーワード：非線形振動，スプリングソフトニング現象，ジャンピング現象

連絡先：(住所：〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 電話：0474-74-2460)



図－２ B 供試体 加速度応答倍率



図－３ C 供試体 加速度応答倍率

せたときの供試体表面での加速度応答倍率（応答加速度を入力加速度で除したもの）、表－２に加速度応答倍率が急激に変化したときの周波数、加速度応答倍率を示す。すべての供試体、入力加速度において、入力周波数増加時においては入力周波数がある周波数に達すると加速度応答倍率が急激に増加している。また、入力周波数減少時においては入力周波数がある周波数に達すると加速度応答倍率が急激に減少している。入力周波数を変化させている時に周波数が一定の値を超えると加速度応答倍率が急激に変化するのは非線形振動特有の現象であるジャンピング現象であり、すべての供試体においてジャンピング現象が現れていることが確認できる。また、すべての供試体において入力加速度が大きな場合のほうが共振周波数が低周波領域に移行している。この現象は非線形振動特有の現象であるスプリングソフトニング現象であり、すべての供試体においてスプリングソフトニング現象を確認することができる。

表－２より、A 供試体< B 供試体< C 供試体の順にジャンピング現象の発生する周波数が高周波領域に移行していることがわかる。しかし、各供試体における共振周波数の差は最大でも 3.6Hz であり、そのほとんどは

表－２ 共振周波数と加速度応答倍率

		A 供試体		B 供試体		C 供試体	
		周波数	加速度 応答倍率	周波数	加速度 応答倍率	周波数	加速度 応答倍率
50gal	増加時	29.4Hz	5.66	31.6Hz	4.53	33.0Hz	5.37
	減少時	27.4Hz	5.45	30.8Hz	5.14	31.8Hz	5.96
100gal	増加時	27.8Hz	4.67	28.4Hz	3.67	31.2Hz	3.39
	減少時	25.6Hz	4.84	25.8Hz	4.25	26.8Hz	4.01
150gal	増加時	24Hz	3.25	24.4Hz	3.07	25.6Hz	2.92
	減少時	22.2Hz	3.47	22.2Hz	3.19	22.8Hz	3.12

2.0Hz以内に収まっている。また、ジャンピング現象が発生した時の加速度応答倍率はB 供試体、C 供試体は、A 供試体と比較すると明らかに小さくなっているが、B 供試体とC 供試体の差はごく小さい値である。このことから、10.0%、8.5%程度の粒状物質の混入では、供試体全体の単位体積重量が重くなったことにより応答加速度倍率は減少するが、混入する粒状物質の粒径の違いによって共振周波数や加速度応答倍率に変化は現れないことが確認できた。

表－３に入力周波数増加時と減少時のジャンピング現象が発生する周波数の差を示す。入力加速度 50gal の時はC 供試体> A 供試体> B 供試体の順に周波数の差が小さくなったが、入力加速度100gal、150gal の時はA 供試体< B 供試体< C 供試体の順に差が大きくなった。100gal、150gal の場合を見ると、入力周波数増加時と減少時のジャンピング現象の発生する周波数の差はA 供試体< B 供試体< C 供試体の順に大きくなり、加速度応答倍率はA 供試体> B 供試体> C 供試体の順に小さくなっているのも、両者の間には相関関係があるものと考えられる。

表－３ 共振周波数の差

	A 供試体	B 供試体	C 供試体
50gal	2.0Hz	0.8Hz	1.2Hz
100gal	2.2Hz	2.4Hz	4.4Hz
150gal	1.8Hz	2.2Hz	2.8Hz

今後、標準砂に6mmプラスチック球、3mmガラス球を混入させる割合を増やしたときや、3mmより粒径の小さい物質を標準砂に混入させたときに応答加速度にどのような差異が現れるかを調べる必要があると考える。