

## アースダムの地震応答解析における基礎地盤の逸散減衰効果

### Energy Dissipation Effect of Foundation on Seismic Response Analysis for Earth Dams

○田頭秀和\*) 林田洋一\*) 黒田清一郎\*) 本間雄亮\*)

TAGASHIRA Hidekazu, HAYASHIDA Yoichi, KURODA Seiichiro, HONMA Yusuke

#### 1. はじめに

フィルダムの地震応答解析で解析領域を基礎地盤を含めずに堤体のみに設定する場合、加速度の解析値と実際のダムでの観測値との整合性に関する過去の検討事例<sup>1)</sup>に基づき、堤体材料の履歴減衰に10~15%程度の減衰を付加して減衰を評価するのが一般的である。この付加した減衰は、堤体の底面境界が剛地盤であるために発現できない地下逸散効果に相当すると説明されることが多いが、詳しく検証した事例はほとんどない。本研究では、理想化したアースダムモデルの地震応答解析を堤体のみのモデルと基礎地盤を含めたモデル(以下、それぞれ“堤体モデル”、“堤体+基礎モデル”と表す)で実施し、基礎地盤を解析領域に含めることでどの程度の逸散効果が発現しているかを検証した。

#### 2. 方法

1) 動的物性試験 試料はため池堤体から採取した火山灰質土である。土粒子の密度 $\rho_s$ は25.182 kN/m<sup>3</sup>、自然含水比 $w_n$ は118.7% (飽和度 $S_r=82.9\%$ )である。攪乱試料を用いて現場密度(乾燥密度 $\rho_d=5.386$  kN/m<sup>3</sup>)で中空供試体(外径70 mm・内径30 mm・高さ100 mm)を作製した後、圧密応力50 kN/m<sup>3</sup>で非排水条件で繰返しねじりせん断試験(JGS 0543-2009)を実施した。供試体の水分条件として飽和状態と不飽和状態の2種類を設定し、後者は圧密前の初期含水比を $w_n$ としてサクシオン制御は行っていない。

2) 地震応答解析 図-1に解析に使用したメッシュ図を示す。要素はアイソパラメトリック一次要素である。まず、堤体部の要素ごとに深度に応じて変形係数を与えて線形弾性モデルで堤体+基礎モデルで築堤解析を行い、湛水解析を実施した後に堤体モデルと堤体+基礎モデルで等価線形化法による地震応答解析を実施した。入力地震波は、新潟県中越地震での川西ダムの基礎における上下流方向の観測地震波の主要動部分を最大加速度が0.5, 3.0, 5.0 m/s<sup>2</sup>になるように波形全体の振幅に定数を乗じたものである(図-2)。堤体モデルでは堤体底面に直接入力し、堤体+基礎モデルでは堤体底面堤軸上で再現されるように調整した引き戻し波を基礎底面に入力した。表-1に解析パラメータを示す。なお、不飽和領域の動的物性は、一般的な方法に準じ、初期せん断弾性係数 $G_0$ は不飽和試料の試験値を、せん断弾性係数 $G$ -せん断ひずみ $\gamma$ 関係と減衰定数 $h$ - $\gamma$ 関係は飽和試料の試験結果を使用した。

#### 3. 結果と考察

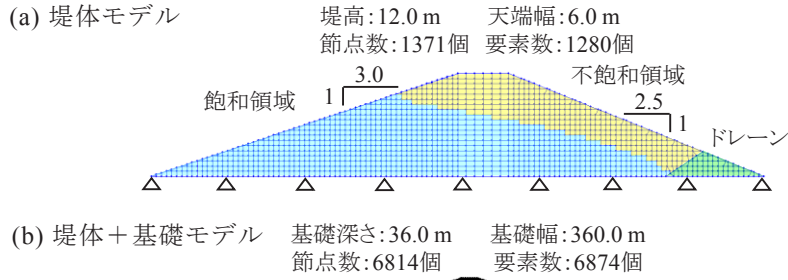
図-3にねじりせん断試験の結果を示す。微小~中ひずみレベルにかけて不飽和試料は飽和試料よりも大きな $G$ を有している。図-4に堤体内の堤軸上の節点における最大応答加速度の分布を示す。最大入力加速度が0.5 m/s<sup>2</sup>の場合、3 m付近より高い箇所では堤体+基礎モデルは付加減衰なしの堤体モデルより僅かに小さな応答加速度を示し((a))、最大入力加速度が3.0, 5.0 m/s<sup>2</sup>の場合は、両者はほぼ同じ値を示した((b), (c))。つまり、基礎地盤の逸散減衰効果は僅かであったといえる。ただし、本解析の堤体材料のようにせん断剛性が低い場合、高剛性材料に比べて履歴減衰が卓越して逸散減衰効果が発現し難いと考えられる。

#### 4. おわりに

堤体土の動的物性、堤体と基礎の剛性比、堤高や堤体形状、入力波、側面の境界条件等による影響を考慮して検証を続ける必要がある。

参考文献 1)例えば、ダムの耐震性に関する評価検討委員会(1995):ダムの耐震性に関する評価委員会報告書, 51-55

\*) (国研) 農研機構農村工学研究部門 National Agriculture and Food Research Organization



<底面境界>築堤時:固定, 地震時:粘性境界  
<側面境界>築堤時:水平方向固定, 地震時:粘性境界  
(\*) 堤体部のゾーニングは(a)と同じ

図-1 メッシュ図

表-1 解析パラメータ

材料	飽和/ 不飽和	単位 体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	初期 平均主応力 $\sigma_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 $G_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	静的 ポアソン比 $\nu_s$	動的 ポアソン比 $\nu_d$
堤体土	飽和	13.098	50	14,274	0.49	沢田式 <sup>1)</sup>
	不飽和	11.779	50	16,893	0.30	沢田式 <sup>1)</sup>
ドレーン(*)	—	18.900	湛水解析結果	沢田式 <sup>2)</sup>	0.32	沢田式 <sup>3)</sup>
基礎(*)	—	22.540	—	510,000,000	0.20	0.25

[沢田式の種類] 1)コア, 2)フィルター, 3)ロック・浸潤面上

[基礎・その他] 弾性係数  $E$ : 1,275,000 kN/m<sup>2</sup>, S波速度  $V_s$ : 14890.9 m/s

(\*) 出典 - 国土交通省国土技術政策総合研究所: 国土技術政策総合研究所資料No. 244, p.129(2005)

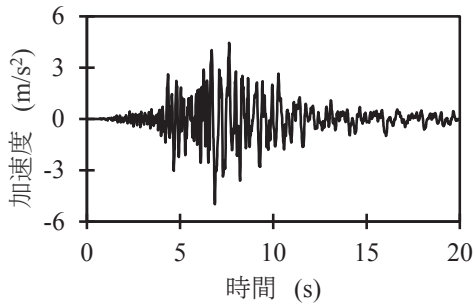


図-2 入力地震波形の例  
(最大加速度=5.0 m/s<sup>2</sup>)

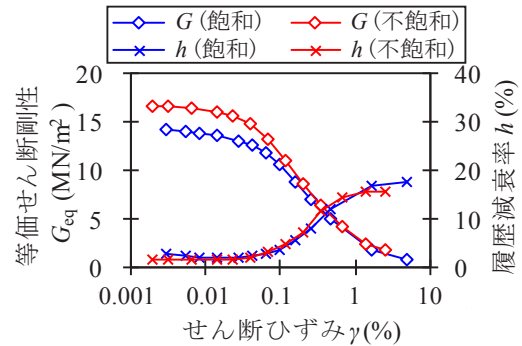


図-3 ねじりせん断試験の結果

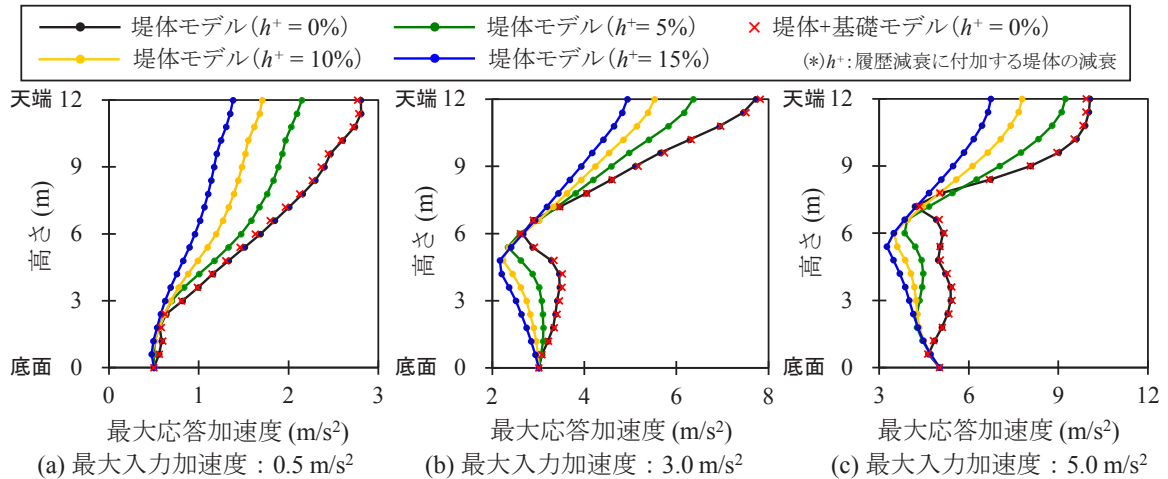


図-4 堤体内の堤軸上の最大応答加速度