

不整形地盤に起因して発生する動揺地震動が構造物応答に及ぼす影響

金沢大学大学院 正会員 村田 晶
 浜松市役所 同 山本浩輝
 金沢大学大学院 同 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、地盤構造が複雑に構成されている不整形地盤の地表面付近では、様々な振動要因によって局所的な応答差や位相差が発生する。特に上下方向の応答に差が生じる場合、地表面に傾斜を生じさせるような動揺地震動成分が発生する。このような地震動成分が発生すると、その上に建設される構造物には負荷がかかり、転倒を誘発するような外力が作用すると考えられる。地表面各点における位相差や応答振幅の差をもった応答の存在を認識し、構造物に対する影響について検討することは、現行の耐震設計基準や耐震補強法を見直す上で重要な意味をもつと考えられる。そこで本研究では、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及ぼすかについて、振動台による模型実験、フレームモデルによる解析により検討する。

2. 動揺地震動入力実験

2.1 概要

実験概要図を図1に示す。地盤モデルとしては長手700mm×短手500mm×深さ500mmのせん断土層に、砂地盤と粘性土（土）地盤から構成された不整形地盤と、比較のため砂地盤、土地盤の計3ケース、模型地盤を作成する。地盤深さは400mmとする。それらの地盤上に構造物モデルを載せて実験を行う。ここで用いる実験モデルの対象は、切土・盛土地盤上に建てられている、金沢大学VBLとし、1/60スケールで表現する。模型のパラメータを表1に示す。また、加振中の構造物移動を防ぐために、摩擦杭基礎を構造物モデルの底部に取り付け、地盤に固定する。計測項目は構造物モデルのA～D点、入力であるせん断土槽上E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、振動方向は水平方向単独50gal、100galの2ケースを設定し、振動数は1Hzから10Hzまで1Hz刻みで変化させるが、構造物の固有振動数付近の挙動に対し詳細に検討するため、予備実験により得られた固有振動数付近の3.6Hzから4.5Hzまでを0.1Hz刻みで変化させる。加振時間は20秒間とする。

2.2 実験結果および考察

(1) 地盤特性の違いによる最大動揺加速度

水平単独100gal入力したときの、構造物モデルの頂部と底部の最大動揺加速度の比較を図2に示す。まず

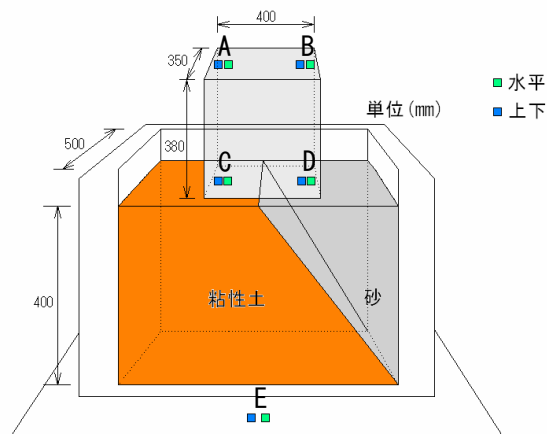


図1 実験概要図

表1 構造物パラメータ

柱の幅	b(mm)	100
柱の厚さ	t(mm)	1.80
柱の高さ	H(mm)	280
構造物の質量	m(kg)	14.9
固有振動数	f(Hz)	4.10
杭基礎の深さ	h(mm)	310

底部を比較すると、砂地盤上の構造物には動揺加速度が伝わっていない。これは、砂地盤自身による動揺加速度が小さいこと、土地盤に比べ間隙が大きいため構造物モデルの上下応答を吸収したことが原因であると考えられる。頂部では、構造物の固有振動数付近である4Hzで動揺加速度が大きくなっているが、土地盤での増幅倍率が不整形地盤、砂地盤に比べて小さい。これは土地盤がある種クッションのような役割を果たし、減衰の増加に寄与しているためと考えられる。

(2) モデル頂部の水平加速度応答比

構造物モデル頂部への動揺地震動による影響を検討するには、水平方向の応答にも着目する必要がある。そこでまず、地盤で発生した動揺地震動成分が水平方向応答にどのような影響を与えたかをみるために、水平方向のみを入力した応答に対する、水平動+動揺地震動を入力したときの水平加速度応答比を求める。例として水平単独100gal入力したときの水平加速度応答比を図3に示す。図に示すように水平加速度応答比はほぼ1付近で推移しているが、構造物の固有振動数付近である4Hzでは不整形地盤の粘性土側での応答比が特に大きい。また、不整形地盤の砂地盤側では構造物の固有振動数を超えると応答比が1.0を上回る状態が

キーワード 動揺地震動, 構造物応答

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科

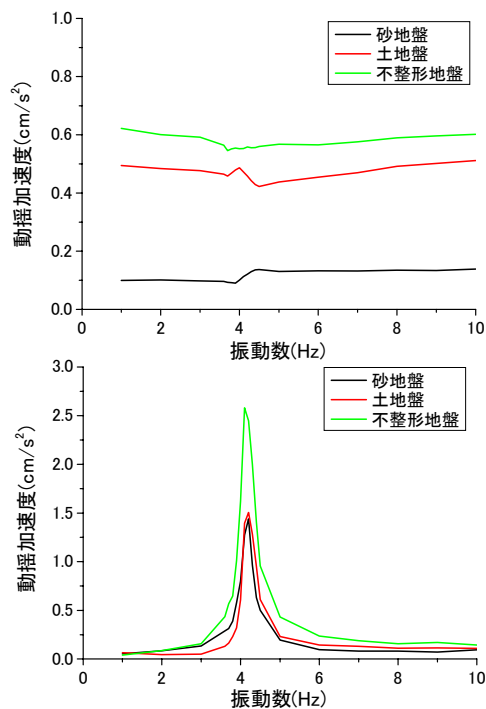


図2 地盤特性の違いによる最大動揺加速度
(水平方向 100gal 入力 : 上図 底部 下図 頂部)

続く。一方粘性土側では、構造物の固有振動数を超えると応答比が 1.0 を超えない結果となった。これらより、構造物の固有振動数付近では水平動のみならず動揺地震動も増幅すること、動揺地震動は水平加速度応答の増加に寄与すること、が明らかとなった。そのため地盤境界部に構造物が建設された場合には、固有振動数付近で頂部の水平方向応答は成層地盤に比べ大きくなるため、応力の増加による構造物への危険性が高いといえる。

3. 動揺地震動入力による構造物応答解析

3.1 解析概要

2 章と同様に金沢大学 VBL をモデル化したもの(図 4)を対象とし、解析を行う。構造物モデルについてを梁部材と柱部材で表現し、構造物全体を 15 要素に分割する。構造物に作用する入力としては、水平方向入力と、動揺成分入力を考慮する。入力加速度は実験で得られた不整形地盤地表面付近の加速度応答を用いる。振動数は、解析により求めた構造物の 1 次の固有振動数に相当する 2.0Hz とする。

3.2 解析結果および考察

水平入力のみ、水平・動揺同位相入力、水平・動揺逆位相入力それぞれの場合における、構造物各層の最大加速度応答を図 5 にそれぞれ示す。最大応答の分布形状から、どの入力においても 1 次のせん断型の振動モードの応答が構造物に発生していることが伺える。しかしながら、その応答値は入力によって大きく異なっており、同位相入力では大きく、逆位相入力では小さくなる。水平入力のみの場合の応答値を基準にとる

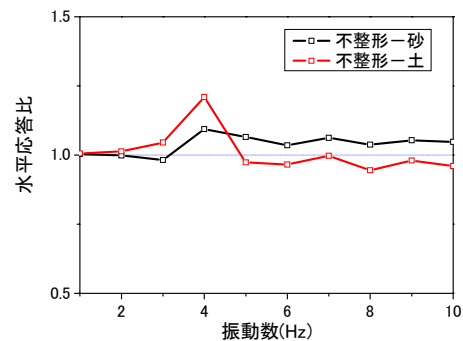


図3 モデル頂部の水平加速度応答比
(水平 100gal 入力)

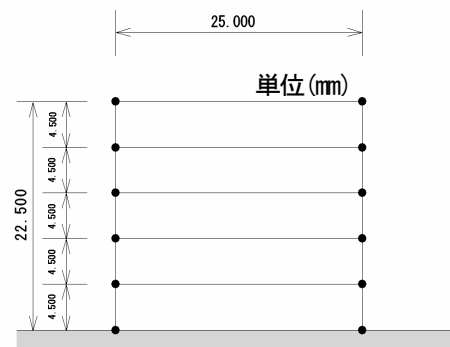


図4 解析モデル

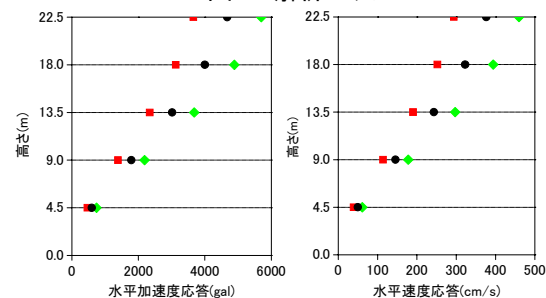


図5 構造物各層の最大応答
(左図 加速度 右図 速度)

と、同位相入力と逆位相入力では約 2 割程度の応答値の増加、もしくは減少が確認できる。これは、動揺入力の効果が、同位相では応答を増加させる側に、逆位相では応答を低減させる側に働いており、その影響の大きさは、同程度であることを表しているものと考えられる。

4. まとめ

模型地盤を用いた振動台実験より、構造物の固有振動数付近では水平動のみならず動揺地震動も増幅すること、動揺地震動は水平加速度応答の増加に寄与すること、が明らかとなった。これにより、不整形地盤上に構造物が建設された場合、固有振動数付近で頂部の水平方向応答は成層地盤に比べ大きくなるため、応力の増加による構造物への危険性が高くなると考えられる。また解析の結果、動揺地震動と水平動の位相差が応答に大きく影響することが明らかとなった。今後はモデルの非線形性が動揺地震動に対してどのように影響するか、検討を行う。