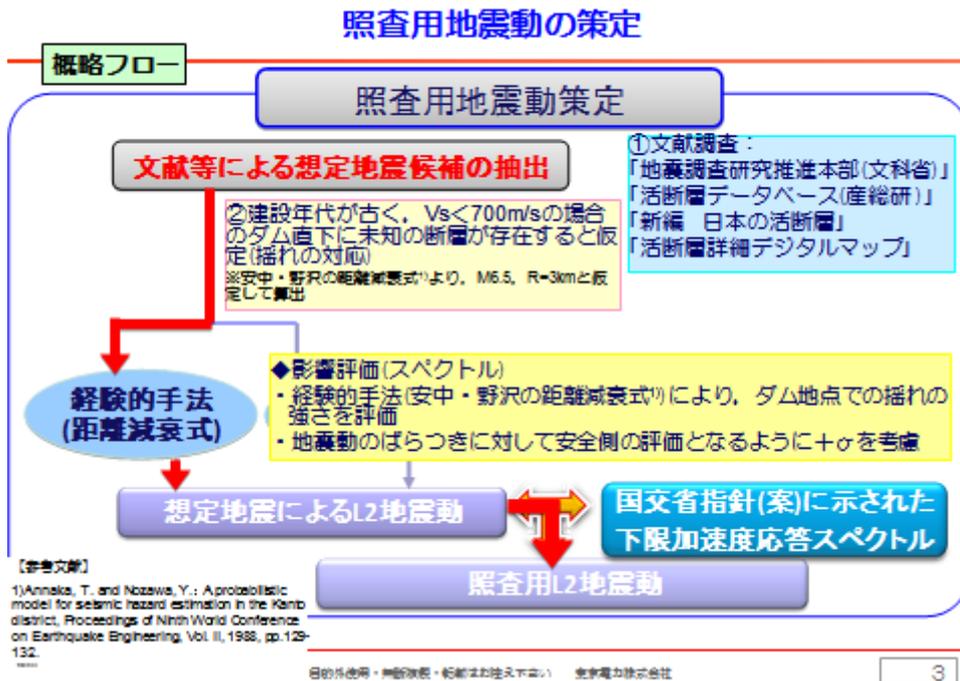
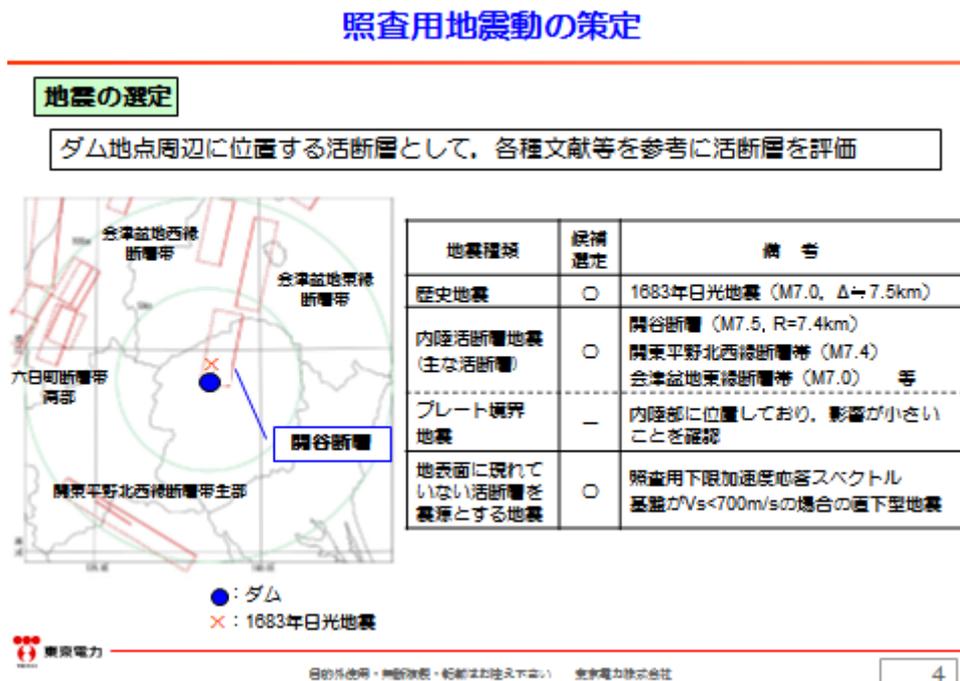


3-1-3. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】



3-1-4. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】



<<参考資料>>

3-1-5. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

照査用L2地震動

照査用L2地震動の設定

加速度応答スペクトルの比較結果より、対象ダムの固有周期0.36秒で応答スペクトルが最も大きくなる、「開谷断層による地震動」を照査用L2地震動として選定

※「面下型地震」でも動的解析を実施し、「開谷断層」より応答が小さいことを確認済み

加速度時刻歴波形の作成

L2地震	開谷断層 M7.5
地震種別	内陸活断層
算出手法	最大加速度(応答スペクトル): 距離減衰式 位相: 経験的グリーン関数法による合成波 (震源特性考慮、種波形はKIK-Net観測波形)
時刻歴波形作成方針	当該ダムは地震計が未設置であり、地震種別・規模が類似した波形を採用する必要有 ・開谷断層を震源とする地震記録を有し、当該ダム近傍(約5km)のKik-Net地点(TCGH08粟山東)観測記録を種波形としてM7.5の地震波形を作成 ・ダム基礎とのVsの違いを考慮し、距離減衰式より求めた応答スペクトルに合うよう調整を実施

水平 固有周期 0.36秒

主要地震の加速度応答スペクトル(減衰5%)比較図

最大加速度370gal

目的外使用・無断複製・転載はご遠慮下さい | 東京電力株式会社

5

3-1-6. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

地震応答解析

◆ フィルダム

モデル	二次元(堤体+岩盤)	解析用物性値	採取試料を用いた室内試験結果等
対象	最大断面(常時満水位時)	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

↓

**①液状化の判定
②すべりを考慮した塑性変形解析**

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

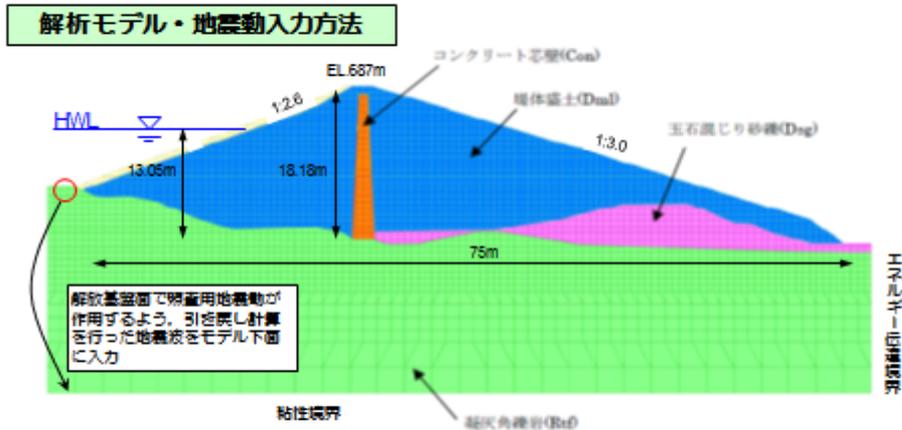
目的外使用・無断複製・転載はご遠慮下さい | 東京電力株式会社

6

<<参考資料>>

3-1-7. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

解析モデル等



・解析モデルは、堤体と基礎を対象とした2次元モデルとし、過去の調査に基づきゾーニング

3-1-8. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

物性値の設定

静的物性値

- ・堤体盛土は、不攪乱試料を用いた土質試験により、静的物性値を設定
- ・玉石混じり砂礫、角礫凝灰岩、コンクリート芯壁は、現地試験結果より推定した岩級に基づく一般値^{3), 4)}の内、安全側を考慮して下限側で設定

ゾーン	密度 (t/m ³)	N値	強度(有効応力)		変形係数 (MPa)	備 考
			粘着力 (kPa)	内部摩擦角(°)		
堤体盛土	1.51(湿潤) 1.55(飽和)	5.8	23.0	29.4	非線形モデル	室内試験より設定。非線形性をDuncan-Changモデル ²⁾ により表現
玉石混じり砂礫 角礫凝灰岩	2.00(飽和) 2.15	83 121	2.3 —	36.1 —	55 ³⁾ 150 ³⁾	PS検査結果より、安全側に岩級を判定の上、変形係数を設定
コンクリート芯壁	2.30	—	(23.0)	(29.4)	25,000 ⁴⁾	評価にあたって安全側となるよう、堤体盛土と同一とした

【参考文献】

- Duncan, J. M. and Chang, C. Y.: Nonlinear analysis of stress and strain in soils, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 96(SM5), 1629-1653, 1970.
- 土木学会：軟弱地盤・設計・施工の基本と事例, p82, 1994
- 土木学会：コンクリート構造物の耐震設計編, 2007

<<参考資料>>

3-1-9. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

動的物性値

物性値の設定

- 堤体盛土、玉石混じり砂礫は、現地調査試験および不攪乱試料を用いた土質試験により非線形特性を考慮して、動的物性値を設定
- 角礫凝灰岩、コンクリート芯壁は、現地調査試験等より動的物性値を設定

ゾーン	Vs (m/s)	G ₀ (MPa)	h (%)	非線形特性		波状化 強度比 R ²	備 考	
				基準歪	h(%)			
					最大			最小
堤体盛土	130	26	—	7.0×10 ⁻⁴	16.7	2.7	0.715	室内試験より設定、H-Dモデル ⁵⁾ で非線形特性を表現
玉石混じり砂礫	780	1200	—	2.4×10 ⁻⁴	12.8	2.2	0.549	
角礫凝灰岩	990	2100	5	線形弾性		—	—	現地試験および一般値より設定
コンクリート芯壁	1980	8800	5	線形弾性		—	—	

※)地盤工学会の波状化試験において繰返し回数が20回でDA=5%となる繰返し歪力比

【参考文献】

- 5) 西尾 正、藤本剛治、松井彰雄：
Modified Hardin-Drnevichモデルについて、土木学会第33回年次学術講演会講演要旨集、要Ⅱ部門、pp116-117、1978



解析モデルの固有周期は、地震観測記録から求めた既設アースダムの固有周期のばらつきと概ね同等である(左図)



東京電力

目的外使用・無断複製・転載はご遠慮下さい。 東京電力株式会社

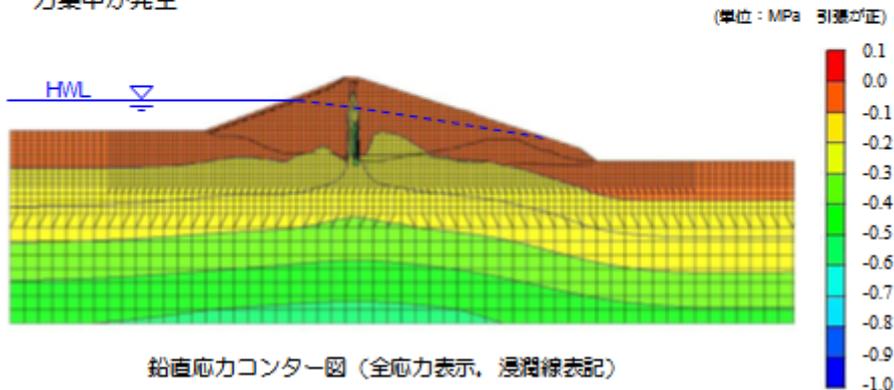
9

3-1-10. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

初期応力解析結果

盛立解析・浸透流解析による初期応力

- 築堤解析を行った後、過去に観測された堤体の最高水位に基づいて浸潤線を設定して浸透流解析を行い、初期応力を算出
- 堤体盛土と比較してコンクリート芯壁の剛性が高いため、コンクリート芯壁に応力集中が発生



鉛直応力カウンター図 (全応力表示、浸潤線表記)



東京電力

目的外使用・無断複製・転載はご遠慮下さい。 東京電力株式会社

10

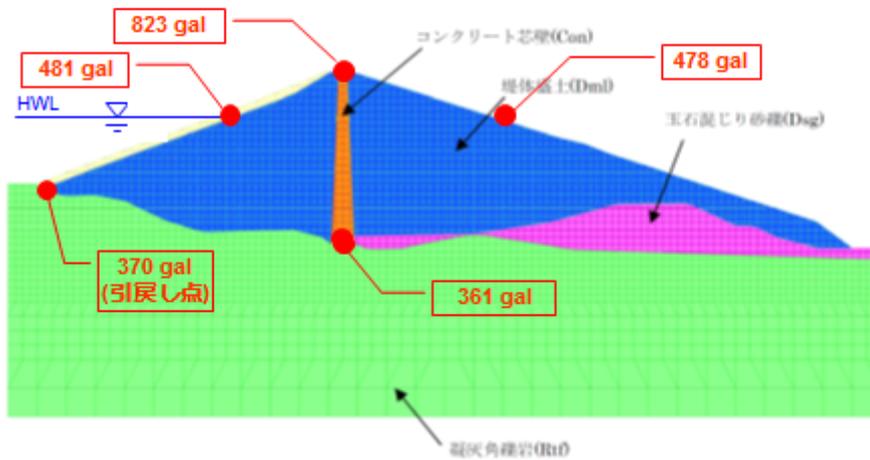
<<参考資料>>

3-1-1.1. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

耐震性能照査結果

主な箇所の最大加速度分布(上下流方向)

- 天端における増幅率は、天端/基礎≒2.3倍



3-1-1.2. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

耐震性能照査結果

① F_L 値による液状化(剛性低下)の判定

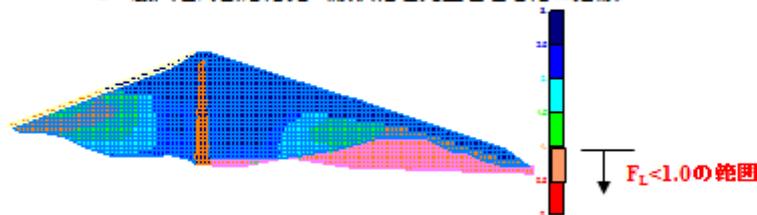
$$F_L = R/L$$

$F_L < 1.0$ になると、発生範囲を確認の上、詳細検討の必要性を判断

R: 液状化強度比 (液状化に対する抵抗力の指標)

※地盤工学会の液状化指標において標準し固数20個でDA=5%となる標準し応力比

L: 最大せん断応力比 (液状化を発生させる力の指標)



- 地下水水位以深の緩い砂層で生じるような“流動化を伴う液状化”は発生しない

- 上流側堤体盛土の一部、および下流側玉石混じり砂礫層にて、 $F_L < 1.0$ となる
⇒剛性低下を考慮した静的自重解析で、堤体沈下量を評価

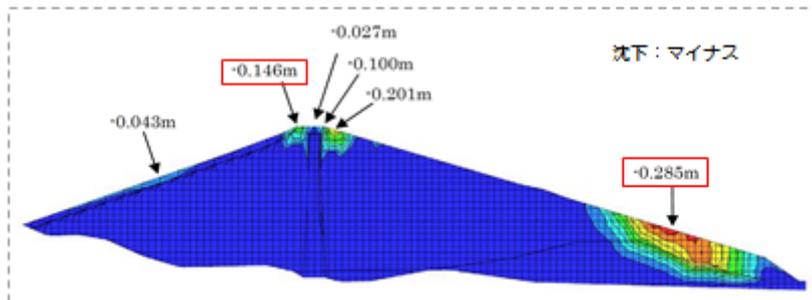
<<参考資料>>

3-1-13. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

耐震性能照査結果

①剛性低下に伴う沈下に対する安定性の検討

- ・繰返しせん断による剛性低下を考慮した静的自重解析より沈下量を算定
 ⇒沈下量が最大となるのは、 $F_L < 1.0$ となった玉石混じり砂礫層付近で約29cm
 ⇒天端沈下量は約15cmで、フリーボード(常時満水位～天端の標高差)5.13mより小さいため、越流が生じる恐れはない

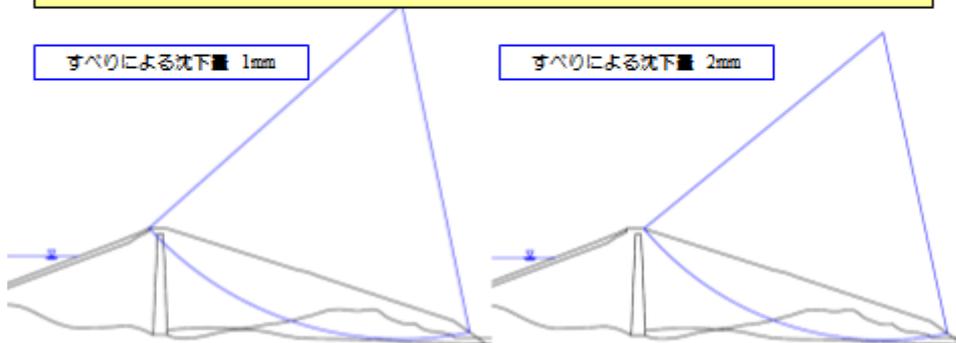


3-1-14. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

耐震性能照査結果

②すべり安定性・浸透破壊に対する検討

- ・すべり安定性の検討は、「渡辺・馬場法⁵⁾」により塑性変形解析を実施。
- ・中心と半径を変えて検討を行ったところ、2つの円弧で安全率<1となったが、いずれも地震中の0.01s間だけであり、これに伴う沈下も2mm以下
 ⇒大きな変形は発生せず、ダム水位以下を起点とする下流すべりも発生しない



【参考文献】

5) 渡辺啓行, 馬場幹平: フィルダムの動的挙動に基づくすべり安定評価手法の一考察, 大ダム, No.97, p29, 1981.

3-1-15. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

耐震性能照査結果(まとめ)

- ダムのレベル2地震動：関谷断層（最大加速度 370 gal）
- ダムの応答：天端で最大となり 823 gal
- 越流に対する照査結果
天端の最大沈下量はダムのフリーボードに対し十分に小さいことから、越流に対して安全である。
- 浸透破壊に対する照査結果
ダム水位以下を始点とする下流側すべりが発生しないことから、浸透破壊を生じる恐れはない。

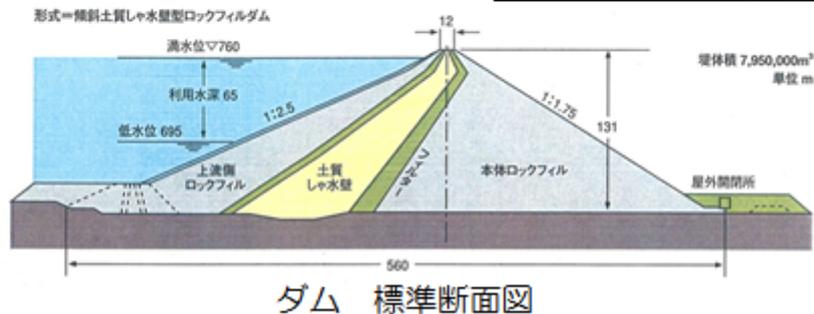


以上より、貯水機能が維持され、損傷が修復可能な範囲に留まると評価されるため、所要の耐震性能を有している

3-2-1. ロックフィルダムの耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

1. 概要

ダム型式	ロックフィルダム
竣工年	1961年(昭和36年)
ダム高/堤長	131.0m/405.0 m
総貯水容量	370,000 千m ³



<<参考資料>>

3-2-2. ロックフィルダム耐震性の事例【電源開発(株)の例】

2. ダムの耐震設計

(1) 従来の耐震設計

① 設計条件

- 従来のダムの耐震設計は、国の「河川管理施設等構造令」等に示されている震度法^{※1}により設計しています。
(※ダム自身に地震係数 k (水平) を掛け力(慣性力)をダムに作用させて設計する方法)

② フィルダムの耐震設計における確認事項

- 地震力に対して堤体内、ダム堤体と基礎地盤との接合部およびその付近における滑りに対し、所定の安全率を有していること。

③ 構造令等に基づき耐震設計されたダムの損傷事例

- 構造令等に基づき設計されたダムでは、これまでの大規模地震で貯水機能に影響を与える損傷が生じた事例はありません。

(2) 大規模地震に対するダム耐震性能照査について

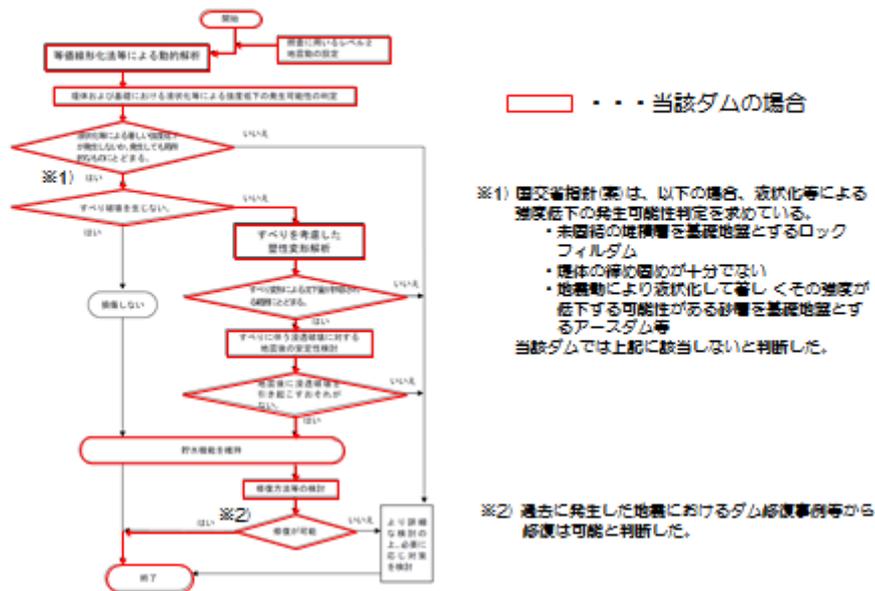
- 2005年(平成17年)に国土交通省が「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」(以下、「国交省指針(案)」という。)を公表したことを受け、当社は、これに則ったダムの耐震評価を進めております。

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

3

3-2-3. ロックフィルダム耐震性の事例【電源開発(株)の例】

2. ダムの耐震設計(国交省指針(案)照査フロー)



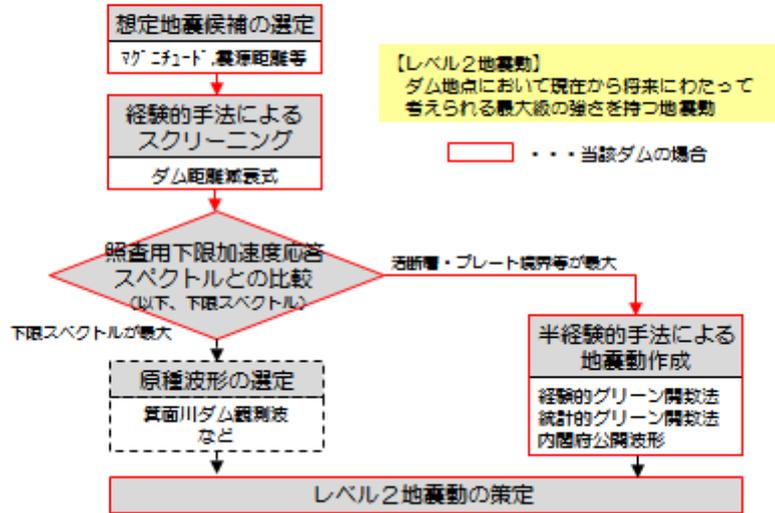
4

<<参考資料>>

3-2-4. 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

(1) 概略フロー



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

5

3-2-5. 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

(2) 地震の選定

- 政府調査機関等による活断層情報や国交省指針(案)のダム距離減衰式を用いた評価により、当該ダムに最も影響を及ぼすのは庄川断層帯を震源とする地震であることがわかりました。
- 地震調査研究推進本部(文部科学省)の文献*によれば、庄川断層帯はダム右岸側の山腹を通過するとしており、当社の調査でも同様の結果が得られています。

*「庄川断層帯の長期評価について」、3ページ、図2



活断層名	マグニチュード	断層長さ	発生確率				平均活動間隔
			30年以内	50年以内	100年以内	300年以内	最新活動時期
庄川断層帯	7.9	67 km	ほぼ0%	ほぼ0%	ほぼ0%	ほぼ0%	約3,600~6,900年 11~16世紀

地震調査研究推進本部(文部科学省)「庄川断層帯の長期評価について」(http://www.earthquake.go.jp)より

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

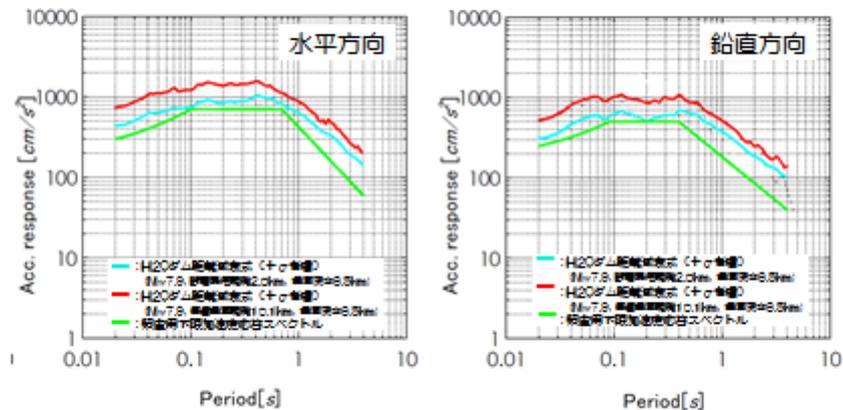
6

<<参考資料>>

3-2-6. 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

(3) 経験的手法(ダム距離減衰式)によるスクリーニング



当該ダム地点の庄川断層帯を震源とする地震動は、国交省指針(案)で最低限考慮すべきとした地震動(下限A'外)を上回ることを確認しました

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

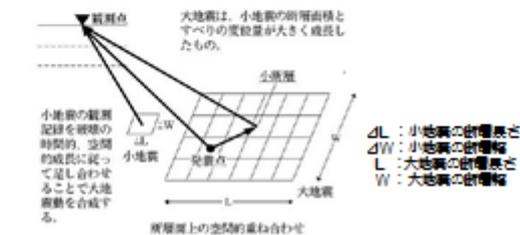
7

3-2-7. 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

- 当該ダム地点の庄川断層帯を震源とする地震動は、国交省指針(案)で最低限考慮すべきとした地震動(下限A'外)を上回ることを確認しました。
- 照査用レベル2地震動は、政府調査機関である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”に則って作成しました。
- 地震動作成は、半経験的手法の一つである経験的グリーン関数法を採用しました。



経験的グリーン関数法で用いる波形合成法の概念図
(防衛科学技術研究所：強震動の基礎、カブ社刊、2000より)



※断層の傾斜角は90度としたが、ここでは0度として図化した。

断層モデル図

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

8