

# ロックフィルダムの斜面勾配と震力係数の関係

独立行政法人土木研究所 正会員 山口嘉一, 正会員 ○青井克志,  
正会員 佐藤弘行, 正会員 坂本博紀

## 1. はじめに

1991年に「フィルダムの耐震設計指針(案)」<sup>1)</sup>(以下、指針(案)という)が発刊され、堤高100m程度以下のフィルダムを対象に修正震度法による耐震設計方法が提案された。指針(案)では、1980年代以前の8地震動を用いて算定された震力係数を導入することより地震荷重の鉛直分布を考慮しているが、その後、1995年の兵庫県南部地震をはじめとする大規模な地震が頻発し、ダムサイトにおいて多くの最大加速度の大きい地震動記録が収集されている。

このような状況に鑑み、修正震度法に基づくフィルダムの合理的設計法の提案を目的とし、既往の研究<sup>2),3),4)</sup>において近年のダムサイトの地震動記録を用いた修正震度法における震力係数の見直しの検討を行った。既往の研究では、現行の設計法である震度法により、すべり安定解析の最小すべり安全率が1.2以上となる斜面勾配を設定し、堤高と震力係数の関係について検討を行った。本論文では斜面勾配が異なる場合の震力係数を求め、その差異について考察した。

## 2. 解析方法

### 2.1 解析方法

ロックフィルダムモデルに対して複素応答法による等価線形解析を行い地震時の堤体応答を求め、図-1に示す上流側の20円弧<sup>5)</sup>と、同様に設定した下流側の20円弧を対象とし、それぞれの円弧土塊の平均応答加速度を入力地震動の最大加速度で除することにより震力係数 $k/k_F$ を求めた。ここで、 $k$ :堤体震力係数、 $k_F$ :設計地盤震度である<sup>1)</sup>。基本的な解析方法は既報<sup>2)</sup>のとおりである。

### 2.2 解析モデルと物性値

解析モデルは、既報<sup>2),3),4)</sup>における検討モデルである上流面1:2.6、下流面1:1.9のモデルに加え、上下流面勾配の異なる上流面1:2.4、下流面1:1.8(図-2)と、上流面1:3.0、下流面1:2.2(図-3)の中央土質遮水壁型ロックフィルダムモデルで、堤体のみをモデル化した。

等価線形解析に用いた主な物性値を表-1に示す。この物性は、我が国の内部土質遮水壁型ロックフィルダムの標準的な堤体材料と判断した設計値ないしは試験値を基本として設定した。なお、等価線形解析に用いた動的変形特性は既報<sup>2)</sup>のとおりとした。また、本研究の等価線形解析は堤体のみをモデル化しているため、基礎地盤でのエネルギー逸散は等価逸散減衰率として材料減衰率に一律15%を上乗せして考慮した。

### 2.3 入力地震動

入力地震動は、1966年から2008年にダムサイト岩盤またはダム堤体監査廊で記録された上下流方向の水平地震動で、最大加速度が100gal以上を記録した48地震動とした。なお、解析では同

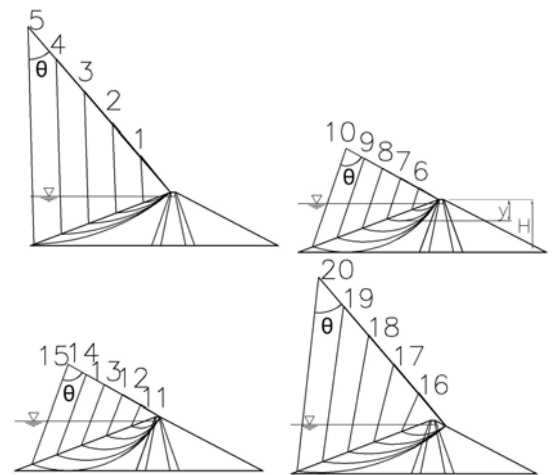


図-1 解析の対象とした想定すべり円弧(上流側すべり)<sup>5)</sup>

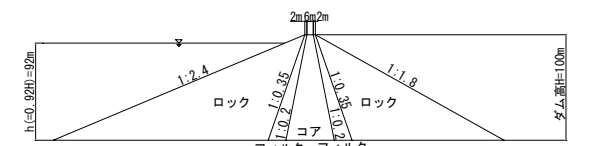


図-2 解析モデル(上流面1:2.4, 下流面1:1.8)

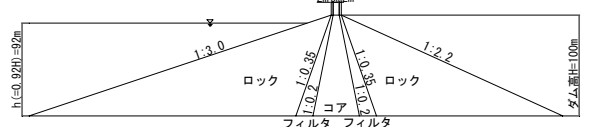


図-3 解析モデル(上流面1:3.0, 下流面1:2.2)

表-1 等価線形解析に用いた物性値(一部)

| 材料   | 湿潤密度<br>$\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 飽和密度<br>$\rho_{sat}$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 初期せん断剛性<br>$G_0$ (MPa) <sup>*</sup>               |
|------|---------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| コア   | 2.22                                  | 2.23                                      | {60(2.17-e) <sup>2</sup> /(1+e)} $\sigma_m^{0.7}$ |
| フィルタ | 2.13                                  | 2.24                                      |                                                   |
| ロック  | 1.94                                  | 2.15                                      | {93(2.17-e) <sup>2</sup> /(1+e)} $\sigma_m^{0.6}$ |

<sup>\*</sup> e:間隙比,  $\sigma_m$ :平均有効主応力  $\sigma_m = \{(1+2k)/3\} \sigma_v$   
k:主応力比(0.5),  $\nu$ :ポアソン比(0.35)

キーワード ロックフィル, 震力係数, 修正震度法, 地震応答, 等価線形解析

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 TEL:029-879-6781 E-mail: aoi44@pwri.go.jp

時に観測された鉛直地震動も考慮した。

選定した 48 地震動の水平地震動の最大加速度が 196gal (0.2G) となるように一様に引き伸ばした。鉛直地震動については、水平地震動の引き伸ばし比率と同じ比率で引き伸ばした。

### 3. 解析結果

解析結果については、ダム天端からすべり円弧の堤体内最下点までの鉛直距離を円弧高さ  $y$  とし、堤高  $H$  で無次元化した  $y/H$  と震力係数  $k/k_F$  の関係を整理する。図-5, 6 は、上流面 1:2.4, 下流面 1:1.8 モデル、図-7, 8 は、上流面 1:3.0, 下流面 1:2.2 モデルにおける上流側すべり, 下流側すべりそれぞれの 48 地震動の解析結果を統計処理したものである。

上流側すべりで勾配の異なる図-5 と図-7 を比較すると、平均値 ( $\mu$ )、平均値 ( $\mu$ ) + 標準偏差 ( $\sigma$ ) とともに非常に類似した結果が得られた。また、下流側すべりで勾配の異なる図-6 と図-8 の比較からも、上流側すべりと同様に類似した結果が得られた。

次に勾配と震力係数  $k/k_F$  ( $\mu + \sigma$ ) の関係について、本稿の結果と既報<sup>2),3),4)</sup>である上流側 1:2.6, 下流側 1:1.9 モデルの結果をあわせ、上流側すべりについては図-9 に、下流側すべりについては図-10 に示す。なお、指針(案)においては、図-11 のように  $k/k_F$  の分布を  $y/H=0.0, 0.4, 1.0$  における折れ線で示しているが、本研究の結果も同様な折れ線で示すことができることから、 $y/H=0.0, 0.4, 1.0$  に着目した。各震力係数  $k/k_F$  は、異なる勾配でわずかに差が見られるものの、上流側すべり, 下流側すべりともに、いずれの  $y/H$  においてもほぼ同等の値であることがわかる。

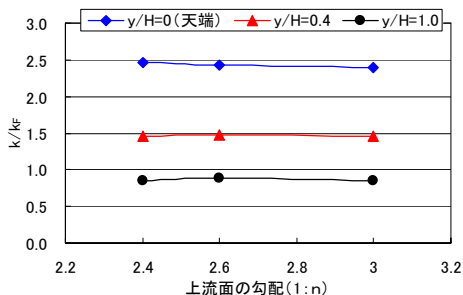


図-9 勾配と  $k/k_F$  の関係 ( $\mu + \sigma$ ) (上流側すべり)

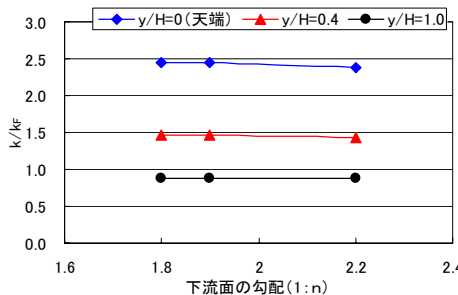


図-10 勾配と  $k/k_F$  の関係 ( $\mu + \sigma$ ) (下流側すべり)

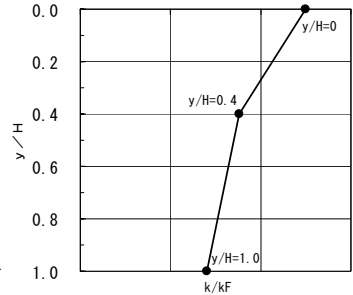


図-11  $y/H$  と  $k/k_F$  の関係

### 4. まとめ

本検討結果から、ロックフィルダムにおける斜面勾配の違いによる震力係数への影響はほとんどなく、既往の研究<sup>2),3),4)</sup>で用いられている上流側 1:2.6, 下流側 1:1.9 モデルによる震力係数の検討結果を用いることにより、斜面勾配が異なるダムについても適用可能であることがわかる。

### 参考文献

- 1) 建設省河川局開発課監修：フィルダムの耐震設計指針(案)，(財)国土開発技術研究センター，1991年6月。
- 2) 大川孝士，山口嘉一，佐藤弘行，林 直良：近年の大規模地震動を用いたロックフィルダムの震力係数の検討，第45回地盤工学研究発表会発表講演集，2010年8月。
- 3) 山口嘉一，大川孝士，佐藤弘行，坂本博紀：ロックフィルダムの堤高と震力係数の関係，第46回地盤工学研究発表会発表講演集，2011年7月。
- 4) 山口嘉一，大川孝士，坂本博紀，佐藤弘行：ロックフィルダムにおける上下流すべり面の違いによる震力係数への影響検討，土木学会 第66回年次学術講演会講演概要集，2011年9月。
- 5) (財)ダム技術センター：ダム構造・設計等検討委員会 フィルダム設計合理化検討分科会 報告書，2001年3月。