

三次元動的解析による東北地方太平洋沖地震時のアーチダムの耐震性の検討

- 弘前大学
弘前大学
弘前大学
宮城大学
日本大学
日本大学
- フェロ-会員
学生会員
非会員
正会員
正会員
正会員
- 有賀 義明
早坂 友宏
川上 和貴
上島 照幸
仲村 成貴
塩尻 弘雄

1. まえがき

大倉ダム（仙台環境開発大倉ダム）は，1961 年に建設されたダブルアーチダムであり，宮城県仙台市に位置している．2011 年東北地方太平洋沖地震の際には，ダムの天端やスラストブロック内の監査廊等で地震動が観測された．ここでは，複雑な形状をした複合構造型のダムの耐震性の照査方法の検討を目的として，スラストブロック内の監査廊で観測された地震動を活用して三次元動的解析を行い，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について考察した．

2．三次元動的解析

2.1 解析対象

解析対象は，図-1 に示したダブルアーチダムであり，右岸側アーチダム（以下，右岸ダム）の堤高 42m，左岸側アーチダム（以下，左岸ダム）の堤高 82m，全体の堤頂長 323m，全体の堤体積 22.6 万 m³である．左岸ダムの天端には，放流設備があり，4 門の鋼製ローラーゲート（高さ 7.55m，幅 8.86m）が設置されている．

2.2 三次元動的解析モデル

解析モデルを図-2 に示す．基礎岩盤は，幅 450m，奥行 250m，高さ 142m の領域をモデル化した．ダム，基礎地盤ともにソリッド要素を用いてモデル化した．放流施設の鋼製ゲートは，ダムの地震時挙動に及ぼす影響が小さいと考えてモデル化を省略した．貯水については，地震発生時が渇水期にあたり，ダム天端の標高 EL.272.00 に対して貯水位が EL.253.11m と低かったことから，今回の解析ではモデル化を省いた．なお，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．

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．ダムとスラストブロックの動的せん断剛性の値は，東北地方太平洋沖地震の際に左岸ダムの天端で観測された地震動から評価されたダムの固有周波数が再現されるように同定した結果である．密度，ポアソン比，減衰定数は，これまでの解析評価事例を踏まえ一般的な数値を設定した．

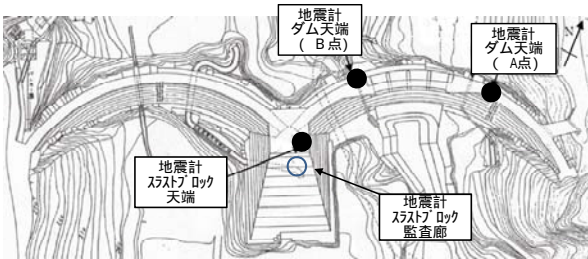
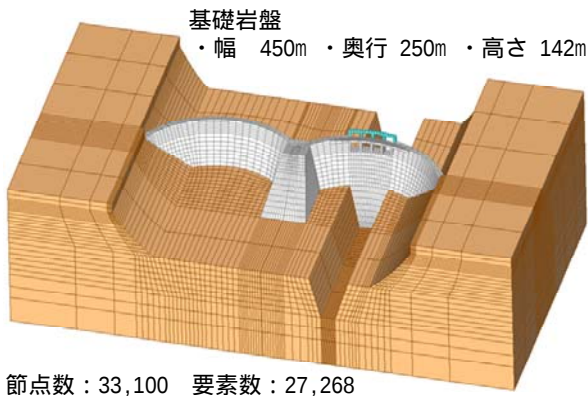


図-1 解析対象ダムの形状と地震計の配置



節点数：33,100 要素数：27,268

図-2 三次元動的解析モデル

表-1 解析に用いた動的物性値

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
右岸ダム	6000	2.40	0.20	0.05
スラストブロック				
左岸ダム	4500	2.60	0.25	0.05
基礎地盤				

東北地方太平洋沖地震 本震(3/11) スラストブロック監査廊
Amax : 88.35gal

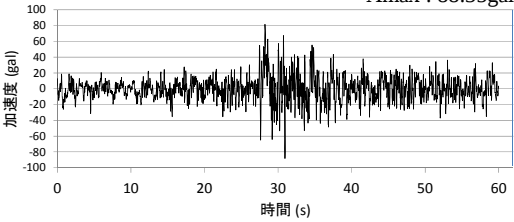


図-3 解析に用いた入力地震動

キーワード：ダブルアーチダム，東北地方太平洋沖地震，三次元動的解析，耐震性能

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

24 入力地震動

3月11日の本震の際にスラストブロック内の監査廊で観測された地震動を入力地震動として使用した。最大加速度は88.35galである。解析には、図-3に示した時刻歴の20.00秒から59.99秒までの40秒間を使用した。

25 解析結果

(1) 加速度応答

上下流方向の最大加速度分布を図-4示す。また、図-5に示した代表出力位置の最大加速度の値を表-2に示す。加速度応答に関しては、左岸ダムの谷部最下部(位置11)で125.11gal、左岸ダムの天端(位置8)で673.20gal、右岸ダムの天端(位置2)で751.88gal、スラストブロックの天端では位置4で423.63gal、位置6で437.83galとなった。

(2) 地震時引張応力

図-6に地震時の最大引張応力の分布を示す。最大引張応力の分布は、左右岸のアバットメントのエリアに比べて、スラストブロックとダムの接続部のエリアで大きい傾向が見られる。地震時引張応力の最大値は、左岸ダム天端の放流施設周辺の天端橋梁部で出現しているが、その値は2.937N/mm²であった。ダム堤体での最大引張応力は、右岸ダム天端中央(位置2)で現われ、その値は1.220N/mm²であった。

26 ダムの地震時健全性について

ダムコンクリートは引張応力に対して弱いため、地震時健全性を評価するには引張応力の値が重要な判断指標になる。一般的に想定されるダムコンクリートの動的引張強度3~5N/mm²に対して、今回の解析で得られた地震時引張応力の最大値は、ダム堤体では1.3N/mm²程度であった。この結果では、東北地方太平洋沖地震の際に評価対象ダムでは損傷は生じなかったと考察される。

3. あとがき

形状が異なる複数の構造体が連結された、複合構造型のダムの耐震性能照査においては、個々の構造体の地震時応答のみならず、構造体間の相互の影響を定量的に評価し考慮することが必要である。今後の課題としては、入力地震動の特性と作用方向、堤体および基礎地盤の非線形効果、貯水、堤体のジョイント等の影響の検討があると考えている。

謝辞

本研究の実施に際しては、(社)東北建設協会・技術開発支援制度より支援を受けていること、宮城県仙台地方ダム総合事務所からフィールドの提供を受けていること、仙台市大倉川土地改良区管理下にある建物の一角を借用して観測機器を設置させていただいていることを記して、感謝の意を表します

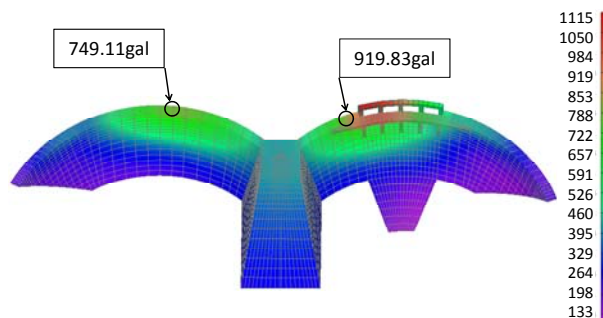


図-4 ダム堤体での最大加速度分布

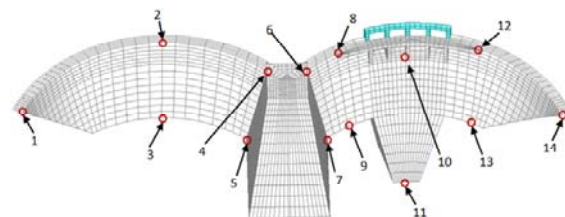


図-5 最大加速度の代表出力位置

表-2 代表位置における最大加速度

出力位置			最大加速度 (gal)
1	右岸ダム	右岸アバットメント	194.99
2		天端中央	751.88
3		底部中央	202.45
4	スラストブロック	右岸天端接続部	423.63
5		右岸底部接続部	264.05
6		左岸天端接続部	437.83
7	左岸ダム	左岸底部接続部	270.05
8		天端(スラストブロック側)	673.20
9		底部(スラストブロック側)	262.18
10		洪水吐下部	585.57
11		谷部最下部	125.11
12		天端(アバットメント側)	437.56
13		底部(アバットメント側)	156.52
14		左岸アバットメント	204.78

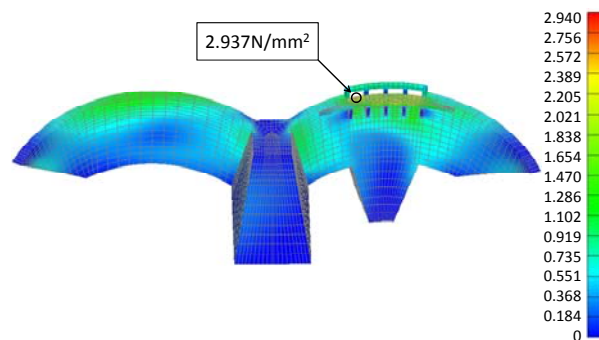


図-6 地震時の最大引張応力の分布

参考文献

- 1) 上島照幸, 金澤健司, 村上弘太, 仲村成貴, 塩尻弘雄, 有賀義明: 常時微動・地震動の長期継続観測による高経年化したアーチダムの振動特性同定と2011年東北地方太平洋沖地震時のダムの振動挙動, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.68, No.4(地震工学論文集第31-b巻), _186- _194, 2012