

III-422

個別要素法によるロックフィルダムの振動解析と崩壊形状

鳥取大学工学部 木山 英郎 藤村 尚 ○西村 強
建設技術研究所 森本 浩之
鳥取県（元鳥取大学大学院） 米田 憲司

1. はじめに

本研究は、個別要素法(DEM)によるロックフィルダムモデルの動的解析を行なったものである。既報[1]では、円形規則配列モデルに実測地震波を用いて、DEMによる応答特性の表現の可能性を探った。本報では、解析モデルを同じく円形規則配列を基本にした2つに限定し、それらの正弦振動下での共振現象、振動荷重下の積層体の強度と崩壊形状、さらには、それらへの構造的要因の影響を考察しようとしている。

2. 解析モデルの設定

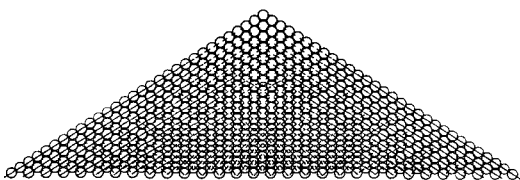
図-1に、解析モデルを示している。約500個の円形要素（半径1cm）の規則配列を基本に、2タイプを採用している。配列の形態は異なれ、両者とも底幅100cm、高さ30~40cmで、斜面部傾度がほぼ同一（1:2程度）となるように配慮した。この図は、最下層の要素を基盤要素（以下、基盤要素と呼ぶ）として、これらを鉛直・水平ともに固定し、重力の作用下で静的釣合状態に至らしめたものである。解析に用いた定数をまとめて表-1に示す。図中の接触点における線分は、接触力をベクトル表示したものであって、接触点を挟んで作用力と反作用力のベクトルを表し、両者の大きさは等しく、方向が逆で一本の線分となる。この線分の片側の長さが図中の要素直径に等しい時、接触力の大きさは要素20個分の要素重量に相当する。単一半径の円形要素の規則配列によって地盤をDEMモデル化する場合、配列の相異は強度特性のみならず、地盤内の応力状態をも支配する因子となる[2]。要素個々の特性も重要な因子であるが、今回は表-1の値に固定し、図にみられる構造的な相異に注目することにした。以下、(a)をCase-A、(b)をCase-Bとする。既に、傾斜破壊解析の結果については報告しているので[3]、ここでは、振動解析を中心に述べる。

3. 振動解析

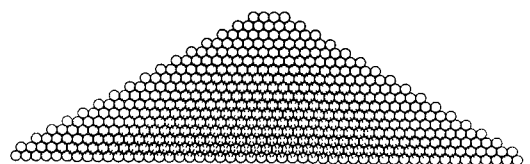
振動解析では、基盤要素に水平方向の正弦振動を与えた。簡単な振動台実験を模擬しており、同一時刻において基盤要素個々に入力される振動波形に位相差はない。図-2は、最大入力加速度 $\ddot{y}_0$ を50galとした解析において、頂上部要素の応答加速度 $\ddot{y}$ と $\ddot{y}_0$ の比、すなわち応答加速度倍率を基盤入力振動数 f に対してまとめたものである。この図は、解析初期の過渡期を除いて、注目要素の応答が入力振動に対応した正弦振動に至って後（定常期）の結果をまとめている。Case-Aでは37Hz付近にピークを示すのに対し、Case-Bでは、47Hz付近でピークとなっており、違いが生じている。このような形で、応答特性が把握できた背景には、50gal程度の入力では、各要素間の初期状態における接触は、振動を入力しても保持されており、振動は連続的に伝達されていることが考えられる。図-3は、同じく応答加速度倍率をまとめているが、 $\ddot{y}_0=100\text{gal}$ とした例である。Case-

表-1 DEM解析定数

Radius	r:1.0cm
Density	ρ :2.65g/cm ³
Young's modulus	E:750kgf/cm ² (7.35×10 ⁴ kpa)
Poisson's ratio	ν :0.3
Time step $\Delta t(\text{sec})$	1.0×10 ⁻⁴
$K_n/\rho \text{ g}(\text{cm}^2)$	3.64×10 ⁴
$\eta_n/\rho \text{ g}(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	1.53×10
$K_s/\rho \text{ g}(\text{cm}^2)$	0.91×10 ⁴
$\eta_s/\rho \text{ g}(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	0.76×10
μ	0.577



(a)Case-A



(b)Case-B

図-1 解析モデル

Aでは図-2とほぼ同様の傾向を示しているが、Case-Bでは、40~55Hz付近で頂上部要素は不規則な振動を呈し、上記のような整理をすることは不可能であった。傾斜破壊解析で示されたような積層体の強度が関連しているものと推察される。図-4は、解析時間内に各要素が示した最大変位振幅を抽出し、入力変位振幅で相対化して等変位線として示している。Case-Aでは斜面部に、Case-Bでは頂上部ほど大きな値が得られている。要素個々に与えた特性が同一でも、構造の変化によって応答特性が異なってくるのが、これらの結果を通じてわかる。図-5は基盤への最大入力加速度を大きくして($\ddot{y}_0=980\text{gal}$)、積層体を破壊に至らせた様子である。ここでは、5Hzについてのみ経時的に示したが、周波数によって破壊の進行状況は異なっていることを付記する。

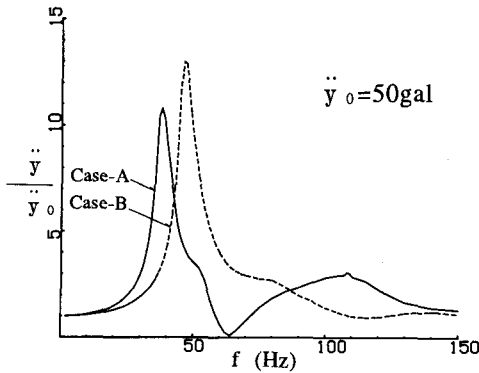


図-2 応答加速度倍率

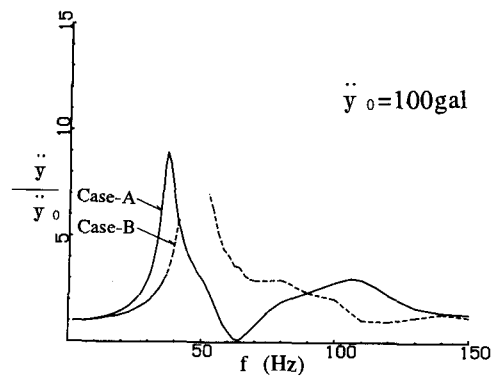
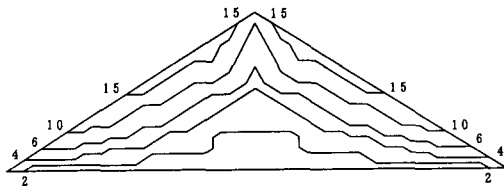
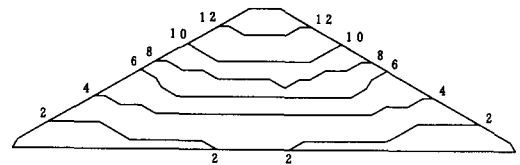


図-3 応答加速度倍率



Case-A, 37Hz



Case-B, 47Hz

図-4 等最大変位線図(50gal)

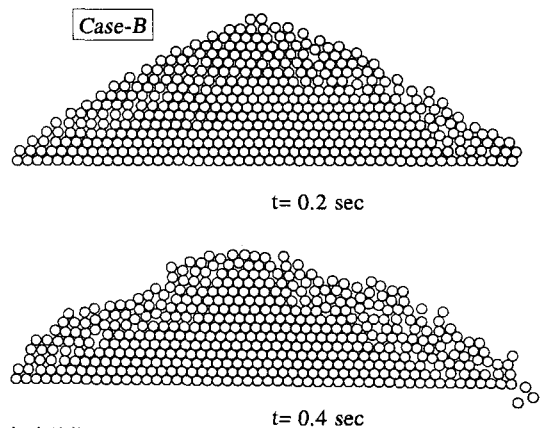
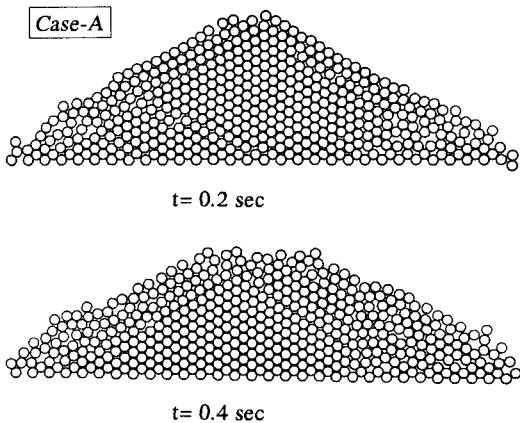


図-5 振動下の崩壊状況

参考文献 [1]米田 憲司他：円形規則配列を用いたロックフィルダムの地震時崩壊形状のDEM解析，第48回土木学会年次講演会，1993。[2]木山 英郎他：せん断モデルを用いた離散剛要素法の材料定数の検討，土木学会論文集，第382号/Ⅲ-7，pp.167~174，1987.6。[3]木山 英郎他：ロックフィルダムの動的応答解析へのDEMの適用，第9回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，1994。