

マルチプルアーチダムの耐震性能の評価法に関する一考察

弘前大学 フェロー会員 ○有賀 義明
弘前大学 非会員 中田 健斗

1. まえがき

マルチプルダムとは、2つ以上のダムが連結された複合構造型のダムである。このような特殊な構造を持つダムの耐震性能を評価する場合、個々のダムが独立した構造物であると考えて、個々のダムを個別的に評価すれば良いのか、あるいは、複数のダムが全体でひとつの構造物であると考えて、複数のダムの相互影響を考慮した評価を行うべきなのかといった問題が出てくる。

マルチプルアーチダムの建設事例としては、海外では Hongrin ダム¹⁾ (堤高：123m, 総堤頂長：600m, 竣工 1969 年, スイス), 国内では大倉ダム (堤高：右岸ダム 42m, 左岸ダム 82m, 総堤頂長 323m, 竣工 1961 年, 宮城県) 等がある。いずれも約 50 年前に建設されたダムであり、当時の耐震設計技術では、連結された複数のダムの地震時の動的相互作用は考慮せずに、静的な計算法に基づいた個別的な耐震設計が行われたものと考えられる。このような背景を踏まえ、ここでは、複合構造を有するダムの耐震性能評価の精度向上を目的として、三次元動的解析による比較解析を行い、マルチプルアーチダムの耐震性能照査のための解析法について考察した。

2. 三次元動的解析

2.1 解析モデル

1 基のダムで構成される単独モデル (図-2) と 2 基で構成される複合モデル (図-3) の 2 種類の解析モデルを設定して比較解析を行った。ダムの形状・寸法については、堤高 50m, 天端幅 145m とし、単独モデルも複合モデルも同様とした。ダム、基礎地盤ともにソリッド要素を用いてモデル化し、基礎地盤の側方境界は粘性境界、下方境界は剛基盤とした。貯水は空虚時を仮定した。解析には、解析プログラム ISCEF を用いた。

2.3 解析用物性値

解析に用いた動的物性値を表-1 に示す。ダム堤体の動的せん断剛性は、既往の研究結果²⁾を参考にして仮定した。密度、ポアソン比、減衰定数は、これまで実施してきた解析事例を踏まえ一般的な数値を設定した。

2.4 入力地震動

解析には、図-4 に示した加速度時刻歴の 0 秒~10.5 秒の区間を使用し、上下流方向に入力した。



図-1 マルチプルアーチダムの建設事例

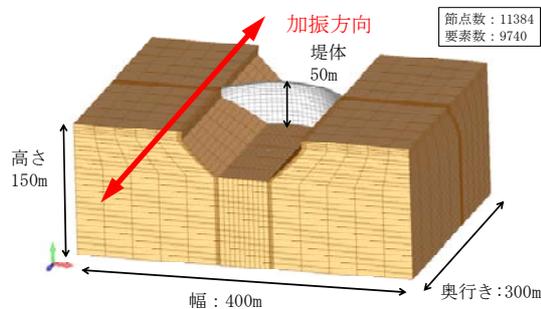


図-2 単独ダムの三次元解析モデル

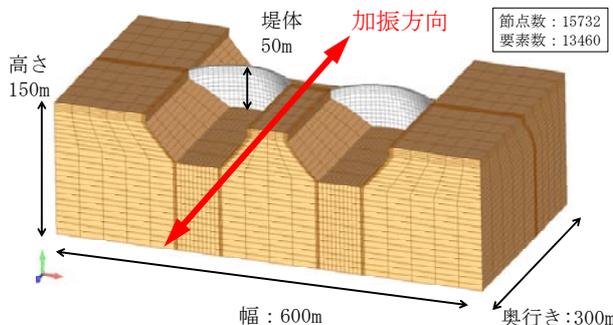


図-3 複合ダムの三次元解析モデル

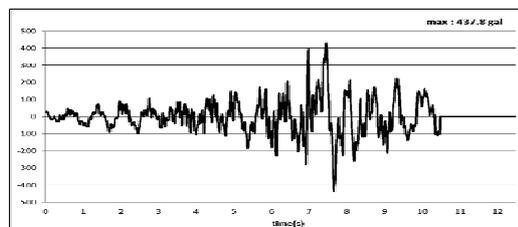


図-4 解析に用いた入力地震動

キーワード：マルチプルアーチダム, 耐震性能照査, 三次元動的解析, 耐震解析法

連絡先：〒036-8561 弘前市文京町3, 弘前大学 大学院理工学研究科 地球環境学コース Tel・Fax 0172-39-3608

表-1 解析用動的物性値

項目	動的せん断剛性 (N/mm ²)	密度 (t/m ³)	ポアソン 比	減衰 定数
ダム堤体	6000	2.40	0.20	0.05
基礎地盤	4500	2.60	0.25	0.05

2.5 解析結果

(1) 加速度応答

ダム天端の最大加速度の値は、単独モデルでは2889gal となったのに対して、複合モデルでは4646gal となった。単独モデルよりも複合モデルの方が、加速度応答が大きくなる結果となった。

(2) 変位応答

ダム天端中央の最大変位の値は、単独モデルでは9.86cm、複合モデルでは11.5cmとなり、複合モデルで変位量が大きい結果となった。

(3) 地震時引張応力

表-2 に代表出力位置の地震時引張応力の最大値を示す。代表出力位置は、図-5 (単独モデル) と図-6 (複合モデル) に示したとおりである。図-7 には、単独モデルと複合モデルの地震時引張応力分布を示す。地震時引張応力の最大値は、単独モデルではダム天端中央で5.85N/mm²、複合モデルでは9.58N/mm²となった。表-2 より理解できるように、地震時引張応力は、全体的に単独モデルよりも複合モデルの方が大きくなった。このことは、複合構造であるマルチプルアーチダムの耐震性を精度良く評価するためには複数のダムの地震時相互影響を考慮することが必要であることを示すと考えられる。

3. あとがき

単独モデルでは、加速度、変位、地震時応力ともに複合モデルよりも小さい値となった。この結果から、2基のダムを互いに独立の構造物と考えて解析する、個別的方法では耐震性能を過大評価(すなわち、危険サイドの評価)する可能性がある。したがって、マルチプルアーチダムの耐震性能の適切に評価するためには、複数のダムの連成効果を考慮できる解析モデルを作成して評価を行うことが必要であると考えられる。

今後の検討としては、複合モデルの中央の連結部の条件、堤体と基礎地盤の非線形性、貯水、堤体のジョイントの影響等の検討があると考えている。

参考文献

- 1) www.hydrlect.info/articles.php?lng=fr&pg=1191
- 2) 有賀義明, 上島照幸, 仲村成貴, 塩尻弘雄: 三次元的動的解析による 2011 年東北地方太平洋沖地震におけるダブルアーチダムの耐震性評価, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.70, No.4(地震工学論文集第 33 巻), I_121- I_129, 2014

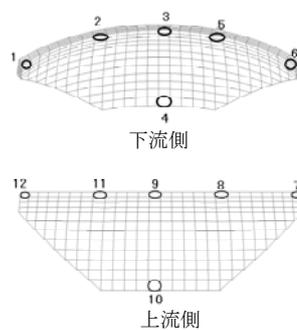


図-5 単独モデルの代表出力位置

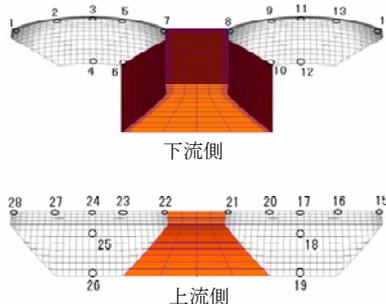


図-6 複合モデルの代表出力位置

表-2 代表位置における地震時引張応力 (N/mm²)

代表位置	単独モデル		複合モデル		
	位置 番号	地震時 引張応力	位置 番号	地震時 引張応力	
下流面	右岸バットト	1	1.37	1	2.02
	天端右岸寄り	2	4.32	2	7.26
	天端中央	3	2.89	3	3.04
	基礎中央	4	2.62	4	3.86
	天端左岸寄り	5	4.32	5	6.35
	左岸バットト	6	1.36	7	2.27
上流面	右岸バットト	7	1.80	15	3.30
	天端右岸寄り	8	3.82	16	3.61
	天端中央	9	5.85	17	9.58
	基礎中央	10	4.47	19	4.61
	天端左岸寄り	11	3.82	20	6.54
	左岸バットト	12	1.80	21	3.28

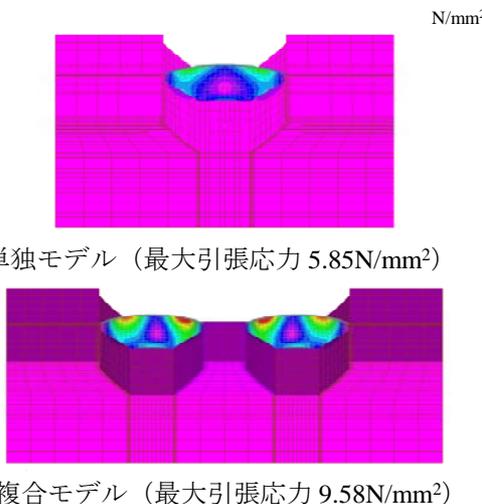


図-7 地震時の最大引張応力の分布