

水平動に起因する動揺地震動が構造物に与える影響

金沢大学工学部 ○和田 顕
 金沢大学大学院自然科学研究科 小谷 武司
 金沢大学工学部 正会員 村田 晶
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

1 はじめに

地盤を弾性体として取り扱う場合、地盤の境界面が存在するため、水平動によって上下動も誘発される。このような水平動に起因する上下動は、水平動の震動方向との関係から位相差を持つこととなる。位相差を持った上下動は、構造物の基礎部に転倒を引き起こす動揺成分の入力を生み出すことにつながる。本研究では、地盤モデルを用いた実験及び解析によって、こうした動揺成分の発生の特性について探る。

2 乾燥砂実験概要及び考察

乾燥砂を用いて実験を行なう際、砂箱側面は剛であるとみなせるため、砂箱側面を境界面とみなすことができる。実験概要図を図1に示す。実験には珪砂5号($D_{50}=0.4\text{mm}$, $U_c=1.7$)を乾燥させた後に用いた。これは、一様な地盤において基盤からの水平入力で位相差を持った上下動が発生し得るのかを確認するためである。入力条件は、水平動単独入力で行ない、入力加速度は150gal~450galまで50gal刻み、振動数については各加速度において5.0Hz~15.0Hzまで1.0Hz刻みで5秒間加振を行なった。また、実験ケースとしては加速度計の間隔を30cm、45cm、70cmとした3ケースで行なった。加速度計間隔を45cm、水平入力を200gal、5Hzとした際の上下応答加速度を図2に示す。図中のP1、P2、P3は図1に示した地点に対応する。この図で注目すべき点は、P1とP3では上下応答加速度の位相がほぼ逆転しており、P2においては他の2点に比べると上下応答加速度の値は小さなものとなっている。これは地盤表面が一様に上下に動いているわけではなく、ある角度を持って動いているためと考えられる。加速度計の間隔を70cmとした場合の各地点ごとの上下応答加速度を図3に示す。先に示した図2と同様に、P2における上下応答加速度は他のP1、P3に比べると著しく小さい。また、に入力加速度が大きくなるとP1、P3とP2との差は大きくなっていることが分る。このことは他の2ケースにおいても同様の結果を得ている。

次に、加速度計間ごとの最大上下応答加速度差を記したグラフを図4に示す。この図より加速度計間隔が大きいほど上下応答加速度差も大きくなることが言える。このことより地盤表面には水平動に起因する上下動が発生しており、地盤表面は一様に上下に

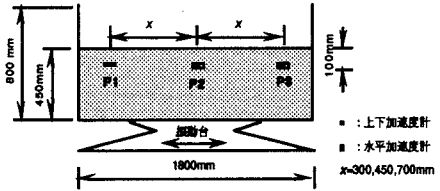


図1 乾燥砂実験概要図

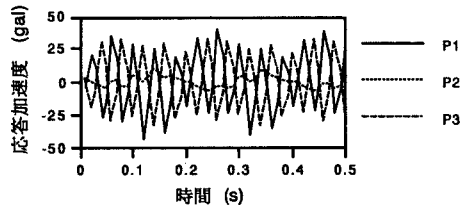


図2 応答加速度時刻歴

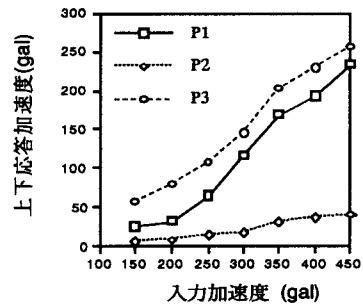


図3 7Hzにおける上下応答加速度

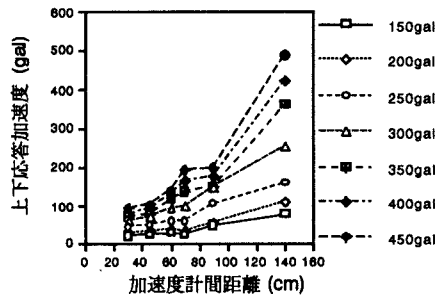


図4 最大上下加速度差

動いていないことがこの図からも読み取れる。また、入力加速度が大きくなると地盤表面での上下応答加速度差も大きくなること分る。さらに、地盤モデル中心からの距離に対する入力加速度と上下応答加速度の比較を図5に示す。入力加速度が大きくなるほど上下応答加速度は大きくなること言える。

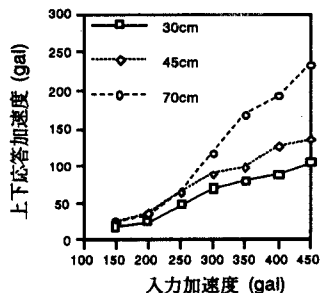


図5 距離ごとに見た上下応答加速度

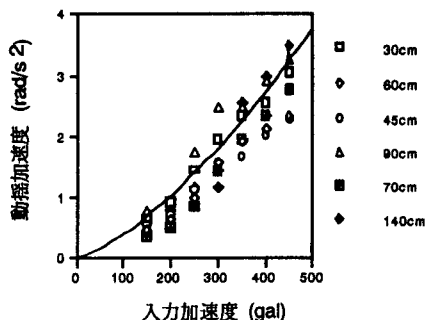


図6 動揺加速度

ここで入力加速度と動揺加速度の比較を図6に示す。縦軸に示す動揺加速度は最大上下応答加速度差を距離で除したものである。動揺加速度

度で着目した場合、加速度計間隔による違いはほとんど見られず、入力加速度の増加とともに動揺加速度も増加している。これは、地盤がP2を中心として一様に傾斜しているものと考えられる。

3 構造物応答解析結果及び考察

地盤表面に動揺加速度が存在すると、構造物には転倒を招くような入力となって作用する。解析に用いた構造モデルを図7に示す。構造物の固有振動数は、1次が3.5Hz、2次が11.4Hz、3次が21.7Hzでともにせん断変形のモードである。この構造物に、同じく図7に示されるような水平加速度入力と動揺加速度入力の2種類を入力加速度とした。動揺加速度入力は、構造物の高さに比例した水平動として構造物に入力する。入力波は正弦波とし、建物の頂部に水平加速度入力と同程度の水平加速度100galが作用するように入力した。水平、動揺各々の入力に対する各層の応答の共振曲線を図8に示す。応答加速度の値は、水平入力の方が大きな値を示している。図8の注目すべき点は、共振曲線の2次以降の形状である。水平入力は2次以降の共振振動数が明確に表れているのに対し、動揺入力では2次以降の共振振動数はほとんどみられない。これは、動揺入力は1次のモードに対して大きく寄与することを表していると言える。

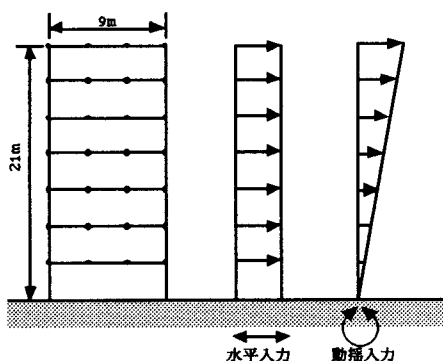


図7 構造物モデル

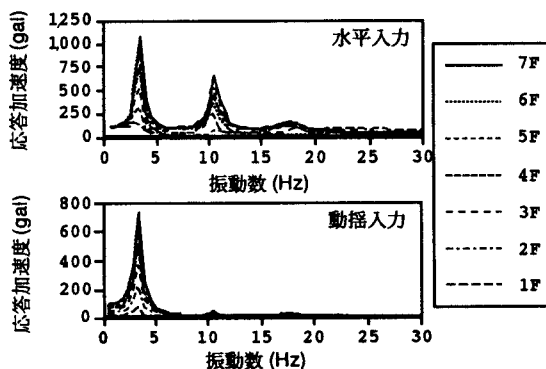


図8 共振曲線

4 結論

本研究で得られた結論は以下のようである。実験において基盤からの水平動入力で地盤表面では上下動が発生していることが確認された。また、この上下動は、位相差を持っており、一様な地盤の中央を中心としてその両端では上下応答加速度の位相が逆転していることがわかった。この理由として上下応答加速度差を加速度計間隔で除した動揺加速度に着目した場合には、加速度計間隔によるばらつきはほとんどみられない、これは地盤が一様な応答をしているためだと思われる。また、解析においてはこのような動揺成分が構造物に入力された場合、水平入力とは異なる応答特性が構造物に生じることが認められた。水平動入力と動揺入力が同位相で構造物に入力された場合、動揺入力による影響は無視できないものと考えられる。

参考文献

1) 川井忠彦：振動および応答解析入門、培風館、1991.