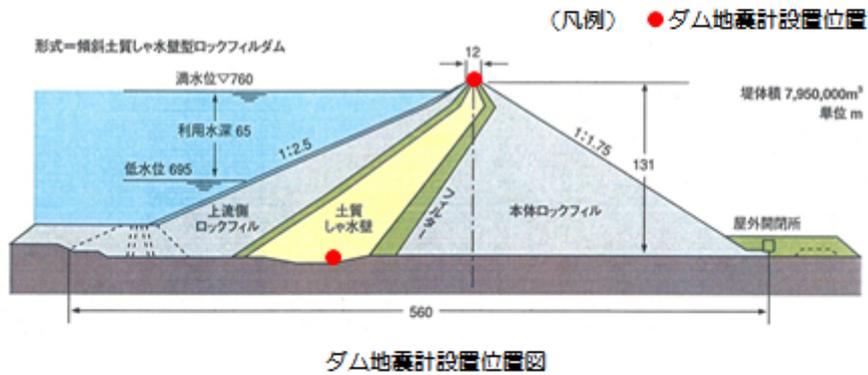


3-2-8. ロックフィルダムへの耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

### 3. 照査用地震動の策定

(4) 地震動の作成 (半経験的手法(経験的グリーン関数)に用いた小地震記録)



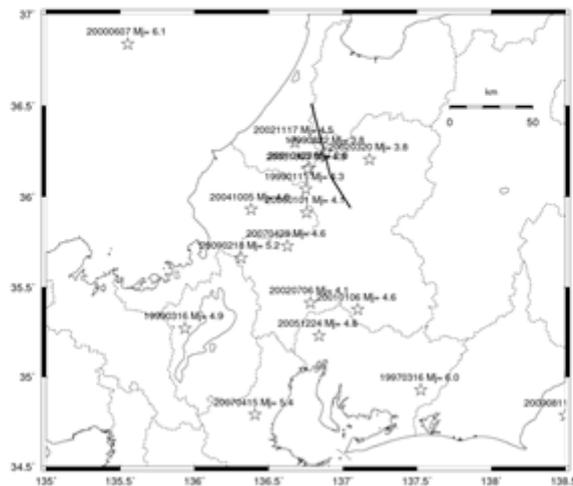
© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

9

3-2-9. ロックフィルダムへの耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

### 3. 照査用地震動の策定

(4) 地震動の作成 (半経験的手法(経験的グリーン関数)に用いた小地震記録)



© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

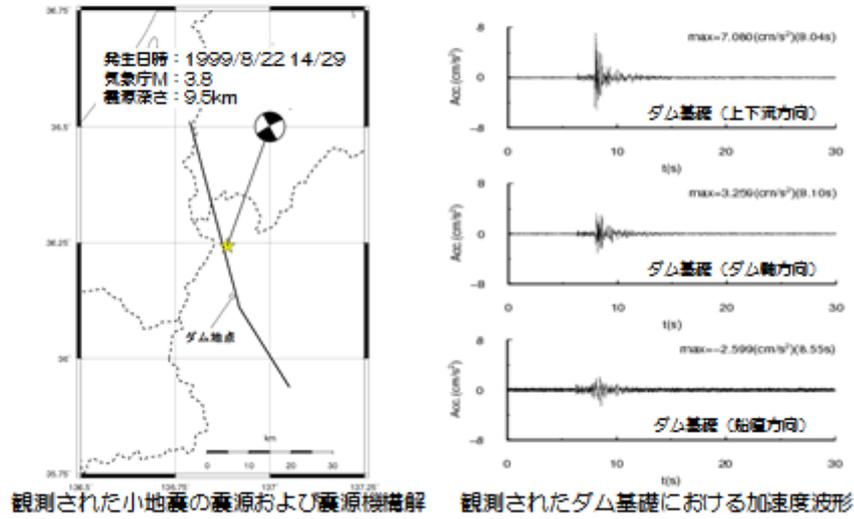
10

<<参考資料>>

3-2-10. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

### 3. 照査用地震動の策定

(4) 地震動の作成 (半経験的手法(経験的グリーン関数)に用いた小地震記録)



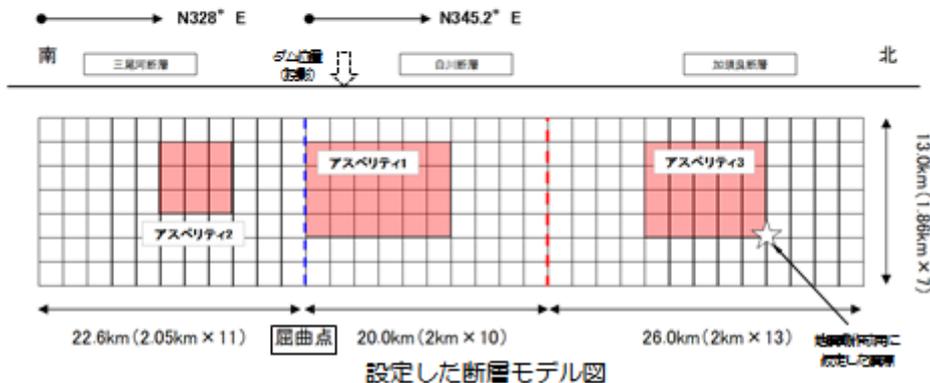
11

3-2-11. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

### 3. 照査用地震動の策定

(4) 地震動の作成

- 地震調査研究推進本部(文部科学省)で用いられている“レシビ”に則り、庄川断層帯をモデル化しました。
- アスペリティはできるだけダムの近くに設定し、震源は地震動が強くなるような位置に設定しました。



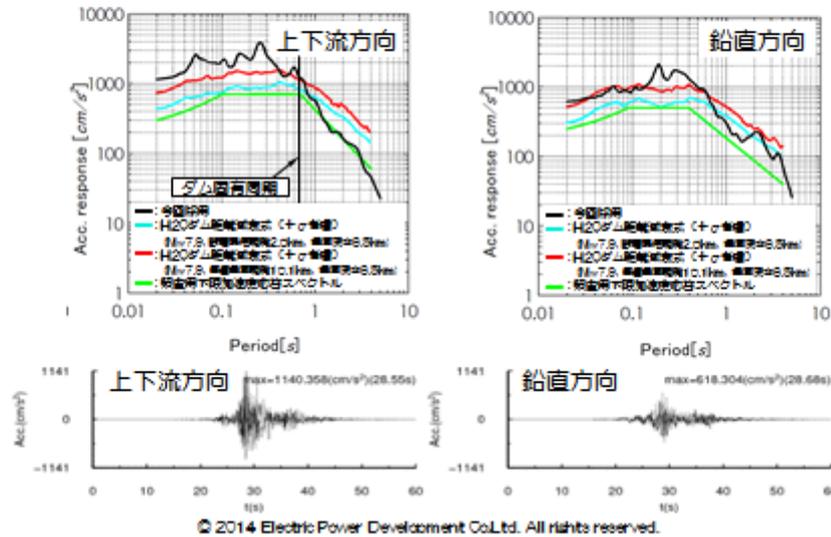
12

<<参考資料>>

3-2-12. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

### 3. 照査用地震動の策定

(5) 照査用レベル2地震動



13

3-2-13. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

### 4. 地震応答解析(国交省指針(案)の照査項目)

- ✓ **ダムの要求性能** (国交省指針(案)「1.5耐震性能」より)
  - ①貯水機能が維持されること(制御できない貯水の流出を認めない)
  - ②損傷が修復可能な範囲にとどまること

- ✓ **耐震性能照査の項目** (国交省指針(案)「3.3フィルダム本体の耐震性能の照査」より)

1. 等価線形化法等による動的解析を行い、その結果、地震時にすべり破壊が生じないと判断される場合は、ダム本体の損傷が生じるおそれはないため、所要の耐震性能は確保されるとしてよい。
2. 上記1.における等価線形化法等による動的解析の結果、ダム本体の損傷が生じるおそれがある場合には、さらに1.による解析結果を用いた塑性変形解析により、地震によるすべり等の変形を推定する。その結果、変形に伴う沈下が貯水の越流を生じるおそれがないほどに小さく、かつ地震後において浸透破壊を生じるおそれがない場合には、ダムの貯水機能は維持されるとしてよく、かつ修復可能な範囲にとどまる場合には、所要の耐震性能は確保されるとしてよい。

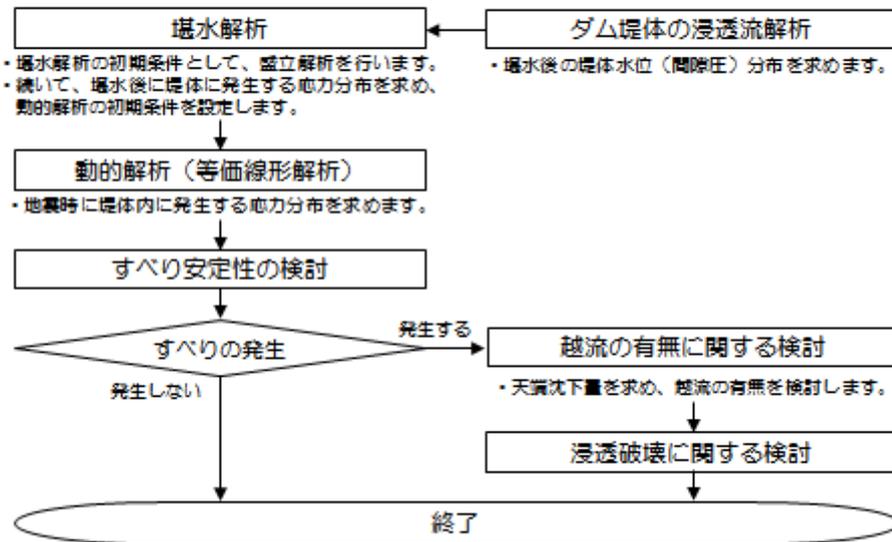
© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

14

<<参考資料>>

3-2-14. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

### 4. 地震応答解析(解析フロー)



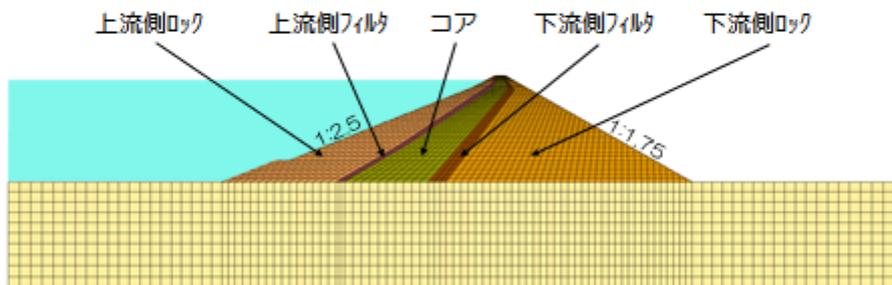
© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

15

3-2-15. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

### 4. 地震応答解析(解析モデル)

- 解析モデルは、基礎～ダム～貯水の2次元連成モデルとしました。
- 地震応答解析は、常時満水位を対象とした等価線形解析により行いました。



ダム解析モデル図

© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

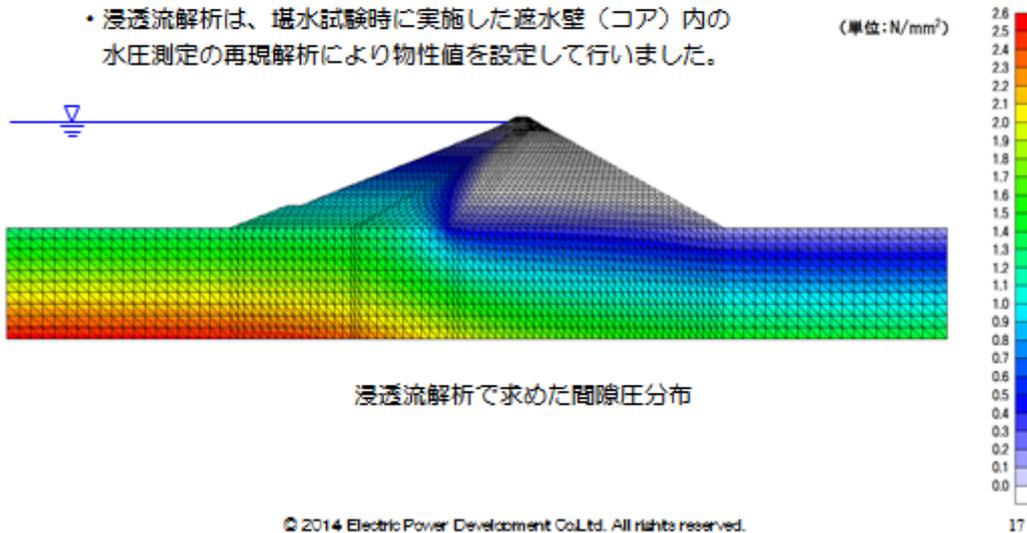
16

<<参考資料>>

### 3-2-16. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

#### 4. 地震応答解析(浸透流解析)

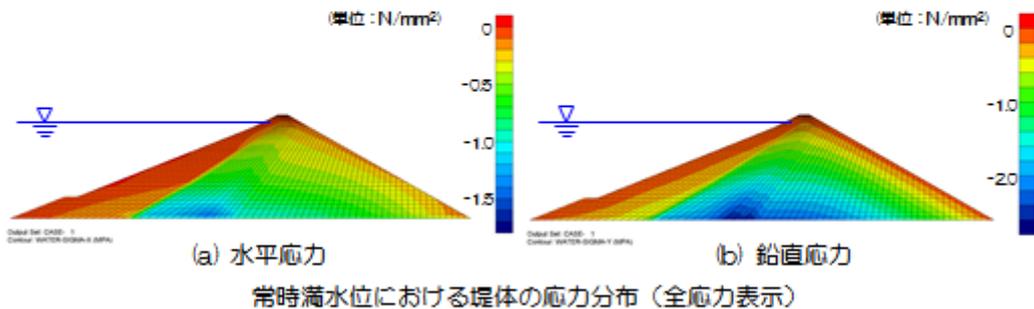
- 浸透流解析は、堰水試験時に実施した遮水壁(コア)内の水圧測定の結果を再現解析により物性値を設定して行いました。



### 3-2-17. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

#### 4. 地震応答解析(湛水解析)

- 物性値は、工事記録や下記参考文献1)を参考に設定し、常時満水位を対象とした盛立解析および湛水解析を行いました。



【参考文献】

- 1) 原田次夫、松井家幸：ロックフィルダムの盛立中およびたん水後の挙動、護岸一土と基礎に関する構造物の挙動、電力中央研究所、1977.05

© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

18

<<参考資料>>

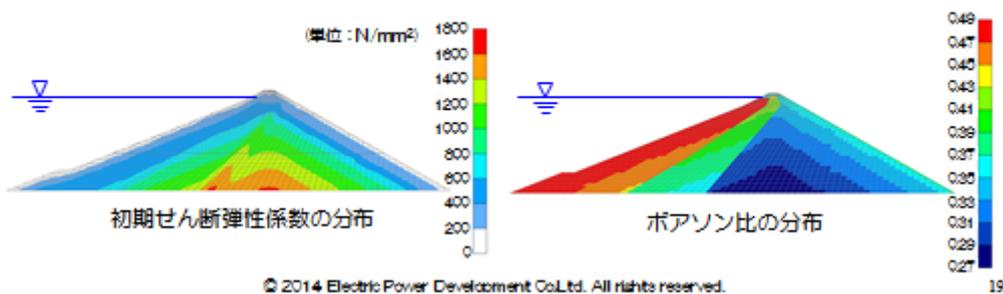
3-2-18. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

## 4. 地震応答解析

(動的解析(等価線形解析)に用いた物性値 その①)

- 初期せん断弾性係数、ポアソン比、基準ひずみ、最大減衰定数等の物性値は、下記参考文献②～⑤)を参考に設定しました。

材料	ロック	フィルタ	コア
初期せん断弾性係数	参考文献②)で求まるVsから要素毎に設定		
ポアソン比	参考文献②)を基に要素毎に設定		
基準ひずみ	$1.56 \times 10^{-3}$ *1)	$1.00 \times 10^{-3}$ *2)	$5.00 \times 10^{-4}$ *3)
最大減衰定数	23% *1)	30% *2)	23% *3)
備考	*1) 文献③)による	*2) 文献④)による	*3) 文献⑤)による



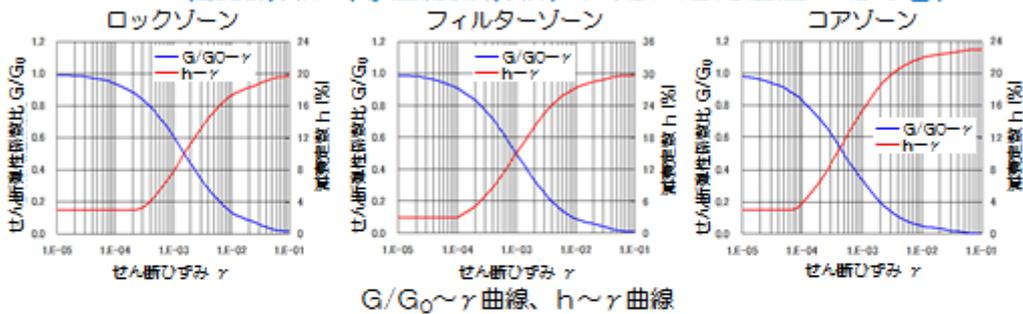
© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

19

3-2-19. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

## 4. 地震応答解析

(動的解析(等価線形解析)に用いた物性値 その②)



- なお、物性値の妥当性は、固有値解析と岡本式<sup>6)</sup>との比較により確認しました。  
(※ダムの1次固有周期：固有値解析0.67秒、岡本式0.66秒)

【参考文献】

- Sawada, Y. and F.E. Takahashi : Study on the material properties and the earthquake behaviors of rockfill dams. 第4回日本地震工学シンポジウム講演集, 696-702, 1975
- Baba, K., Watanabe, H. : On a Consideration for an Earthquake-resistant Design Method for Rockfill Dams. 13th Congress on Large Dams, New Delhi, Q51, P15, 1979
- 上村洋吾, 大本家正, 安貴寺学 : 短周期成分の卓越する地震動におけるロックフィルダムの挙動解析例, 土と基礎, 34-8(343), pp27-33, 1986
- 安田正幸, 袴方徳英, 嶋田光明 : 振動三軸試験によるコア材の動的変形特性, 第14回土質工学研究発表会, 1980
- 岡本英三 : 耐震工学, オーム社, 1971

© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

20

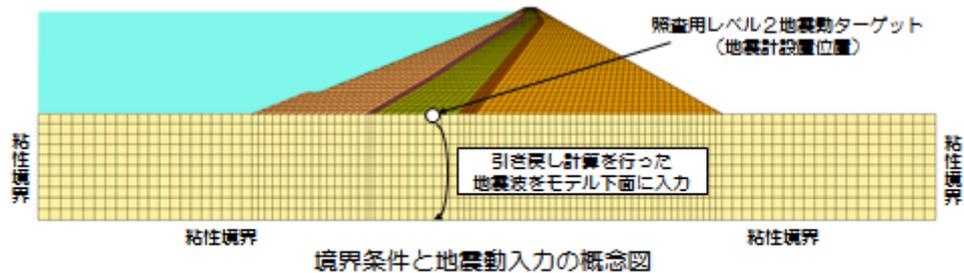
<<参考資料>>

3-2-20. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

## 4. 地震応答解析

### (解析モデルの境界条件と地震動の入力方法)

- 解析モデルの境界条件は、ダム基礎岩盤の下方、側方とも、下記参考文献7)に基づく、粘性境界としました。
- 照査用レベル2地震動は、ダム監査廊の地震記録から半経験的手法(経験的グリーン関数法)で求めたことから、E+F波として扱い、下記解析モデルで引き戻し計算を行った波を、モデル最下面に入力しました。



[参考文献]

- 7) 三浦博紀、沖中宏志：反復仕事の原理に基づく粘性境界を用いた三次元構造物-地盤系の動的解析手法、土木学会論文、第404巻/1-11、395-404、1989

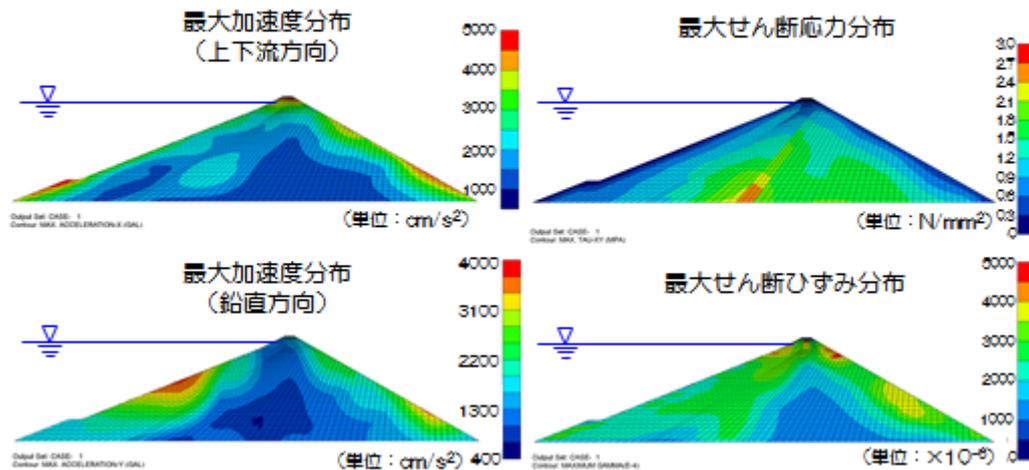
© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

21

3-2-21. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

## 4. 地震応答解析

### (動的解析(等価線形解析)の結果)



(注) 上記は、全加振時間における要素毎の最大値のコンター表示

© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

22

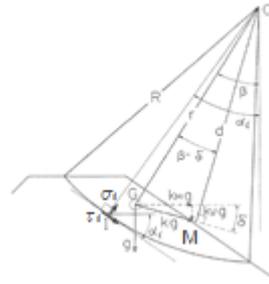
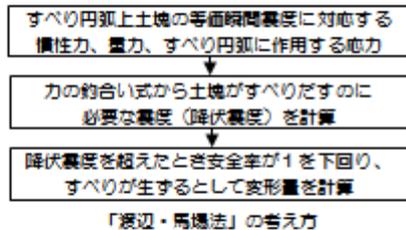
<<参考資料>>

### 3-2-22. ロックフィルダム の耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

## 5. 耐震性能照査

### (1) 照査の方法

- ①越流の有無に関する検討(すべり安定性の検討)  
 ・検討は、参考文献8)に示されている「渡辺・馬場法」<sup>8)</sup>を用いて行いました。



R: 滑り円弧の半径  
 O: 滑り円弧上土塊の重心点と円弧中心点を結ぶ直線の距離  
 M: 土塊の質量  
 alpha: 上記Oの直線が鉛直線とすす角  
 $k_1, k_2$ : 等価瞬間震度の水平、鉛直成分  
 k: 等価瞬間震度の合成値  
 alpha\_1: 土が水中とすす角(=1/2 \* pi \* k\_v / k\_h)  
 alpha\_2: 円弧中心から土の作用線への距離  
 $k_1, k_2$ : 震度kにおける動的応力と地盤応答定数の合成力の円弧距離、直線成分

【地質特性】	※建設時の実績値
○粘着力	コア: 0.028 N/mm <sup>2</sup>
○内部摩擦角	コア・フィルタ: 35° ロック: 38.5°

### ②浸透破壊に関する検討

- ・すべり線沿いの浸透破壊に関する検討は、参考文献10)に示されているJustinの提唱式を用いて行いました。

【参考文献】

- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所:大規模地震に対するダムの耐震性能照査に関する資料、国総研資料第244号、2005  
 9) (財)電力中央研究所:フィルダムの動的解析に基づくすべり安定評価手法の一考察、電力中央研究所報告、昭和56年12月  
 10) 日本ダム会誌:第二次改訂ダム設計基準、1977

© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

23

### 3-2-23. ロックフィルダム の耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

## 5. 耐震性能照査

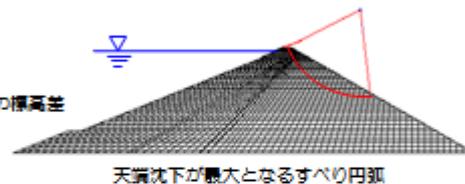
### (2) 検討結果

- ①越流の有無に関する検討結果  
 (すべり安定性の検討結果)

予想される天端沈下量 < 常時満水位～天端の標高差  
 1.37m < 6.00m

- ②浸透破壊に関する検討結果

浸透流速 < 限界流速  
 0.00064 (cm/sec) < (土粒子径: 0.001mmの場合)  
 0.32 (cm/sec)



天端沈下が最大となるすべり円弧

### (3) 照査結果

大規模地震(レベル2地震動)に対する当該ダムの耐震性能照査を行ったところ、以下に示すとおり所定の耐震性能を有していることを確認しました。

- ①ダム本体は若干の変形(沈下)を伴うものの、地震後のダム天端標高は常時満水位より十分高く、越流は生じないこと。  
 ②すべり線沿いに浸み込む貯水(浸透流)により、堤体材料が流出しないこと。

© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

24

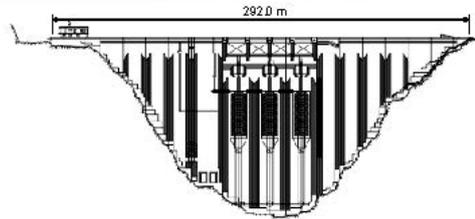
<<参考資料>>

### 3-3-1. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例【中部電力(株)の例】

#### 対象ダムの概要



ダム全景

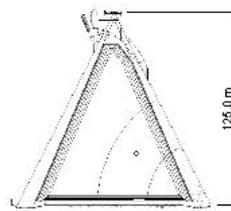


ダム上流面図



ダム諸元

河川名	大井川水系大井川
型式	中空重力式コンクリートダム
堤高	125.0m
堤頂長	292.0m
竣工年	1962年



ダム断面図

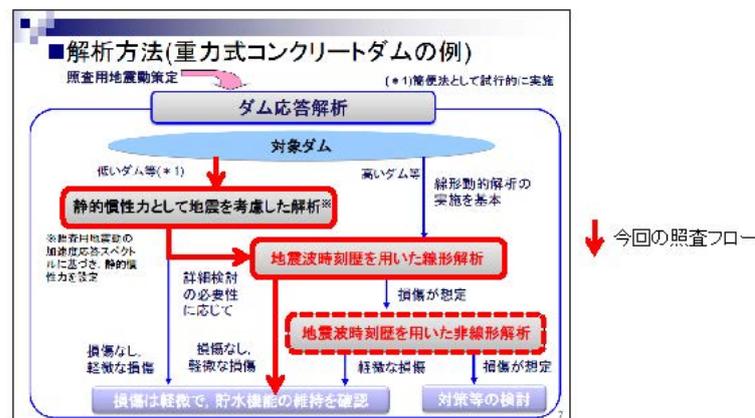
©2014 Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved. 1

### 3-3-2. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例【中部電力(株)の例】

#### 耐震性能照査の進め方



- ▶ 対象ダムの耐震性能照査にあたっては、静的慣性力として地震を考慮した解析(静的解析)を実施する。(簡便法として試行的に実施)
- ▶ 静的解析による裕度が小さい場合、地震波時刻歴を用いた線形解析・非線形解析(動的解析)を実施する。



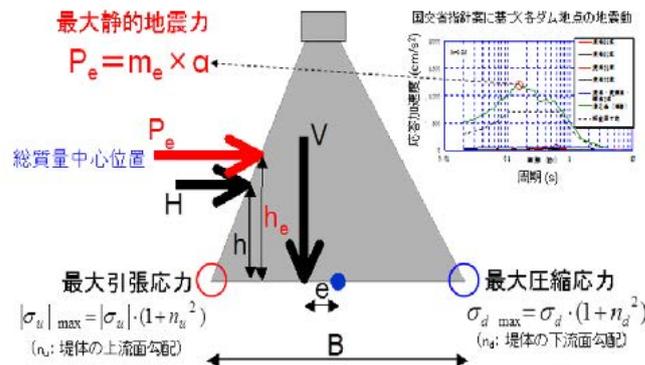
<<参考資料>>

### 3-3-3. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例【中部電力(株)の例】

#### 静的解析について



- ▶ 静的解析では、ダムの形状等の諸元をモデル化した剛体計算を行い、ダム堤体に発生する内部応力(引張応力・圧縮応力)に対する照査を行う。
- ▶ 対象ダムの固有周期に関する情報を得られていないため、静的地震力には、レベル2地震動による加速度応答スペクトルの最大値を用いる。



©2014 Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved. 3

### 3-3-4. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例【中部電力(株)の例】

#### 地震力の設定(1)



- ▶ 対象ダムのレベル2地震動の設定にあたっては、下記①～③を考慮する。
  - ①プレート境界地震(中央防災会議による地震動)  
想定東海地震、想定東海・東南海・南海地震
  - ②内陸活断層(国交省指針案の距離減衰式に基づき算定した地震動)  
中央構造線赤石山地西縁断層帯、畑薙山断層、富士川河口断層帯、他
  - ③照査用下限加速度応答スペクトル(国交省指針案)
- ▶ 上記について、ダム基礎位置( $V_s=1400\text{m/s}$ )における加速度応答スペクトル(水平動)を算定し、その最大値を静的地震力(水平震度)として設定する。
- ▶ プレート境界地震については、中央防災会議から公開されている工学的基盤波を用いて算定したダム基礎位置での加速度応答スペクトルを用いる。また、内陸活断層については、国交省の距離減衰式(H20式)、回帰係数、地震タイプ別補正係数(標準+ $\sigma$ )を用いて算定した加速度応答スペクトルを用いる。

©2014 Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved. 4

<<参考資料>>