

I-556

有効地震動に関する模型振動実験（その2）

建設省土木研究所 正員○相沢 興
建設省土木研究所 正員 常田賢一
建設省土木研究所 正員 田村敬一

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⁾。したがって、有効地震動を実験的に捉えるためには、質量がなるべく小さな剛体基礎模型を用いることが望ましい。本小文では、付加重量を変化させた剛体基礎の模型振動実験結果²⁾を踏まえ、さらに軽量化した剛体基礎模型を用いるとともに、地震波入力による加振実験を行い、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。ここで、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つである。実験に使用した模型地盤の概要を図1に示す。模型地盤は、一般に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、各層毎の所要のせん断弾性定数は配合濃度を変えることにより調整した。模型地盤が土槽壁に拘束されないように、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するとともに、加振方向の自由境界の影響を低減するために境界の角部は10cm×10cmの面取りを行った。基礎模型は硬質塩化ビニール製の円筒形模型（外径26.7cm）を用いたが、表1に示す基礎A、Bの2種類の根入れ深さを想定した。実験ケースは、表3に示すように基礎A、Bそれぞれについて質量を考慮した場合（充実）と無視した場合（中空）および模型地盤のみ（基礎模型なし）の合計5ケースとした。加振は正弦波加振および地震波加振とし、加振条件は表3に示すが、地震波入力では短周期が卓越する開北記録および長周期が卓越する津軽記録を用いた。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、基礎の回転角加速度については基礎模型内底板上（中空の場合）または基礎模型上面（充実の場合）に加振方向に23.1〜24.8cm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。

表1 想定した地盤・基礎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 H_1 [m]	40	0.267	同左
	せん断波速度 V_{s1} [m/s]	250	5	5.17
	単位体積重量 γ_{t1} [g/cm ³]	1.85	1.09	1.09
	せん断弾性定数 G_1 [kg/cm ²]	1180	0.278	0.297
基盤層	地盤厚 H_2 [m]	20	0.133	同左
	せん断波速度 V_{s2} [m/s]	400	8	7.86
	単位体積重量 γ_{t2} [g/cm ³]	1.85	1.09	1.08
	せん断弾性定数 G_2 [kg/cm ²]	3020	0.712	0.680
基礎 A	外径 d_A [m] × 高さ h_A [m]	40×24	0.160	同左
	単位体積重量 γ_{KA} [g/cm ³]	2.3	1.353	1.440
	根入れ深さ h_{DA} [m]	20	0.133	同左
基礎 B	外径 d_B [m] × 高さ h_B [m]	40×45	0.300	同左
	単位体積重量 γ_{KB} [g/cm ³]	2.3	1.353	1.447
	根入れ深さ h_{DB} [m]	40	0.267	同左

3.実験結果 各ケースの加振結果によれば、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、正弦波加振の応答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、解析との比較においては時刻歴波形の実効値（2乗平均値）から求めた最大値を検討対象とした。地盤のみのケース1の場合、振動台に対する地盤表面（基礎設置位置）の応答倍率曲線のピークは、4.0Hz、6.0Hzおよび10.0Hz付近に現れている。なお、模型地盤のせん断波速度から表層および全層（表層と基盤層）の1次固有振動数を求めるとそれぞれ4.8Hzおよび3.6Hzとなる。

ケース4の場合の加振振動数と基礎模型の応答加

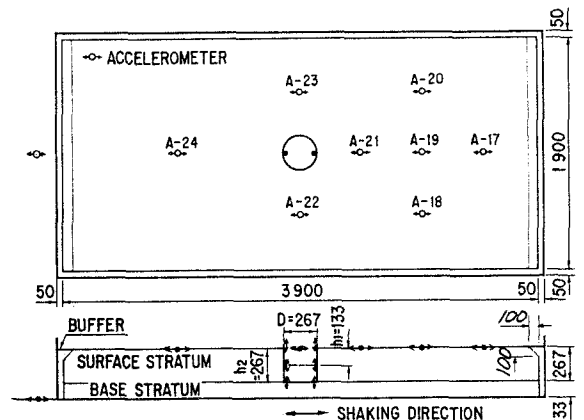


図1 実験模型の概要

速度の最大値（有効地震動）の関係を図2に示す。ここで、基礎模型の最大加速度は地盤表面（A-21）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2には文献1)による有効地震動の簡略式による推定値も合わせて示している。また、ケース2および4の地震波入力の場合を図3に示す。図中には文献1)、3)による有効地震動の推定値も合わせて示している。

本実験から明らかになった事項は次のとおりである。1) 並進成分については5Hz程度以下の振動数領域では、実験値と推定値との低減傾向が概ね一致しているが、実験値は推定値よりやや小さな値となっている。一方、5Hz以上の振動数領域では応答倍率の変動が大きく、推定値との差が顕著である。ここでは、図示しないが、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かった。2) 回転成分については5Hz以下の振動数領域では実験値は計算値より若干大きめであるが、推定値と比較的よく一致している。5Hz以上の振動数領域では加振振動数による実験値の変動が大きく明確な傾向は見いだせない。

4. あとがき 今後は、高い振動数領域における実験結果と有効地震動の推定結果との差異の原因について検討するとともに、有効地震動の考慮が必要な基礎の構造特性を明確にすることが必要である。

参考文献 1) 原田他：有効地震動の計算式とその実測例による検討，土木学会論文集，第362号，昭和60年10月 2) 田村他：有効地震動に関する模型振動実験，土木学会第44回年次講演会，平成元年10月 3) 土木学会：本州四国連絡橋の耐震，地盤に関する調査研究報告書，昭和59年3月

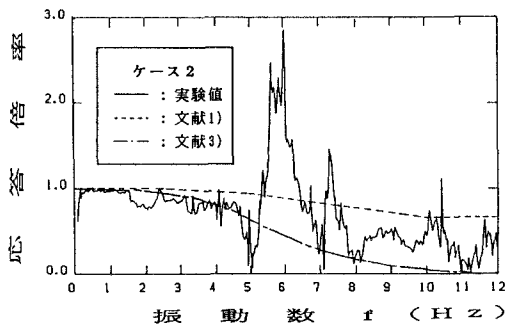
表3 実験ケースと加振条件

ケース No.	基礎模型		$\gamma \kappa^{-3}$ [g/cm ³]	正弦波加振 振動数範囲	地震入力レベル	
					開北記録	津軽記録
1	基礎なし		—	1～15Hz	55gal	40gal
2	基礎 A	中空 ^{*1}	0.151	1～30Hz	58gal	39gal
3		充実 ^{*2}	1.440		55gal	39gal
4	基礎 B	中空 ^{*1}	0.130	1～15Hz	53gal	40gal
5		充実 ^{*2}	1.447		56gal	39gal

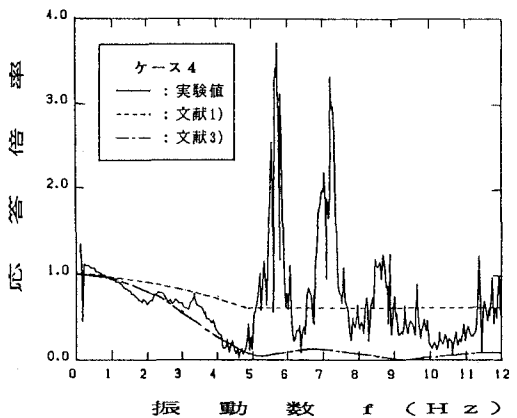
*1: 質量0の剛体基礎

*3: 基礎模型の単位体積重量

*2: 想定した剛体基礎

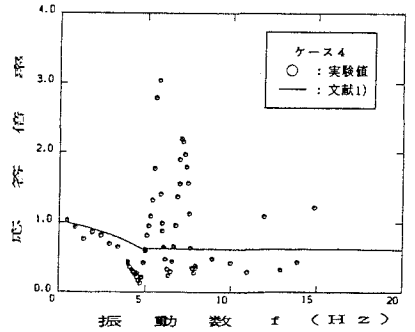


(a) ケース2（基礎A）

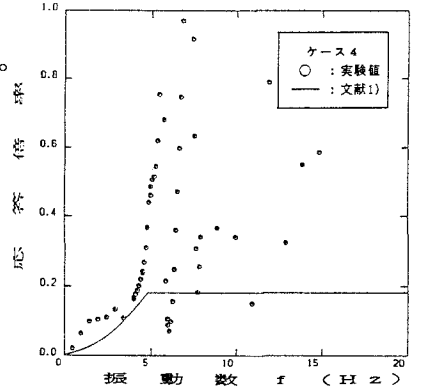


(b) ケース4（基礎B）

図3 地震波入力による有効地震動（開北記録）



(a) 並進成分



(b) 回転成分

図2 正弦波加振による有効地震動（ケース4、基礎B）