1. まえがき

河川周辺域で地盤災害や地表改変が生じると降雨時に 土砂が河川に流入しダムでは堆砂が発生する.ここでは, ダムの耐震性能照査の視点から,堆砂が進行した際に堆 砂がダムに生じる地震時応力に対してどのような影響を 及ぼすかについて三次元動的解析により検討した.ア ーチダムは,アーチ作用によって構造的安定性を確保す る構造物であり,アーチ作用は基礎岩盤に大きく依存し ている.アーチダムの耐震性能照査に際して基礎岩盤は 重要な存在であるため,ここでは,堤体のみならず基礎 岩盤に着目して堆砂の影響を検討した.

2. 三次元動的解析による検討

2.1 検討の主眼

貯水池が満水の場合,アーチダムには貯水の水圧が作 用しダムは圧縮応力状態になるが,貯水が無い場合は, 貯水による圧縮力が作用しないので強震動を受けた際に ダムには引張応力が発生し易くなる.したがって,耐震 性能の視点からは,満水時よりも空虚時の方が厳しい条 件下に置かれるため,ここでは,貯水池が空虚時の場合 について堆砂の影響を検討した.

2.2 解析モデル

解析対象は、図-1 に示したように、堤高 100m、堤頂 長 300m のアーチダムとし、基礎岩盤は幅 920m、奥行 き 740m, 深さ 250m の領域をモデル化した. 堆砂につ いては、図-2 に示したように、堆砂率 0%(堆砂厚 0m)、25%(堆砂厚 25m)、50%(堆砂厚 50m)、75%

(堆砂厚 75m)の4ケースを設定した.堤体,基礎岩盤, 堆砂ともにソリッド要素でモデル化し,側方境界と下方 境界は粘性境界とした.解析は線形解析とし,解析には 汎用解析プログラム ISCEF を使用した.

2.3 解析用物性值

堤体と基礎岩盤と堆砂の解析用動的物性値を表-1 に 示す.堤体の動的せん断剛性は,2011年東北地方太平 洋沖地震での既設アーチダムの実地震時挙動に基づく研

弘前大学	フェ	ロー会員	○有賀	義明
東電設計(株)		正会員	松本	陽介
センチュリテクノ	(株)	正会員	鈴木	翔

究成果¹⁾を参考に,地震時の非線形性も考慮して 6000N/mm²を設定し,減衰定数は5%を仮定した.



図-1 堤体と基礎岩盤の連成解析モデル



図-2 堆砂の影響を検討するための比較解析モデル

表-1 堤体と基礎岩盤と堆砂の解析用物性値

項	目	密度 g/cm³	ポア ソン比	せん断 剛性 N/mm ²	S波 速度 m/s	減衰 定数
堤	体	2.4	0.2	6000	1580	0.05
基磷	岩盤	2.6	0.25	4500	1315	0.05
堆	砂	1.6	0.4	10.25	80	0.05

2.4 入力地震動

解析には、図-3 に示した、土木学会コンクリート標 準示方書耐震性能照査編²に例示されたレベル2 地震動 基盤波を使用し、加振方向は上下流方向とした.

キーワード:アーチダム,堆砂,基礎岩盤,地震時引張応力,三次元動的解析,耐震性能照査 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 Email: y-a-arig@hirosaki-u.ac.jp

3. 三次元動的解析の結果

3.1 堤体の変位応答

最大変位発生時の堤体の変位状況を図-4 に示す. 堆 砂率 0%, 25%, 50%, 75%に対する堤体の最大変位は, それぞれ 305mm, 300mm, 271mm, 213mm となり, 堆 砂率の増加に伴い堤体の変位量は減少した. 堆砂が無い 場合,堤体は単独で変位挙動するのに対して,堆砂が厚 い場合は堤体は堆砂との連成系として変位挙動すること になるため,このような結果になったものと考えられる.

3.2 堤体の地震時引張応力

堤体での地震時の引張応力の発生状況を図-5 に示す. 位置 A (天端中央上流側) での最大引張応力は, 堆砂率 0%, 25%, 50%, 75%に対して, それぞれ 13.78N/mm², 13.47N/mm², 11.71N/mm², 9.30N/mm² となり, 堆砂厚の 増大に伴い地震時の最大引張応力は低下した. 一方, 位 置 B (左岸アバットメント下流側) では, 堆砂率 0%, 25%, 50%, 75%に対して, それぞれ 7.03N/mm², 7.09N/mm², 7.59N/mm², 8.93N/mm² となり, 堆砂厚の増大に伴い地震 時の最大引張応力は増大した.

3.3 基礎岩盤の地震時引張応力

基礎岩盤での地震時の引張応力の分布状況を図-6 に 示す. 位置 C (右岸アベットメント下流側) での最大引張応力 は, 堆砂率 0%, 25%, 50%, 75%に対して, それぞれ 3.09N/mm², 3.12N/mm², 3.41N/mm², 3.77N/mm²となり, 堆砂厚の増大に伴い地震時の最大引張応力は増大した. 位置 D (堤体底部上流側) では, 堆砂率 0%, 25%, 50%, 75% に対して, それぞれ 3.98N/mm², 3.99N/mm², 3.54N/mm², 2.27N/mm²となり, 堆砂厚の増大に伴い最大 引張応力が減少する結果となった.

4. あとがき

堆砂と堤体と基礎岩盤の連成系の地震時相互影響によ って、地震時引張応力が減少する位置と増大する位置が 出てくるものと考えられる.基礎岩盤で引張応力が増大 する場合は、ダムの耐震安全性に及ぼす影響が大きいの で、精度の高い耐震性能照査が必要になる.今後の課題 としては、堆砂の硬軟の影響、堆砂と堤体等の接触面の 非連続性の影響、貯水の影響等の検討がある.

参考文献

 1)有賀義明,上島照幸,仲村成貴,塩尻弘雄:三次元動的解 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, I_121-I_129, 2014





(備考) 位置A: 天端中央上流側. 位置B: 左岸アベットメント下流側 地震時の応力: 地震動によって発生した動的応力 図-5 堤体での地震時の最大引張応力の発生状況



図-6 基礎岩盤での地震時の最大引張応力の発生状況

2) 土木学会土木学会:コンクリート標準仕方書耐震性能照査編, p.47, 2002