

## 地震応答解析パラメータ設定に向けた繰返し三軸試験実績の分析 Analysis of Cyclic Triaxial Test Data for Seismic Response Analysis Parameter Settings

坂井孝太郎  
SAKAI Kotaro

**1. はじめに** 平成 23 年の東日本大震災以降、国営造成農業用ダムについては堤体の耐震性能照査が実施されている。耐震性能照査では、地震応答解析によるレベル 2 地震時ダム堤体挙動の推定が求められており、フィルダムの解析パラメータである変形特性（本稿では、せん断ひずみとせん断剛性比、減衰定数の関係を指す）を文献値もしくは繰返し三軸試験から得る。弊社では 100 供試体の繰返し三軸試験を実施している。これらの試験実績から解析パラメータを設定することで、試験を実施しない場合においても精度の高いパラメータを設定できる可能性がある。そこで、繰返し三軸試験実績を分析するために、変形特性を決定する 2 つのパラメータ（基準ひずみ  $\gamma_r$  及び最大減衰常数  $h_{max}$ ）について実績中の最大値及び最小値を組み合わせ全 4 ケースの地震応答解析を実施した。

**2. フィルダム地震応答解析** 地震応答解析による解析結果で特に着目すべき結果は加速度分布であり、最も大きな加速度は堤体天端で得られることが多い。そのため、解析による天端最大加速度と試験より得られる解析パラメータの相関性を整理した。また、フィルダムの多くは堤体全体により遮

水する構造をとる。そこで、解析モデルとして、図 1 に示す通り、均一型のアースフィルダムモデルを用いた。オレンジ着色部が堤体であり、グレー着色部は基礎地盤を表す。境界条件は仮想仕事粘性境界を用い、基礎地盤モデルの長さを堤敷きの 5 倍、高さを堤高の 3 倍程度に設定した。

大地震に相当する入力波は図 2 の通り、最大加速度 600gal、周期 0.4 秒の正弦波 10 秒間の後ろに 0gal が 10 秒間入った波形とした。この波形を図 1 の基礎地盤下部に入力した。

フィルダムやため池の堤体材料の地震応答解析では  $G/G_{max}-\gamma$  関係、 $h-\gamma$  関係といった非線形の変形特性を整理しなければならない。耐震性能照査において、 $G/G_{max}-\gamma$  関係

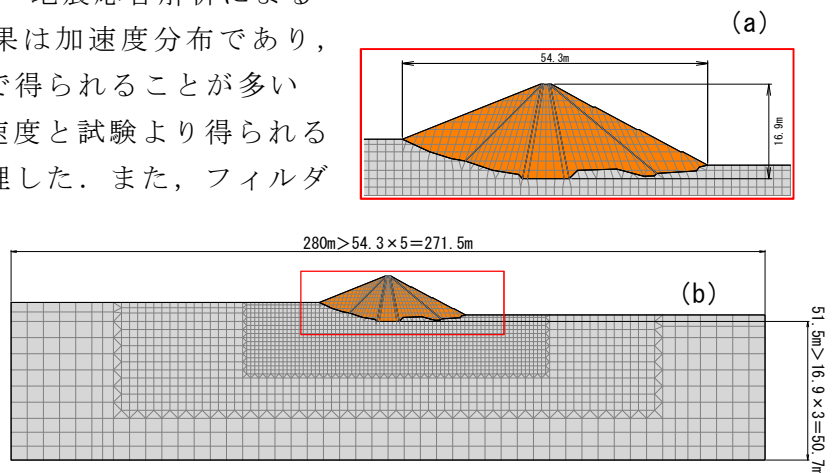


図 1 解析モデル（上図：堤体部拡大，下図：モデル全体）  
Analytical model ((a) dam body, (b) overall view)

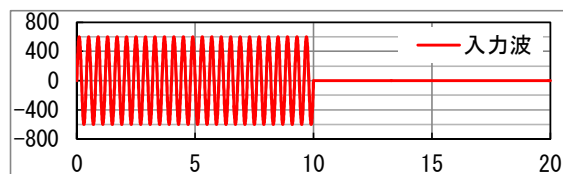


図 2 入力波  
Input wave

および  $h$ - $\gamma$  関係の近似式として、下式に示す Hardin -Drnevich モデル (H-D モデル) の使用実績が多く、本稿でもこれを用いた。

$$\frac{G}{G_{\max}} = \frac{1}{1 + \gamma/\gamma_r}, \quad h = h_{\max} \left( \frac{\gamma/\gamma_r}{1 + \gamma/\gamma_r} \right)$$

このモデルの 3 つのパラメータ  $\gamma_r$ ,  $h_{\max}$ ,  $G_{\max}$  (初期せん断弾性係数)のうち  $\gamma_r$  と  $h_{\max}$  を繰返し三軸試験実績の最大値及び最小値を組み合わせることによ

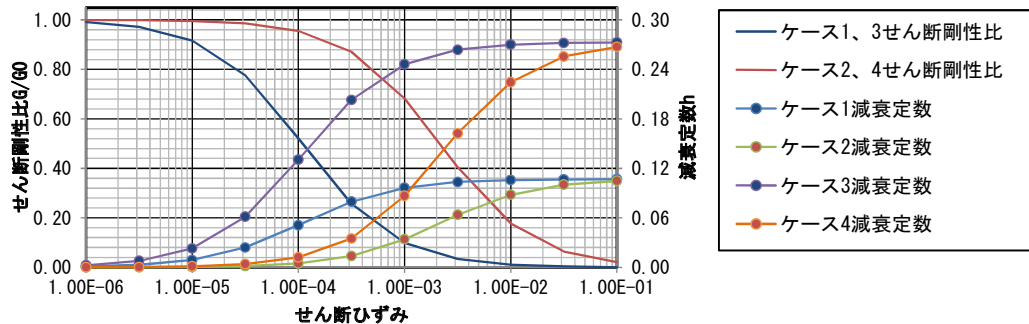


図 3 各解析ケースの変形特性

Deformation characteristics of each analysis

り図 3 の 4 ケースの  $G/G_{\max}$ - $\gamma$  関係,  $h$ - $\gamma$  関係により設定した.  $G_{\max}$  は深度方向との相関性に着目した経験式である岡本式<sup>1)</sup>を用いた。

解析結果として堤頂の最大加速度を比較すると表 1 のようになり,  $\gamma_r$  一定の場合,  $h_{\max}$  最大値のケース 2,4 に対する  $h_{\max}$  最小値のケース 1,3 の解析結果は 1.4~1.8 倍と大きい.  $h_{\max}$  一定の場合,  $\gamma_r$  最大値のケース 3,4 に対する  $\gamma_r$  最小値のケース 1,2 の解析結果は 1.0~1.4 倍と  $\gamma_r$  一定の場合と比べ変動幅は小さい. また,  $h_{\max}$  最大の場合,  $\gamma_r$  による最大加速度の変化は非常に小さい。

表 1 各ケース解析結果 Analysis results

ケース	解析条件		解析結果		
	非線形特性パラメータ		堤頂 最大加速度 (gal)	$\gamma_r, h_{\max}$ の違いによる 解析結果への影響	
	基準ひずみ $\gamma_r$ (%)	最大減衰率 $h_{\max}$ (%)		$\gamma_r$ が一定 (ケース 2→1) (ケース 4→3)	$h_{\max}$ が一定 (ケース 3→1) (ケース 4→2)
ケース 1	1.09E-2 (最小)	10.7 (最小)	2,168	1.8	1.4
ケース 2	1.09E-2 (最小)	27.3 (最大)	1,186	1.0 (基準)	1.0
ケース 3	2.15E-1 (最大)	10.7 (最小)	1,604	1.4	1.0 (基準)
ケース 4	2.15E-1 (最大)	27.3 (最大)	1,177	1.0 (基準)	1.0 (基準)

**4. 結論** フィルダムのレベル 2 地震動に対する耐震性能照査を効率よく実施することを目的として、自社に蓄積されたフィルダム堤体の繰返し三軸試験実績を用い、変形特性を得る方法を検討した。結果として、 $\gamma_r$  と  $h_{\max}$  の組み合わせが地震応答解析結果に大きな影響を与えることが判明した。このような課題に対し、重回帰分析により精度の良い回帰式を求める等の解決策が考えられる。

**参考文献** 1)岡本敏郎ら (2002) ロックフィルダムの地震時安定性評価に関する設計・照査の現状と今後の展望, 電力中央研究所報告, 研究報告(01036), 1-68