

## 入力地震動の違いによる重力式コンクリートダムクラック進展挙動特性

清水建設(株) 正会員 木全 宏之 藤田 豊 宮元 大輔 ○仲山 賢司

### 1. はじめに

重力式コンクリートダムの大規模地震動に対する耐震安全性評価の対象となる主な破壊メカニズムは、クラック発生、進展による貫通破壊と考えられる<sup>1)</sup>。このため、筆者等はクラック進展挙動を精緻に評価する方法として、接線剛性比例型減衰を用いる評価方法を提案した<sup>2)</sup>。一方、重力式コンクリートダムのような無筋コンクリート構造物の場合、クラック進展長さは地震動の最大加速度のみならず、主要動における繰返し回数が大きく影響するものと想定される。

このため、本報では既に提案した評価法を用い重力式コンクリートダムについてモデルダムを想定し、動的クラック進展解析(地震波は水平、鉛直同時入力)を実施して、入力地震動の違いによるクラック進展挙動特性について検討する。

### 2. 解析モデルの概要

解析モデルはダム上下流方向を対象に平面ひずみ状態を仮定したダム-基礎岩盤-貯水連成系モデルとする。その概要を図1に示すが、ダムの堤高は100m、基礎岩盤の水平方向モデル化領域をダム底面幅の約10倍(760m)、鉛直方向モデル化領域をダム堤高の2.0倍(200m)とする。モデル底面には半無限地盤を模擬したダッシュポットを設け、波動逸散を考慮する。モデル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考慮する。貯水の影響は、Westergaard式から求められる付加質量を堤体上流面に付与することで考慮する。

ダム堤体コンクリートと基礎岩盤の解析諸元を表1に示す。コンクリートのクラックは、smeared crack modelを用いて表現し、引張応力-クラック開口変位関係は二直線型引張軟化構成モデル(1/4モデル)を採用する。引張応力-クラック開口変位関係における除荷時には原点指向型の履歴特性を設定する。減衰タイプは堤体に接線剛性比例型減衰を、基礎岩盤にレーリー減衰を採用し、1次のモード減衰 $h_1$ をダム堤体で7%、基礎岩盤を2%と仮定する<sup>2)</sup>。

### 3. 検討に用いる入力地震動

採用する入力地震動は、「ダム耐震性能照査指針(案)」<sup>1)</sup>に示されている照査用下限加速度応答スペクトルをターゲットスペクトルとした時刻歴加速度波形とする。この地震波はダム堤体底面位置で定義されたものである。位相特性は、1995年兵庫県南部地震にて一庫ダムの監査廊内で観測され

た時刻歴加速度波形(堤体底面岩盤位置相当の加速度波形)の位相を用いる方法(以下、作成された波形を一庫位相波と呼ぶ)と乱數位相を用いる方法(以下、作成された波形を乱數位相波と呼ぶ)により評価する。得られた時刻歴加速度と加速度応答スペクトルを図2に示す。同図(a)によれば加速度応答スペクトルが同様であるにもかかわらず、一庫位相波に比べ、乱數位相波は主要動における繰返し回数が極めて多いことが特徴的である。

### 4. 応答解析結果

前章で示した2種類の地震波を用いて、動的クラック進展解析を実施した。解析結果のうち、堤体の相対変位波形を図3に示す。一庫位相波は5cm程度の繰返し回数が4回程度であるが、乱數位相波は10回程度とかなり多くなっている。最大相対変位も乱數位相波が一庫位相波に比べて2倍程度大きくなっている。主要動における繰返し回数の違いがクラックの進展の違いを生じ、変位振幅に差異が生じたものと考えられる。特に、相対変位の大きくなっている時刻のクラック進展状況と最大主応力分布を図4に示す。クラックの発生位置は堤体底面のコンクリート部に集中しており、その他の位置にはクラックが発生していない。クラックの進展長さは、一庫位相波で堤体底面の幅の35%程度、乱數位相波で70%程度になっている。最大主応力分布によれば、クラックが発生した位置では完全に引張応力の開放が生じており、鉄筋コンクリート構造物と全く異なる応力状態となっている。無筋コンクリート構造物の場合、一度クラックを生じるとクラック周辺に新しいクラックが分散することなく、局所化して進展することから、地震エネルギーがそのままクラック進展に寄与している。その結果、クラック進展長さと主要動の繰返し回数に比例関係が生じたものと推察される。

### 5. まとめ

重力式コンクリートダムを対象に、地震時における動的クラック進展解析を実施した結果、地震波の主要動における繰返し回数がクラック進展に大きな影響を与えることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 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, 2005.3
- 2) 木全, 藤田他:動的クラック進展解析による重力式ダムの耐震安全性評価, 土木学会論文集 No.787/I-71, 2005.4

キーワード: 重力式コンクリートダム クラック 地震動

〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスS館 TEL 03-5441-0598 FAX 03-5441-0512

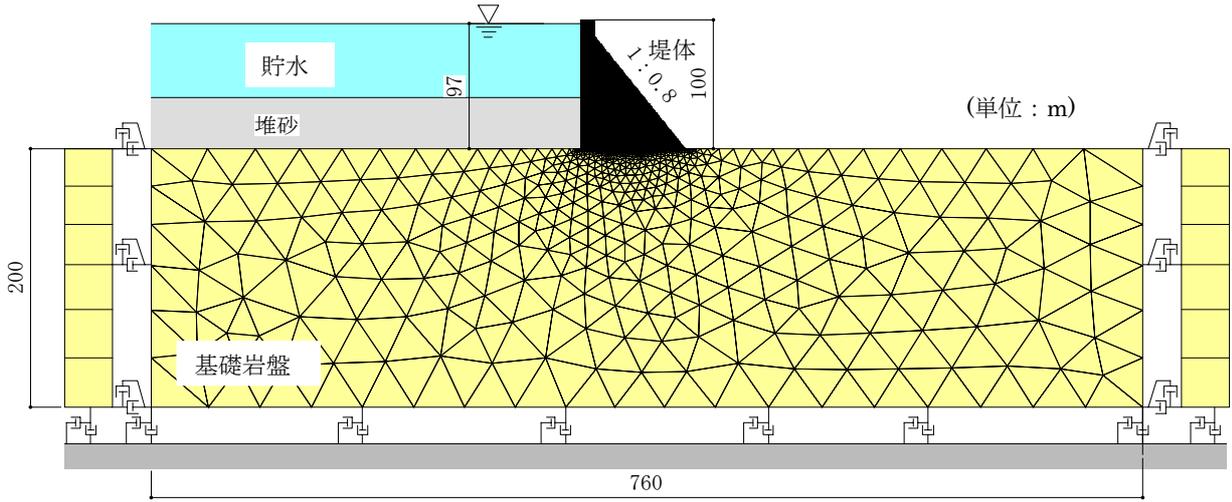
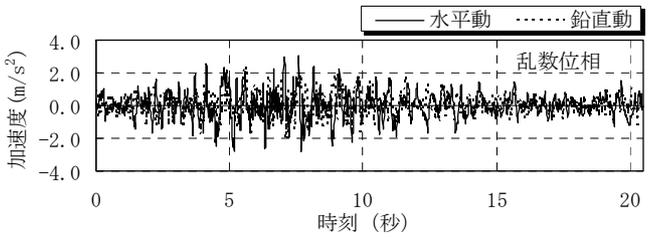
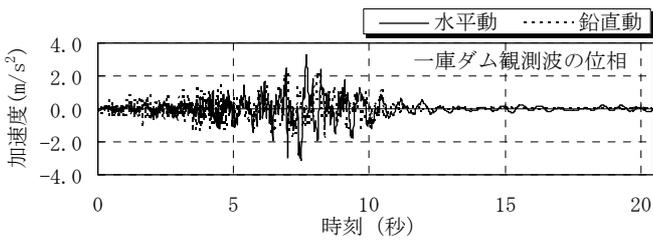


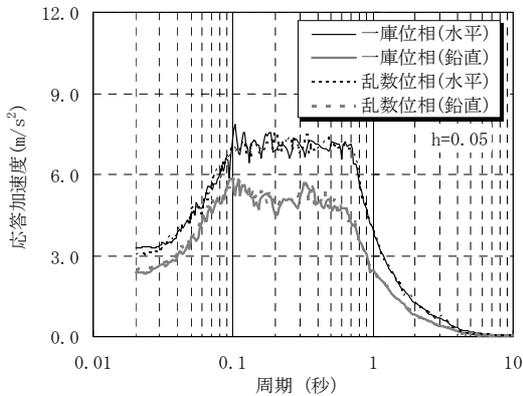
図1 連成系モデル

表1 解析諸元

項目	ダム堤体	基礎岩盤
ヤング係数 E (GPa)	28	10
ポアソン比 $\nu$	0.2	0.25
密度 $\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	2300	2500
引張強度 $f_t$ (MPa)	3.0	—
破壊エネルギー $G_f$ (N/m)	400	—



(a) 時刻歴加速度波形



(b) 加速度応答スペクトル

図2 入力地震動

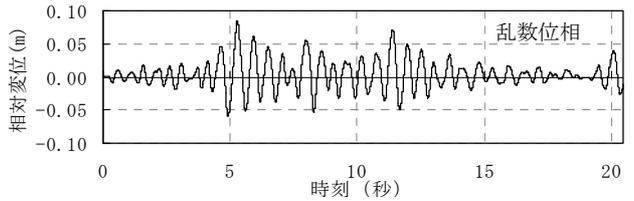
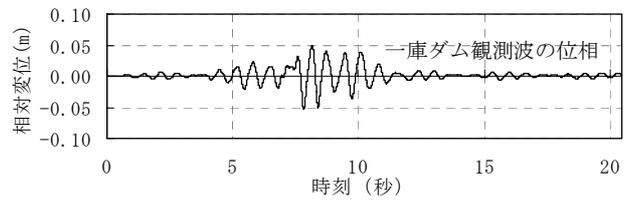
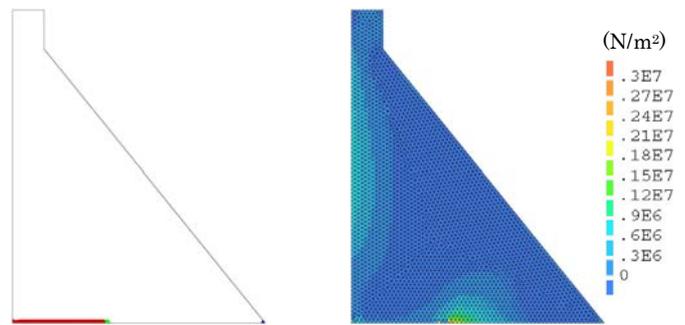


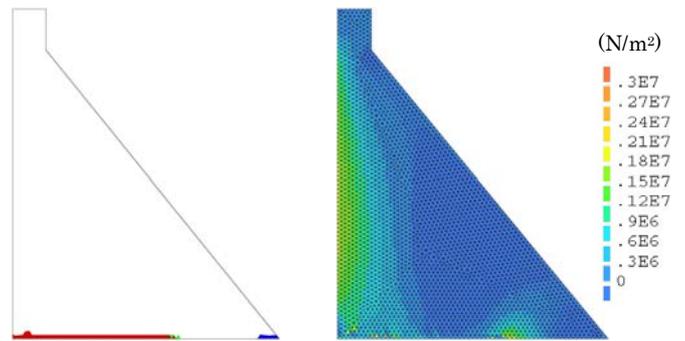
図3 堤体頂部の相対水平変位 (頂部-底部)



(a) クラック進展状況

(b) 最大主応力

図4 一庫位相波



(a) クラック進展状況

(b) 最大主応力

図5 乱数位相波