

I-488

有効地震動に関する模型振動実験

建設省土木研究所 正員 田村敬一

" " 佐々木康

" " 相沢 興

1.はじめに 有効地震動とは、基礎の幾何学的条件により基礎周辺地盤の地震動が拘束されるために生ずる地震動で、物理的には”質量が0の剛体基礎の地震応答値”と定義されている¹⁾。有効地震動の概念は、例えば、明石海峡大橋の基礎の耐震設計といった実務設計にも取り入れられている。本小文では、模型地盤内に剛体基礎模型を設置して加振実験を行い、有効地震動の特性について検討した結果を報告する。

2.実験の概要 実験に使用した模型の概要を図1に示す。模型地盤の寸法は400cm×200cm、厚さ40cmであり、表層と基盤層から構成される2層系地盤とした。模型地盤は、一般には止水剤として使用されている高分子系材料を用いた弾性模型であり、配合濃度を変えることにより表層と基盤層で所要のせん断弾性定数となるよう調整した。模型地盤と土槽壁との間には全周にわたって幅5cmの貧配合の緩衝層を打設し、模型地盤が土槽壁に拘束されないように配慮した。有効地震動を実験的に捉えるために、剛体基礎模型としてはなるべく質量の小さいものを用いることとし、硬質塩化ビニール製の円筒形模型（外径26.7cm）を地盤内に設置した。基礎模型の根入れ深さは、基礎底面が基盤層上面に位置する場合（ケース1）と表層内に位置する場合（ケース2）の2種類を想定した。模型作成に当たって考慮した基本相似則（模型/実物）は、長さ1/150、時間1/3、密度1/1.7の3者である。実験で想定した実物と模型の諸元の一覧は表1に示すとおりである。表中、せん断弾性定数の実測値は、模型地盤と同一配合の直径5cm、高さ10cmの供試体を用いた一軸圧縮試験よりヤング率を求めた上で、ポアソン比を0.5として算出した値である。表1からわかるように、せん断弾性定数の実測値は目標値に比較して15～20%程度低くなっている。また、基礎模型の重量が実験結果に与える影響について検討するために、表2に示すようにケース1およびケース2のそれぞれについて、基礎模型には2種類の付加重量を付与し、合計3種類の実験（1種類は付加重量なし）を行った。加振実験に使用した振動台は建設省土木研究所所有の電気油圧サーボ方式大型振動台（テーブル寸法6m×8m）である。加振は正弦波加振とし、加振振動数はケース1では0.5～15Hz、ケース2では1～30Hzとした。基礎および地盤各部の挙動はひずみゲージ式小型加速度計で計測した。なお、基礎の回転運動については基礎模型内底板上に加振方向に18.5cm離して2台の上下成分加速度計を設置し、両者の時刻歴記録の差から算出した。

3.実験結果 実験結果の一例として、ケース1、付加重量なし、加振振動数=6Hzの場合の振動台上、模型地盤表面A-19点（図1参照）および基礎模型底板上における加速度波形を図2に示す。図2より地盤表面の記録に比較して基礎の応答振幅は小さいことがわかる。なお、加振振動数によっては模型地盤の振動は全体が一様ではなく、計測点間で差異が認められる場合があった。また、加速度波形にはスパイク状のノイズが含まれているため、以降の解析においては時刻歴波形の実効値から求めた最大値を検討対象とした。図3

表1 実物および模型の諸元一覧

項 目	実 物	模 型	
		目 標 値	実 測 値
表 層	地盤厚	40m	26.7cm
	せん断波速度	200m/s	4m/s
	単位体積重量	1.85g/cm ³	1.09g/cm ³
	せん断弾性定数	755kg/cm ²	0.178kg/cm ²
基 盤 層	地盤厚	20m	13.3cm
	せん断波速度	400m/s	8m/s
	単位体積重量	1.85g/cm ³	1.09g/cm ³
	せん断弾性定数	3020kg/cm ²	0.712kg/cm ²
基 礎	外径	40m	26.7cm
	根入れ深さ	40, 20m	26.7, 13.3cm

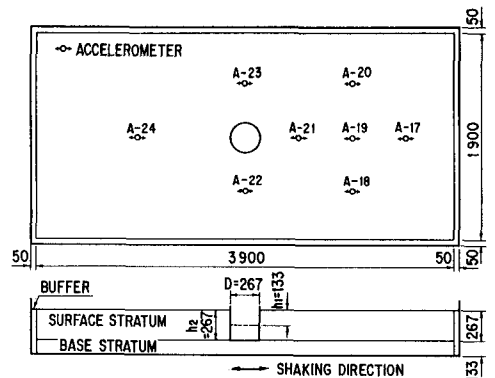


図1 実験模型の概要

表2 基礎模型の付加重量

ケース	付加重量	重量 [g]	単重 [g/cm ³]	基礎体積 [cm ³]
ケース 1	なし	5700	0.38	14950 (地盤内)
	小	7475	0.50	
	大	11212	0.75	
ケース 2	なし	3700	0.50	7450
	小	5585	0.75	
	大	7447	1.00	

加振振動数と基礎模型の応答加速度の最大値（有効地震動）の関係を図4および図5に示す。ここで、基礎模型の最大加速度は地盤表面（A-19）での最大加速度で無次元化した値であり、特に回転成分については基礎模型の半径を乗じた上で無次元化を行った。図4および図5には文献1)による有効地震動の簡略式の値も合わせて示している。現段階では模型地盤の有限な境界が実験結果に及ぼす影響程度の解明、回転成分の計測方法の改善等の問題が残されているが、本実験から明らかになった事項は次のとおりである。ただし、こ

ここで、 $k=2\pi f/v_s$ 、 f :振動数、 v_s :表層のせん断波速度、 h :基礎の根入れ深さ

1)並進成分については $kh < \pi/2$ の領域では簡略式は実験値と概ねよく一致し、 $\pi/2 < kh$ の領域では簡略式は実験値より大きな値を与える。今回検討を行った範囲内では付加重量の違いによる顕著な差異は認められない。2)回転成分については $kh < \pi/2$ の領域では簡略式は実験値と比較的よく一致する。 $\pi/2 < kh$ の領域では加振振動数による実験値の変動が大きく確定的な言及は困難であるが、加振振動数が比較的低い場合は実験値の方が簡略式よりも大きく、加振振動数が高くなると反対の傾向を示す場合が多い。

参考文献 1)原田他：有効地震動の計算式と…、土木学会論文集，第362号

(a)はケース1、付加重量なしの場合の振動台に対する地盤表面（A-19）の応答倍率曲線である。また、図3(b)は模型地盤と同一の層構成を有する半無限地盤に対する応答倍率曲線（伝達関数）である。図3(a)および(b)に共通に認められる3.5Hz付近のピークが地盤の1次固有振動数に対応するものと考えられる。

4.有効地震動の算出

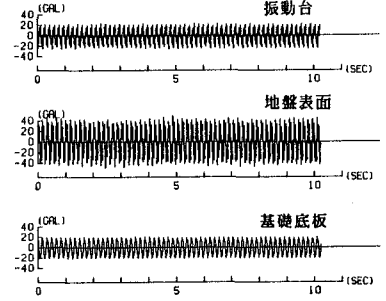
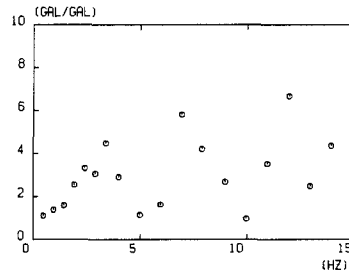
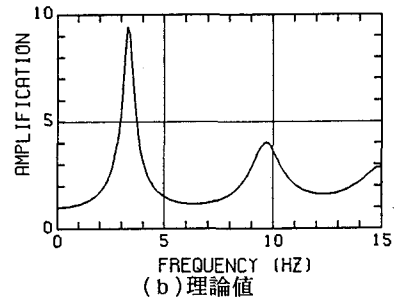


図2 記録波形例（ケース1、付加重量なし、加振振動数=6 Hz）

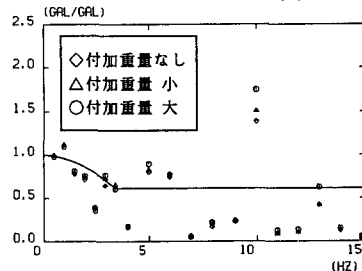


(a)実験値

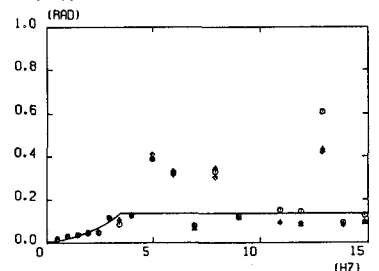


(b)理論値

図3 応答倍率曲線

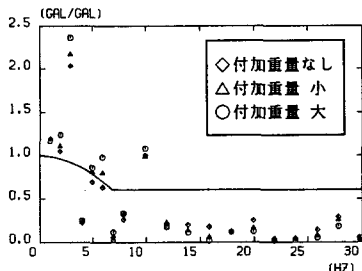


(a)並進成分

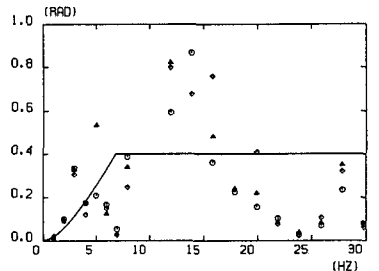


(b)回転成分

図4 有効地震動（ケース1）



(a)並進成分



(b)回転成分

図5 有効地震動（ケース2）