

水平2方向入力アーチダム地震応答解析結果に与える影響について

九州電力(株) 正会員 ○大熊 信之 正会員 畑元 浩樹
 熊本大学大学院 正会員 松田 泰治
 (財)電力中央研究所 正会員 西内 達雄

1. はじめに

ダムの地震応答解析では、通常はダムの耐荷機構上、一番条件の厳しい上下流方向成分の地震動を入力し耐震性能照査を行っている。しかしながら、近年全国のダムサイトにおいて、ダム軸・鉛直方向成分の方が上下流方向成分より大きい地震動観測データが得られており、入力の違いを評価することは極めて重要である。したがって、本稿では、耐荷機構の複雑なアーチダムにおいて、まずは、水平方向の2方向入力に与える影響を評価した結果について述べる。

2. 解析モデル

解析は、ある既設アーチダムを対象とし、解析コードは汎用コード「ABAQUS」を用いた。解析モデルは図-1に示すとおり、ダム・基礎岩盤・貯水連成系の三次元FEMモデルであり、岩盤は、堤体の挙動に影響を及ぼさない程度の領域をモデル化し、貯水部は流体要素でモデル化した。堤体はコンクリートブロック部、鉛直ジョイント部、余水路部、およびゲート部をモデル化し、コンクリートブロック部は、鉛直ジョイント部間を均等2分割、堤体厚さ方向に均等5分割し弾性体要素として与えた。境界条件は、右左岸方向境界および上下流方向境界は鉛直方向のみ拘束とし、底面境界は粘性境界(水平2方向をダッシュポット要素とし、鉛直方向は拘束)とした。物性値を表-1に示すが、堤体コンクリートと岩盤の動弾性係数については、別途対象ダムにて実施した常時微動計測結果¹⁾から得られた堤体固有値(固有振動数・モード)に近似するよう、動弾性係数をパラメータとした固有値解析を実施し設定した²⁾。また、ゲート部については、堤体スケールに比べ極めて小さいことから、堤体全体の応答に大きく影響はしないと判断し、堤体コンクリートの約1%の剛性を有する弾性要素として与えた。なお、減衰については、Rayleigh減衰を適用しており、低次の固有値に対して2~3%程度になるよう設定し、岩盤の方が0.5%程度高くなるよう設定した。

3. 入力地震動

図-2に今回使用した入力地震動の時刻歴波形を示す。地震動は過去の地震を参考に断層モデルにより作成した人工

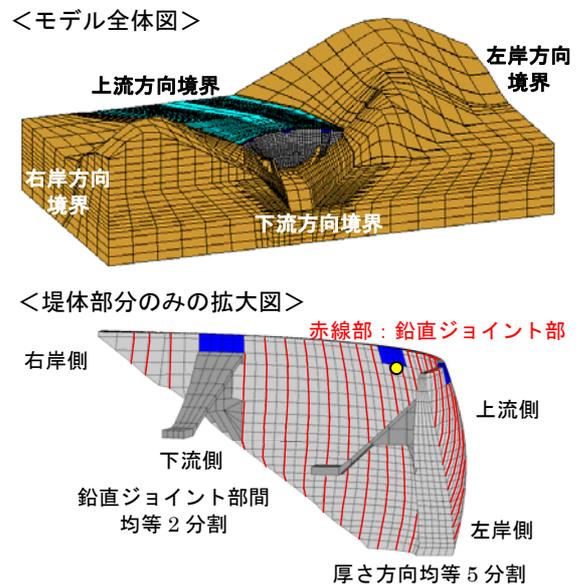


図-1 解析モデル

表-1 適用した物性値

	単位体積重量 (kN/m ³)	動弾性係数 (kN/mm ²)	動牒 [*] アソ 比
堤体コンクリート	24.0	30.0	0.167
鉛直ジョイント	24.0	8.8	—
ゲート部	1.7	0.3	0.167
岩盤	25.5	5.5	0.200

注) 堤体コンクリートには余水路部も含む

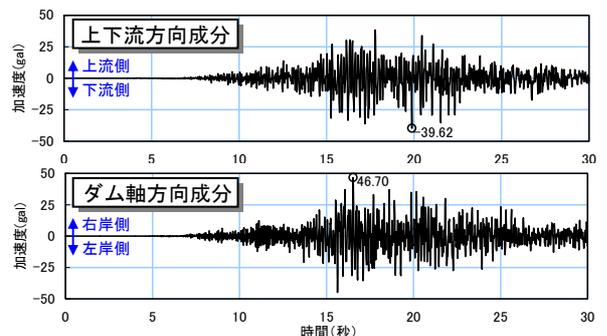


図-2 今回使用した入力地震動の時刻歴波形

キーワード アーチダム, 地震応答解析, 入力地震動, FEM解析, 固有モード

連絡先 〒815-8520 福岡市南区塩原2-1-47 九州電力株式会社 総合研究所 土木グループ TEL. 092-541-2910

地震動であり、上下流方向成分、ダム軸方向成分の最大加速度はそれぞれ、39.62Gal（下流側方向）、46.70Gal（右岸側方向）である。これらの地震動について、上下流方向のみを入力したケースと、上下流方向およびダム軸方向の2方向を同時入力して解析した結果を比較することで、入力の違いによる評価を行った。

4. 解析結果

ここでは、地震動の入力による差異を評価するために、自重や貯水による静水圧、温度荷重など他の荷重による発生応力は除外し、純粋に入力地震動による応答のみを比較することとする。図-3に堤体中央ゲート部直下点（図-1 <堤体部分のみの拡大図>中の丸印部分）における、上下流方向の応答加速度の時刻歴図を示しているが、全時刻における両ケースの加速度応答に対し、有意な差は見られない。しかも最大応答発生時（図-3中の丸枠部分で、2成分同時入力：17.39秒、1成分のみ入力：17.38秒）の加速度は、2成分同時入力よりも、上下流方向1成分のみ入力の方が大きな値となっている（2成分同時入力：-161.7Gal、1成分のみ入力：-181.6Gal）。

また、図-4に同時刻における堤体上流層（堤体厚さ方向に均等5分割した最上流側の要素で構成される層）の主応力分布図を示す。同図より、引張応力の発生状況については明確な違いは見られない。また、圧縮応力については、2方向同時入力のケースでは、ダム軸方向の入力により、当該時刻において左岸側から右岸側へ慣性力が作用し、ダム軸方向にアーチ推力に寄与する圧縮応力が発生し、その結果、右岸岩着部付近の圧縮応力が若干大きくなっているものの、大きな差はない。表-2に堤体全体要素中、最大の発生応力の値を示しているが、この表からも1成分のみ入力のケースの方がやや大きくなっているものの、大きな差はないことがわかる。したがって、水平方向の入力成分数の違いにより、上述のような定性的な応答相違は若干あるものの、最大応答加速度や発生応力の絶対値には大差なく、加速度応答結果からは、地震動入力による有意差は認められない。

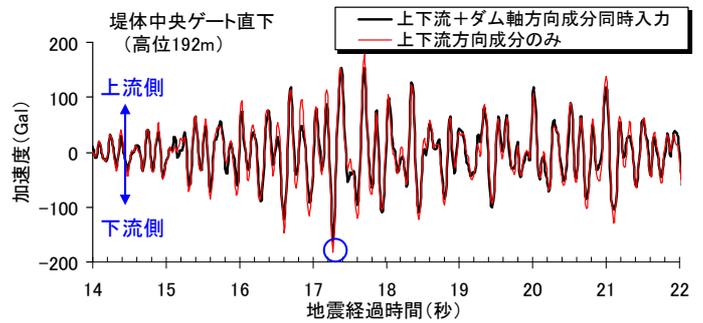


図-3 応答加速度の時刻歴図
(堤体中央断面天端における上下流方向)

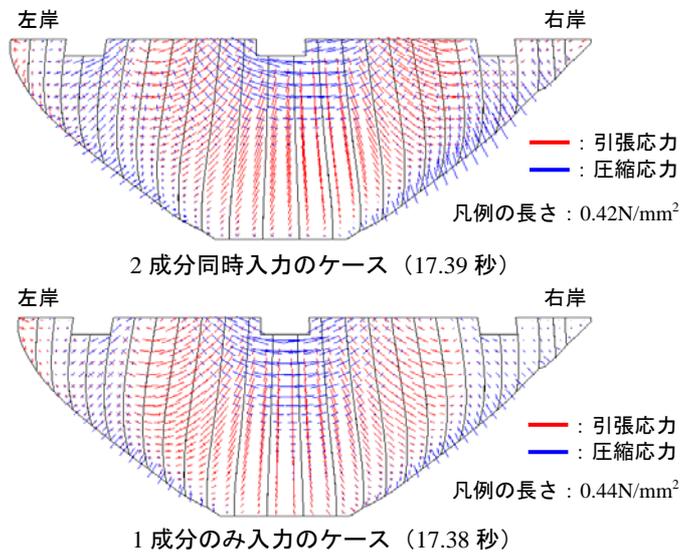


図-4 堤体中央が下流へ最大変形した時の主応力分布図
(堤体上流表層)

表-2 堤体内部の最大発生応力

	堤体内部の最大発生応力	2成分同時入力 (N/mm ²)	1成分のみ入力 (N/mm ²)
上流層	最大引張応力	0.53	0.60
	最大圧縮応力	0.43	0.47
下流層	最大引張応力	0.82	0.99
	最大圧縮応力	0.72	0.90

5. まとめ

耐荷機構の複雑なアーチダムにおいて、水平2方向入力が堤体応答に与える影響を評価した結果、特に有意な差異が認められず、検討を行った範囲においては水平方向の入力地震動は、上下流成分のみ考慮すればよいことが明らかとなった。しかしながら、鉛直方向成分については今回考慮していないため、今後は鉛直動成分が堤体挙動に与える影響について評価していく予定である。

【参考文献】

- 1) 常時微動計測データに基づく既設アーチダムの動的特性, 第64回土木学会年次学術講演会, I-280, 2009.9
- 2) アーチダムのFEM動的解析モデルに適した動的物性のキャリブレーション, H21年度土木学会西部支部研究発表会, I-065, 2010.3