

層状構造体の非線形振動応答に関する実験的研究

日本大学 学生員 ○竹澤 正太郎

日本大学 学生員 東江 哲郎

日本大学 正 員 澤野 利明

日本大学 正 員 能町 純雄

1. はじめに

わが国では、地震による振動の影響が大きく、土木構造物の耐震設計が非常に重要である。それには構造物の基礎となる地盤がどのような振動をするかを知る必要がある。砂質土層のような非線形性材料で構成された層状構造体は、共振周波数が入力加速度によって変化する非線形振動特有の現象が現れることが知られており、共振点の特定が非常に困難である。

そこで、本研究では砂質土層を想定し、標準砂を用いた模型を作り、水平方向の強制振動を与え、最適な供試体の検討、非線形振動特有のスプリングソフトニング現象やジャンピング現象を実験的に解明すると共に砂層振動の理論解析に必要な未知のパラメーターを定めるための資料を得ることとする。

2. 実験方法

(1) 供試体型枠には加振水平方向の側壁に2000×1000×15mmの亚克力板を使用し、加振鉛直方向には拘束を緩和するために、厚さ1.5 mmのゴムシートを使用することにする。型枠を振動台に固定するために、1800×900×20mmの合板を底板に使用した。各所の接合ではL型のアングルとボルトで固定し、隙間から砂が流出しないようにシリコンボンドを注入する。(図-1 供試体寸法)

(2) 型枠に砂を投入する。砂層に用いた砂は乾燥状態の山口県豊浦産の標準砂を使用した。砂層は1層の厚さを1 cmとして、砂入れ装置を水平に移動させて均一に砂を投入する。実験は、40, 60, 80cmの高さの供試体で行うことにする。所定の高さまで砂を投入した後、加振させて十分締め固め、所定の高さに変化がないことを確認してから実験を行った。

(3) 測定は、ひずみゲージ式加速度計(許容加速度2 G, 重量38 g)を用いて、図-1に示すように供試体中央底面(d)の位置で入力加速度、砂層中央表面の(a), (b), (c)の位置で応答加速度を測定する。底面の加速度計は底板に固定し、砂層表面の加速度計は、砂と加速度計が一体となって振動するように4本のスパイクを設けたアルミ板に固定して、表面に水平に設置する。

(4) 供試体の1次共振周波数を推定するために、50gal, 100gal, 150galの一定の入力加速度について、1~40Hzまで1 Hz間隔で変化させた。その結果、それぞれ28, 27, 26Hz付近で共振していることが分かったので23~31Hz, 24~32Hz, 25~33Hzへと0.2Hz間隔で増加、減少させた。

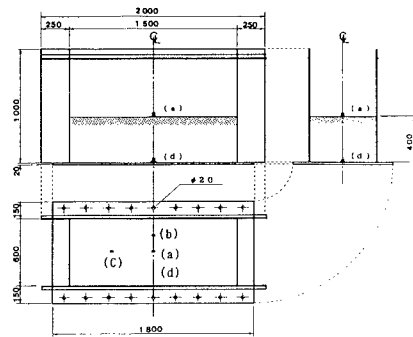


図-1 供試体寸法

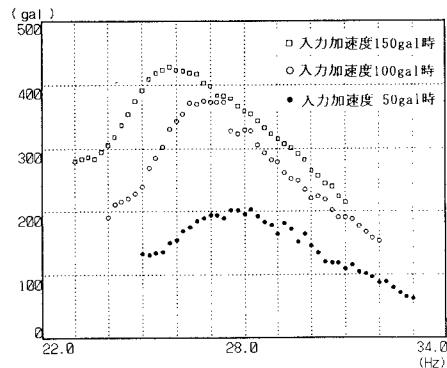


図-2 応答加速度

計測は各周波数の入力加速度と応答加速度をデータレコーダに約3秒間収録した。周波数を変化させる場合は振動台を停止せず、連続的に変化させてデータを収録した。

収録した加速度データは、A/D変換器によりデジタルデータに変換する。この際、3秒間のデータから任意の0.5秒間を1msで取り、電気的な高周波ノイズはローパスフィルターで除去することにする。

3. 結果および考察

砂層高さ60cm、80cmで実験を行ったが、共振曲線は連続した曲線が描けなかった。これは砂層が高くなると締め固める段階、さらに実験加振中に供試体上部と下部の密度が均一ではなく、高さが大きいので振動が安定しにくいことが原因と考えられる。よって、ここでは砂層高さ40cmのときについて検討することにする。

図-2は砂層高さ40cmにおける入力加速度50gal、100gal、150gal時の入力加速度-表面応答加速度の関係である。図-2より入力加速度50galのとき28.0Hz付近、100galのとき27.0Hz付近、150galのとき26.0Hz付近で共振していると考えられる。しかも入力加速度が増加するにつれて応答加速度のピーク値が低周波領域に移行していることは明らかであり、スプリングソフトニング現象を確認できる。入力加速度が小さくなるほど加速度曲線に若干のばらつきが見られるのは、加速度が小さくなると正確に一定の入力加速度を与えることが難しくなったためだと考えられる。

つぎに、入力加速度150galのときの応答加速度 A と入力加速度 A_0 の加速度応答倍率 A/A_0 を図-3に示す。図-3(a)は入力周波数を増加させたとき、図-3(b)は減少させたときの加速度応答倍率のグラフである。図-3(a)では26.4Hzで応答加速度倍率の最大値2.933倍を示している。図-3(b)では26.2Hzで2.882倍であった。図-3(b)では連続した共振曲線を描いているが、一部でばらつきが見られる。これは入力加速度が一定に入力されていないこと、振動台を止めずに連続して計測したため砂層が十分な定常振動状態ではなかったなどが考えられる。入力周波数増加時と減少時のデータを比べると、側壁の摩擦による影響が若干生じているのが分かる。共振周波数も26.4Hzから24.2Hzと下がっているものの応答加速度倍率の増加は見られず、ジャンピング現象が現れているとは断定し難い。供試体の状態を見てみるとゴム壁が胴ぶくれを起こし、ゴムが伸びきっており、せん断振動が難しくなっていると考えられる。今後は図-4のようなせん断振動が容易に起こる供試体型枠自体が層状になっている供試体での実験を考えている。

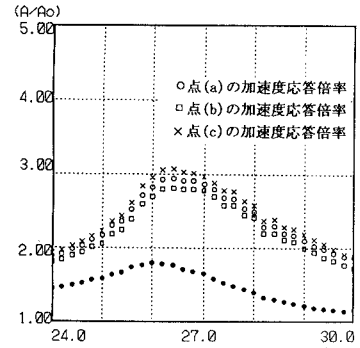


図-3 (a) 加速度応答倍率（増加時）

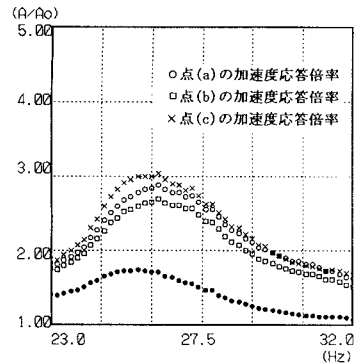


図-3 (b) 加速度応答倍率（減少時）

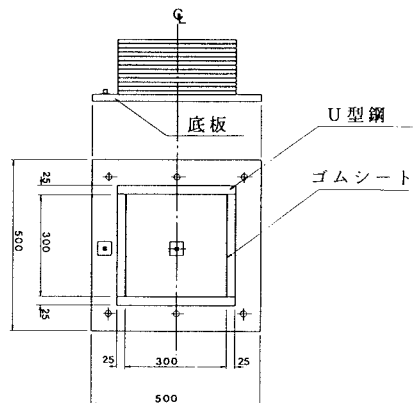


図-4 せん断土層供試体図