

第2回電気設備自然災害等対策WG

ダム耐震性能照査手法について 【共通編】

平成26年2月18日
電気事業連合会

本日の内容

- はじめに
- 今後の照査の進め方
- 耐性評価の判断基準
- 地震の選定と地震動波形の作成(共通部分)
- 解析方法(共通部分)
- 照査手法の個別説明(各社より)

■はじめに

- 我が国では、「ダム設計基準(S32)」、「河川管理施設等構造令(S51)」および「発電用水力設備に関する技術基準(S40)」があり、震度法で一定の裕度を見込んで設計・施工されたダムは十分な耐震性を有している
→上記基準等に基づき震度法により一定の裕度が確認されたダムでは、既往の大規模地震(兵庫県南部, 鳥取県西部, 中越, 岩手・宮城内陸, 東北地方太平洋沖等)で、貯水機能を失う損傷を受けた事例は皆無
- 「ダム耐震設計高度化調査報告書(H13) 経済産業省資源エネルギー庁ほか」では、動的解析により現行設計法で設計施工されたダムが高い耐震性を有することを確認されている
- 一方、兵庫県南部地震以降の地震観測網整備により、これまでの知見を上回る地震動が観測されてきたことを受け、平成17年3月に国土交通省により「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」(以下、指針(案))が公表されたことから、ダムの重要性に鑑みて、電力各社では自主的な保安確認として、指針(案)に準拠してダムの耐震性能照査を進めている

■ 今後の照査の進め方

- 引き続き電力各社では、自主的な保安確認として、指針(案)に準拠したダムの耐震性能照査を進める
- また直近で言えば、H25.5に南海トラフ巨大地震について、H25.12に首都直下地震について、中央防災会議によりそれぞれ報告され、今後公表される諸条件などの情報に注目している
このように、照査手続きを実施したダムについても、今後新たな知見が得られれば、耐震照査の内容について確認していく
- 立地地域の皆さまに正しくご理解頂くため、前述のようなダムの基本的な耐震性能のご説明に加えて、より詳細なご質問等に対しても最新の照査確認結果をわかりやすくとりまとめ、他のダム事業者や河川管理者・自治体他関係者の方々とも協調して、丁寧な対応に努めていく

■ 耐性評価の判断基準

【ダムの要求性能】

地震時に損傷が生じたとしても、

① **ダムの貯水機能が維持されること**

② **生じた損傷が修復可能な範囲にとどまること**

【照査項目】

◆ コンクリートダム

重力式ダム

アーチダム

損傷が生じたとしても、それが、限定的なものにとどまるか？

◆ フィルダム

すべり等の変形に伴う沈下が
貯水の越流を生じるおそれがないほどに小さいか？

■地震の選定・地震動の作成方法

照査用地震動策定

文献等による想定地震候補の抽出

※小地震波から大地震動波形を合成する方法

観測記録を用いる「経験的グリーン関数法」と小地震記録を人工的に作成する「統計的グリーン関数法」がある

経験的手法
(距離減衰式)

半経験的手法
(グリーン関数法※)

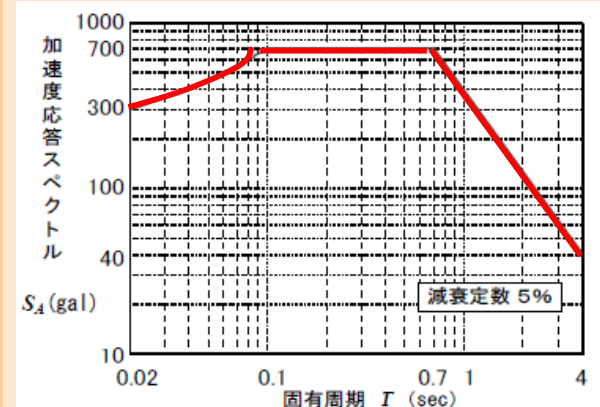
想定地震によるL2地震動

国交省指針(案)に示された
下限加速度応答スペクトル

照査用L2地震動

ダム応答解析へ

最低限考慮する地震
M7.3平均(M6.5+ σ)



■解析方法(重力式コンクリートダム の例)

照査用地震動策定

(* 1)簡便法として試行的に実施

ダム応答解析

対象ダム

低いダム等(* 1)

高いダム等

静的慣性力として地震を考慮した解析※

線形動的解析の
実施を基本

※照査用地震動の
加速度応答スペクトルに基づき、静的慣性力を設定

地震波時刻歴を用いた線形解析

詳細検討
の必要性
に応じて

損傷が想定

損傷なし、
軽微な損傷

損傷なし、
軽微な損傷

地震波時刻歴を用いた非線形解析

軽微な損傷

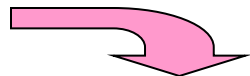
損傷が想定

損傷は軽微で、貯水機能の維持を確認

対策等の検討

■解析方法(フィルダムの例)

照査用地震動策定



ダム応答解析

対象ダム

等価線形化法による動的解析

すべりを考慮した塑性変形解析

※必要に応じて液状化を判定・影響を考慮

すべり破壊なし、
または
沈下量が許容範囲内

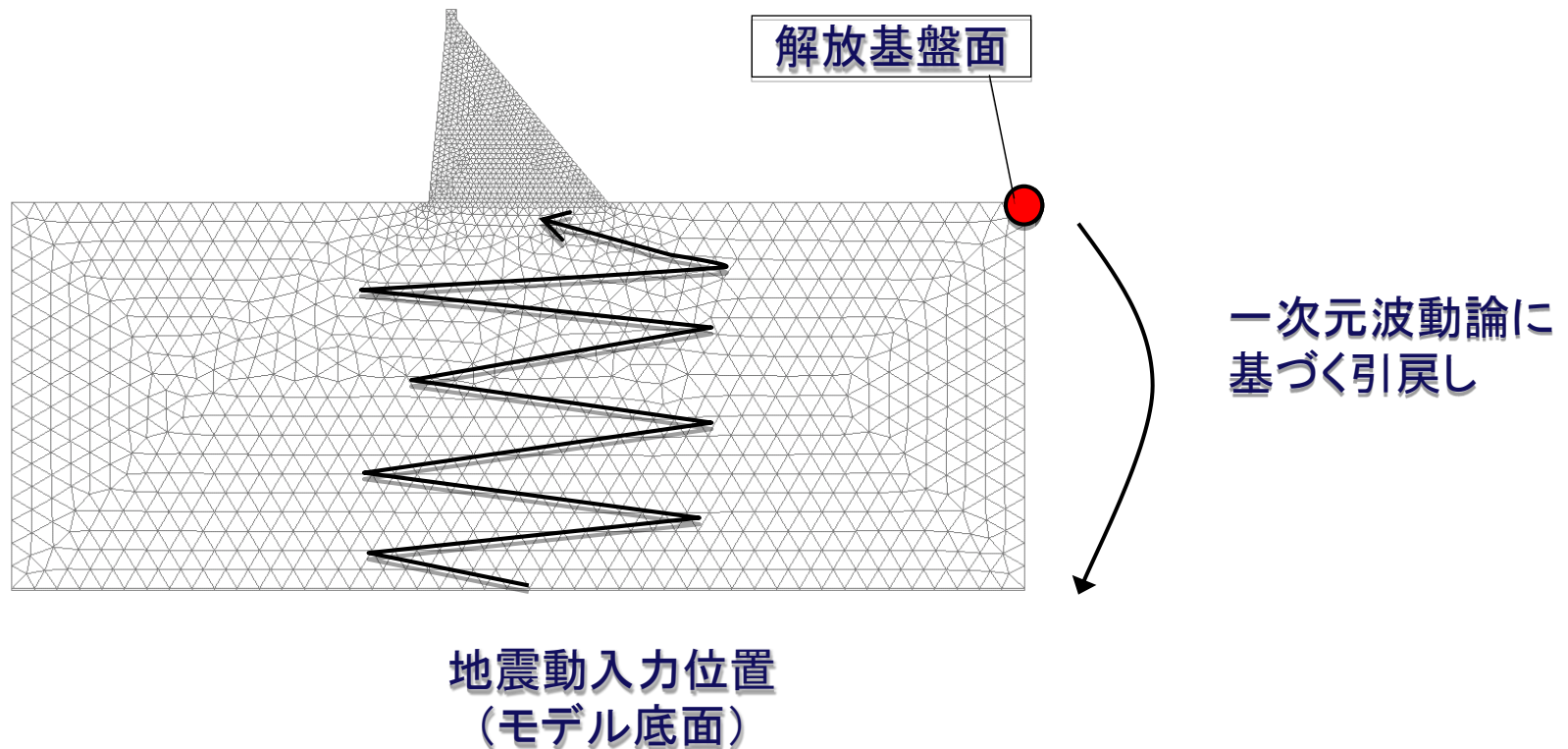
損傷は軽微で、貯水機能の維持を確認

沈下量が
許容範囲逸脱

対策等の検討

(参考)地震動の入力

- 選定した照査用レベル2地震動が，工学的基盤(解放基盤面)相当の地震動であると考え，解析モデル下端相当の地震動に引き戻し計算を行い，入力.



① 対象ダムの選定（考え方）

- ・ 堤高15m以上のダムに対し、想定地震動および下流域の被害を考慮して動的解析対象ダム⁽¹⁾を選定。
- ・ 上記以外のダム⁽²⁾は静的解析を検討中。

（１） 動的解析対象ダム

- ・ 全24基のうち16基（重力式14基、アーチ1基、ロックフィル1基）

< L 2 照査状況 >

- ・ ダム形式別に代表的なダムを優先して実施
- ・ 重力式の2基が完了済み、アーチ式の1基が実施中
- ・ 来年度以降にフィルダム1基および残りの重力式12基を実施予定

（２） 上記以外のダム

- ・ 残り8基については、静的解析を検討しており来年度以降に実施予定

② レベル2地震動の策定（1/2）

- ・ 活断層、プレート境界地震等の文献調査(1)を行い、想定地震候補を抽出。
- ・ 「ダム距離減衰式」を用いて、対象ダムにおける想定地震の加速度応答スペクトルを作成。
- ・ 想定地震と照査用下限加速度応答スペクトルを比較(2)し、ダムの固有周期において最大となる地震動を照査用レベル2地震動に選定。

(1) 文献調査

- ・ 「新編 日本の活断層」
- ・ 「活断層詳細デジタルマップ」
- ・ 「地震調査研究推進本部」
- ・ 「活断層データベース（産総研）」
- ・ 歴史地震（気象庁） など

(2) スペクトルの比較（例）

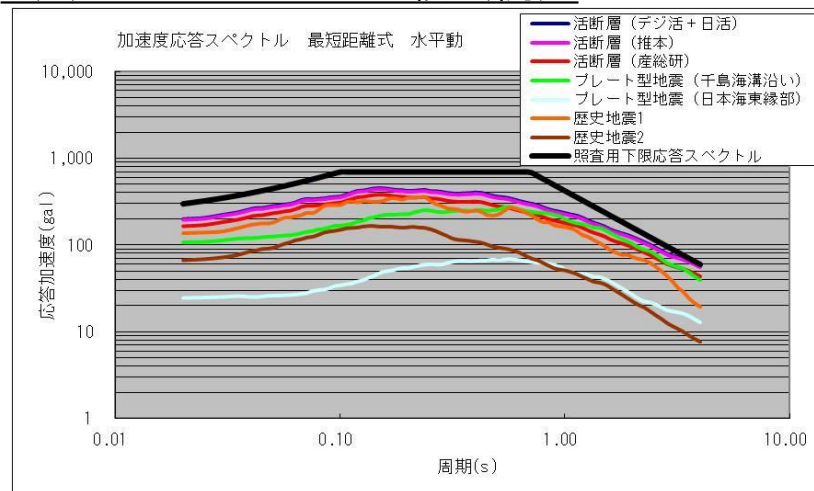


図1 照査用下限加速度応答スペクトルが最大となる例

② レベル2地震動の策定（2/2）

- ・ 照査用のレベル2地震動作成に必要な原種波形⁽³⁾は、対象ダムの強地震記録、または同じタイプ・規模の地震による他ダムの地震記録を用いて時刻歴波形⁽⁴⁾を作成。

(3) 原種波形

- ・ 2003年 十勝沖地震（M8.0）での実記録
- ・ 2000年 鳥取県西部地震（M7.3）賀祥波
- ・ その他

(4) 時刻歴波形（例）

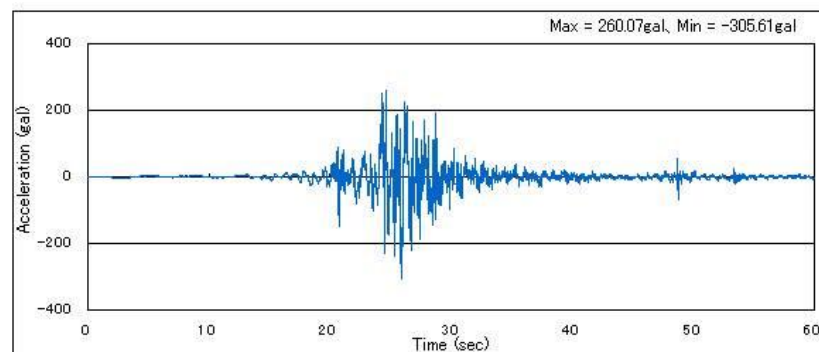


図2. 照査用の時刻歴波形（水平）

③ 地震応答解析方法

- ・ 解析モデル (1) は、ダムの形式によって2次元または3次元モデルを選定。
- ・ 地震動の入力位置 (2) は、ダム堤体底面においてレベル2地震動を設定。
- ・ 解析物性 (3) は、工事記録からの引用を基本。
- ・ 解析方法は、線形動的解析を行い、損傷が想定される場合は非線形動的解析を実施。

(1) 解析モデル

- ・ 重力式ダムおよびフィルダムは、ダム堤体－基礎岩盤－貯水の2次元解析モデル
- ・ アーチ式ダムは、ダム堤体－基礎岩盤－貯水の3次元解析モデル

(2) 地震動の入力位置

- ・ ダム堤体底面で照査地震動となるように、岩盤モデルの下端まで引戻してから再入力

(3) 解析物性

- ・ 工事記録が無い場合は、現地調査を実施し解析物性を設定
- ・ 減衰定数は5%を基本（堤体コンクリート、岩盤）

1.対象ダムの選定

- 照査を実施するダムは高さ15m以上のダムとした。ダムの種類は全て重力式ダム。

2.レベル2地震動の策定

- 以下の①～③の地震において、影響が大きいと考えられる地震動を選定する。なお、①および②は距離減衰式を用いて算定する。
 - ①歴史地震
 - ②当該サイト周辺の活断層およびプレート境界地震
 - ③照査用下限加速度応答スペクトルを有する地震
- 地震動波形はKik-netでの観測値、あるいは他ダムの観測波を基本として、L2地震の加速度応答スペクトルに適合するよう調整する。

3.地震応答解析方法

- L2地震動の最大加速度を水平震度に換算し、他の荷重と組み合わせて静的解析を行った結果、材料強度を越える引張応力の発生が確認された場合に線形動的解析を実施。
- 線形動的解析で材料強度を上回る応力が発生する場合は、非線形動的解析でクラック進展領域を把握しながら解析を行う。
- 物性値は建設時の品質管理記録やボーリング調査結果に基づき設定。

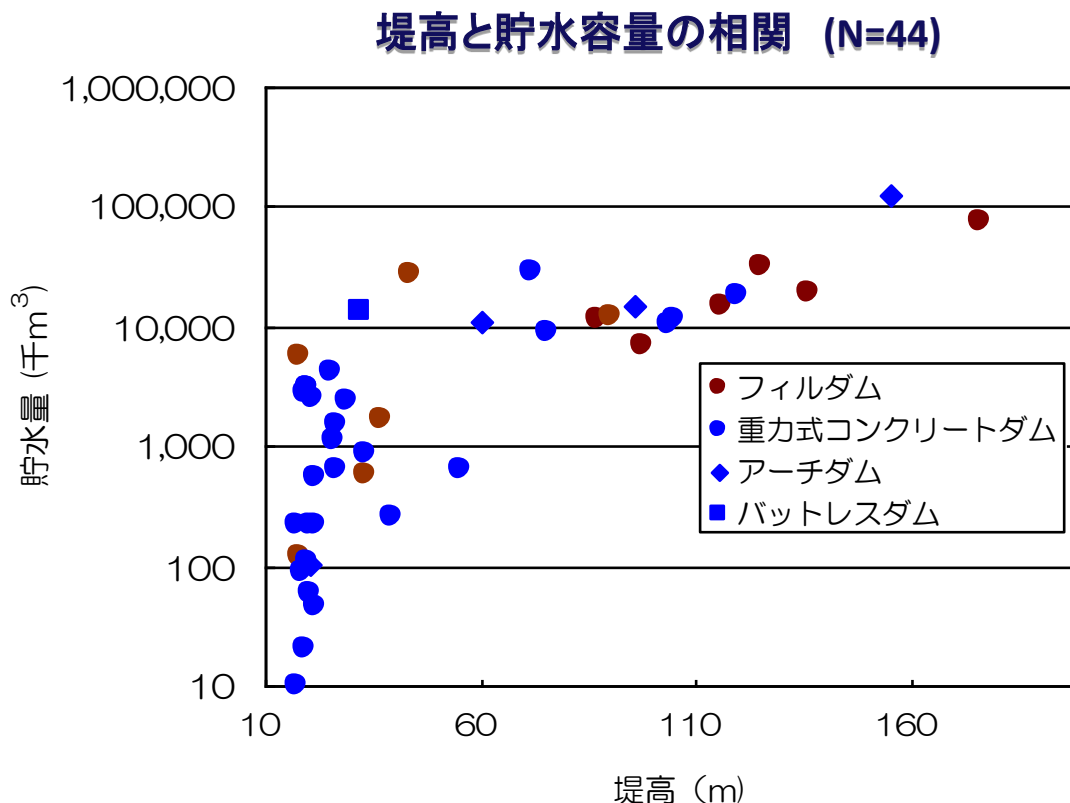
大規模地震に対するダムの耐震性能照査 について

平成26年2月18日

東京電力株式会社

①対象ダムを選定の考え方

全てのハイダム(堤高15m以上)を対象として、ダムの高さが大きく、貯水量が大きいダムから、順次、大規模地震に対する耐震性能を照査している。



②レベル2地震動の策定

照査用地震動策定

文献等による想定地震候補の抽出

2) ダム直下に未知の断層が存在すると仮定

1) 文献調査：

「地震調査研究推進本部(文科省)」
「活断層データベース(産総研)」
「新編 日本の活断層」
「活断層詳細デジタルマップ」

経験的手法 (距離減衰式)

◆ 影響評価(スペクトル)

- ・ 経験的手法(安中・野沢の距離減衰式)により、ダム地点での揺れの強さを評価
- ・ 地震動のばらつきに対して安全側の評価となるように $+σ$ を考慮

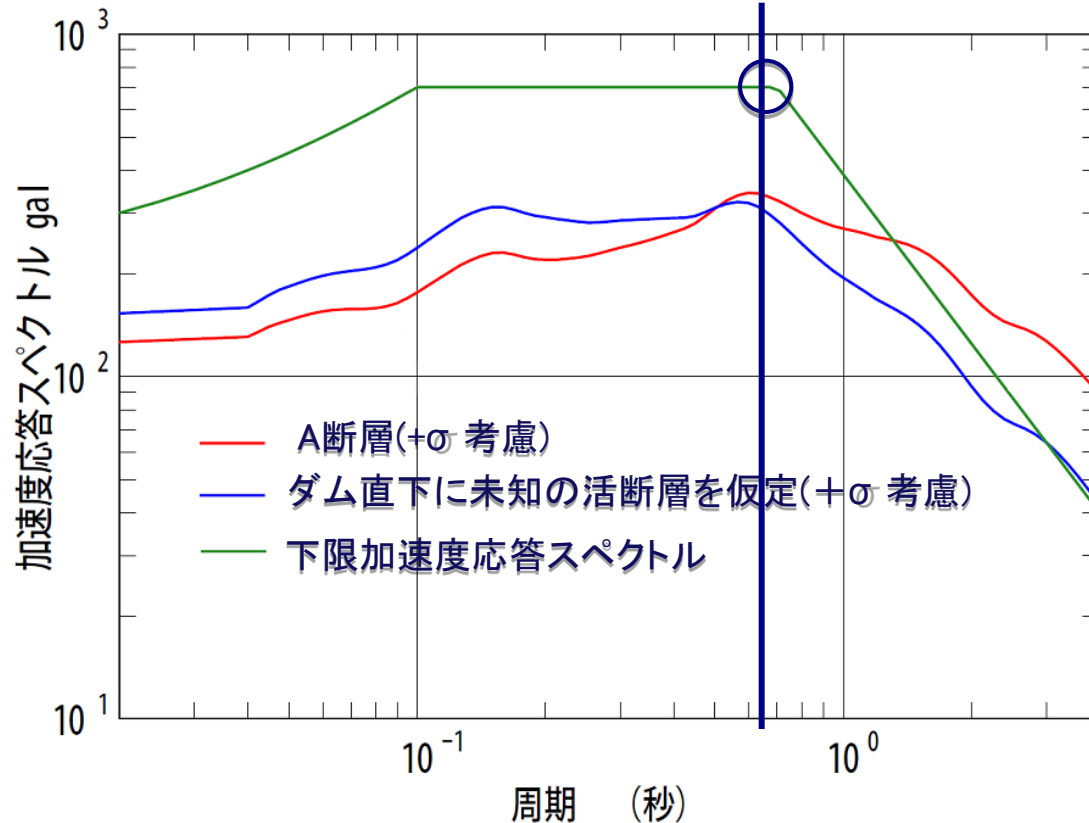
想定地震によるL2地震動

国交省指針(案)に示された
下限加速度応答スペクトル

照査用L2地震動

②レベル2地震動の策定(照査対象地震動の選定例)

当該ダム固有周期



◆スペクトルの比較：
ダムの揺れやすい周期（固有周期）に着目して、加速度応答スペクトルを比較する。



◆対象地震動の選定：
本事例の場合は、下限加速度応答スペクトル

固有周期：

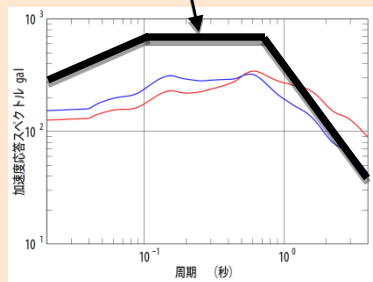
地震観測計器が設置されているダムでは観測記録の分析，設置されていないダムでは解析モデルによる

②レベル2地震動の策定(照査用地震動作成の例)

地震動の影響
(揺れの強さ)

位相情報
(元の波形)

ターゲット
スペクトル



加速度応答
スペクトル

◆類似する地震の既往観測波(地震の種類, 大きさで判別)

下限加速度応答スペクトル
(M7.3程度の直下型地震)

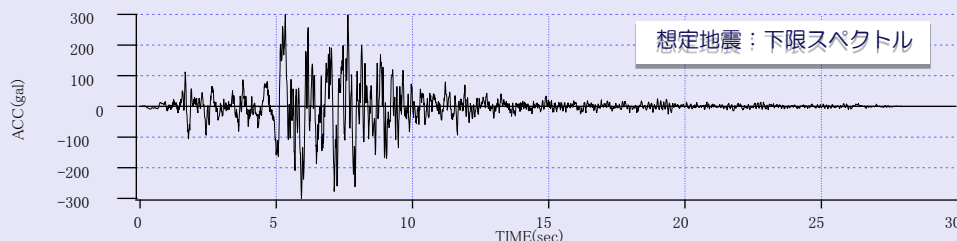
鳥取県西部地震 M7.3
(賀祥ダム観測)

例えば, 大正型関東地震
(M8クラスのプレート間地震)

十勝沖地震 M8.0

◆ダム地点もしくは近傍で, 想定断層を震源とする
地震観測(小波形)がある場合は, 経験的グリーン関数法
による合成波

◆ 照査用地震動



③地震時応答解析方法

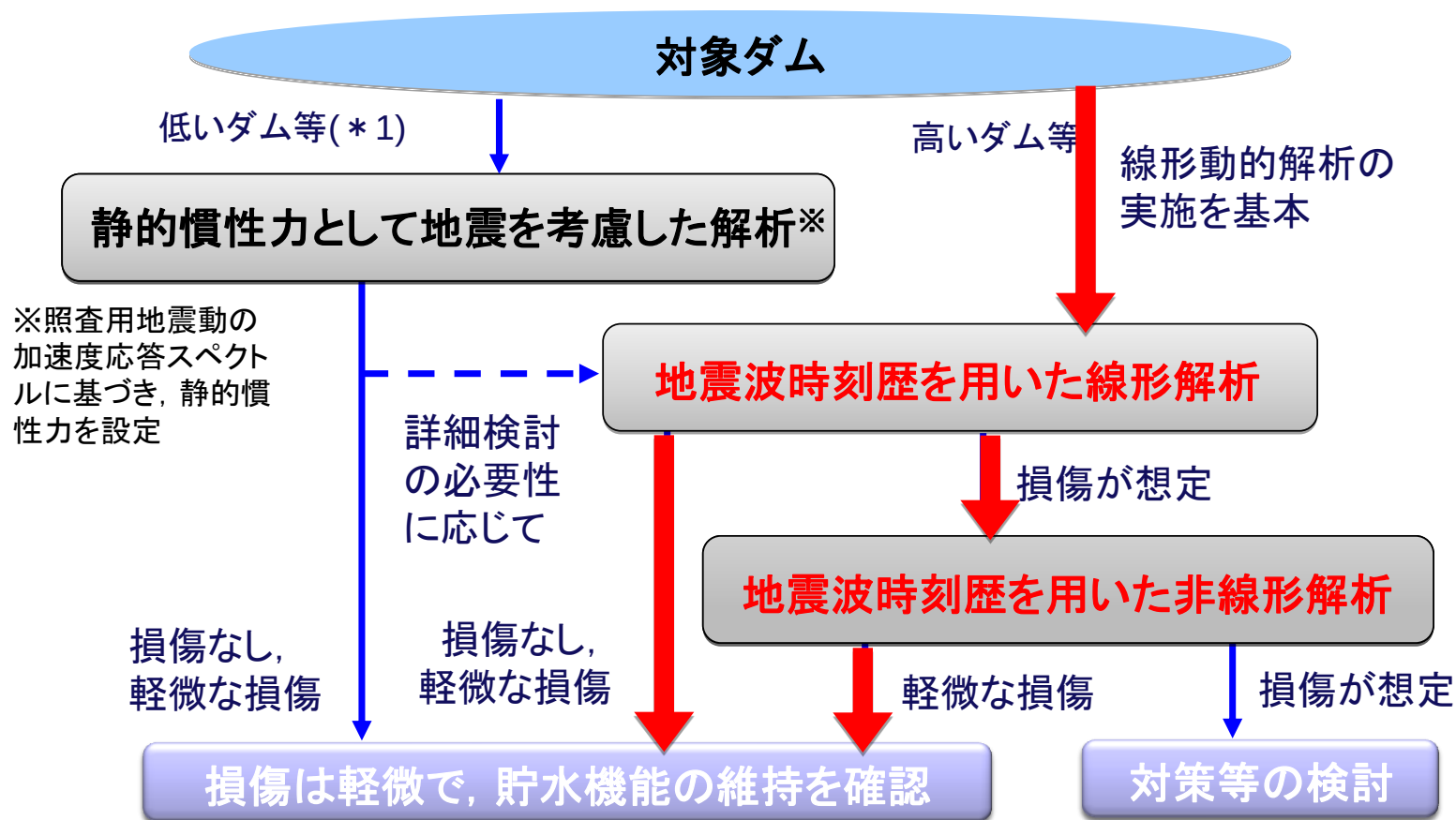
◆ 重力式コンクリートダム

モデル 二次元（堤体＋岩盤）

対象 最大断面

解析用物性値 工事誌，試験結果，一般値

減衰定数 ダム5% 基礎岩盤5%



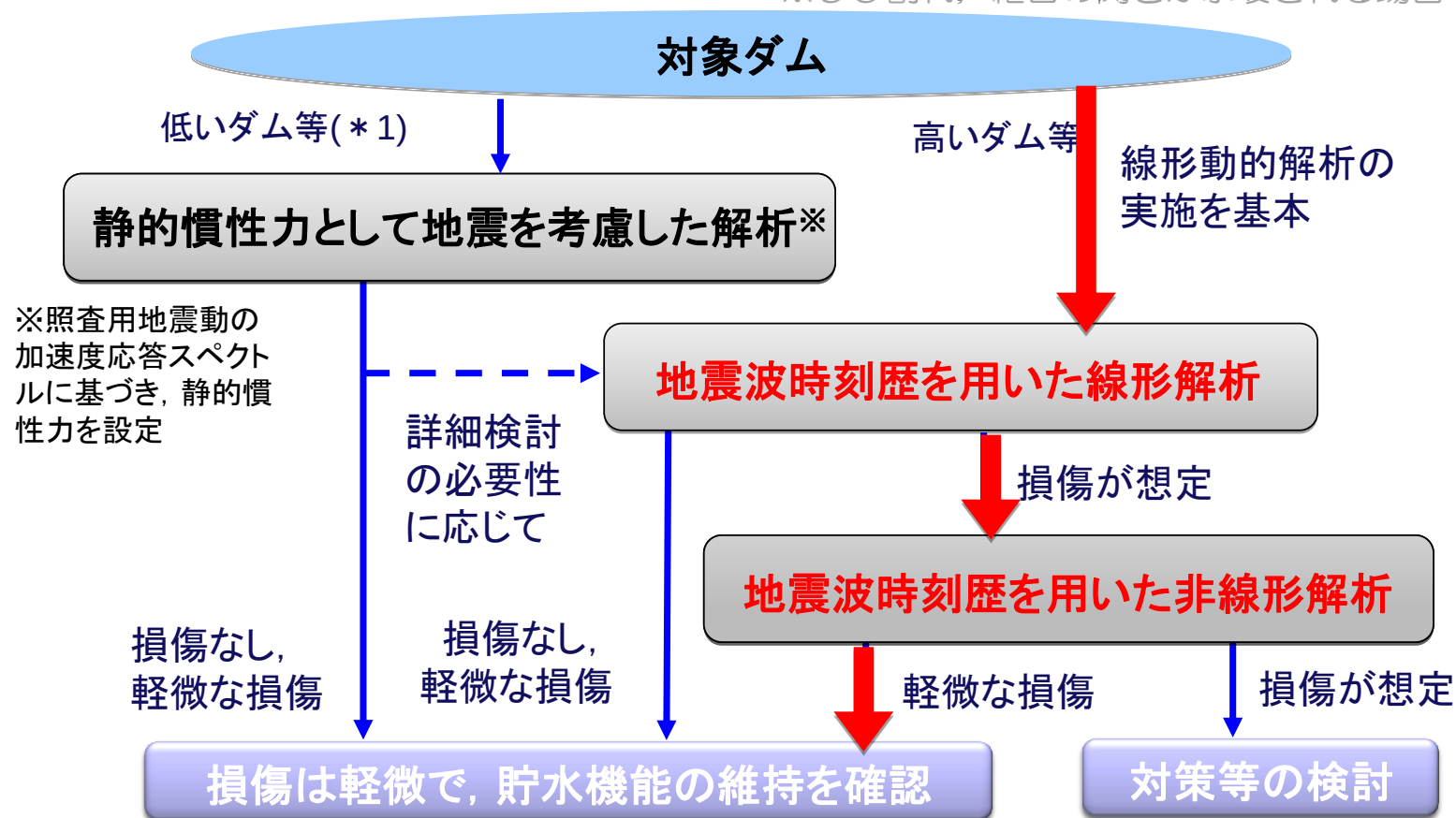
③地震時応答解析方法

◆ アーチダム

モデル	三次元（堤体＋岩盤）
対象	ダム及び周辺地山

解析用物性値	工事誌，試験結果，一般値
減衰定数	ダム5%※ 基礎岩盤5%

※ひび割れ，継目の開きが示唆される場合：10%



③地震時応答解析方法

◆ フィルダム

モデル	二次元（堤体＋岩盤）
対象	最大断面

解析用物性値	工事誌，試験結果，一般値
減衰定数	双曲線モデルによる減衰定数

対象ダム

等価線形化法による動的解析

すべりを考慮した塑性変形解析

※必要に応じて液状化を判定・影響を考慮

すべり破壊なし、または
沈下量が許容範囲内

損傷は軽微で、貯水機能の維持を確認

沈下量が
許容範囲逸脱

対策等の検討

ダム堤体の強震動照査の実施方法について

平成26年2月18日

中部電力株式会社

対象ダムを選定

- ダム堤体の強震動照査にあたっては、国土交通省「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」(以下、「指針案」という。)に基づく耐震性評価を行う。
- 評価対象は、指針案の適用範囲である高さ15m以上のダムをとす。このうち、重力式コンクリートダム(中空重力式コンクリートダムを含む)については、静的解析結果に基づき抽出したダムを対象として動的解析による耐震性評価を行う。また、アーチ式コンクリートダム、ロックフィルダムについては、全ダムを対象として動的解析による耐震性評価を行う。

レベル2地震動の策定

➤ ダム堤体照査用のレベル2地震動については、下記①～③のダム基礎位置での加速度応答スペクトルのうち、ダム堤体固有周期の値が最大となる地震動を選定することを基本とする。なお、南海トラフ巨大地震の取り扱いについては、今後の方針に従うものとする。

①プレート境界地震(中央防災会議の想定東海地震・想定3連動地震)による地震動

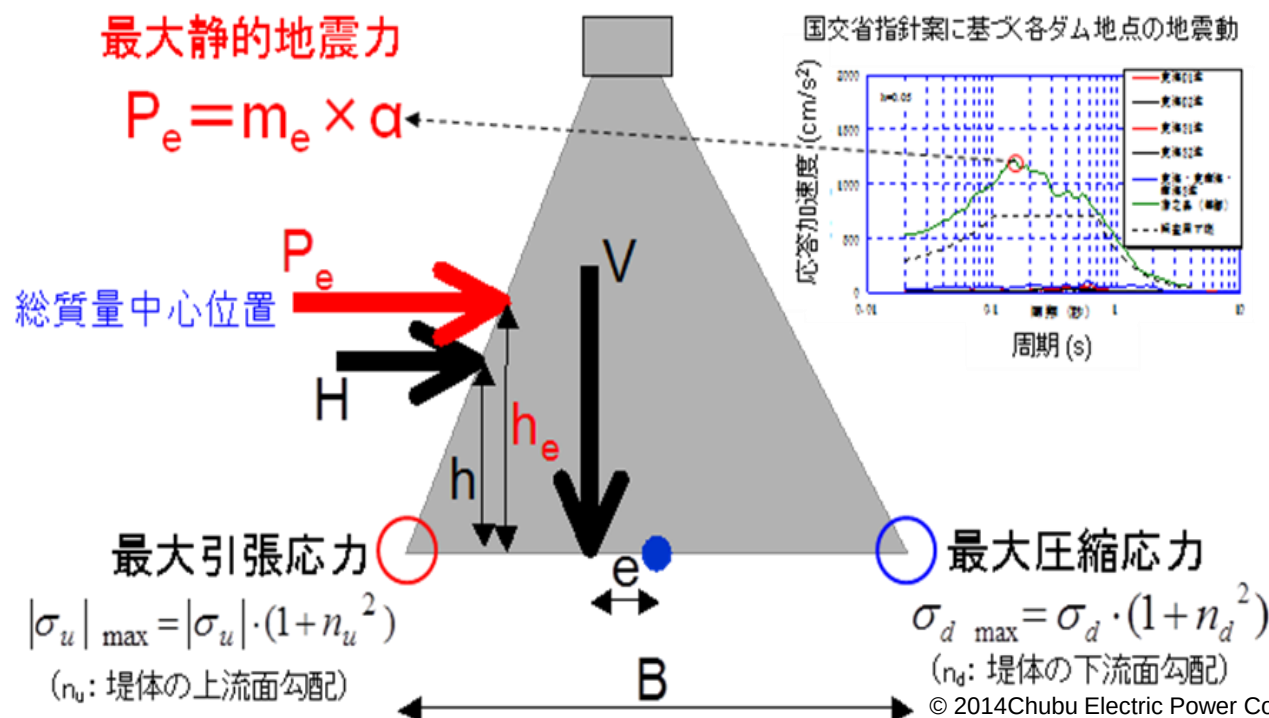
②J-SHISの活断層データと指針案の距離減衰式(最短距離式・等価震源距離式)に基づき算定した地震動

③指針案の照査用下限加速度応答スペクトルから算定した地震動

➤ 加速度応答スペクトルから時刻歴波形を算定する際の際の原種波形には、指針案で例示されている一庫ダム観測波(重力ダム等)および権現ダム観測波(ロックフィルダム)を使用する。

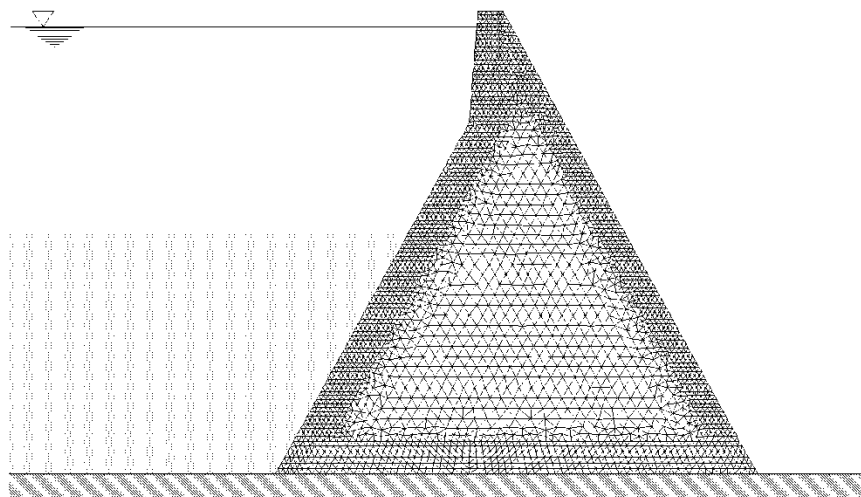
地震応答解析方法(静的解析)

- 重力式コンクリートダムを対象とした静的解析では、各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応力に対する評価を行う。水平震度は、ダム基礎位置での加速度応答スペクトルの最大値を用いる。静的解析による裕度の小さいダムについては、動的解析による耐震性評価を行う。



地震応答解析方法(動的解析①)

- 重力式コンクリートダムを対象とした動的解析では、ダム堤体をモデル化した二次元FEM解析(線形解析)を行い、ダム堤体に発生する応力に対する評価を行う。入力地震動は、ダム基礎位置におけるレベル2地震動を用いる。線形解析によってダム堤体に引張クラックが発生する場合には、二次元FEM解析(非線形解析)による詳細評価を行う。



解析モデル	ダム堤体モデル(底面固定)
地震動入力位置	ダム堤体底面
解析物性	品質管理試験データまたはコンクリート標準示方書等に基づき設定
減衰	レーリー減衰($h=15\%$)

地震応答解析方法(動的解析②)

- アーチ式コンクリートダムについては地盤－ダム連成の三次元FEM解析、ロックフィルダムについては地盤－ダム連成の二次元FEM解析を行う。(詳細については今後検討予定。)

大規模地震に対するダム堤体の耐震性能照査について

平成26年2月18日

北陸電力株式会社

① 対象ダムの選定（考え方）

- ・ ダム高さ15m以上のダムを対象に，貯水機能を有するダムについては，国交省指針（案）に則り，「ダムの距離減衰式」によるレベル2地震動を用いた動的解析を順次実施
- ・ ダム高さ15m以上で貯水機能を有しないダムについては，静的解析を実施予定

② レベル2地震動の策定

レベル2地震動の策定は、国交省指針（案）に則り、「想定地震の選定」、「レベル2地震動の設定」の手順で実施

(1) 想定地震の選定

- ・ 文献資料等の調査により、当該ダム地点周辺の i) 過去に発生した被害記録のある地震、ii) 活断層による地震、iii) 地域防災計画に位置づけられている地震などを抽出
- ・ 抽出された地震について、「ダムの距離減衰式」を用いた加速度応答スペクトルを作成し、当該ダムに最も大きな影響を及ぼす可能性のある地震を「想定地震」として選定

(2) レベル2地震動の設定

- ・ 「ダムの距離減衰式」により作成した想定地震の加速度応答スペクトルをターゲットスペクトルとした地震動（加速度時刻歴波形）を作成
- なお、位相情報については、原則として、ダム地点または近傍で観測された小地震データを使用した経験的グリーン関数法による合成波の情報を使用
- ・ 上記地震動と過去に実際に観測された地震動および照査用下限加速度応答スペクトルを有する地震動を比較し、照査に用いる地震動を設定

第2回電気設備自然災害等対策WG資料

③ 地震応答解析方法

◎解析モデル

- ・二次元FEM解析モデル，又は三次元FEM解析モデルにより堤体と岩盤を一体として解析

◎入力位置

- ・動的解析の場合は，解放基盤面での地震動を一次元成層地盤応答解析により引き戻し，解析モデルの基礎岩盤下端より入力

◎解析物性

- ・コンクリート：建設時の品質管理記録等をもとに設定
- ・岩盤：建設時の地盤・地質調査結果等をもとに設定

◎解析方法

【ダム高さ15m以上で貯水機能を有するダム】

- ・国交省指針（案）に基づき線形動的解析を実施し，ダム堤体に損傷が生じるおそれがある場合は，更に非線形動的解析による詳細評価を実施

【ダム高さ15m以上で貯水機能を有しないダム】

- ・「ダムの距離減衰式」を用いた加速度応答スペクトルに基づいた静的慣性力を設定し，静的解析を実施（詳細検討の必要に応じて動的解析を実）

◎減衰

- ・堤体5%，岩盤5%を基本

関西電力株式会社 耐震性評価について

レベル2地震動に対するダム耐震性評価については、「大規模地震に対するダム耐震性照査指針(案)(国交省)」(以下、国交省指針(案)という)に準拠し、現在計画的に実施中である。

1. 評価対象

貯留機能を有しているダム高15m以上のダム

2. L2地震動の策定方法

ダムの耐震性評価に用いるレベル2地震動は、既往の観測地震、国交省指針(案)に記載の照査用下限加速度応答スペクトル、プレート境界型地震、および近傍断層による内陸型地震のうちで最大のものを設定して評価している。

ダムへの影響が大きい近傍の活断層を抽出しモデル地震動を作成

ダムへの影響の大きい複数の断層について、半経験的手法(統計的グリーン関数法)により断層モデル地震動を作成

作成された地震動からダムへの影響が大きい地震動を選定

ダムへの影響を考慮し、速度応答スペクトルにより選定

断層モデル地震動と下限スペクトル他を比較

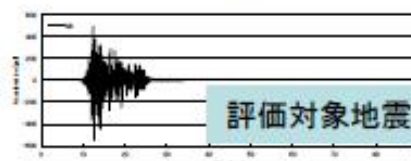
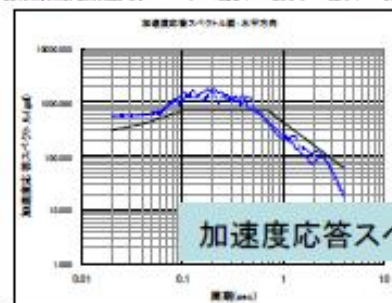
ダム固有周期周辺の加速度応答スペクトルの値を比較したうえで、評価対象地震動を決定する

選定された地震動の加速度時刻歴波形を評価対象地震動に決定



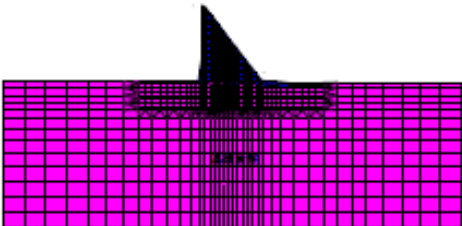
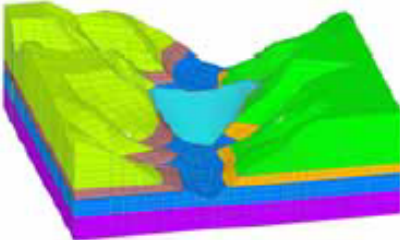
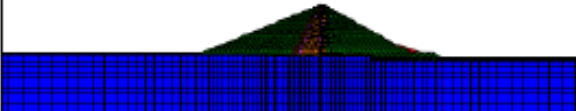
	EW	NS	UD	AVE
MAX	181.7	210.4	224.8	181.1
ADR(C)AsatKSO136.dat	18.8	18.8	6.5	12.8
ADR(C)AsatKSO208.dat				
ADR(C)AsatKSO107.dat				
ADR(C)AsatKSO189.dat				
ADR(C)AsatKSO176.dat				
ADR(C)AsatKSO154.dat				
ADR(C)AsatKSO234.dat				
ADR(C)AsatKSO280.dat				
NS(C)AsatKSO281.dat	156.0	192.9	71.7	135.8
NS(C)AsatKSO181.dat	162.7	184.9	140.7	150.9
NS(C)AsatKSO193.dat	164.3	161.4	95.1	123.8
NS(C)AsatKSO225.dat	164.8	164.9	100.8	140.2
NS(C)AsatKSO286.dat	168.2	216.4	134.4	181.1
NS(C)AsatKSO286.dat	168.2	187.7	141.4	145.1
KPW(C)AsatKSO286.dat	168.2	187.7	141.4	145.1

アスペリティ配置、破壊開始位置を変化させた各ケースを比較



関西電力株式会社 耐震性評価について

3. 地震応答解析手法

ダム型式	重力式ダム	アーチ式ダム	フィルダム
解析手法	2次元線形動的解析(必要に応じて3次元線形動的解析)	継目の非線形性を考慮した3次元動的解析	等価線形化法による2次元動的解析(必要に応じて塑性変形解析)
諸条件	・地震動入力位置:モデル底面 ・解析物性:工事誌、別途実施の試験結果、もしくは一般値 ・減衰:堤体=10%、地盤=5%	・地震動入力位置:モデル底面 ・解析物性:工事誌、別途実施の試験結果、もしくは一般値 ・減衰:地震観測記録の再現解析を基に設定	・地震動入力位置:モデル底面 ・解析物性:工事誌、別途実施の試験結果、もしくは一般値 ・ひずみ依存特性:試験値により設定
評価判定基準 (国交省指針(案)に準拠)	①引張応力が堤体材料の引張強度を超えない。 ②圧縮破壊やせん断破壊が生じない、もしくは、生じても局所的なものにとどまる。	①引張応力が堤体材料の引張強度を超えない。 ②圧縮破壊やせん断破壊が生じない、もしくは、生じても局所的なものにとどまる。 ③継目の開口が上下流方向に連続して生じない。	すべり破壊が生じるかを確認し、すべり破壊が生じる可能性があれば、すべりを考慮した塑性変形解析を実施し、沈下量が許容される範囲であるかを確認している
解析モデルイメージ			

レベル2地震動を対象とした ダムの耐震性能照査について

平成26年2月18日

中国電力株式会社

対象ダムの選定(考え方)

1

- 高さ15m以上のダムを対象として、計画的に耐震性能照査を実施中。
- **重力式ダム**は、動的解析(規模等を考慮して選定)および静的解析を実施。
- **重力式以外**は、全基を対象に動的解析を実施。

型 式	対象ダムの選定の考え方
重力	動的解析(規模等を考慮して選定)および静的解析
アーチ	全基を選定(動的解析)
ロックフィル	全基を選定(動的解析)
アース	全基を選定(動的解析)
バットレス	全基を選定(動的解析)

レベル2地震動の策定

2

想定地震の選定

ダム地点周辺において、過去に発生した地震、周辺に分布する活断層やプレート境界等の情報について調査

当該ダムに最も大きな影響を及ぼす可能性のある地震を「想定地震」として選定

「想定地震」によるダム地点での地震動を推定

以下の文献に基づき調査

- ①地震調査研究推進本部
- ②活断層詳細デジタルマップ
- ③産総研活断層データベース
- ④新編 日本の活断層
- ⑤新編 日本被害地震総覧
- ⑥地域防災計画(中国5県)

地震動の選定

ダム地点またはその近傍で過去に実際に観測された最大の地震動

「想定地震」による地震動

「照査用下限加速度応答スペクトル」を有する地震動

当該ダムに最も大きな影響を及ぼす可能性のある地震動を選定

原種波形により位相特性や継続時間に関する情報を付加し、加速度応答スペクトルに適合する加速度時刻歴波形を作成

照査に用いるレベル2地震動(加速度応答時刻歴波形)

国交省指針案の距離減衰式(最短距離式, 等価震源距離式)に基づき、地震動を推定

加速度応答スペクトルが全周期で最大となる地震動を選定

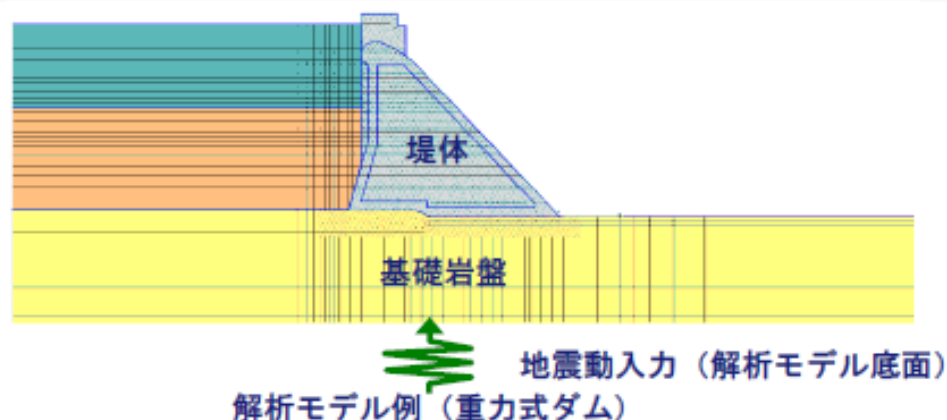
- ①当該ダムで強震記録がある場合、その記録を用いる
- ②強震記録がない場合、想定地震のタイプ・規模を考慮し、代表的な記録(一庫、権現等)を用いる

レベル2地震動の選定フロー(国総研の指針案に係る参考資料を元に作成)

地震応答解析方法

3

項 目	内 容
解析モデル	基本的にFEM(堤体+基礎岩盤)による2次元モデル アーチダム等の特殊形状ダムは3次元モデル
入力位置	堤体底面で照査用地震動となるよう水平および鉛直方向を解析モデル底面に入力
解析方法	線形(必要に応じて非線形)動的解析を実施
減衰	既往の解析事例を参考に設定
解析物性 〔堤体材料〕	試験値がある場合:試験値に基づき設定 試験値がない場合:別途試験を実施あるいは推定式や類似ダムの試験値をもとに設定
解析物性 〔基礎地盤〕	試験値がある場合:試験値に基づき設定 試験値がない場合:岩盤等級から推定される一般値をもとに設定



照査手法の個別説明

平成26年2月18日
四国電力株式会社

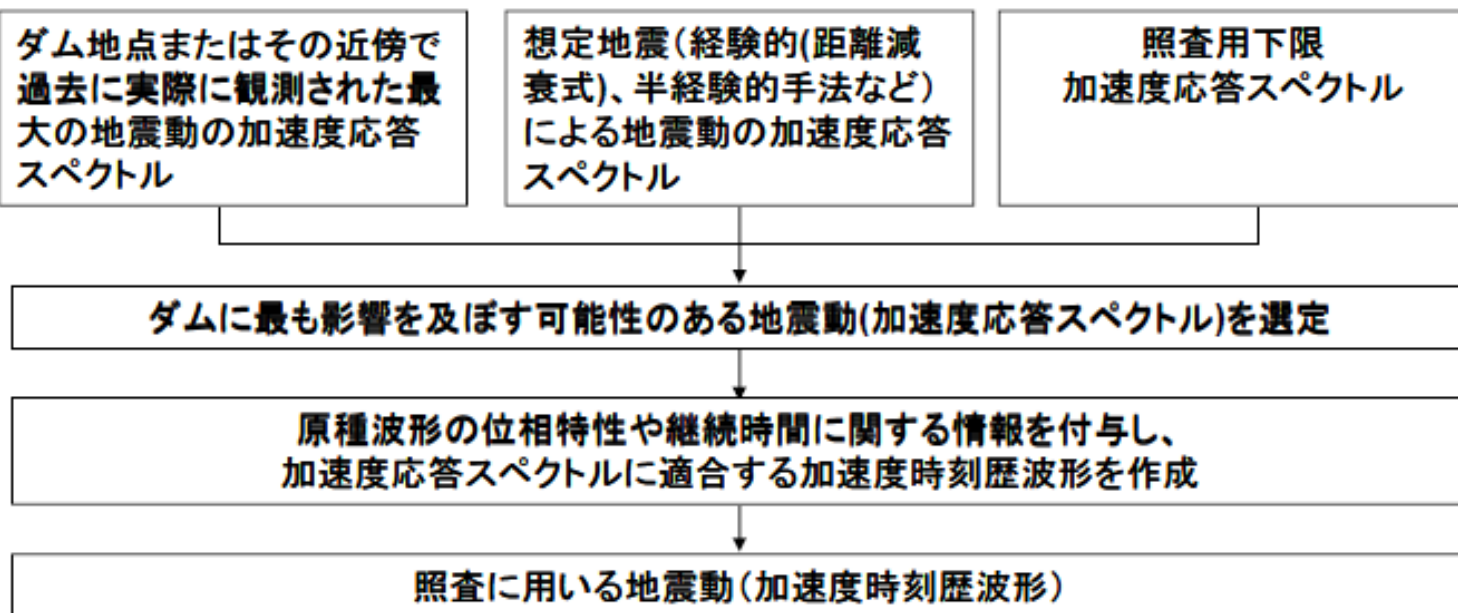
①対象ダムの選定

- 堤高15m以上のダムを対象に、型式別に想定地震および規模を考慮して代表ダムを選定している。

ダム型式	評価ダム数	代表ダム数 (解析を実施予定)
重力式	14	2
ロックフィル	1	1
アーチ式	2	1
中空重力式	2	1

②照査用地震動の作成

- 照査用地震動は、指針(案)※のとおり、以下の検討フローに基づき作成している。



※大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案) H17.3 国土交通省

③地震応答解析方法

- 解析モデルは、二次元FEM解析モデル、または、三次元FEM解析モデルにより堤体と岩盤をモデル化している。
- 解析用物性は、建設時の記録、既存のダム堤体から採取したコアによる材料試験結果などに基づき設定している。

大規模地震に対するダム耐震性能照査について

① 対象ダムの選定

- 堤高15m以上のダムのうち、想定地震動、または、ダム高の大きいダムから優先的に、耐震性能照査を実施

② レベル2地震動の設定

- ダム地点周辺において過去に発生した地震、周辺に分布する活断層やプレート境界等の情報について調査し、下記の1)～4)より当該ダムに最も影響を及ぼす可能性のある地震動を、加速度応答スペクトルの比較より選定
 - 1) 内陸の活断層による地震
 - 2) プレート境界等による地震
 - 3) 既往最大地震
 - 4) 照査用下限加速度応答スペクトル
- 国の指針(案)に示された手法のうち、全国の多数のダム地点の地震観測記録から導かれ、ダム基礎の地盤特性を反映した回帰式である「ダムの距離減衰式」を適用
- 時刻歴波の原種波形には、兵庫県南部地震(1995年、M7.3)の際に、ダムで確認された3種類の波形等を使用

③ 地震応答解析方法

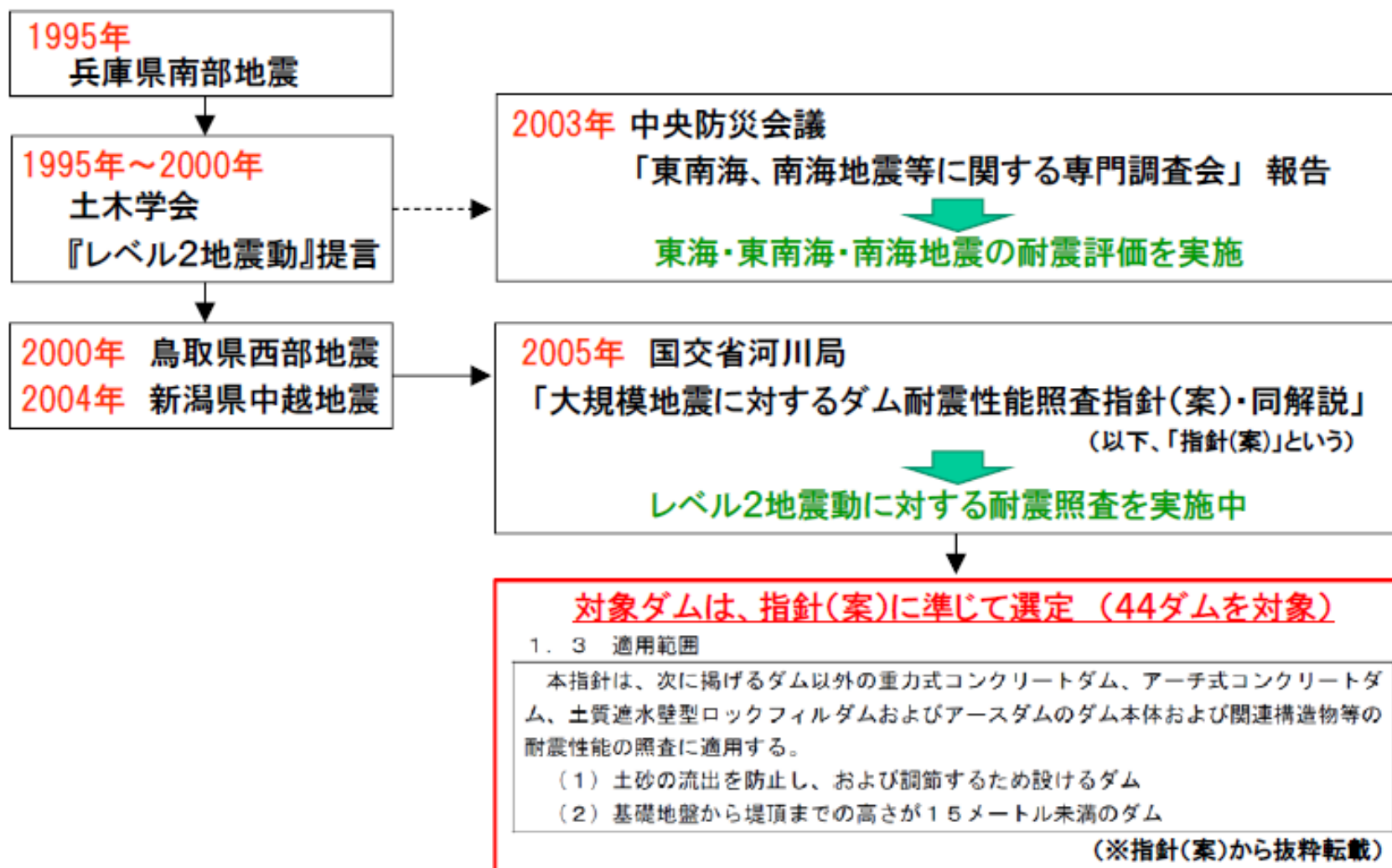
- 解析モデル 重力式・フィルは2次元FEM解析、アーチ式は3次元FEM解析
- 入力位置 解析モデルの下端
- 解析物性 試験値、工事記録記載値等
- 解析方法
 - ・想定地震動、または、ダム高の大きいコンクリートダム及びフィルダムについては、動的解析を実施
 - ・その他コンクリートダムは、動的解析を実施したダムが耐震性を有することから、静的解析による確認を実施
- 減衰定数 コンクリートダムは5%を基本、フィルダムは材料特性を考慮

ダム耐震性能照査の実施概要

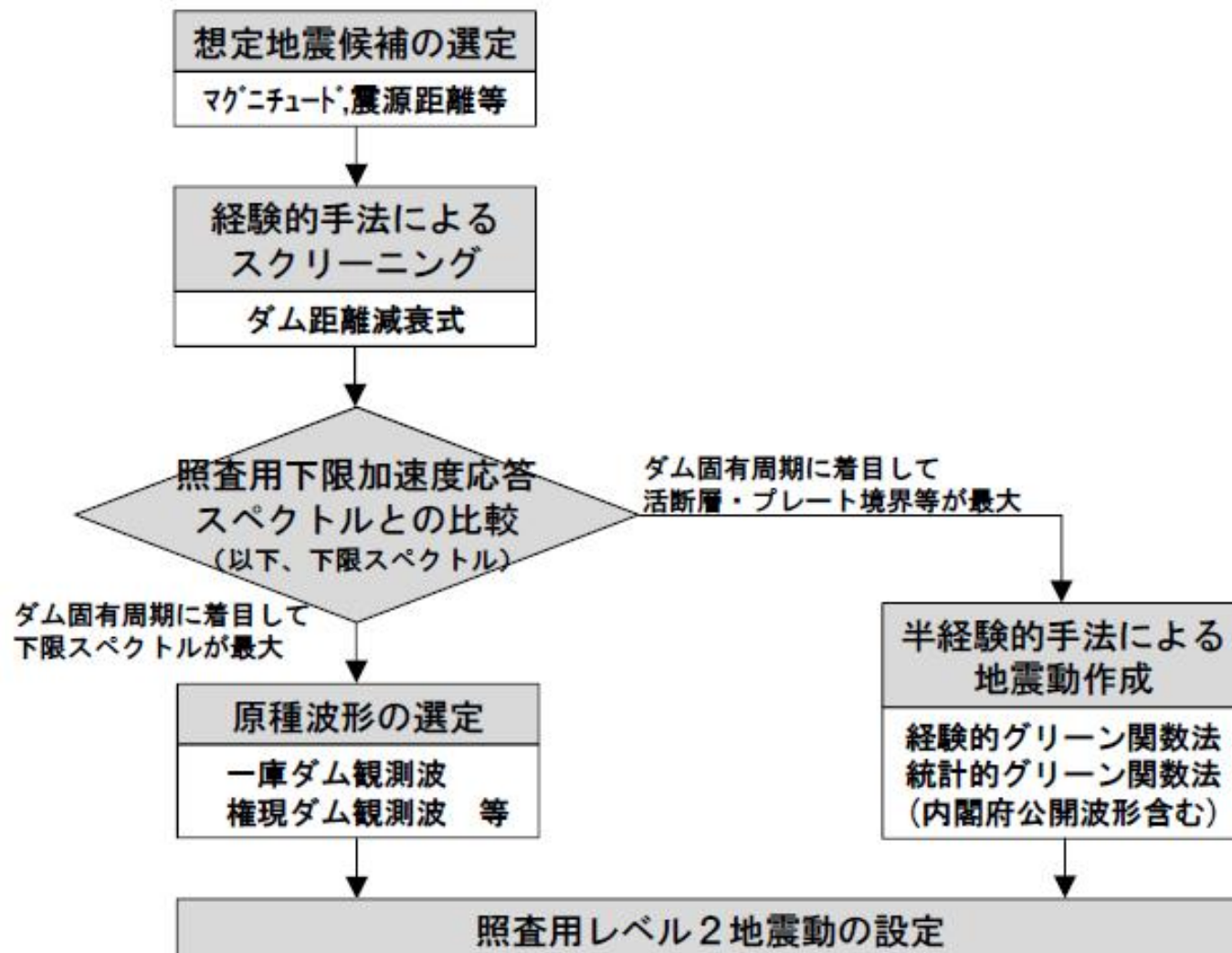
平成26年2月18日

電源開発株式会社

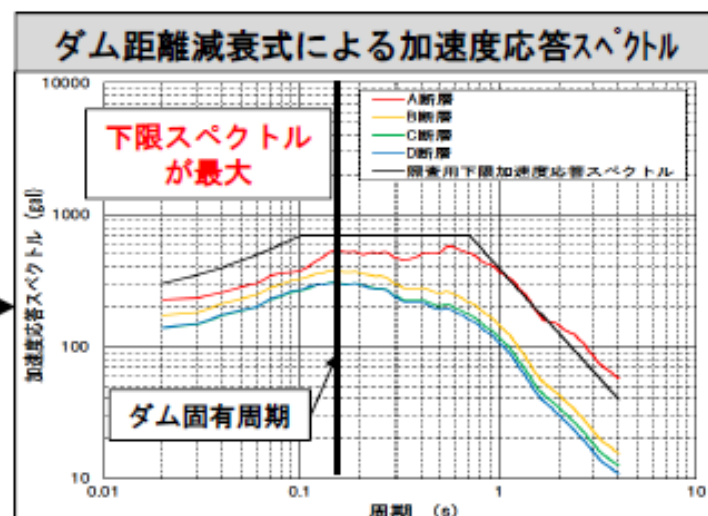
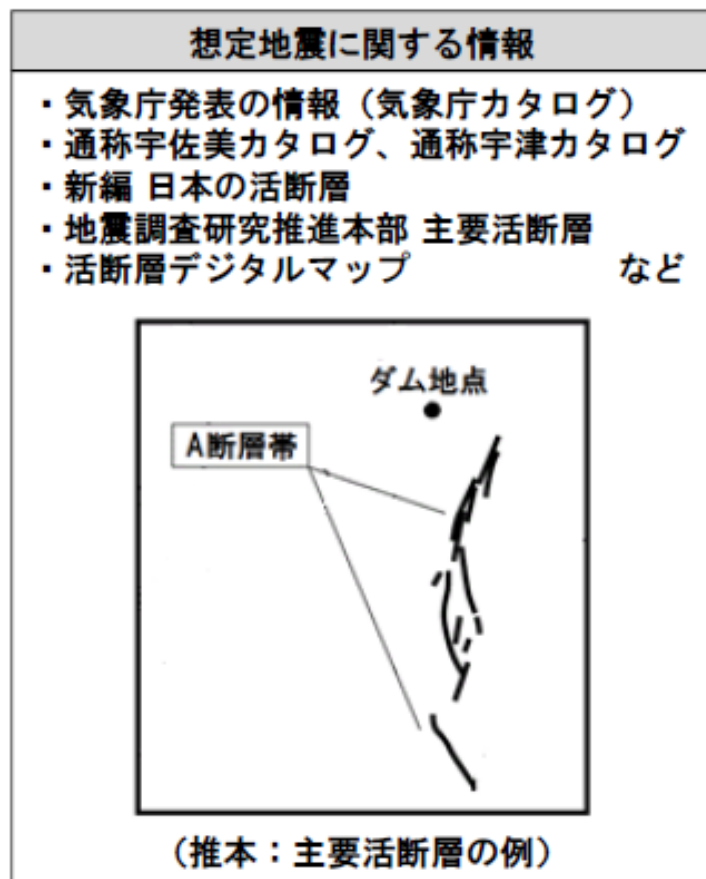
①対象ダムの選定（考え方）



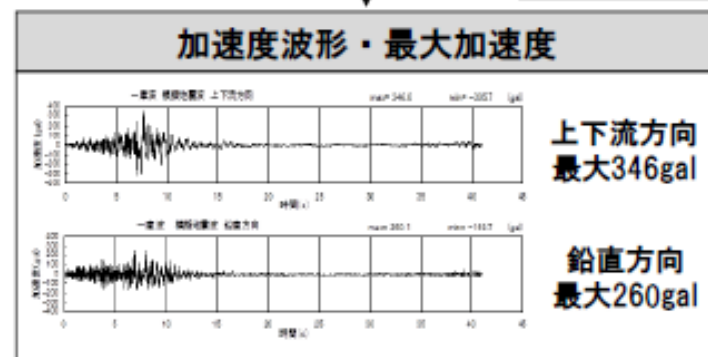
② レベル2地震動の策定（最大加速度、周波数特性及び地震動波形の作成方法）



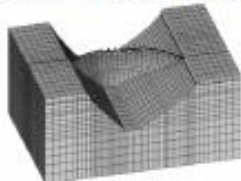
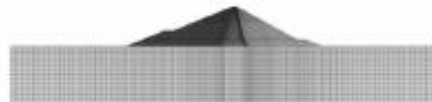
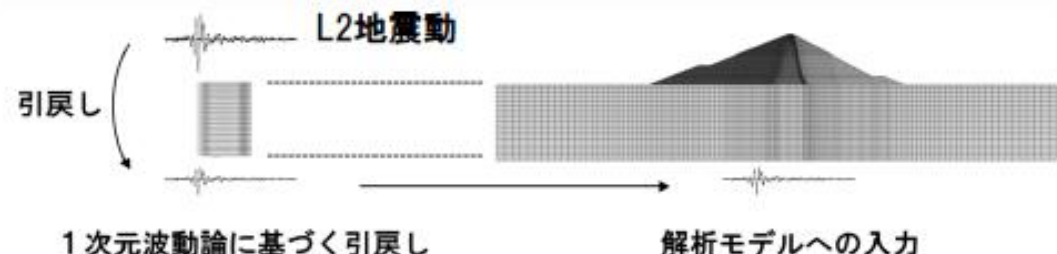
② レベル2地震動の策定 〔考慮する地震及びL2地震動をもたらす地震の選定の考え方〔概念図〕 （考慮した地震の図、加速度応答スペクトル、波形、最大加速度）



原種波形
(一庫ダム観測波など)



③地震応答解析方法（解析モデル、入力位置、解析物性、解析方法、減衰）

	重力式コンクリート	アーチ式コンクリート	フィルダム
(1) 解析モデル	2次元モデルを基本 	3次元モデルを基本 	2次元モデルを基本 
(2) 入力位置	 引戻し L2地震動 1次元波動論に基づく引戻し 解析モデルへの入力		
(3) 解析物性	工事記録、既往の研究論文、代表ダムの再現解析結果等を参考に設定		
(4) 解析方法	1次評価：動的線形解析 2次評価：動的非線形解析		1次評価：動的等価線形解析 2次評価：沈下量(変位)解析 (必要に応じ弾塑性解析)
(5) 減衰	基礎・堤体とも5%を基本 (代表ダムの再現解析より設定)		双曲線モデルをもとに 収束した減衰定数 (既往論文を参考にし、 材料毎に基準ひずみ、 最大減衰定数等を設定)