

電力中央研究所 ○ 国生剛治
高橋 忠

【まえがき】 フィルタイプダムの上下流方向振動の解析の古典的なものは松村の堤体を奥行き無限長のくさび形ばりのせん断振動として扱うものであった。これに対し、石崎、畠山はせん断振動の他に伸縮振動も無視しえないことを指摘した。

筆者らは実物のロックフィルダムについての振動実験および解析を行なったが、その結果耐震上最も重要な低次の固有振動については、少なくとも小さな振動を扱う限り、せん断振動解は充分近似度が高いことが明らかとなった*。Fig-1は全断面同一のせん断波速度を有するくさび形堤体について、その高さと底中の比が変化した場合にせん断振動解とせん断曲げ振動解による1次振動を比較したものであるが、通常のフィルダムの形状においてはその差はわずかであるといえる。低次振動がせん断振動で近似できることを前提として、谷の形状が堤体の固有振動に与えるえいきょうにつき、せん断変形のみを考慮したF.E.M.による解析を行なった。

【解析方法】 計算方法は通常の有限要素法を単純化して、変位 u を上下流方向(z 方向)のみに限定し、Fig-2に示すごとく、 u は x, y の関数で z 方向について一定とした。3角形要素 i, j, m の要素内変位 u^e は

$$u^e = \frac{1}{2\Delta} [(a_i + b_i x + c_i y) u_i + (a_j + b_j x + c_j y) u_j + (a_m + b_m x + c_m y) u_m]$$

但し Δ …… 3角形要素面積
 $a_i = x_j y_m - x_m y_j, b_i = y_j - y_m, c_i = x_j - x_m$ …… など
 となり、また弾性マトリクス $[D]^e$ は $[D]^e = \begin{bmatrix} \mu & 0 \\ 0 & \mu \end{bmatrix}$
 (μ …… せん断剛性率)と簡単な形となる。

DEGREE OF RESONANCE	$\omega / (\frac{V_s}{H})$		ERROR %
	THEORY	F.E.M	
1st	2.4048	2.3941	0.44
2nd	5.5201	5.5477	1.31
3rd	8.6537	8.4281	2.61
4th	11.7915	11.2815	4.33

Table-1

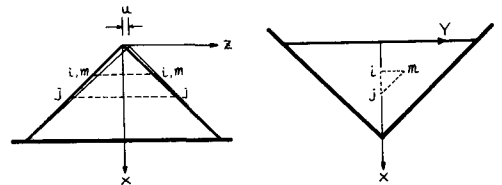
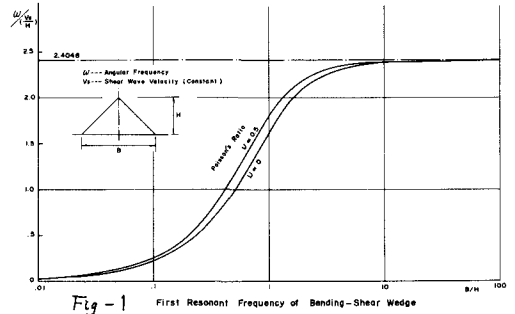


Fig-2

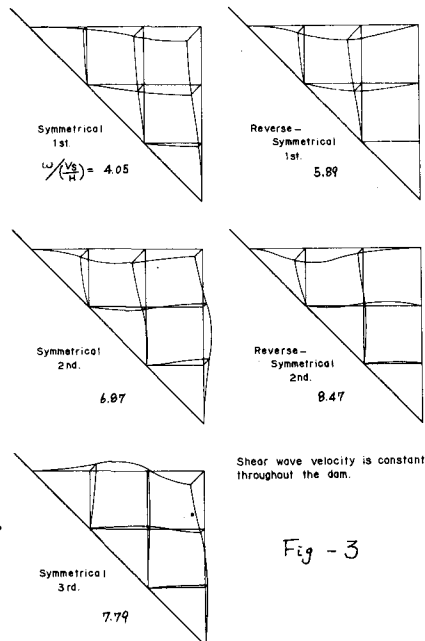


Fig-3

計算の精度を調べるために、谷を考へない通常のくさび形堤体のせん断振動解析を行なつて(格点数 86, 要素数 144), その固有振動数を理論値と比較した結果が Table-1 である。

【結果】 Fig-3 に 45° の傾きを持つ対称形のV字形の谷を考へた場合の, 均一なせん断波速度を有するくさび形堤体についての解析(格点数 100, 要素数 162)により求められた固有振動数と振動モードを示す。

Fig-4 にV字形の谷の傾斜の変化による, 均一なせん断波速度を有するくさび形堤体の1次振動数の変化の様子を示す。

この解析を以前に起振機による振動実験を行なつたあるロックフィルダムに適用してみた。Fig-5 に谷筋から見た堤体の概略を示す。同図に弾性波速度測定より決定した深さ方向についてのせん断波速度分布を示す。弾性波速度より求めた物性を用いて振動解析をすると固有振動数の解が実験結果に近い値となることが^{*}確認されており, 今回も弾性波試験によるせん断波速度を用いて解析したく(格点数 102, 要素数 164)。

結果を Fig-6 に示す。固有振動数は谷の形を考慮した時には, いずれも起振実験における実験値よりも大きな解がでている。これは谷を形成する地山のせん断剛性を無限大と仮定したことと, 堤体の変形のうちせん断変形だけを許したためであろう。しかしながらダム天端の振動モードは実験結果に比較的良く一致しており, 本解析法の有効性を示している。

Fig-7 に堤体中心の縦軸にそつた振動モードの実験および解析による結果を示す。谷を考慮した解析は同じ物性条件における奥行き無限長の堤体の2次元F.E.M.に比べて, 特にダム下部についてのモードの近似度が良好である。しかしながら実験結果による天端付近での大きな増巾現象は谷の^{*}えいさようを考へても近似できず, 他の原因を考へなければならぬ。

* 参考文献

高橋忠他; ロックフィルダムの地震時の挙動について, オレ岡地震工学研究発表会 1972, 国生剛治他; フィルタイプダムの動特性, 電研報告 72505, 沢田義博他; フィルダムの動特性, 電研報告 71550, 増子幸夫他; フィルダムの動特性, 電研報告 72555

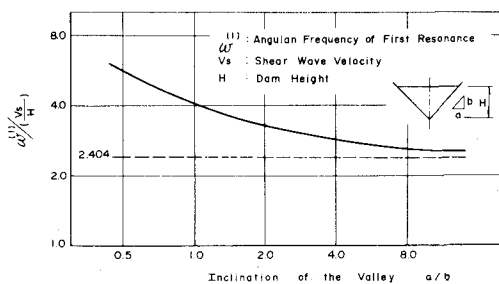


Fig-4

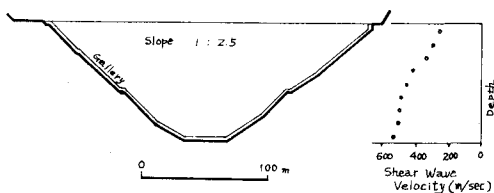


Fig-5

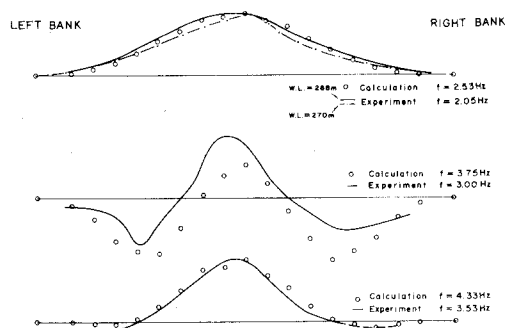
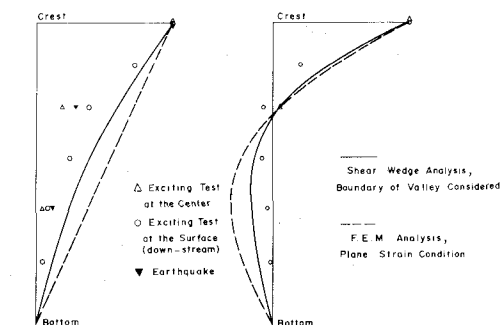


Fig-6



First Resonance Mode Second Resonance Mode

Fig-7