

## 堤体の非線形化が基礎地盤の伝播特性に及ぼす影響

## Influence of dam's nonlinearity behavior on propagation characteristics of its foundation

○林田洋一\* 増川晋\* 田頭秀和\*

Yoichi Hayashida, Susumu Masukawa, Hidekazu Tagashira

## 1. はじめに

耐震照査の一環として有限要素法を用いた応答解析を実施する場合、対象とする構造物の地震時挙動を表現できるよう適切なモデル化を行うことが求められる。しかしながら耐震照査に当たっては、本来は三次元的に広がる対象物の挙動を平面ひずみ条件を付した二次元断面での挙動として代表させることが一般的である。また、有限要素法では、本来無限に広がる地盤の一部を切り出しモデル化する。このため、地震動の伝播を取り扱う応答解析においては、モデルの設定に注意が必要である。本報告ではフィルダムを対象に、堤体材料のせん断剛性や減衰率のひずみ依存性の設定が堤体の振動挙動や基礎地盤での振動の伝播特性に及ぼす影響を実験的に検証する。

## 2. 数値解析条件

解析に用いた有限要素メッシュを図-1に示す。有限要素メッシュは基礎地盤の深さを堤高の3倍程度、幅を堤体底部の5倍程度と広く設定している。基礎地盤は線形弾性体を仮定し、堤体材料はひずみ依存による非線形材料とした。今回の解析では、地震動の強さによる堤体の非線形化が堤体および基礎地盤の振動特性に及ぼす影響を検証するため、堤体の非線形特性および地震動の強さを変化させた複数のケースを実施した。設定した入力波の時刻歴波形を図-2に示す。なお、この波形は加振時間全体を通したフーリエスペクトルが、周波数0.1~10 Hzまでほぼ同じ値となるよう調整している。数値実験には、図-2に示す波形の他、振幅を1.5倍、2倍、3倍、4倍、5倍に設定した波形を入力波とした。堤体材料は、ゾーニングを考慮せず均一な材料に設定した。非線形性は  $\tau = G_0\gamma / (1 + \gamma/\gamma_r)$ 、 $h = h_{\max}(\gamma/\gamma_r) / (1 + \gamma/\gamma_r)$  で表されるH-Dモデルより設定し、基準ひずみを  $\gamma_r = 5.0 \times 10^{-4}$ 、 $1.0 \times 10^{-3}$ 、 $5.0 \times 10^{-3}$  と変化させた3材料を設定した。初期せん断剛性  $G_0$  は、澤田式を参考に堤体表面からの深度に応じ要素ごとに値を設定し、 $h_{\max}$  は10%とした。

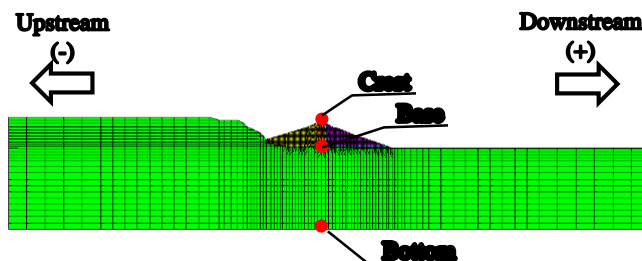


図-1 数値解析に用いた有限要素メッシュ

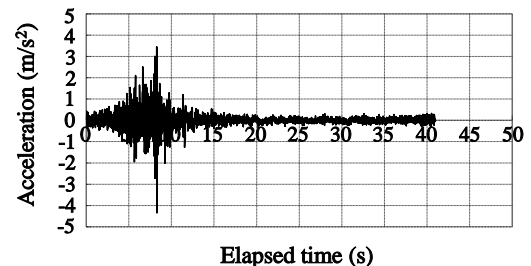


図-2 入力波 (amplitude×1.0)

\* (独) 農研機構 農村工学研究所

耐震照査、応答解析、フィルダム、等価線形化法

\*National Institute for Rural Engineering

### 3. 実験結果とその考察

数値解析の結果を、図、図-4に示す。図-3は、各堤体材料に対して入力動の増幅率と図-1に示す各測点での上流方向および下流方向の最大加速度比の関係を示している。図-3より、 $\gamma_r=5.0 \times 10^{-4}$ 、 $1.0 \times 10^{-3}$ において Crest/Base比は入力動の振幅が増大するにつれ低下し、振幅の増大により堤体の非線形化が生じることが分かる。一方、 $\gamma_r=5.0 \times 10^{-3}$ の場合には、入力動の振幅が増大しても Crest/Base比はほぼ一定の値をとり、線形的な挙動を示す。また、Base/Bottom比は $\gamma_r=5.0 \times 10^{-4}$ 、 $1.0 \times 10^{-3}$ において、入力動の振幅の増大により増加する傾向にある。このことは、堤体の非線形化が、線形弾性体とした基礎地盤の伝播特性にも影響を及ぼすことを示している。なお、堤体の顕著な非線形化が認められなかった $\gamma_r=5.0 \times 10^{-3}$ の場合には、Base/Bottom比においても大きな変化は認められない。図-4は、入力動の増幅による各測点における加速度応答のフーリエスペクトル比の変化を示している。Crest/Base比の場合、 $\gamma_r=1.0 \times 10^{-3}$ では、地震動の振幅が増加しても堤体の振動特性に変化が認められない。一方、 $\gamma_r=5.0 \times 10^{-4}$ 、 $5.0 \times 10^{-3}$ では、入力動の振幅が増加することで一次卓越周波数およびそのフーリエスペクトル比の値が低下する。Base/Bottom比は、基準ひずみの値に関わらず一次卓越周波数は1.7 Hzとなる。しかし、 $\gamma_r=5.0 \times 10^{-4}$ 、 $5.0 \times 10^{-3}$ では6 Hz周辺の二次の卓越周波数に変化が認められた。このことから、堤体の非線形化による影響は、基礎地盤の高次の伝播特性に影響を及ぼすことが考えられる。

謝辞：本報告は、NTC コンサルタンツとの共同研究の成果の一部です。関係各位に感謝申し上げます。

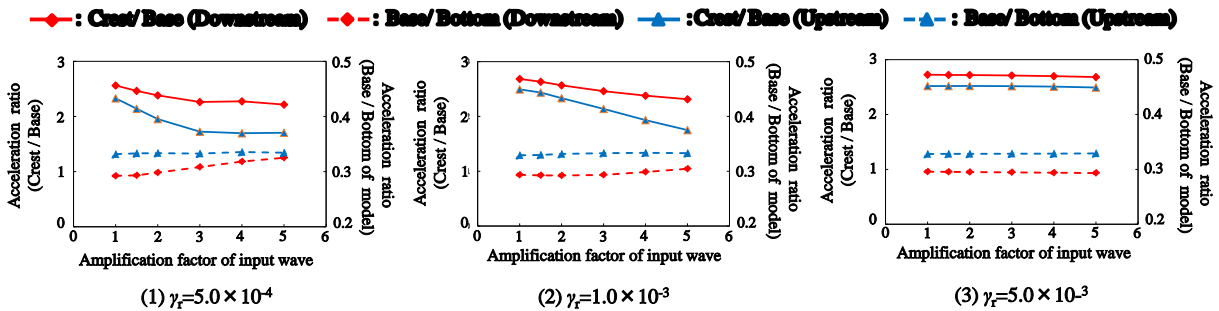


図-3 入力波の振幅による最大応答比の変化

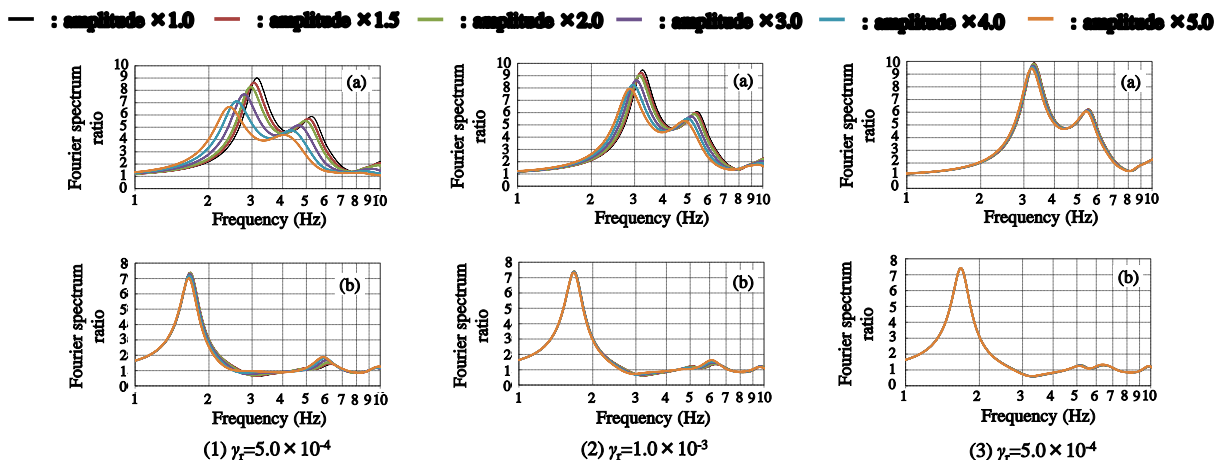


図-4 入力波の振幅によるフーリエスペクトル比の変化

(a) Crest/Base、(b) Base/Bottom