

東京電力(株) 正会員 鶴田 滋  
埼玉大学 工学部 正会員 渡辺 啓行

## &lt;目的及び概要&gt;

土構造物の形状等による振動性状、ならびに、地震時の破壊現象の特性を把握するために振動台による模型実験が数多く行われている。その中でも、碎石、砂、土などの実際の土質材料を用いて破壊特性を調べる実験が、近年、数多く行われており、加えて、この実験は破壊特性を調べることのみならず、材料の非線形性に伴う振動特性をも把握することを目的としている。そして、その際、模型の挙動から実物の挙動が推定できるように模型と実物の間に成立する相似関係について考慮するのが一般的であるが、その取扱いには不明な点も多くある。そこで、本研究では、地盤の動的特性を解明することと、それを考慮した土構造物の力学的な相似関係の実証を目的とした検討を行うために、種々の寸法の違うフィルダム模型を使用して振動実験を行った。また、これらと併行して実験をより厳密に数値シミュレーションするために3次元有限要素法による動的解析プログラムを開発し、模型実験によるフィルダムの動的応答を定量的に解明することを目的とした検討を行い、さらに、最も寸法の大きい模型を実物として相似則に関する検討についても行った。

## &lt;実験結果&gt;

実験の対象としたフィルダムは、その上下流方向の標準断面が図-1に示すような形状をしており、高さは175mのものであった。そして、これに同一の材料を同じ程度に含水させ、同じ程度の密度にしめ固めることにより、縮尺のみ200分の1、150分の1、100分の1、70分の1とした4種類の均一型模型を作成し、各々に同一の加振実験を行った。模型の寸法及び材料の物性値を図-1及び表-1に示す。この模型に振動台を用いて加速度振幅25~175galの正弦波加振を行い共振実験を行った。模型に用いた材料は、大きなれきの混じった真砂土を最大粒径63.5mmとなるようふるい分けたものである。また、模型はすべて内のり寸法が幅2m、長さ10m、高さ2mの鋼製の試験槽内に作製し、側面は平滑であるが底面は50cm間隔に

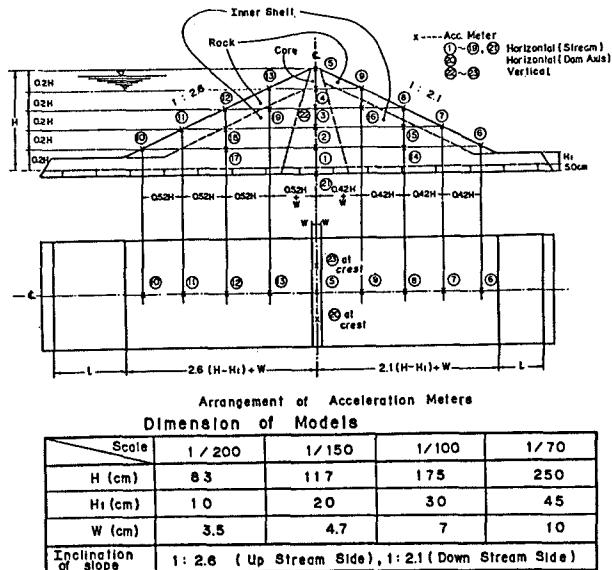


図-1 フィルダム模型の寸法

REDUCED SCALE	DRY DENSITY	WATER CONTENT
1/200	$\rho_d = 1.71 \text{ g/cm}^3$	W = 6.2 %
1/150	$\rho_d = 1.69 \text{ g/cm}^3$	W = 6.2 %
1/100	$\rho_d = 1.67 \text{ g/cm}^3$	W = 5.3 %
1/70	$\rho_d = 1.62 \text{ g/cm}^3$	W = 7.2 %

表-1 フィルダム模型の物性値

高さ5cmのリブを加振方向に取り付け、模型の底板に対する固着度を確保してある。共振曲線の例を図-2に示す。加えて、加速度振幅が増加することによる頂部の応答加速度が低減する非線形性が認められており図-3にその例を示す。

## &lt;3次元解析結果&gt;

各々のフィルダム模型を有限要素法により離散化し3次元解析を行った。使用した要素は15節点5面体、20節点6面体のアイソパラメトリック要素である。実験においては側方を側壁により拘束されているのでこれを正確に表現するために、底面に加えて側方をも拘束し、基盤入力節点とした。そして、地盤の非線形性を考慮した等価線形化法により模型実験をシミュレートしたところ、図-2、図-3に示すように応答挙動は両者でよく一致した。これにより模型実験によるフィルダムの動的応答を定量的に解明することができた。

## &lt;相似則の検討&gt;

70分の1の模型を実物として他の模型との相似則の適用性を、解析結果により香川・国生の相似則に基づいて検討を行った。検討の方法は、70分の1の模型での結果とその他の模型での結果に相似比を乗じたものとの比をとることにより行った。その結果を応答せん断ひずみ振幅に関して図-4に、一次固有振動数に関して表-2に示す。一次固有振動数では側壁による拘束の影響を考慮して導かれたAmbraseysの解を用いて、相似則による目標値を拘束効果について補正を行ったが、成立性が悪いことが分かる。

## &lt;結論&gt;

- ① フィルダム模型実験における側壁による拘束効果等境界条件をも含めた模型振動実験での挙動を、3次元解析により、定性的かつ定量的に表現できることができた。
- ② フィルダム模型実験において側壁、すなわち地形等境界条件による拘束効果により相似則の成立性が悪い地域が生じ、側壁による拘束効果を加味した相似則の検討が今後必要である。

## &lt;参考文献&gt;

- 1) 香川崇章：土構造物の模型振動実験における相似則、土木学会論文報告集第275号、1978年7月
- 2) 国生剛治・岩橋敏広：軟弱地盤の非線形震動特性についての模型振動実験と解析、土木学会論文報告集 第285号、1979年5月
- 3) 渡辺啓行・堤一・緒方信英・国生剛治：フィルダム模型の共振実験からみた振動挙動、電力中央研究所報告集、1974年9月

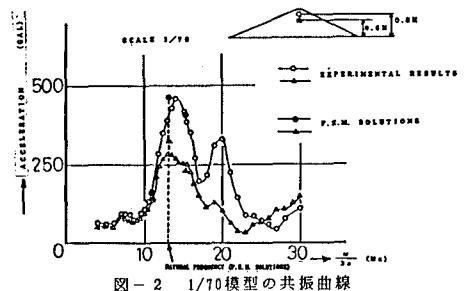


図-2 1/10模型の共振曲線

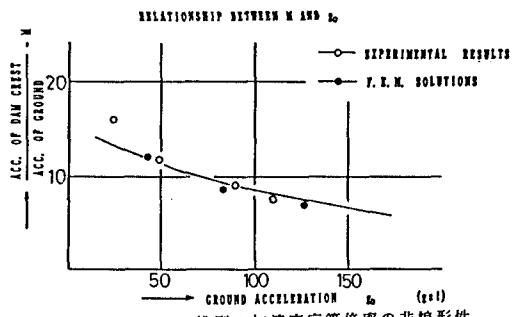


図-3 1/100模型の加速度応答倍率の非線形性

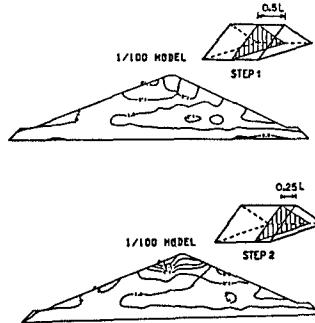


図-4 1/100模型のせん断ひずみ比

	1/100	1/150	1/200
目標値 (Hz)	17.0570	23.1191	28.6864
実験値 (Hz)	18.5	19.5	23.0
	3D解析値	15.5856	20.7492
目標値を Ambraseysの理論により補正したもの	13.4936	15.1076	18.9068

表-2 一次固有振動数