

左右非対称形状を有する重力式コンクリートダム of 動的クラック進展解析

| | | |
|----------|-----|--------|
| 清水建設 (株) | 正会員 | ○玉井 誠司 |
| 清水建設 (株) | 正会員 | 藤田 豊 |
| 清水建設 (株) | 正会員 | 新美 勝之 |

1. はじめに

これまで筆者等は、重力式コンクリートダムの三次元 FEM 動的非線形解析 (以後、三次元動的クラック進展解析と呼ぶ。) を実施して、ダム堤体に発生するクラックの進展状況から耐震安全性評価を試みてきた¹⁾。ただし、ここで用いた解析モデルは、対称形状のモデルダムで上下流を対称面とする 1/2 モデルを採用してきた。一方、実ダムでは基礎岩盤の形状等の影響を受けて、非対称形状のダム堤体も数多く存在する。そのため、非対称形状のモデルダムを用いて三次元動的クラック進展解析を行い、非対称形状のダム堤体のクラックの発生、進展挙動について明らかにし、これまで実施してきた対称形状のモデルダムとの違いについて考察する。

2. 解析モデルの概要

ダム堤体-基礎岩盤-貯水連成系モデルの概要を図-1 に示す。三次元モデルは非対称ダム堤体で、アバットメント着岩部のうち左岸側の勾配は 1:1 (45°)。右岸側の勾配は 1.732:1 (30°) としている。解析モデルに用いたダム堤体コンクリート及び基礎岩盤の解析定数を表-1 に示す。引張応力クラック開口変位関係は、図-2 に示す二直線型引張軟化構成則 (1/4 モデル) を採用する。堤体着岩部の要素は、メッシュ依存性の影響を排除するために、1 辺が約 2.0m の三角錐要素によるメッシュ分割を基本とする。また、基礎岩盤側面には自由地盤を設け、自由地盤とのエネルギー伝達をダッシュポットにより行い、基礎岩盤底面には半無限境界を模擬したダッシュポットを設けた。貯水は Westergaard 式による付加質量として考慮する。

3. 入力地震動

入力地震動を図-3 に示す。照査用下限加速度応答スペクトル²⁾をターゲットスペクトルとして作成した模擬地震動とし、位相特性は 1995 年兵庫県南部地震において一庫ダムの監査廊内で観測された時刻歴加速度波形を適用する。入力地震動は上下流、ダム軸及び鉛直の 3 方向とする。三次元モデルによる解析ではアバットメント着岩部の左右岸端部の応答が重要になることから、ここでは左右岸端部位置のレベルで模擬地震動を定義する。

4. 非対称ダム堤体の変位とクラック進展挙動

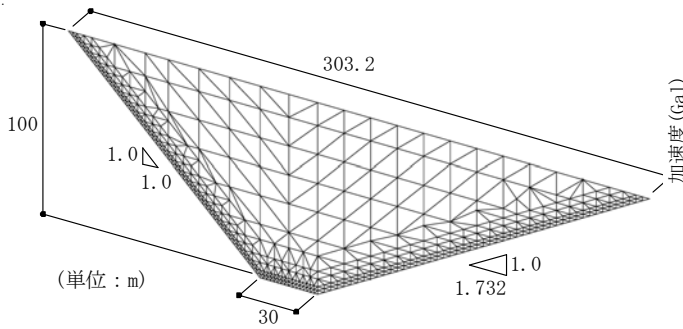
ダム堤体の堤体底面を基準とした相対変位分布及びクラックひずみ分布を図-4 及び図-5 に示す。堤体中央頂部において最大相対変位を生じる時刻 (7.54 秒) の相対変位分布は、比較的左右対称の分布になっているが、この時刻当りから徐々に左岸側のクラックが進展し、8.62 秒当りでは左岸側の堤体がダム軸中央当りから右岸側に固定された片持ち梁のように挙動する。また、非対称形状の場合、クラックはダム堤体着岩部のうち勾配の大きい左岸側のアバットメント着岩部の上流側で発生し、その後、左岸側のアバットメント着岩部もクラックが進展していくが、勾配の小さい右岸側のアバットメントでは余り顕著に進展しない。解析結果から、形状に依存したクラックの左岸側への偏りが、非対称形状の場合には顕著に現れ、ダム堤体の耐震性に影響を及ぼすものと想定される。このため、非対称形状のダム堤体の耐震性評価を行う場合には、クラックの偏りを考慮した解析を実施し、クラックの発生、進展を把握するとともに、定量的な耐震性評価ができるように検討を進める必要がある。

5. まとめ

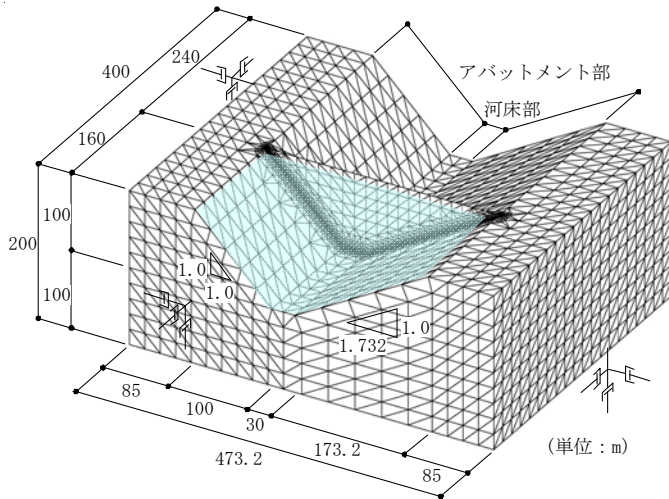
非対称形状のモデルダムにより三次元動的クラック進展解析を行った結果、勾配の急な左岸側アバットメント着岩部にクラックが偏って進展することから、非対称性がダム堤体の耐震性に影響を与えることがわかった。

キーワード 重力式コンクリートダム, 三次元動的クラック進展解析, 非対称形状

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2 丁目 16-1 TEL 03-3561-3895



(a)ダム堤体モデル



(b)全体モデル

図-1 連成系三次元モデルの概要

表-1 解析定数

| 項目 | ダム堤体 | 基礎岩盤 |
|----------------------------------|-------------|-------------|
| ヤング係数 E (GPa) | 28 (24) | 10 (10) |
| ポアソン比 ν | 0.20 (0.20) | 0.25 (0.25) |
| 密度 γ (kg/m ³) | 2400 (2400) | 2500 (2500) |
| 圧縮強度 f_c (MPa) | 30.0 | — |
| 引張強度 f_t (MPa) | 3.0 | — |
| 破壊エネルギー G_F (N/m) | 400 | — |
| 減衰定数(三次元) h_f (%) | 7.0 | 2.0 |

注: ()内は初期応力解析(静的解析)の解析定数を示す.

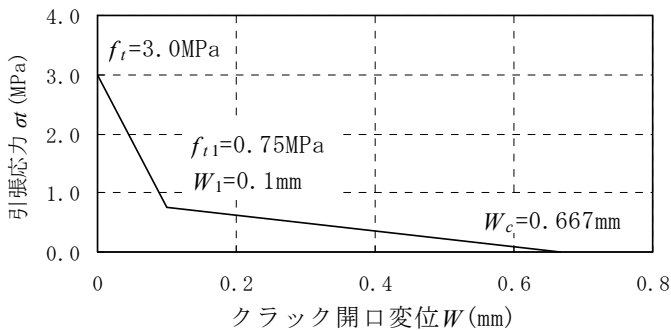


図-2 引張軟化構成モデル

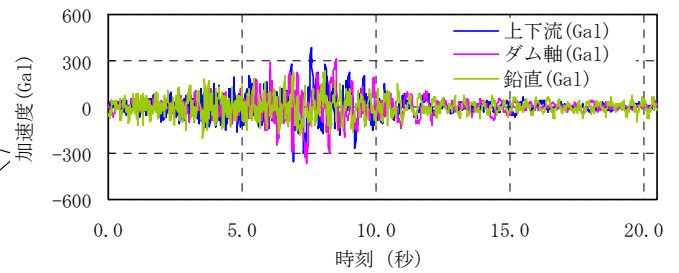


図-3 入力地震動

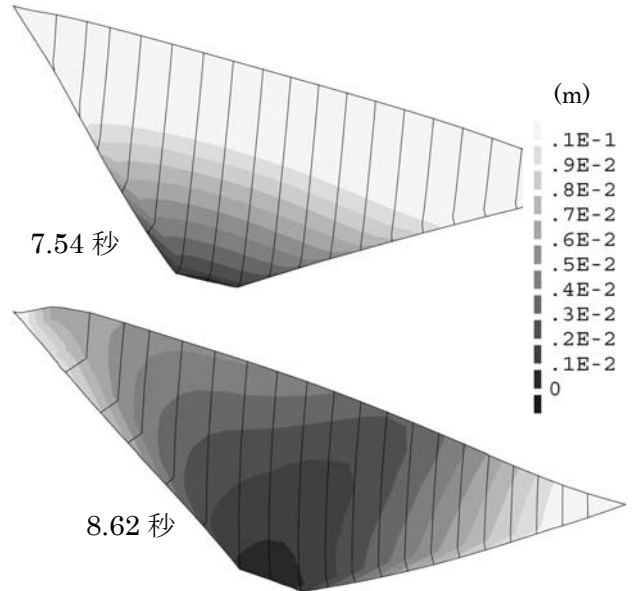


図-4 ダム堤体の相対変位分布

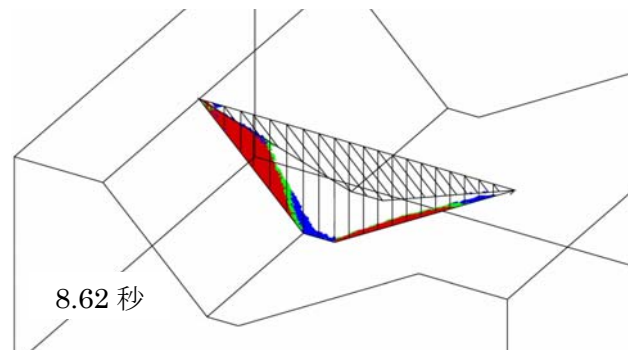
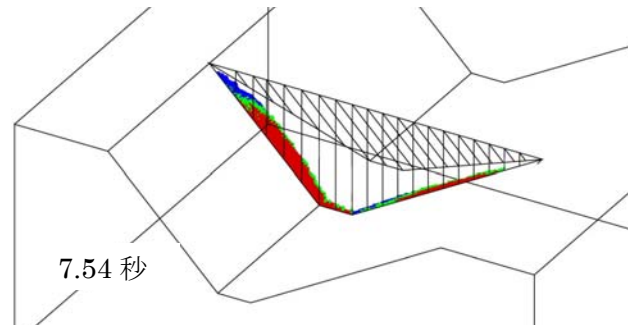


図-5 ダム堤体のクラックひずみ分布

参考文献

- 1) 藤田豊, 木全宏之, 堀井秀之: 三次元動的クラック進展解析による重力式コンクリートダムの耐震安全性評価, 土木学会論文集 A1, Vol.68, No.3, pp707-715, 2012.
- 2) 国土交通省河川局: 大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説, 2005.