

基礎地盤、谷形状の効果を考慮したフィルダム 3次元振動解析 3 Dimensional Modal Analysis of Embankment Dam Including the Effect of the Foundation and the Inclination of the Stream

○中村 知弘* ・青山 咸康*

Kazuhiro NAKAMURA and Shigeyasu AOYAMA

1. はじめに

フィルダムの地震時挙動は堤体の形状や使用材料、地盤の固さの影響を反映した振動特性に支配される。本研究では 2次元、3次元モデルにおける振動形状を比較するとともに、3次元モデルで谷勾配、コア厚さ、シェル、コアの剛性の相異が無次元固有周期及びモード形状に及ぼす影響を定量的に評価した。また、以上の検討はダムが剛な地盤上にあると仮定したものであるが、本研究では地盤による効果を調べるため 5種類の弾性係数を設定した地盤上に堤体をのせたモデルの解析も行った。

以前の発表¹⁾では地盤による効果についての報告を行ったが、今回は主に谷形状による比較をするとともに、特定のモデルに対しレベル 1 地震動の加速度スペクトルを入力しスペクトル応答解析を行った。

2. モデルの特性

対象は中心遮水型フィルダムである。解析結果を無次元化することでどのような規模や物性の堤体についても相似な形状のダムを等価に扱えるようにする。ここで第 i 次モードの無次元固有周期 T_i^* を以下のように定義する。 $T_i^* = T_i / (H/V_s)$ 、 T_i ; 第 i 次固有周期 (sec)、 H ; ダム高さ (m)、 V_s ; シェル材のせん断波速度 (m/sec) である。考慮した直線 V 型谷を含む地山ブロックの寸法は、堤体の高さを 1、谷勾配を $n:1$ とすると、谷幅方向寸法= $2n+2$ 、谷高さ=ダム底より 1.33、ダム底より地山ブロックの底面までの深さ=1.33、上下流方向の長さ=6.33 である。例えば $n=2$ の場合、幅/長はおよそ 1:1.05 となり、ほぼ正方形領域となる。地山の境界条件は、4つの端部鉛直面において全ての変位を拘束し、底面においても同様の拘束があるものとした。ゾーニングはダム高さ H を 60m とし、コアの底面の長さを薄 (26m)、中 (40m)、厚 (54m) の 3種類とした (むろんこれは例示的数値である)。弾性係数はシェルを固定して地盤とコアをそれぞれ 5種類ずつ設定した。シェル ; E_s 、コア ; E_c 、地盤 ; E_f とすると、 $E_s/E_c=1,2,4,10,20$ 、 $E_f/E_s=1,2,5,10,20$ である。また、密度とポアソン比は全ての材料で同一とし、密度を 1800kg/m^3 、ポアソン比 $1/3$ とした。そして、谷勾配は 1:1、1:2、1:3、の 3種類を想定した。図.1 にモデルの有限要素メッシュを示す。

3. 固有振動解析

谷勾配が 1:1 から 1:3 と緩やかになり拘束力が低下したことによる 1次無次元固有周期の増加率を比較すると、中厚コアではコアの弾性係数比 10 以下では地盤の剛性の影響を受けず、34~38% となる。しかし、コアの弾性係数比が 20 では地盤の弾性係数比が 5 以上で 24~25% となり、谷勾

*京都大学大学院農学研究科 ; Graduate School of Agricultural Science, Kyoto University. キーワード ; 3次元、フィルダム、固有振動

配の拘束力の低下による固有周期の増加が抑えられることがわかる。また、振動形状は谷勾配が緩やかになり拘束力が弱くなると、地盤やコアの弾性係数の変化の影響を受けて大きく変わることがわかった。

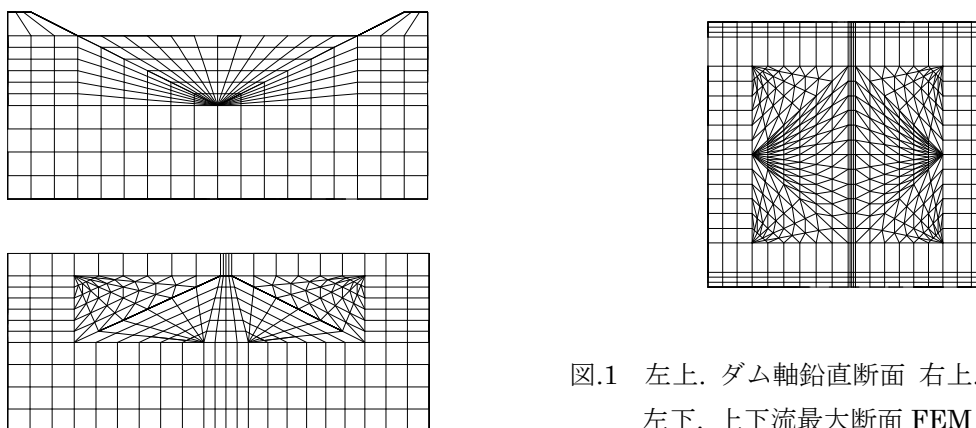


図.1 左上. ダム軸鉛直断面 右上. 平面
左下. 上下流最大断面 FEM メッシュ

4. スペクトル応答解析

レベル 1 地震動を入力地震波として用いる。原則的には「再現期間が 50 年程度のレベルの地震動」と定義されているが、ここでは地震危険度解析を日本全国に対して 5km ピッチで行い、再現期間を 40 年とした場合の良質な地盤上での地震動加速度応答スペクトルの期待値を算出するとともに、既往の地震荷重レベルを勘案しながら総合的に判断して、応答スペクトルのレベルを決定している。当該地域の地震発生履歴に基づく地震危険度解析が実務上困難な場合に、この地震波を用いることができる。図.2 にレベル 1 地震動の加速度応答スペクトルを示す。谷勾配 1:2 の堤体均質モデルに上下流方向に地震力を作用させた場合の結果の上下流断面内堤体中央のせん断応力図を図.3 に示す。また、堤体におけるせん断応力が最も大きくなるコア底部中央における局所安全率を地盤堤体の剛性比で比較すると、地盤が均質の場合は 0.87 となり、地盤の弾性係数比が 20 の場合は 1.20 となった。よって、均質地盤では危険であるが、弾性係数比 20 程度まで地盤を硬くすると安全になるといえる。一方、谷勾配を 1:1 とした場合の局所安全率は地盤均質で 1.16、地盤の弾性係数比が 20 の場合は 1.40 となり、この場合は地盤の剛性によらず安全であることがわかった。

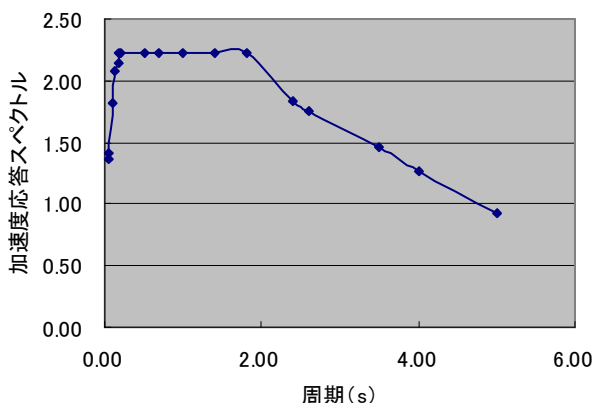


図.2 レベル 1 地震動加速度応答スペクトル

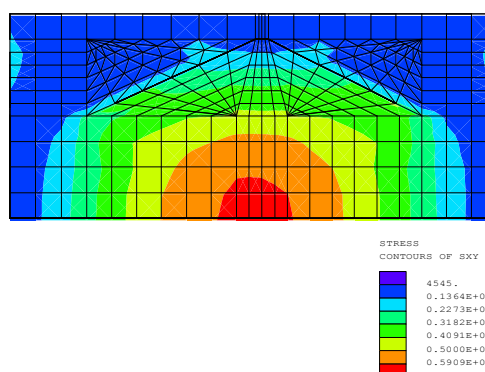


図.3 XY せん断応力分布図 (上下流最大断面)