

PSⅢ-24

アースダムの簡便な3次元振動解析手法

東京工業大学	綜合理工	正	大町 達夫
同上		正	年縄 巧
同上	(現 間 組)		田村 英久

1. はじめに

現実的なダムの振動解析を行なうためには、地山の拘束効果も適切に評価する必要がある。そのため、既に3次元フィルダムの実用的な解析手法を提案している¹⁾。この方法はダムの形状を3次元的に扱っているが、上下流方向の振動だけを解析するものであった。そこでこの手法を拡張し、ダム軸方向、鉛直方向の振動についても同時に解析できるものとしたので、これについて報告する。

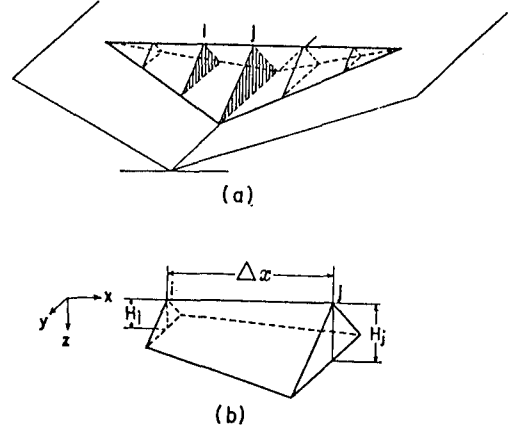


図1 アースダムの有限要素分割

2. 解析手法の概要

図1に示すように、ダム軸方向にx軸、上下流方向にy軸、鉛直方向にz軸をとる。要素分割は、(a)に示すように、ダム軸横断方向に、軸に直交する鉛直面で有限個に分割して行なう。断面i, jで囲まれた1要素は、(b)のようになるが、要素内のx方向、y方向、z方向の変位、u, v, wはダム頂上の自由節点i, jの節点変位 $U_i, V_i, W_i, U_j, V_j, W_j$ と鉛直軸に沿った補間関数f, g, hを用いて次のように表わされる。

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta x} \begin{bmatrix} (x_j - x)f & 0 & 0 & (x - x_i)f & 0 & 0 \\ 0 & (x_j - x)g & 0 & 0 & (x - x_i)g & 0 \\ 0 & 0 & (x_j - x)h & 0 & 0 & (x - x_i)h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_i \\ V_i \\ W_i \\ U_j \\ V_j \\ W_j \end{bmatrix}$$

ここに x_i, x_j は節点i, jのx座標、 Δx は要素幅($=x_j - x_i$)である。

要素内の変位が節点変位で表わされれば、後は通常の手順を踏んで要素剛性マトリクスを作成すればよい。質量マトリクスは解析を簡単にするため、要素質量の1/6を各節点に分散させたランブトマスとした。補間関数は、くさび形せん断梁の自由振動解であるベッセル関数を用いることにした。

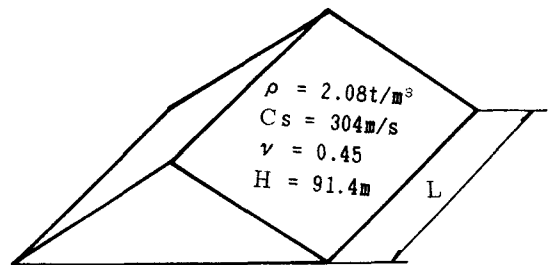


図2 矩形谷内のダムモデル

3. 矩形谷内ダムモデルの固有値解析

検証のため、図2のような矩形谷内ダムモデルの固有値解析を行なった。このモデルは密度2.08

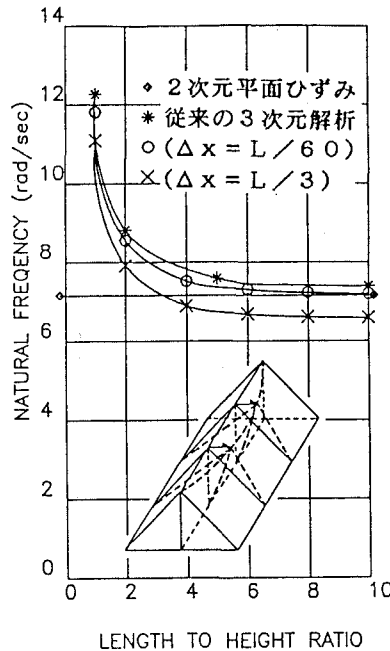
t/m^3 , せん断波速度304m/s, ポアソン比0.45で, 高さは91.4mである. 固有値解析は両端固定, 剛性一定で行い, ダム高さHに対するダム長さLの比, L/H をいろいろに変えて, 固有ベクトル, 固有円振動数を求めた. 解析の結果, y方向の振動モードはx, z方向とは独立であり, x, z方向の振動は連成していることがわかった. 図3(a)はy方向の振動の, 基本モードの固有円振動数を L/H に対してプロットしたものである. 図中, *は四面体要素を用いた解析²⁾(要素数195, 自由度90), ×は本手法による解析(要素数3, 自由度6)であり, とともにダム長を3等分して, 要素分割を行なったものである. 参考に2次元平面ひずみ解析の結果²⁾を◇-◇で示す. L/H の値が大きくなると2次元平面ひずみの値に漸近するが, 本手法の結果は, 固有円振動数としてやや小さめの値を与えており, そのずれは1割程度である. ○はダム長を60等分したものであるが, この場合には

L/H が大きくなったとき, 平面ひずみの値に漸近している.

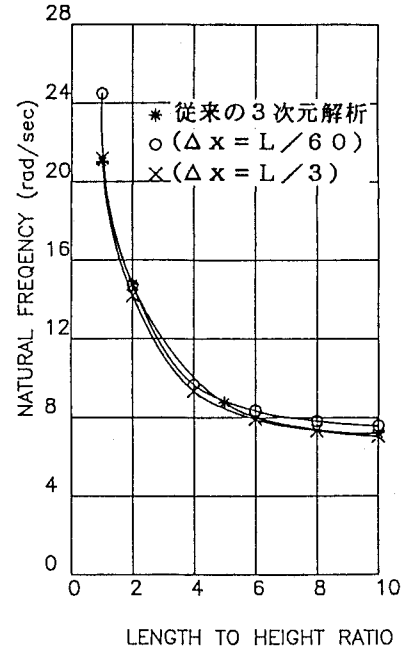
(b)はx, z方向の振動の, 基本モードの固有円振動数をプロットしたものである. 本手法の結果が, 従来の手法の結果とほとんどよく一致していることがわかる.

4. むすび

ダムを3次元的にモデル化し, かつ3方向の振動を簡便に解析できる手法を開発した. この手法と以前に行なわれた3次元振動解析の結果と比較したところ, 約1/20の自由度で, ほぼ同様な結果が得られることがわかった.



(a) y方向の振動モード



(b) x, z方向の振動モード

図3 固有値解析結果

参考文献

- 1) 大町達夫, 時松孝次: 3次元フィルダムの振動解析のための実用的モデル, 土木学会論文報告集第328号 pp.31-40, 1982.
- 2) Frazier, G. A.: Vibrational Characteristics of Three-Dimensional Solids with Applications to Earth Dams, A Thesis submitted to the Graduate Faculty in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, Montana State Univ., 1969.