

## 不整形地盤における動揺地震動の地盤応答特性に関する実験的研究

金沢大学工学部	正会員	村田 晶
昭和土木(株)		表屋 智之
金沢大学大学院自然科学研究科	フェロー	北浦 勝
金沢大学工学部	正会員	宮島 昌克

## 1. はじめに

現在、構造物の耐震性は、水平2方向、上下1方向の地震動入力に対して考慮されている。しかしながら、地盤動には動揺成分も存在し得るため、また構造物の多くは面的な広がりを持っているため、これまでの地震計によって観測される波形だけでは十分に構造物の入力を捉えているとは言い難い。地盤の不規則性、地震波の伝播特性などを考慮すれば、構造物に対して一様とは言えない複雑な入力がかかっていると考えられる。

地盤の振動は、概して水平方向と上下方向に分けられるが、不整形地盤のように地表面の各点において上下方向の地盤応答に差が生じている場合には、それによる成分に起因した入力がかかると考えられる。本研究では、このような動揺成分を対象とする。位相差を持った地盤応答の存在を確認し、その振動特性を検討することは地震時における地盤の挙動を正確に捉える上で重要であり、さらには構造物の挙動を捕らえる上でも重要であると考えられる。

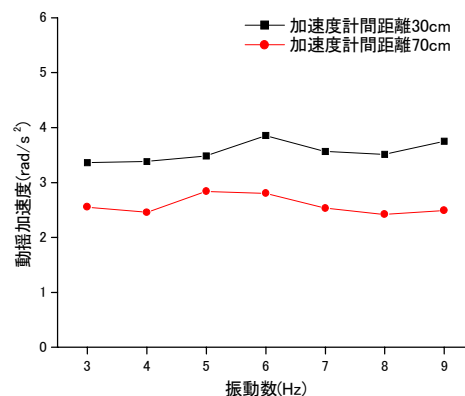
## 2. 実験結果および考察

## 2-1 実験概要

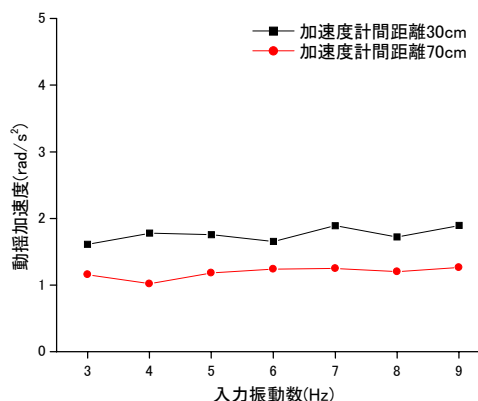
油圧式の振動台(1.5m×1.5m)上に、鋼とアクリル版で製作された砂箱(長さ1.8m×幅0.6m×高さ0.8m)を設置し、その中に層厚40cmの模型地盤を作成した。模型地盤には、粒径が比較的均一な相馬珪砂5号を用いた。本研究では、盆地地形における地盤の境界として最も極端な剛な境界を想定し、周囲を側壁によって囲まれる地盤領域に上下水平方向から加振させ、地表面での応答に着目する。計測項目は、模型地盤表面付近の水平方向、上下方向の応答加速度である。模型地盤の中央の地点ならびに中央から30cm、70cm離れた地点の地表面下5cmの位置に加速度計を設置した。入力波は正弦波とし、その入力方向は上下方向のみ、水平方向のみ、また上下水平方向同時入力とした。入力波の最大振幅は単独入力の場合においては水平方向上下方向ともに200galとし、同時入力の場合には水平方向200gal、上下方向については200gal、150gal、100galの3ケースを設定した。振動数については、模型地盤の固有振動数を考慮して、3Hzから9Hzまで1Hz刻みで変化させる7ケースを設定した。なお、加振時間は10秒間とした。

## 2-2 上下水平動単独入力による動揺振動

入力振動数変化による動揺加速度を表わしたものを図1(a)(b)に示す。動揺加速度は2地点で計測された上下応答加速度の差を加速度計間距離で除したもとして定義する。また、入力振動数が3Hzにおける動揺加速度のフーリエスペクトルを図2に示す。図1に示すように、入力の方



(a)上下動入力



(b)水平動入力

図1 入力振動数変化による動揺加速度

Keyword: 動揺振動、振動台実験、地盤応答

〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20 金沢大学工学部土木建設工学科 TEL:076-234-4654 FAX:076-234-4644

ことが分かる。その理由としては、図2に示すように、模型地盤の固有振動数が高振動数側（およそ20Hz）に存在し、模型地盤の固有振動数が本実験の振動数範囲内に存在しないためではないかと考えられる。また、図2から水平入力の場合には入力振動数である3Hzの振動数成分が卓越しているのに対し、上下入力の場合には、入力振動数の3Hzよりもむしろ高振動数成分の方が卓越している。水平入力による動揺加速度の卓越振動数が入力振動数とほぼ一致していることについては、本実験における地盤境界である側壁の影響によって、あたかもスロッシングが生じるかのように地盤が振動し、その結果が動揺加速度につながったものと考えられる。

よって、本実験の振動数範囲において上下・水平動単独入力に対する動揺振動は、水平動入力の影響を受けやすいことが分かる。また、上下動入力による動揺振動では模型地盤の固有振動数の振動数成分が卓越することから、上下入力振動数が地盤の固有振動数である場合には、上下動入力による動揺振動が地盤に対して大きな影響を与える可能性も考えられる。

### 2-3 上下・水平動同時入力による動揺振動

上下・水平動入力がともに200galのケースにおいて計測された、動揺加速度のフーリエスペクトルを示したものを図3に示す。図に示すように異なる上下・水平動の振動数を入力したにもかかわらず、計測される動揺加速度の卓越振動数は入力の水平振動数に一致していることが分かる。このことから、上下・水平動同時入力の際にも水平動入力の影響を受けやすいということが考えられる。またこれは、水平動単独入力による振動数特性の傾向と一致する。

入力加速度変化による動揺加速度を水平入力振動数ごとに表したものを図4に示す。この図から、上下動入力の増加に伴って動揺加速度の値も増加していることが分かる。また、多少のばらつきがあるものの、入力振動数の変化によらずほぼ一定の動揺加速度が現れている。上下入力加速度と動揺加速度の関係を表したものを図5に示す。この図から上下入力加速度と動揺加速度の間にほぼ比例関係が成立することが分かる。

よって、本実験の範囲において上下・水平動同時入力の場合に関しても動揺振動は主に水平動入力の影響を受けて発生するといえる。また、上下動入力は動揺振動の発生に増幅的な作用を有するものと考えられる。

## 3. まとめ

本研究をまとめると以下のようなものである。

- 1) 上下・水平動同時入力による動揺振動の振動数特性と水平動単独入力による動揺振動の振動数特性は同じような傾向を示す。
- 2) 動揺振動は水平動入力の影響を受けやすい。
- 3) 上下入力加速度と動揺加速度の間には比例関係が成立する。

<参考文献> 小谷武司：地震時における動揺成分の発生要因と特性および構造物に与える影響，金沢大学提出修士学位論文，1999。

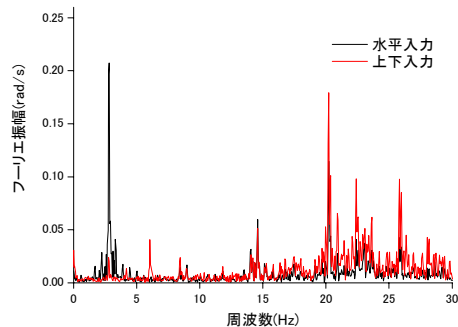


図2 上下入力と水平入力による振動数成分の比較（3Hz入力時）

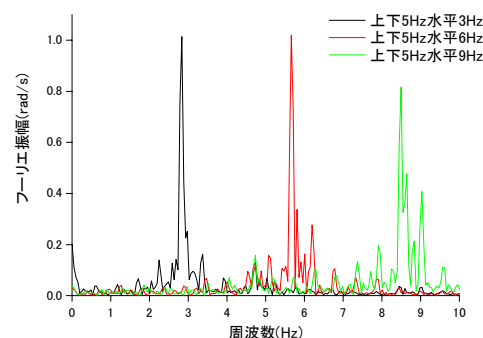


図3 動揺加速度の振動数特性（上下水平200gal）

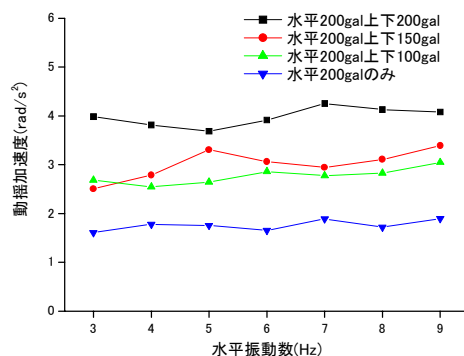


図4 入力加速度変化による動揺加速度

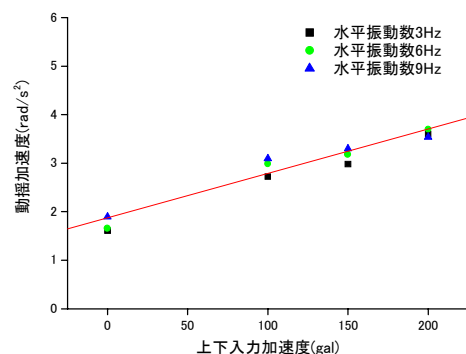


図5 上下入力変化による動揺加速度