

不整形地盤の振動性状に関する基礎的研究

ミサワ環境技術株式会社 正会員 ○高田 健二

広島工業大学 正会員 浅野 照雄

1.はじめに 基盤が傾斜になってその上に軟弱地盤が堆積したいわゆる不整形地盤の振動応答が、整形の場合と比べ複雑であるといわれている。この不整形地盤の問題は解析も難しく、振動性状が何分明らかにされていないのが現状である。そこで、本研究では、不整形地盤の振動性状を求めることを目的とする。

振動性状を求める方法として、模型実験・実測（常時微動観測）・数値解析などがある。そこで、本研究では、模型実験として標準砂を用いて行い、実測としては、広島市の不整形な沖積地盤の常時微動観測を行い、それらの結果と数値解析とを対比させて、振動性状を明らかにしようとしたものである。

2.模型実験 (1) 実験概要と実験手順 モデルとして、図1に示す鋼製容器に砂を入れて作成した不整形地盤を考え、硬質地盤の傾斜角度の違いによって、振動性状にどのような変化があるかを調べた。また、加速度計位置を図中に示しており、各観測点で、水平・上下方向を測定した。このように、本研究では、傾斜角度を $30^\circ \cdot 45^\circ \cdot 60^\circ$ の3種類を考え、加振方向を水平又は上下2方向とし、短周期の卓越する宮城県沖地震波（開北橋記録）と、長周期の卓越する兵庫県南部地震波（神戸海洋気象台記録）の2つの地震波を用いて振動させた。

(2) 実験結果と考察 実験で得られた加速度データをスペクトル解析し、それぞれの測点と振動台との加速度結果のスペクトル比を求める。結果の例を図2に示す。以上の結果をもとに、まず、卓越振動数が不整形の傾斜角度で各測点の間で、どのような差が生じるか検討を行うと、水平方向加振時では、 30° から 60° の傾斜角度による差は見られなかった。

また、加速度計位置の振動性状の違いについて、傾斜角度ごとにみていくと、①傾斜角度 30° の場合、水平方向加振時、上下方向加振時ともに不整形上の倍率が他より高くなり、不整形による増幅が確認できた。また、上下方向加振時では、境界上で倍率が高くなる。②傾斜角度 45° の場合、水平方向加振時では、不整形による増幅が確認できたが、上下方向加振時では、不整形の影響は小さいと思われる。③傾斜角度 60° の場合、水平方向加振時・上下方向加振時ともに不整形の影響は小さいと思われる。

3.常時微動観測 (1) 観測地と観測方法 本研究では、ボーリングデータをもとに不整形地盤をなす場所で常時微動観測を行い、それから不整形地盤がどのような挙動を示すのかを検討する。

観測地としては、広島県広島市西区庚午中2丁目付近で観測を

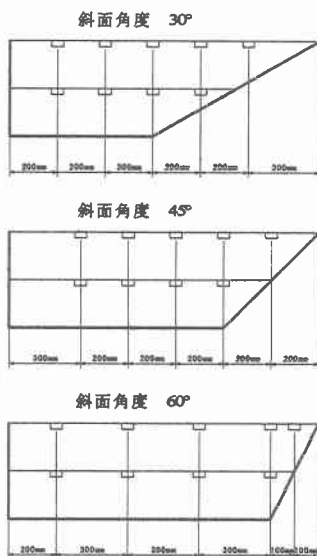


図1 地盤モデル

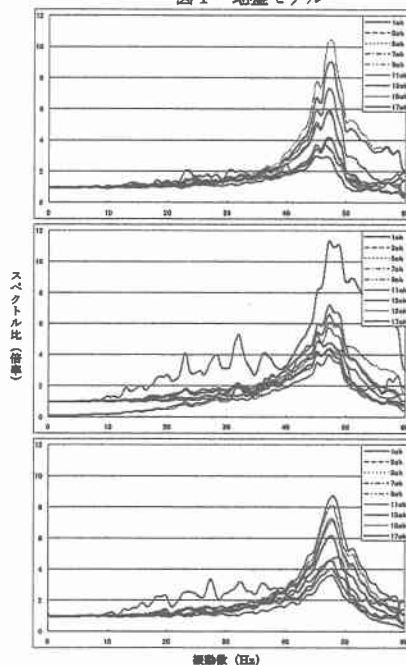
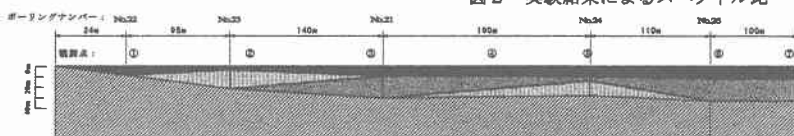


図2 実験結果によるスペクトル比



●：砂 ●：粘土 ●：シルト ●：基盤

図3 地盤内構造

行った。この観測地のボーリングデータをもとにして、地盤内構造を示すと図3のようになる。ここではN値が50以上を基盤としている。観測方法は、振動計（固有周期2秒、速度型）を基盤傾斜方向・直角方向・上下方向の向きで設置して速度・変位のデータを観測する方法で行った。

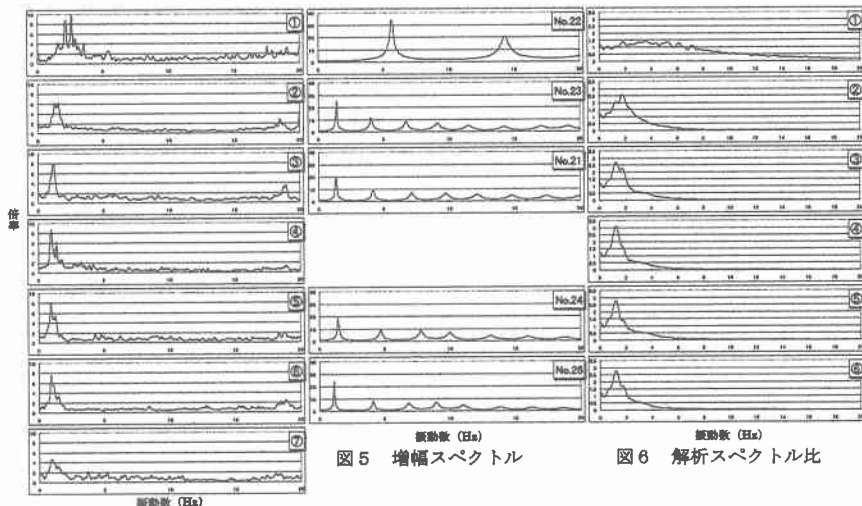


図4 実測スペクトル比

(2) 実測結果と考察
水平と上下方向の速度のスペクトル比（図4：ス

ペクトル比の一例）を算出する。表1は、各点での1次の卓越振動数を示したものである。この表より、基盤傾斜方向・直角方向ともに、不整形上の表層厚が最も薄い部分が、卓越振動数が高くなっている。また、整形部分である観測点④から⑦にかけては1Hz前後でほぼ一定している。つぎに、表2は各点での1次の卓越振動数の時のスペクトル比

（倍率）を示したものである。この表より、基盤傾斜方向は、不整形上の観測点①で最大値を示している。しかし、整形と不整形の境界上の観測点③と、少し整形部分に入った観測点④・⑤でも大きな値を示している。直角方向は、不整形上では比較的小さな値しか示さず、境界から少し整形部分に入った観測点④で最大値を示している。

4.実測における解析的考察 実測における解析的考察として、2つの方法から求めた。

(1) 実測値と理論値との考察 実測値の卓越振動数の理論値として、1次元重複反射理論に基づく増幅スペクトル周波数応答関数による、1次の卓越振動数を用いた。各ボーリングポイントで求めた増幅スペクトルを図5に示す。

理論値と各観測点の1次の卓越振動数を見ると、まず、基盤までの浅いボーリング No.22 と観測点①以外の測点では、理論値・実測値ともに1Hz前後でほぼ一致するが、ボーリング No.22 と観測点①については、3Hzも理論値のほうが大きい卓越振動数を示しており、1次元重複反射理論を適用することはできない。これは、不整形地盤の特異性といえると考えられる。

(2) 実測値と数値解析結果との考察 汎用プログラム TDAPⅢを用いて、FEMにより2次元線形動的解析を行った。宮城県沖地震（開北橋記録）に対する各測点の加速度スペクトル比を図6に示す。測点①は明確なピークが確認できないが、測点②では1.8Hz、その他の点では、1.1~1.4Hzにピークが存在する。

以上、1次の固有振動数の値を比較したものが表3であり、測点①以外は実測と解析値が比較的良好一致を示していることがわかる。

4.まとめ 以上、不整形地盤の振動性状について、模型実験・実測・解析の3つの方法から検討した結果、ともに、不整形の影響を示すことができた。

図5 増幅スペクトル

図6 解析スペクトル比

表1 各点のスペクトル比の1次の卓越振動数

		観測点						
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
傾斜方向	速度	2.61Hz	1.59Hz	1.90Hz	0.96Hz	0.96Hz	0.93Hz	1.00Hz
	変位	2.69	1.66	1.82	1.12	0.98	0.95	1.07
直角方向	速度	2.69	1.42	1.10	1.00	1.00	0.95	1.05
	変位	2.71	1.66	1.08	1.07	1.00	0.98	.095

表2 1次の卓越振動数での各点のスペクトル比（倍率）

		観測点						
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
傾斜方向	速度	9.782	6.226	8.002	8.818	8.112	7.625	4.640
	変位	8.607	7.220	8.275	6.797	13.812	10.345	10.206
直角方向	速度	7.181	6.811	8.636	13.658	7.698	8.497	6.708
	変位	5.968	5.495	8.166	7.883	16.425	10.170	7.116

表3 各観測点（解析点）における1次の固有振動数（平均したもの）

		①	②	③	④	⑤	⑥
観測値		2.675	1.558	1.163	1.043	0.983	0.953
	理論値	5.6	1.4	1.3	—	1.4	1.1
解析値		3.564	1.807	1.657	1.312	1.288	1.294

(単位：Hz)