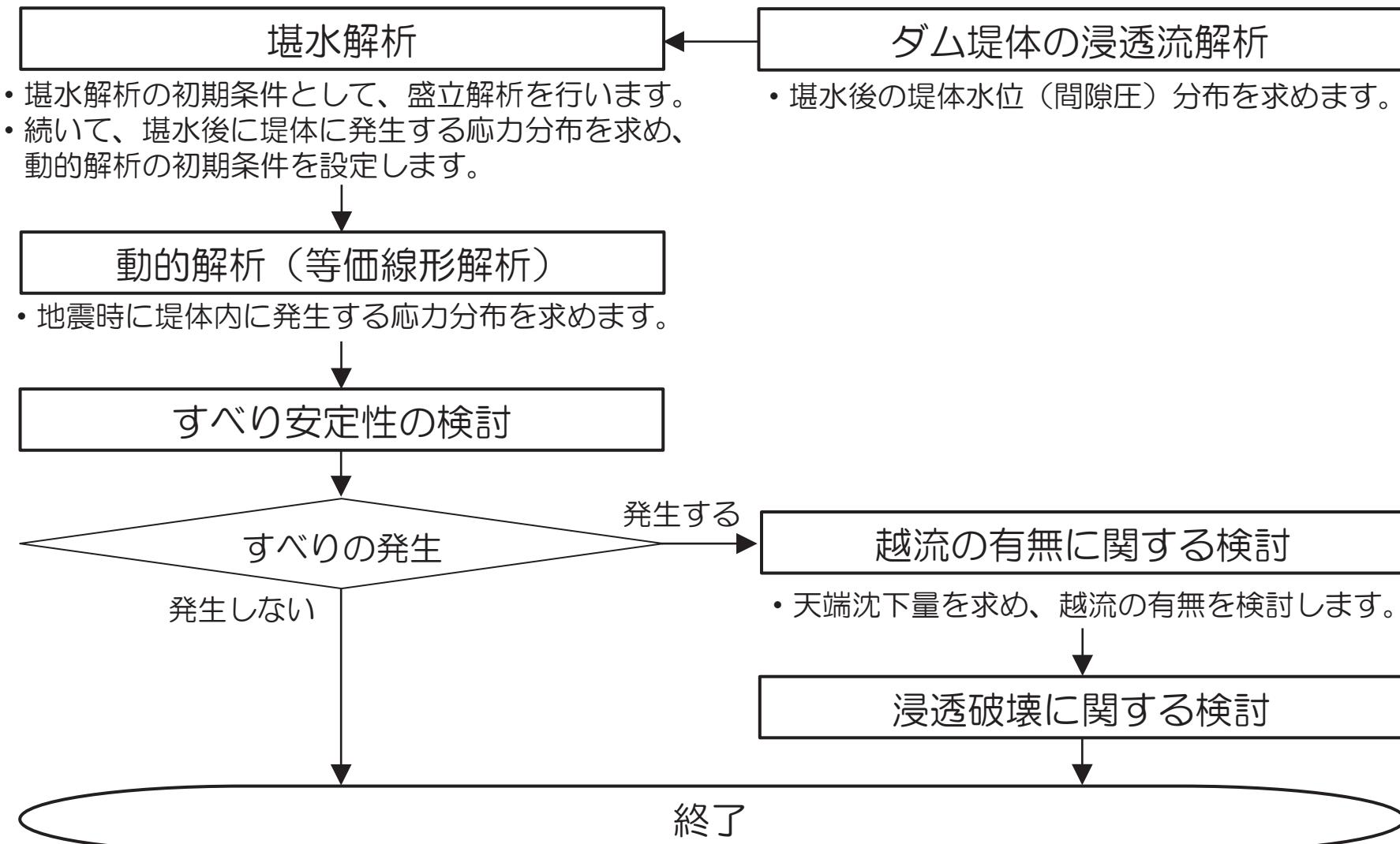


4. 地震応答解析（国交省指針(案)の照査項目）

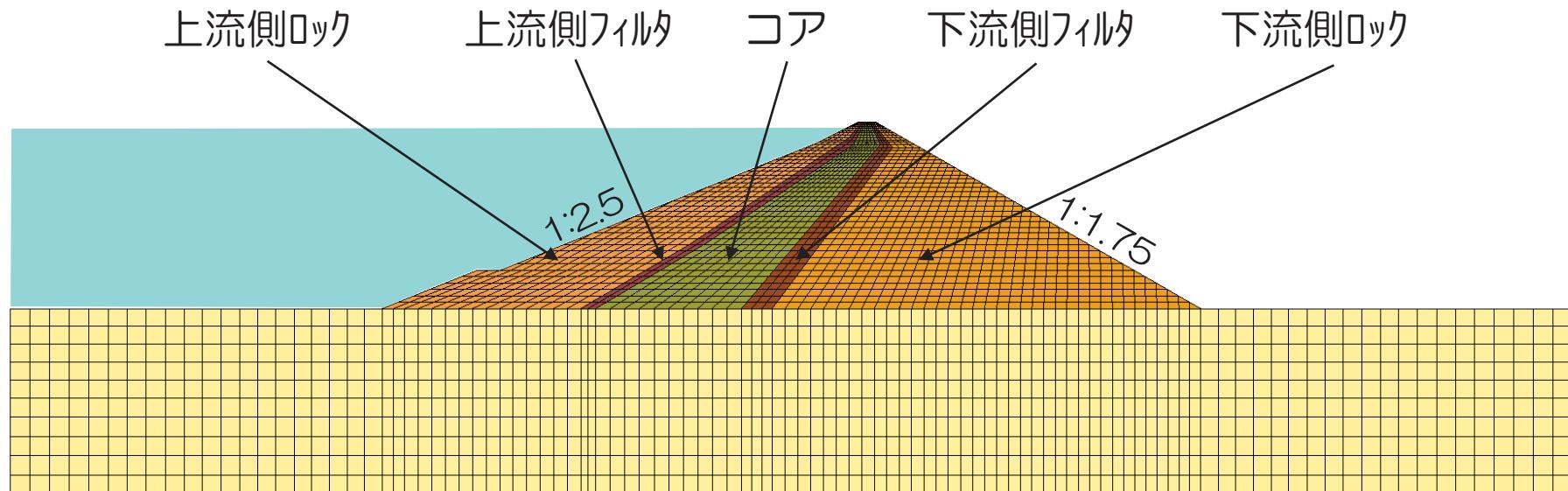
- ✓ ダムの要求性能 (国交省指針(案)「1.5 耐震性能」より)
 - ①貯水機能が維持されること（制御できない貯水の流出を認めない）
 - ②損傷が修復可能な範囲にとどまること
- ✓ 耐震性能照査の項目 (国交省指針(案)「3.3 フィルダム本体の耐震性能の照査」より)
 1. 等価線形化法等による動的解析を行い、その結果、地震時にすべり破壊が生じないと判断される場合は、ダム本体の損傷が生じるおそれはないため、所要の耐震性能は確保されるとしてよい。
 2. 上記1.における等価線形化法等による動的解析の結果、ダム本体の損傷が生じるおそれがある場合には、さらに1.による解析結果を用いた塑性変形解析により、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。

4. 地震応答解析（解析フロー）



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。

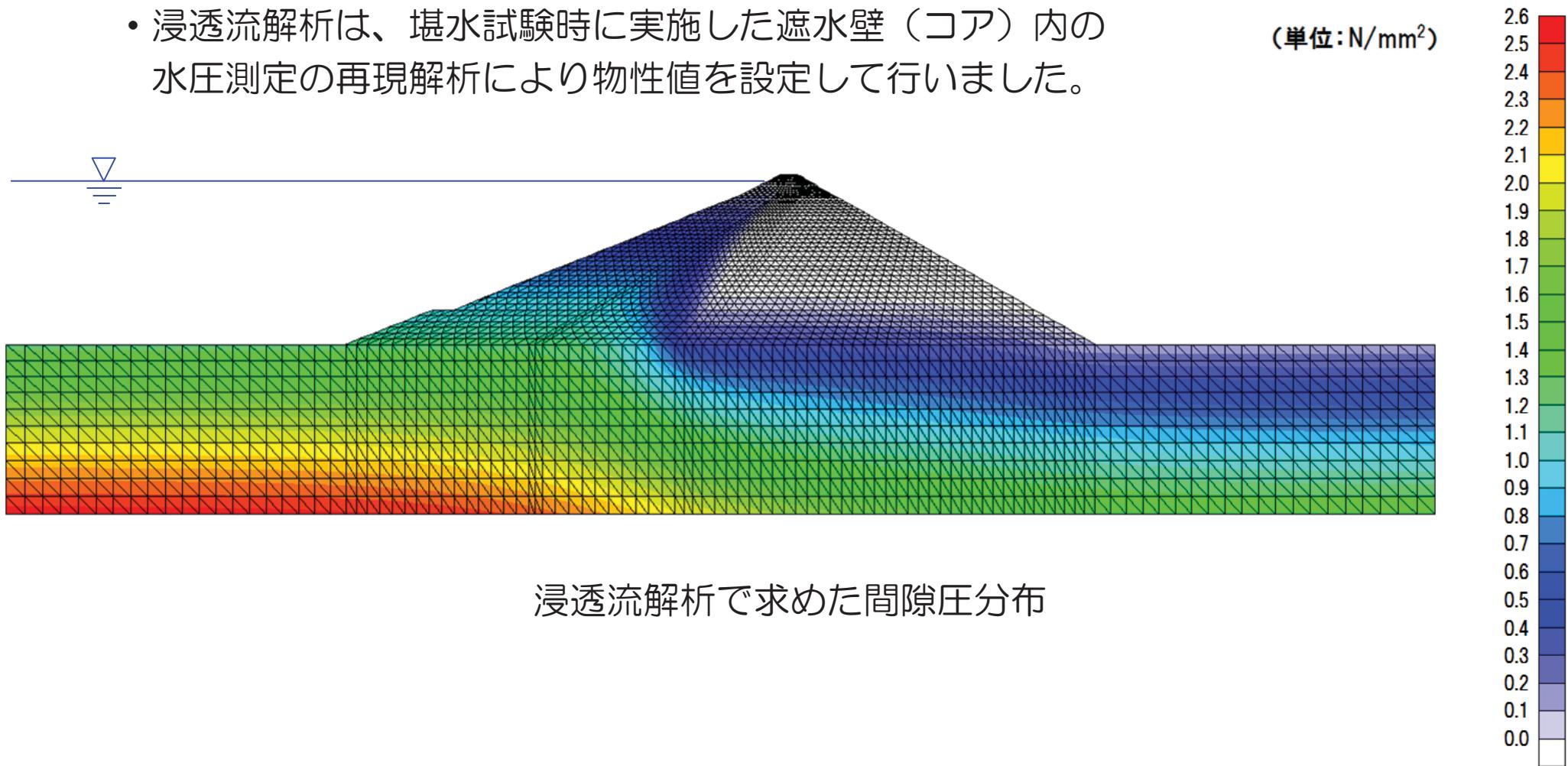


ダム解析モデル図

4. 地震応答解析（浸透流解析）

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

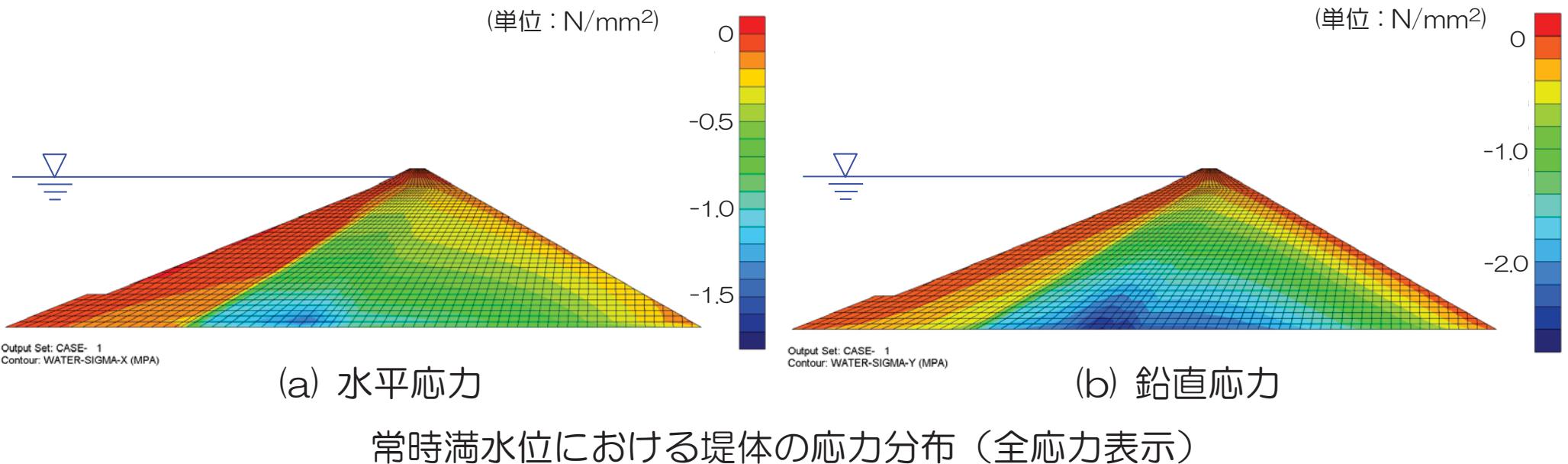
(単位:N/mm²)



浸透流解析で求めた間隙圧分布

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】

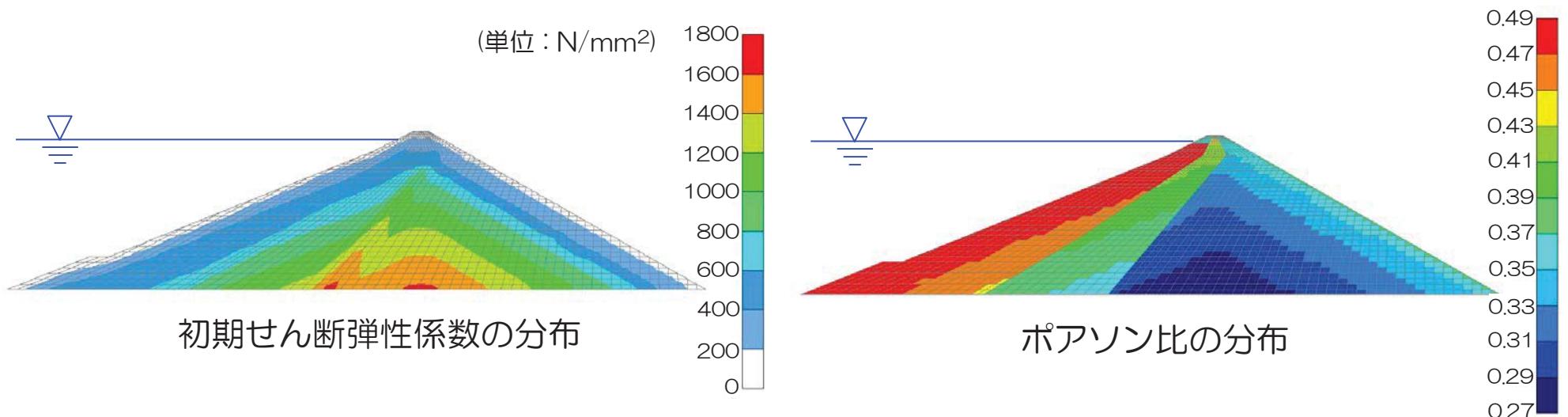
- 1) 原田次夫、松井家孝：ロックフィルダムの築造中およびたん水後の挙動、講座一土と基礎に関する構造物の挙動、電力中央研究所、1977.05

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。

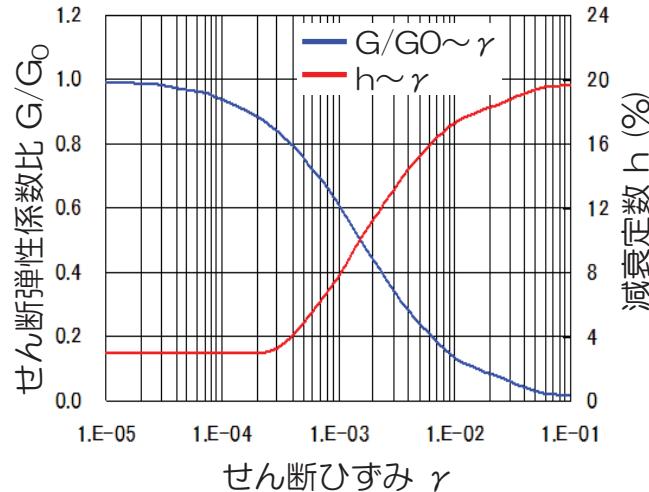
材料	ロック	フィルタ	コア
初期せん断弾性係数	参考文献 2) で求まるVsから要素毎に設定		
ポアソン比	参考文献 2)を基に要素毎に設定		
基準ひずみ	1.56×10^{-3} *1)	1.00×10^{-3} *2)	5.00×10^{-4} *3)
最大減衰定数	23 % *1)	30 % *2)	23 % *3)
備考	*1) 文献 3)による	*2) 文献 4)による	*3) 文献 5)による



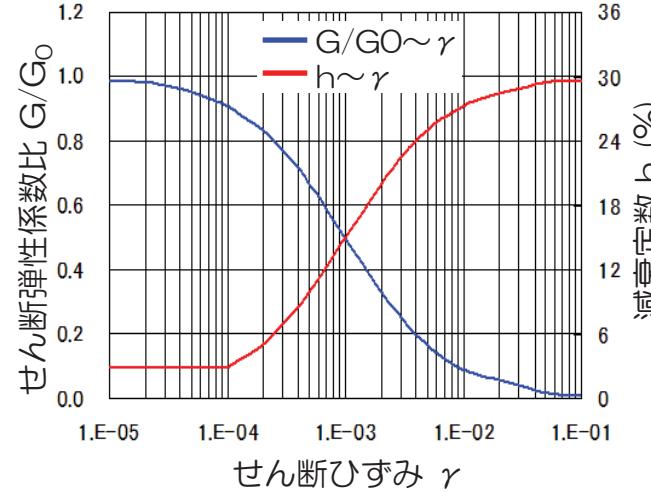
4. 地震応答解析

(動的解析(等価線形解析)に用いた物性値 その②)

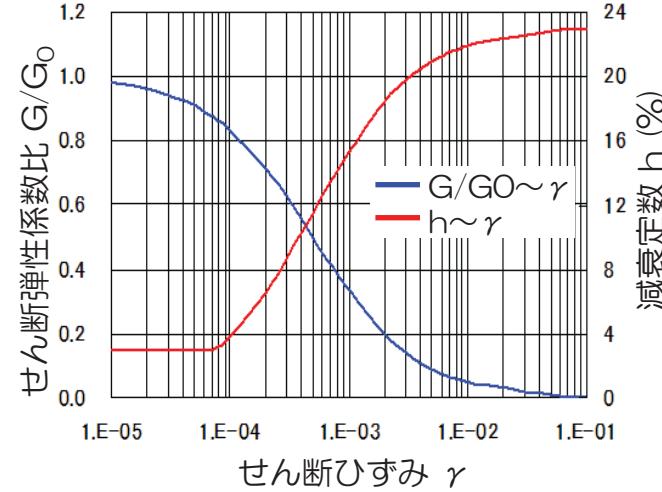
ロックゾーン



フィルターゾーン



コアゾーン



$G/G_0 \sim \gamma$ 曲線、 $h \sim \gamma$ 曲線

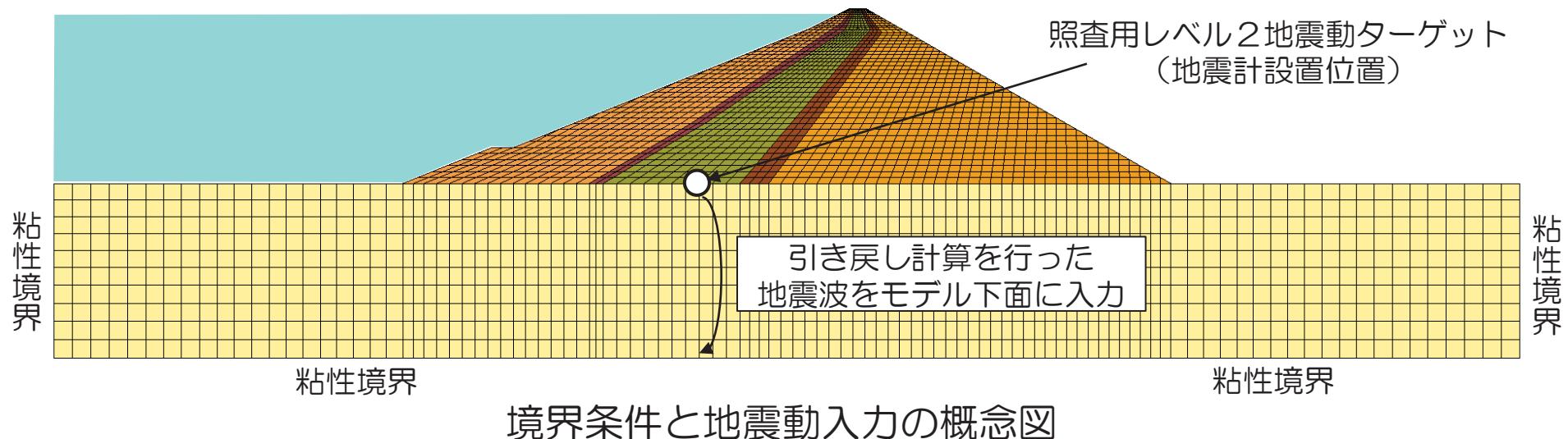
- なお、物性値の妥当性は、固有値解析と岡本式⁶⁾との比較により確認しました。
(※ダムの1次固有周期：固有値解析0.67秒、岡本式0.66秒)

【参考文献】

- 2) 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論文集、695-702、1975
- 3) Baba, K., Watanabe, H. : On a Consideration for an Earthquake-resistant Design Method for Rockfill Dams, 13th Congress on Large Dams, New Delhi, Q51, R15, 1979
- 4) 上村洋司、大本家正、安養寺学：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
- 5) 安田正幸、緒方信英、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
- 6) 岡本舜三：耐震工学、オーム社、1971

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。

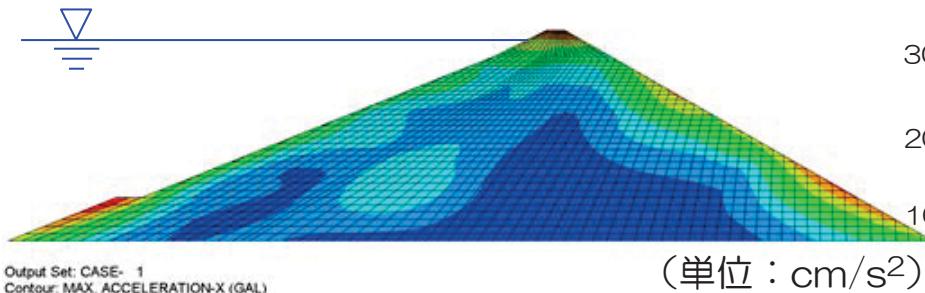


【参考文献】

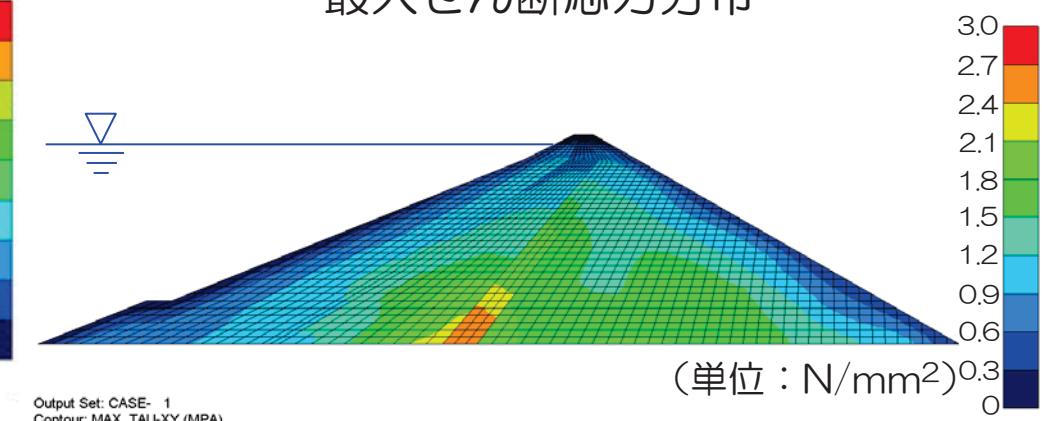
- 7) 三浦房紀、沖中宏志：仮想仕事の原理に基づく粘性境界を用いた三次元構造物—地盤系の動的解析手法、土木学会論文集、第404号/I-11、395-404、1989

4. 地震応答解析 (動的解析(等価線形解析)の結果)

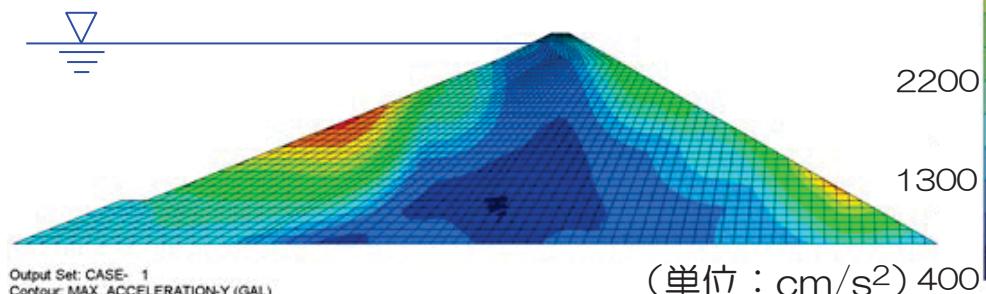
最大加速度分布
(上下流方向)



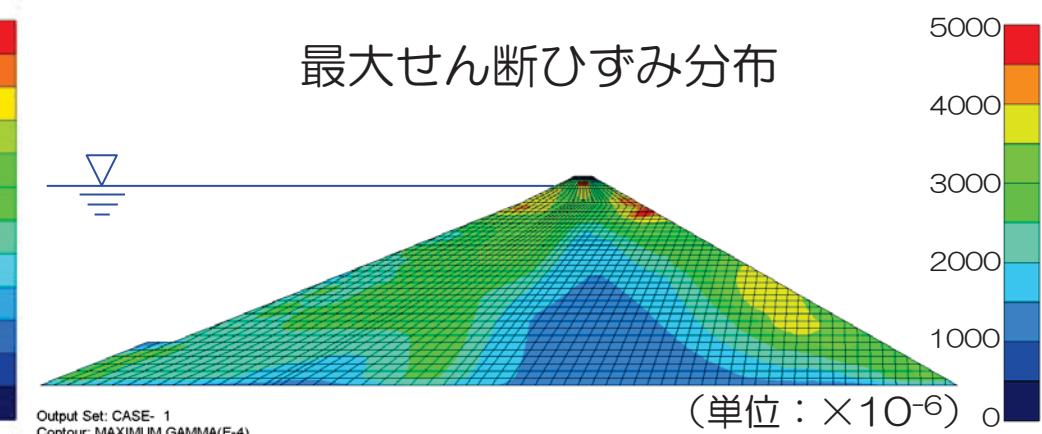
最大せん断応力分布



最大加速度分布
(鉛直方向)



最大せん断ひずみ分布



(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

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」⁹⁾を用いて行いました。

すべり円弧上土塊の等価瞬間震度に対応する
慣性力、重力、すべり円弧に作用する応力

力の釣合い式から土塊がすべりだすのに
必要な震度（降伏震度）を計算

降伏震度を超えたとき安全率が1を下回り、
すべりが生ずるとして変形量を計算

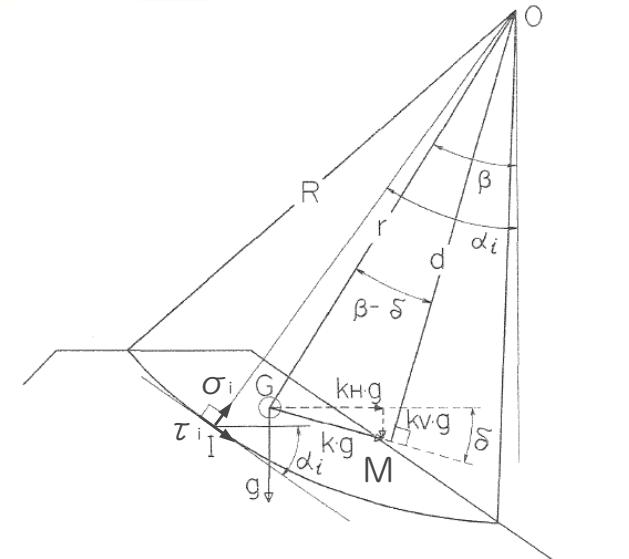
「渡辺・馬場法」の考え方

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) 日本大ダム会議：第二次改訂ダム設計基準、1977



R : 潜在すべり線円弧の半径

r : 潜在すべり線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

β : 上記 r の直線が鉛直線となす角度

k_H, k_V : 等価瞬間震度の水平、鉛直各成分

k : 等価瞬間震度の合震度

δ : k が水平となる角度 ($= \tan^{-1} k_V / k_H$)

d : 円弧中心から k の作用線への垂距

α_i : 円弧が通過する要素 i の重心と円弧中心を結ぶ直線が鉛直線となす角度

τ_i, σ_i : 要素 i における静的応力と地震応答応力の合応力の円弧接線、法線成分

〔強度特性〕 ※建設時の実績値

○粘着力 コア : 0.028 N/mm²

○内部摩擦角 コア・フィルタ : 35°

ロック : 38.5°

5. 耐震性能照查

(2) 檢討結果

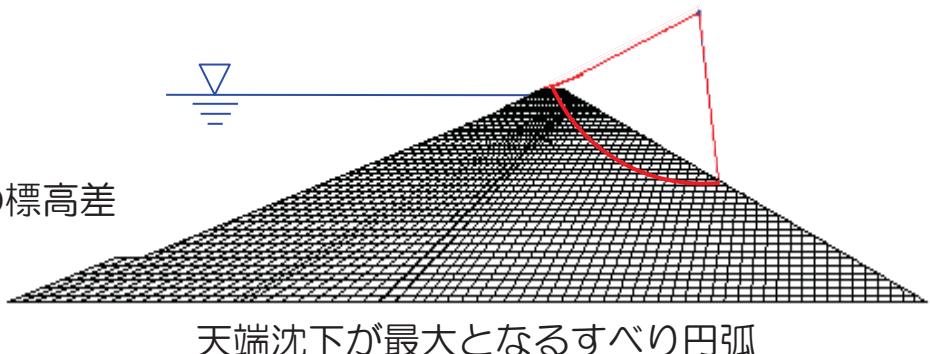
①越流の有無に関する検討結果 (すべり安定性の検討結果)

予想される天端沈下量 1.37m < 常時満水位～天端の標高差 600m

②浸透破壊に関する検討結果

$$\text{浸透流速} \quad 0.00064 \text{ (cm/sec)} \quad < \quad \text{限界流速} \quad (0.32 \text{ (cm/sec)})$$

(土粒子径 : 0.001mmの場合)



(3) 照查結果

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。