

アスファルト表面遮水壁型ロックフィルダムにおける 遮水壁の地震時挙動 および遮水壁復旧構造評価に関する耐震解析 —第二弾—

東京電力株式会社
土居 賢彦



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力株式会社 2014.10.23

0

◆被災ダムの位置関係（周辺ダムも含む）



目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

2

◆目的・成果

目的

- 平成23年3月12日長野県北部地震で高野山ダム調整池（新潟県）のアスファルト表面遮水壁が被災した。その原因を究明する。

※アスファルト表面遮水壁 = 遮水壁と以後、省略

成果

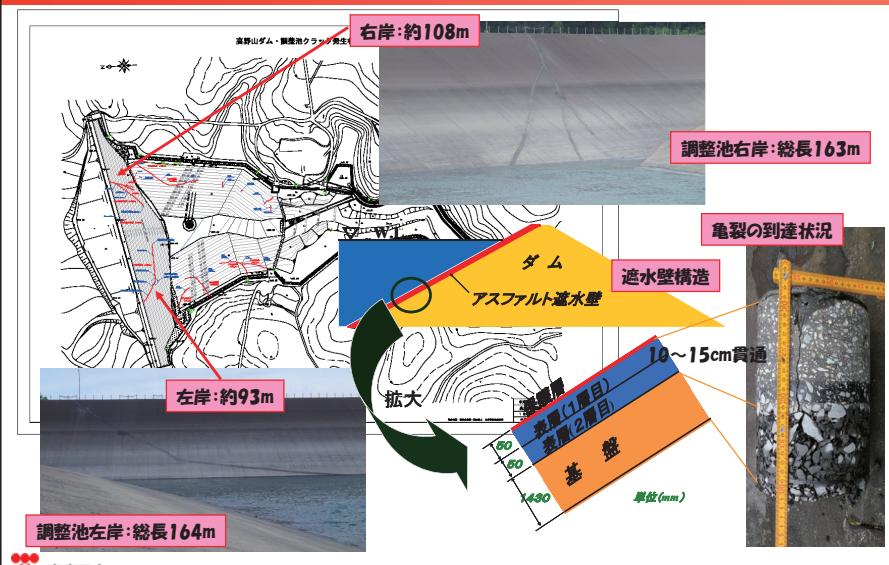
- 遮水壁の破壊メカニズムが解明できた（原因究明が終了）。



目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

1

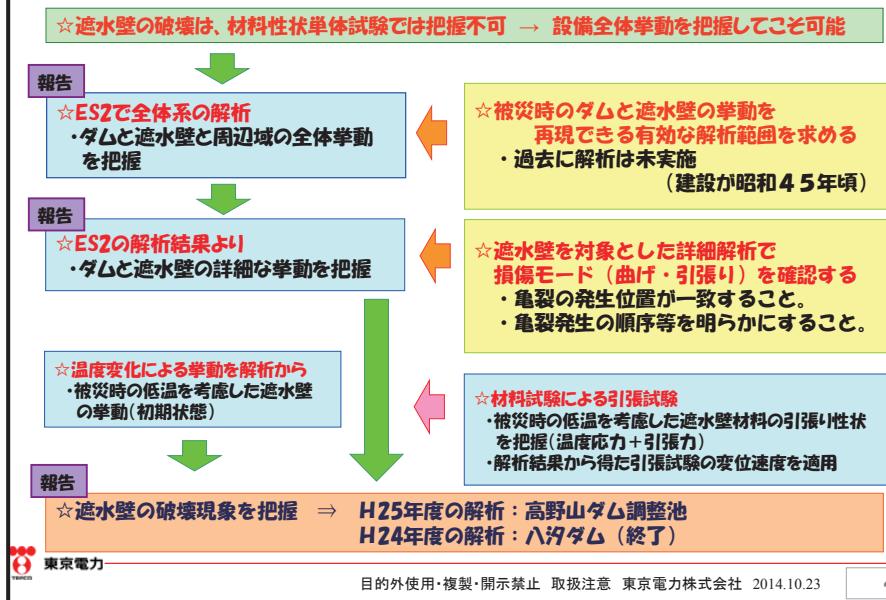
◆高野山ダム調整池の被災状況 ～流込式・発電出力12.6万kw～



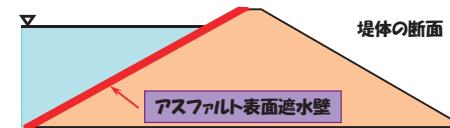
目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

3

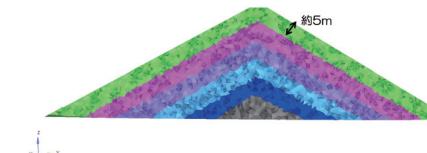
◆遮水壁被災の原因究明 ー解析と材料試験からのアプローチー



◆解析モデルの基本データ ー遮水壁と堤体ー



- 遮水壁の弾性係数等は、遮水壁より採取した遮水材料に力学試験を実施してその結果を入力した。



- 堤体のモデル化は、段階的に変化する材料物性値を与えるために6分割し堤体の表面からの深さ方向に5m刻みで物性値を澤田の式[1]に基づいて入力した。

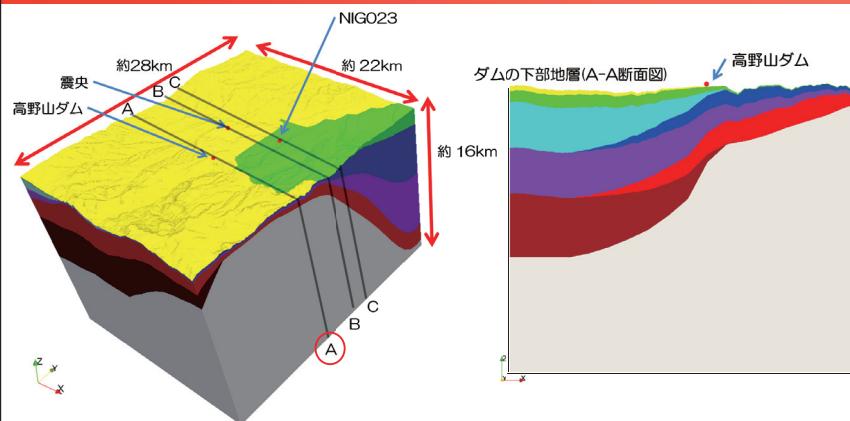
* [1]:澤田・高橋・桜井・矢島、「ロックフィルダムの物性値分布特性および堤体の動的特性」電力中央研究所調査報告, 1977.



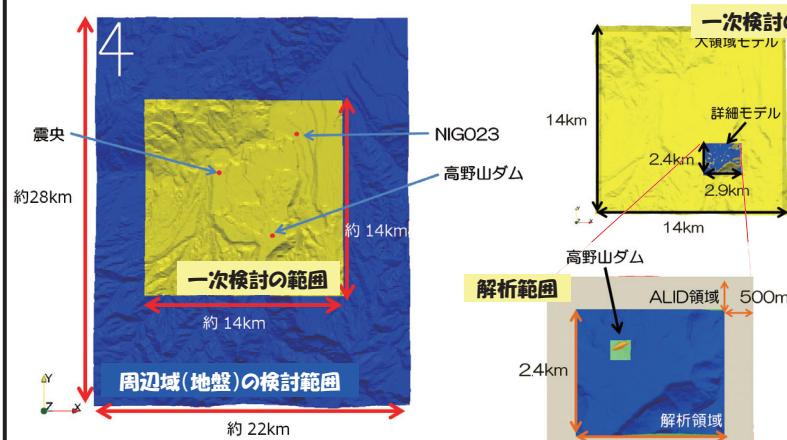
目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

5

◆高野山ダム調整池の挙動 ーモデル化の範囲①ー



◆高野山ダム調整池の挙動 ーモデル化の範囲②ー



- 平面的、かつ深度方向に解析範囲が複雑だったため、最終的な解析範囲を決定するために、複数に分けて解析範囲のモデル化を実施した。

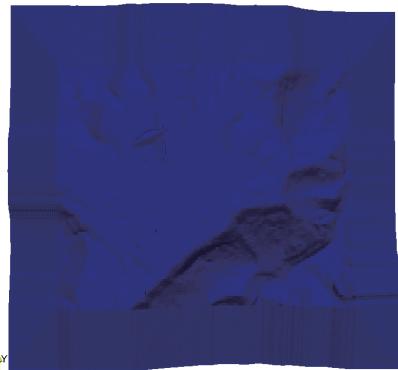
7

目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

6

◆高野山ダム調整池の挙動 一反射波による挙動①-

Time: 0.00 sec



MAXIMUM PRINCIPAL STRAIN
圧縮 引張

- 地層が為す、お椀状の縁からの反射波が、ダム・調整池の挙動を支配していることが明らかにできた。



東京電力

目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

8

◆高野山ダム調整池の挙動 一反射波による挙動②-

最大主ひずみ最大時刻
-0.5sec

高野山ダム

反射波

最大主ひずみ最大時刻
-0.2sec

最大主ひずみ最大時刻
±0.0sec

MAXIMUM PRINCIPAL STRAIN
圧縮 引張

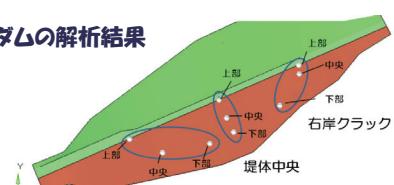


目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

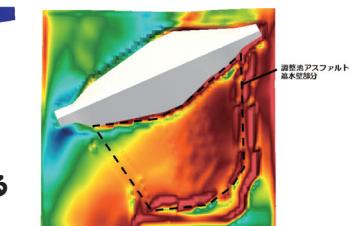
9

◆高野山ダム調整池の挙動 一反射波による挙動-

ダムの解析結果



調整池の解析結果



MAXIMUM PRINCIPAL STRAIN
-1e-5 0 3e-5 5e-5 8e-5 0.0001

- 損傷の発生位置と、ひずみの発生する領域が、概ね一致する結果となった。

- 挙動を再現できたと判断した。

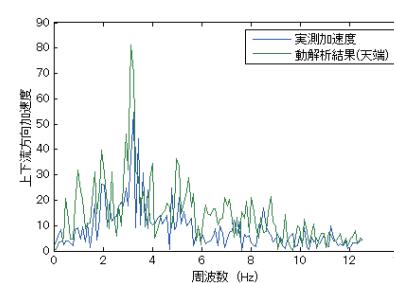


東京電力

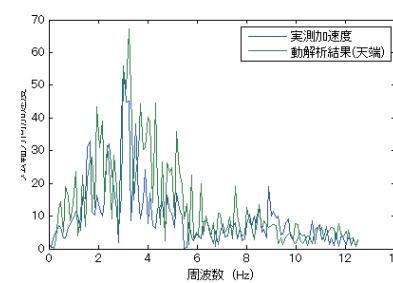
目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

10

◆高野山ダム調整池の解析結果 一解析値と観測値の比較-



ダム天端の上下流方向の周波数成分比較



ダム天端のダム軸方向の周波数成分比較

- 高野山地点には、地震計が2台しかない。その内の1台はダム天端中央に設置されており、その地震計の実測値(観測値)と解析値を比較した。

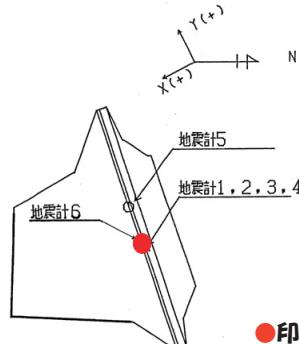
- ピーカーを示す周波数でも加速度が概ね同程度を示し、他の周波数域も同様であることから、ダムの挙動を再現できていると判断した。



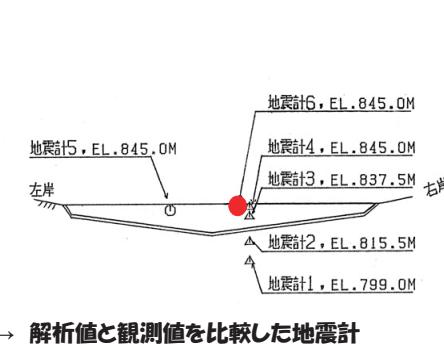
目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

11

◆地震計の配置 一ダム



平面図



断面図



目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

12

◆解析コードの高速化 ーH24より高速化ー

タイムステップごとのSolver所要時間の比較

タイムステップ	IBSolver(sec)	最適化Solver(sec)	改善倍率
1	72.1	2.76	26.2
2	72.3	2.81	25.8
3	72.5	2.77	26.2

50ステップ計算に費やした計算時間の比較

	IBSolver(min)	最適化Solver(min)	改善倍率
50タイム ステップ分	628	552	1.14

- 本解析では、1ケースの解析が時間がかかるため、高速化は、業務全体の効率を上げることに、非常に効果があった。



目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

14

◆まとめ

◆成果(明らかになったこと)

- ダム周辺領域の地形、および地下構造(地層)が、地震時のダム挙動に支配的であることが明らかとなった。

- そのため、地震時の震動性状を把握するために、周辺域の地形や地下構造(地層構成)を事前に把握・分析し、解析に取り込むことが必要である。

※過去を踏襲する手法では困難

ダム最大断面での2D解析や、ダムと極めて狭隘な周辺域の3D解析が該当する。



目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

13

◆産業戦略プログラムを利用して

- 独立行政法人海洋研究開発機構の関係者の方々には、大変、お世話になりました。

- ①ParaViewによる、リモートレンダリング設定及び②FrontISTRのCG法のES2用最適化に関して、廣川様には丁寧な対応をしていただきました。

その結果、

- ①遠隔地からのES2利用の利便性向上、計算結果のデータ転送の最小限化が図れました。
- ②平成25年度は最適化されたコードによって、実施可能な計算ケース数が増えました(トライアルユースの2年目)。記して感謝申し上げます。



目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

15

終わり



東京電力

目的外使用・複製・開示禁止 取扱注意 東京電力株式会社 2014.10.23

16

