

不整形地盤で発生する動揺地震動が構造物に及ぼす影響

金沢大学大学院 学生会員 ○定免 徹 金沢大学大学院 正会員 村田 晶
同 正会員 宮島昌克 同 フェロー 北浦 勝

1. はじめに

盆地地形や埋土地盤など地盤条件が急激に変化していたり、地盤の層構造が複雑ないわゆる不整形地盤上に建設された構造物に対しては、不規則な地震動により種々の被害を生じることが明らかにされてきた。このような地形は周囲を剛な地盤で囲まれている場合が多く、地表面では複雑な振動によって位相差をもった応答が発生する。また、構造物の基礎が剛と仮定するならば、構造物は位相差などの影響により回転成分に起因した振動が入力されたかのような動きを示す。その回転成分が構造物に入力されると構造物頂部に負荷がかかり転倒などの被害をもたらす危険性がある。そこで本研究では、回転成分を動揺地震動と呼び、不整形地盤上で発生した動揺地震動が構造物にどのような影響を与えるか実験によって検証する。

2. 実験概要

図 2.1 に実験概要図を示す。油圧式の振動台(1.5m×1.5m)上に鋼とアクリル板で製作された砂箱(長さ 1.8m×幅 0.6m×高さ 0.8m)を設置し、砂箱内部に砂層と粘性土層で不整形地盤を形成し、層厚 50cm の模型地盤を作成した。両層と砂箱の間には微細な振動を抑え、無限遠の地盤を想定する目的の緩衝材として 20cm のウレタンを挿入し、波の反射を抑制した。構造物モデルは、5 階建て S 構造物を 1/50 スケールの 1 自由度系で表現した。構造物モデル計パラメータは表 2.1 に示す。

計測項目は図 2.1 の A～D 点においての上下方向と水平方向の応答加速度である。入力波は正弦波とし、入力方向は上下方向単独、水平方向単独、上下水平同時の 3 ケース行ったが、紙面の関係上水平方向単独のみを使う。入力波の最大振幅は 50gal、100gal で、振動数は 2Hz から 10Hz まで 1Hz 刻みである。なおサンプリング周波数 500Hz、加振時間は 20 秒間とし、動揺加速度は二点間の上下応答加速度差を二点間距離で割った値とする。

3. 実験結果

3.1 最大応答加速度比の比較

図 3.1 に構造物のみを振動させたときの構造物頂部とモデル地盤上における構造物頂部の最大加速度の比を示す。図 3.1 の左図は水平方向単独 50gal で加振した場合であり、右図は水平方向単独 100gal で加振した場合である。振動数別で見た場合、砂層と粘性土層はよく似た応答加速度比を取っていることがわかる。また、100gal で加振した場合、最大加速度比が常に 1.0 を超えていることから動揺成分によって構造物頂部に動揺加速度が加わっていると言える。しかし、50gal で加振した場合、6Hz～9Hz の間で最大加速度比が 1.0 を割っている。その原因として図 3.2 に示すように、動揺加速度と構造物頂部における水平加速度との位相角が大

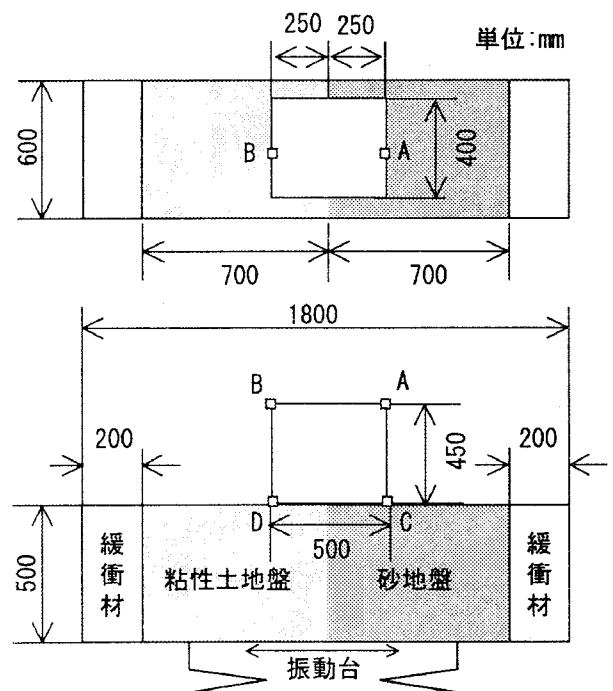


図 2.1 実験概要図

表 2.1 構造物モデル計パラメータ

柱の幅 b (mm)	100
柱の厚さ t (mm)	2
柱の高さ H (mm)	450
構造物の重量 W (N)	223
ばね定数 k (N/cm)	490
固有振動数 f (Hz)	2.31

きいことが、考えられる。位相角が大きいと、動揺加速度と構造物頂部の水平加速度が逆位相に近づくため、結果として動揺加速度が構造物頂部の応答を抑制する方向に力が働くものと思われる。

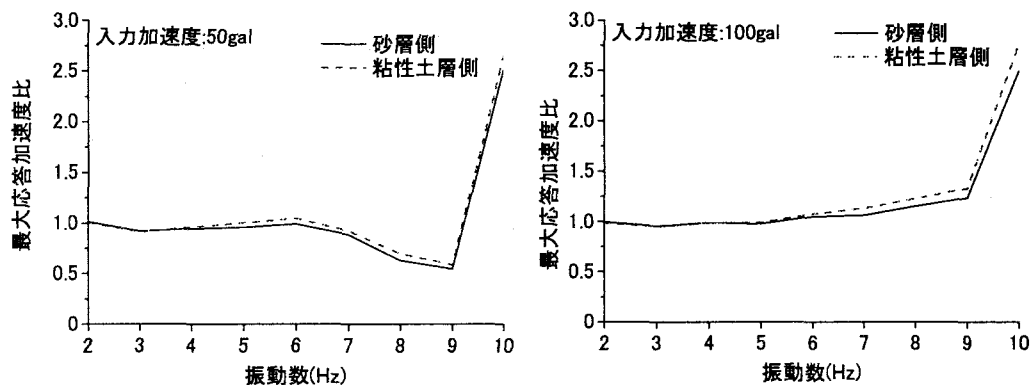


図 3.1 最大加速度比と振動数の関係

3.2 構造物頂部の最大水平加速度と最大動揺加速度の比較

入力加速度 100gal、50gal における粘性土層側の構造物頂部における最大水平加速度と最大動揺加速度の比較を図 3.3 に示す。図に示すように入力加速度の大きさにかかわらず、両方とも同じような軌跡を描いていることがわかる。また、振動数ごとに比較すると、低振動数側では水平加速度に比べ動揺加速度が十分小さいことがわかる。これは、図 3.1 において低振動数側の最大応答加速度比が 1.0 付近にあることを裏付けており、今回の構造物モデルでは低振動数側で動揺加速度を無視できると考えられる。しかし、高振動数側では水平加速度と動揺加速度を比較すると水平加速度は小さいが、動揺加速度は大きくなる。動揺加速度は構造物の高さを掛けることによって構造物頂部への水平加速度に換算できる。そのため、入力加速度 100gal、入力振動数 10Hz の場合における動揺加速度による構造物頂部の水平加速度は約 13.5gal となり、構造物頂部の水平加速度と比較すると無視できない値になる。このことから高振動数側では、構造物は動揺加速度の影響を受けることが考えられ、図 3.1 において 10Hz の最大応答比が卓越した原因であると言える。

4. まとめ

この実験により得られた知見を示す。最大加速度比と振動数の関係では砂層、粘性土層ともによく似た傾向にあるが、動揺加速度と構造物頂部の応答の位相角がずれると頂部に及ぼす力の抑制につながる。また、動揺加速度は高振動数領域において卓越する傾向にあり、位相角が小さいと構造物に過大な影響を与え得ることを明らかにした。実験では、構造物モデルの固有振動数を 2.31Hz で設定したが、構造物の固有振動数は一般的に 0.4Hz～10Hz と言われている。動揺加速度は構造物の固有振動数領域において大きくなるため、構造物頂部の水平加速度と共振する可能性が十分考えられる。したがって構造物モデルを変えて同じ実験を行うことで、動揺地震動が構造物に与える影響を詳細に説くことが今後の課題である。

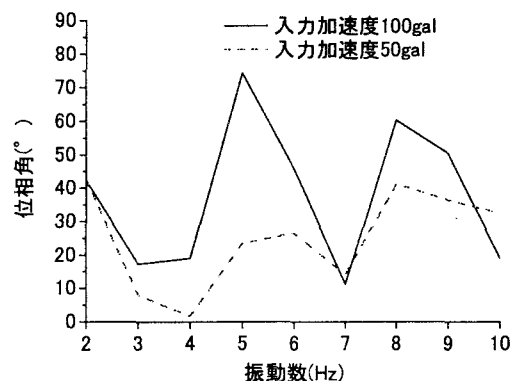


図 3.2 入力加速度の違いによる動揺加速度と構造物頂部における水平加速度の位相角

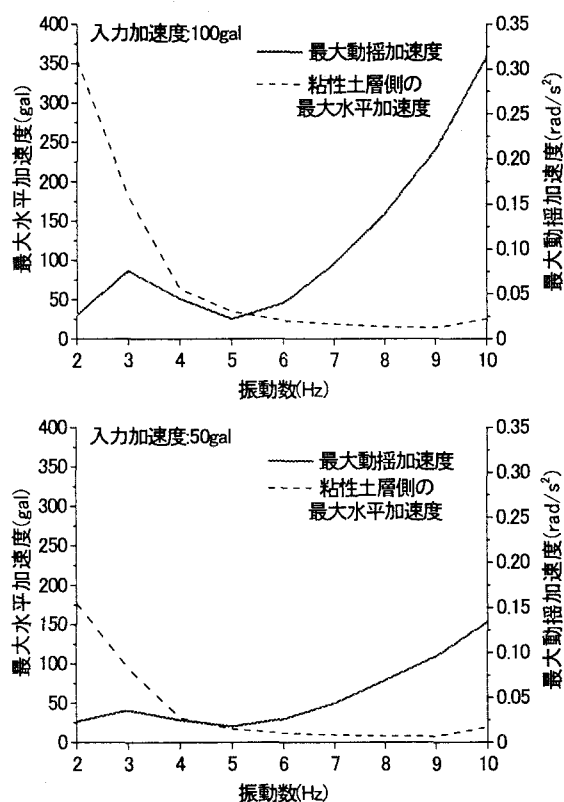


図 3.3 最大水平加速度と最大動揺加速度の比較