

アーチダム地震時応力に及ぼす堆砂の影響

弘前大学 フェロー会員 ○有賀 義明
弘前大学 非会員 斗内陸人 松橋勇輝

1. まえがき

河川の周辺域で地表の改変や地盤災害が発生すると降雨に伴い地表の土砂が河川に流れ込み、ダムでは堆砂の問題が発生する。堆砂が進行すると洪水調整能力や発電能力が低下するため、ダムの機能保持に関しては、排砂や浚渫等の堆砂対策が講じられている。一方、ダムの耐震性に関しては、これまでに堆砂の影響を定量的に評価した研究例がない。そこで、アーチダムを対象として、ダムの地震時応力に対する堆砂の影響について三次元的解析により基礎的な検討を行った。

2. 三次元的解析による比較検討

2.1 解析モデル

解析対象は、堤高 100m のアーチダムとし、図-1 と図-2 に示したように、堤体モデル（ダム堤体-基礎岩盤連成解析モデル）と堆砂モデル（ダム堤体-堆砂-基礎岩盤連成解析モデル）の 2 種類の解析モデルを作成した。堆砂の厚さは 33m とし、基礎岩盤は幅 600m、高さ 300m、奥行き 500m の領域をモデル化した。ダム、堆砂、基礎地盤ともにソリッド要素でモデル化し、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。貯水については、堆砂の影響に焦点を当てて解析するため、また、堤体内の地震時引張応力の評価に際しては貯水が無い方が安全サイドの条件になると考えられることから空虚時を仮定した。解析は、線形解析とし、解析プログラムは ISCEF を使用した。

2.2 解析用物性値

ダム堤体、堆砂、基礎地盤の解析用動的物性値を表-1 に示す。ダム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ダムの実地震時挙動に関する研究結果¹⁾を踏まえ強震時の非線形性を考慮して 6,000N/mm²を設定した。減衰定数は 5%を仮定した。

2.3 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 地震動基盤波を用い下方基盤より上下流方向に入力した。

2.4 解析結果

(1) 加速度応答

加速度応答に関する堤体モデルと堆砂モデルの比較を

図-4 に示す。ダム天端中央での最大加速度は、堤体モデルでは 5,394Gal、堆砂モデルでは 3,628Gal となり、堆

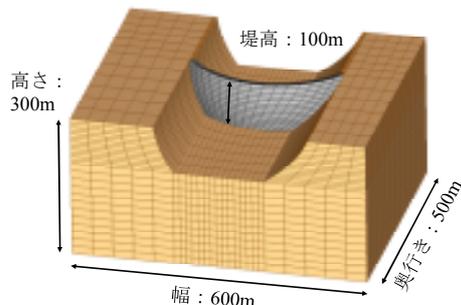


図-1 ダム堤体-基礎岩盤連成解析モデル（堤体モデル）

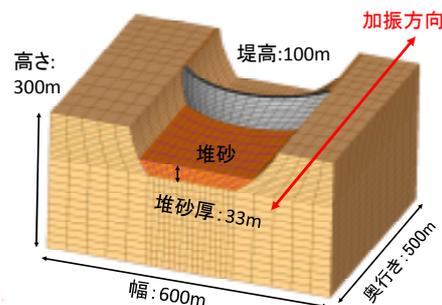


図-2 ダム堤体-堆砂-基礎岩盤連成解析モデル（堆砂モデル）

表-1 解析に用いた動的物性値

項目	密度 g/cm ³	ポア ソン比	せん断 剛性 N/mm ²	S波 速度 m/s	減衰 定数
ダム堤体	2.4	0.2	6,000	1,580	5
堆砂	1.6	0.4	10	80	5
基礎岩盤	2.6	0.25	4,500	1,315	5

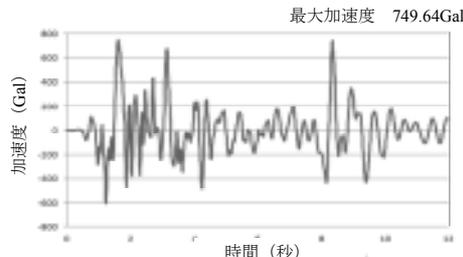


図-3 入力地震動

キーワード：堆砂、アーチダム、地震時引張応力、三次元的解析、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

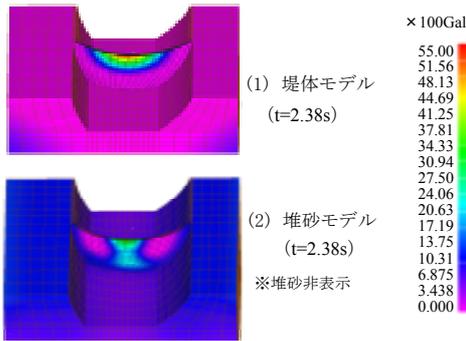


図-4 加速度応答に関する堤体モデルと堆砂モデルの比較

砂の存在によってダム堤体の加速度応答は小さくなった。

(2) ダム堤体での地震時引張応力

ダム堤体での地震時引張応力に関する堤体モデルと堆砂モデルの比較を図-5に示す。また、図-6に示した代表出力位置での地震時引張応力を表-2に示す。ダム天端中央での地震時引張応力は、堤体モデルでは18.40N/mm²、堆砂モデルでは17.04N/mm²となり、堆砂の存在によってやや減少する結果となった。ダム天端左岸での地震時引張応力は、堤体モデルで7.52N/mm²、堆砂モデルで11.49N/mm²、ダム天端右岸では、堤体モデルで4.57N/mm²、堆砂モデルで7.70N/mm²となった。地震時引張応力の値はダム天端中央に比して小さいものの、ダム堤体左右岸では、堆砂の存在によって地震時引張応力が増大する結果となった。

(3) 基礎岩盤での地震時引張応力

基礎岩盤での地震時引張応力に関する堤体モデルと堆砂モデルの比較を図-7に示す。また、図-8に示した代表出力位置の地震時引張応力を表-3に示す。左岸の基礎岩盤での地震時引張応力は、堤体モデルで2.81N/mm²、堆砂モデルで4.01N/mm²となり、堆砂の存在によって地震時引張応力が増大した。

3. まとめ

ダム堤体の加速度応答は、堆砂の存在によって低下した。地震時引張応力は、堆砂の存在によってダム天端中央では低下する一方で、ダム堤体アバットメント部では増大した。この結果から、堆砂の存在によって地震時引張応力はダム堤体では平滑化されるが、基礎岩盤では負担が増大する可能性があるものと推定される。

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
- 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

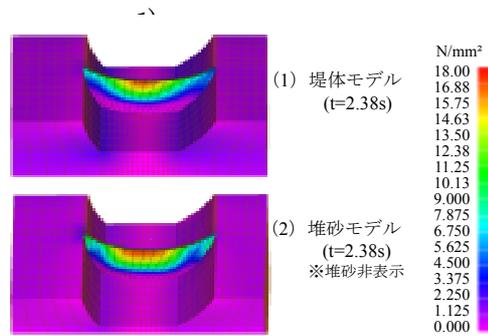


図-5 ダム堤体の地震時引張応力に関する堤体モデルと堆砂モデルの比較

表-2 ダム堤体の地震時引張応力に関する堤体モデルと堆砂モデルの比較

位置	最大引張応力 (N/mm ²)	
	堤体モデル	堆砂モデル
1 ダム天端左岸	7.52 (t=1.99s)	11.49 (t=2.02s)
2 ダム天端右岸	4.57 (t=8.75s)	7.70 (t=2.02s)
3 ダム天端中央	18.40 (t=8.74s)	17.04 (t=2.02s)
4 ダム中央部	4.81 (t=2.29s)	5.84 (t=2.32s)



図-6 ダム堤体の代表出力位置

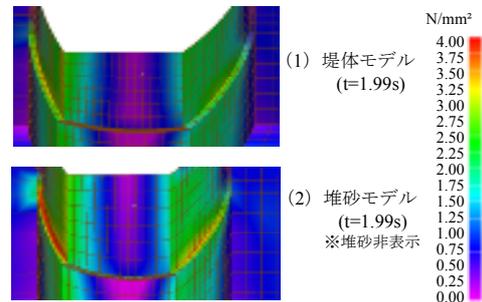


図-7 基礎岩盤での地震時引張応力に関する堤体モデルと堆砂モデルの比較

表-3 基礎岩盤での地震時引張応力に関する堤体モデルと堆砂モデルの比較

位置	最大引張応力 (N/mm ²)	
	堤体モデル	堆砂モデル
1 左岸岩盤	2.81 (t=1.91s)	4.01 (t=1.94s)
2 左岸岩盤	2.46 (t=1.96s)	4.08 (t=1.99s)
3 右岸岩盤	0.83 (t=1.96s)	1.79 (t=2.05s)
4 右岸岩盤	1.30 (t=1.89s)	1.93 (t=1.92s)

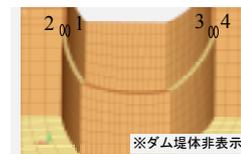


図-8 基礎岩盤での代表出力位置