

不飽和領域の動的特性の設定方法がアースダムの応答加速度に与える影響 Effects of Dynamic Characteristics Evaluation Method of Unsaturated Area on Acceleration Response at Earth Dam

○田頭秀和*) 黒田清一郎*) 林田洋一*) 本間雄亮*) 吉中輝彦**)

TAGASHIRA Hidekazu, KURODA Seiichiro, HAYASHIDA Yoichi, HONMA Yusuke, YOSHINAKA Teruhiko

1. はじめに

現在のフィルダムの耐震性能評価における堤体土の動的物性の設定は、初期せん断弾性係数 G_0 を沢田式や PS 検層で評価した上で、不飽和領域の物性を単位体積重量以外は飽和領域と同じとするのが一般的であるが、このような方法が地震時の応答加速度に与える影響は十分には明らかにされていない。本研究では、ため池堤体材料を用いて土質試験を実施して飽和状態と不飽和状態での動的物性 (G_0 , G - γ 関係と h - γ 関係) を確認した後にそのデータを用いて理想化したアースダムモデルの地震応答解析を実施し、その検証を行う。

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 ρ_s は 25.182 kN/m³, 自然含水比 w_n は 118.7% (飽和度 $S_r = 82.9\%$) である。攪乱試料を現場密度 (乾燥密度 $\rho_d = 5.386$ kN/m³) に合わせた中空供試体 (外径 70 mm・内径 30 mm・高さ 100 mm) を用いて圧密応力 50 kN/m³ 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。不飽和試料は初期含水比を w_n とし、サクシオン制御は行っていない。

2) 地震応答解析 要素ごとに深度に応じて変形係数を与えた線形弾性モデルで築堤解析を行い、湛水解析を実施した後に等価線形化法による地震応答解析を実施した。図-1 に地震応答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。入力地震波は図-2 に示す波形 (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 5.0 m/s² になるように波形全体の振幅に定数を乗じたもの) が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である。表-1 に解析パラメータを、表-2 に実施した 4 種類の解析ケースの条件を示す。

3. 結果と考察

1) 動的物性試験 図-3 に結果を示す。 h - γ 曲線は飽和試料と不飽和試料で大きな差はないが、 G - γ 曲線は小ひずみ領域で不飽和試料が飽和試料よりも G が大きく、中ひずみ領域に向かうに従って差が小さくなりやがて同等になっている。

2) 地震応答解析 図-4 に Case 1 の全応答時間中の最大応答加速度 (絶対値) の分布を示す。Case 2~4 も分布形状はこれと概ね同じであった。天端と上流側斜面中央部で大加速度領域が発達し、ドレーン付近から上流側斜面に向かって小加速度領域が発達している。図-5 に各節点の最大応答加速度の Case 1~3 と Case 4 の比の分布を示す。(b) から、現在の不飽和領域の動的物性の設定方法 (Case 2) は、 G_0 , G/G_0 - γ 関係と h - γ 関係に不飽和土の物性を採用する場合 (Case 4) に比べて、不飽和領域で小さめ・飽和領域の大部分で大きめの加速度を得たことがわかる。また、飽和時の G_0 を採用した場合 (Case 1, 3) は共にその逆の分布傾向を示している ((a), (c))。図-4 中の点 A と点 B における応答加速度の時刻歴の一部を図-6 に示す。天端では物性の設定方法によって周期が異なり ((a)), 斜面中央では振幅が大きくなるとプラス側のピーク時 (堤体底面堤軸上との相対変位では上流方向から下流方向に切り替わる時) に設定方法による差異が生じる傾向が認められる ((b))。

4. おわりに 堤体土の種類、入力波形、堤高等の影響や任意時間の空間的連続性を考慮して検討を続ける必要がある。なお、本研究の一部は科研費 (17k08012) の成果である。

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

***) NTC コンサルタンツ(株) NTC Consultants Inc.

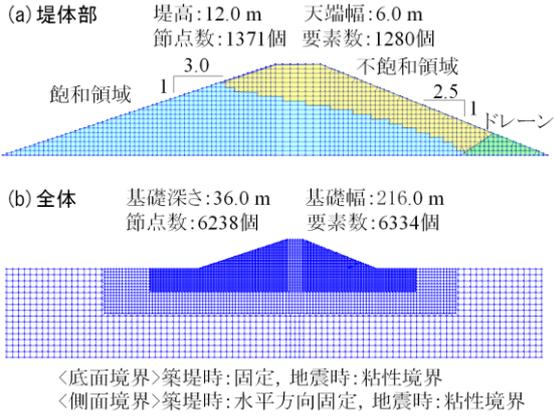


図-1 メッシュ図

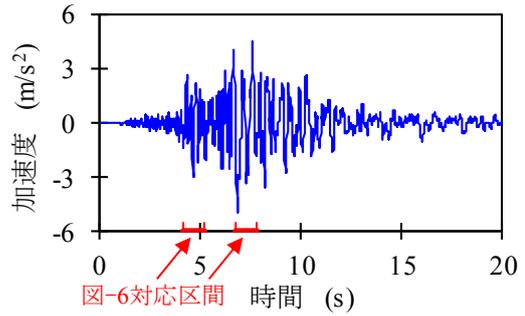


図-2 堤体底面堤軸上の入力地震波形

表-1 解析パラメータ

材料	飽和/不飽和	材料モデル	単位体積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (度)	初期平均主応力 σ_m (kN/m ²)	初期せん断弾性係数 G_0 (kN/m ²)	基準せん断ひずみ γ_r	動的ポアソン比 ν_d
堤体土	飽和	修正HD	13.098	0.10	20.5	50	14,274	3.07×10^{-3}	沢田式 ¹⁾
	不飽和	修正HD	11.779	2.80	25.1	50	16,893	2.58×10^{-3}	沢田式 ¹⁾
ドレーン ^(*)	—	修正HD	18.900	37.30	42.5	湛水解析結果	沢田式 ²⁾	1.32×10^{-3}	沢田式 ³⁾
基礎 ^(*)	—	線形弾性	22.540	—	—	—	510,000,000	—	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/m², 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)

表-2 解析ケースの条件

Case	不飽和領域のパラメータ	
	G_0	G/G_0 - γ 曲線 h - γ 曲線
1	S	S
2	U	S
3	S	U
4	U	U

(*) S, Uは表-1の堤体土の飽和, 不飽和の数値

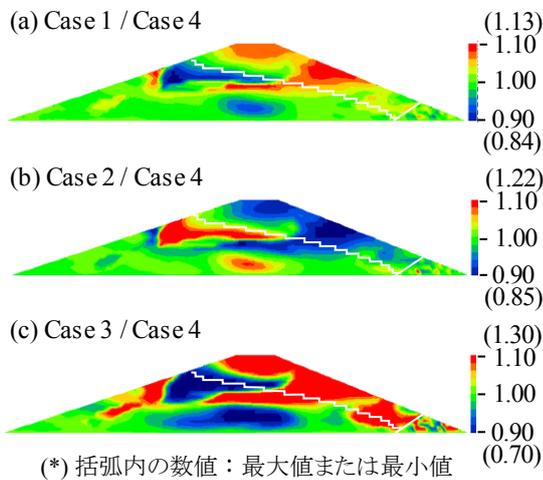
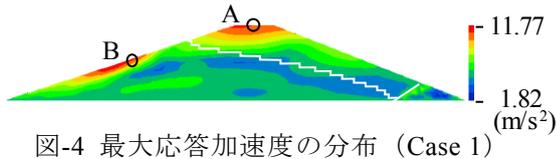
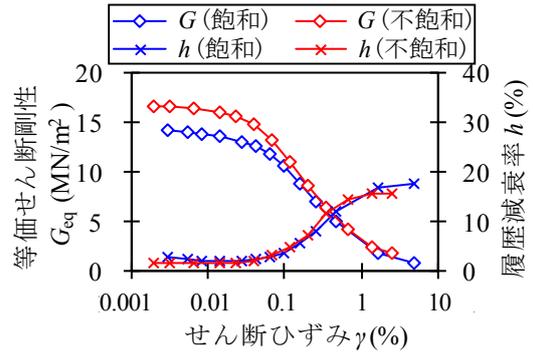


図-5 最大応答加速度の比

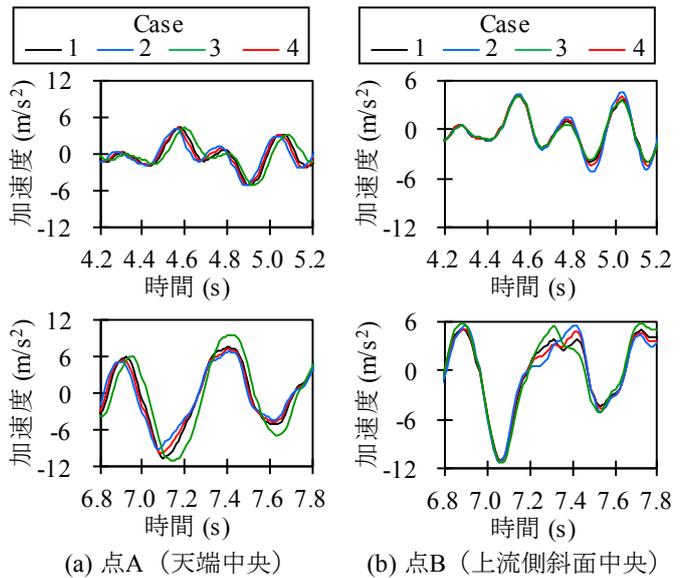


図-6 応答加速度の時刻歴