

重力式コンクリートダムと基礎岩盤の亀裂進展に対する地震動の影響

独立行政法人土木研究所 正会員 山口嘉一、正会員 村山邦彦、正会員 岩下友也、正会員 小堀俊秀

1. はじめに

現在、重力式コンクリートダムの耐震性能照査解析では、堤体の引張破壊をモデル化した手法が用いられることが多く、基礎岩盤の変形や破壊が堤体の応答に与える影響について検討を行った事例は少ない。筆者等は、堤体と基礎岩盤の引張破壊を考慮した重力式コンクリートダムの動的解析を行い、基礎岩盤に亀裂が進展することにより、堤体の亀裂進展が減少する結果を得た¹⁾。本報では、異なる入力地震動に対する、堤体と基礎岩盤の亀裂進展状況について検討を行った結果について報告する。

2. 解析モデル

解析モデルは図-1 に示すように堤体の高さを 100m とし、二次元有限要素を用いて堤体 - 岩盤 - 貯水池の連成を考慮できるものとした。貯水位は常時満水位を考慮して 90m とし、動水圧は付加質量を用いて堤体上流面に作用させた。領域外へのエネルギーの逸散ができるように、基礎岩盤の側面には自由地盤を設け、境界には三浦・沖中²⁾が提案する仮想仕事の原理に基づく粘性境界を設けた。堤体の要素は三角形要素とし、亀裂進展が考慮できるようにスミアードクラックモデルを用いた。基礎岩盤の堤敷から深さ 35m の範囲の台形形状領域にもスミアードクラックモデルを用いて亀裂進展を考慮し、亀裂進展の要素形状依存性を排除するためデローニ要素分割とした。

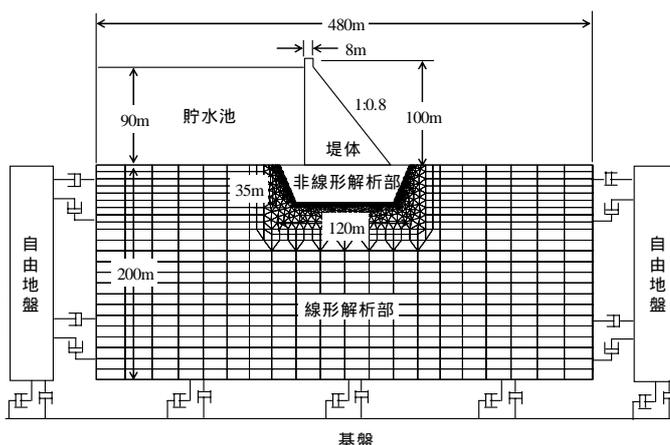


図-1 解析モデルの概要
(堤体と岩盤非線形解析部のメッシュは省略)

3. モデルの物性値

解析に用いた物性値を表-1 に示す。堤体の物性値は、土木研究所で行った解析事例³⁾を参考とした。基礎岩盤の動弾性係数は、CM 級以上の岩盤の弾性波速度から 10,000N/mm² に設定し、引張強度と破壊エネルギーは、堤体コンクリートより小さい値となるように設定した。引張軟化曲線は、スナップバック現象が生じ難い条件を考慮して単直線型を用いた。

表-1 解析に用いた物性値

項目	堤体	基礎岩盤
動弾性係数E(N/mm ²)	29,000	10,000
ポアソン比	0.2	0.3
単位体積質量(kg/m ³)	2,300	2,300
減衰型	レイリー型	レイリー型
減衰定数h(%)	10	5
引張強度ft(N/mm ²)	2.8	1.5
破壊エネルギーGf(N/m)	400	120

4. 入力地震動

入力地震動の基本加速度波形を図-2 に示す。これらの地震動は、1995 年兵庫県南部地震の時に一庫ダムと権現ダムで観測された地震動の加速度振幅スペクトルをダムの照査用下限加速度応答スペクトル⁴⁾に合わせ、再度フーリエ逆変換により求めたものである(以下、「下限一庫波」、「下限権現波」と呼ぶ)。両波は、位相と継続時間が異なる。下限一庫波は主要動が短く大きな振幅が 1 つ(衝撃型)であり、下限権現波は主要動が長く同規模の振幅が連続している。なお、本解析ではこれらの波形の振幅倍率を 1.2 ~ 2.0 倍に変化させた。

5. 解析結果

図-3 は、下限一庫波の振幅倍率を 1.8 倍とした時の、全解析時間における各要素の亀裂の最大開口幅の分布である。図-4 は、図-3 に示すように堤体のリガメント残存率と基礎岩盤の亀裂進展の範囲を求め、それらと振幅倍率(最大水平加速度)との関係を求めたものである。下限一庫波では、リガメント残存率は最大水平

キーワード：重力式コンクリートダム 基礎岩盤 地震動 引張破壊

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 TEL029-879-6781 E-mail:k-mura44@pwri.go.jp

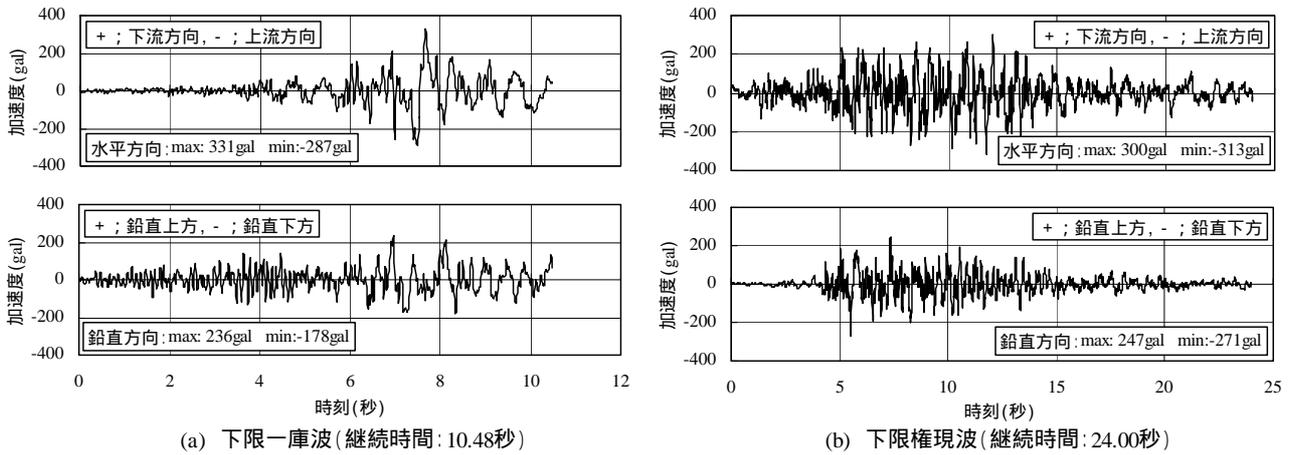


図-2 入力地震動の基本加速度波形

加速度が 500gal 以下でほぼ 100%であるが、500gal 以上で急激に低下する。基礎岩盤の亀裂は、堤踵部では深さ方向への進展が顕著であり、堤趾部では幅方向への進展が顕著である。下限権現波では、基礎岩盤堤踵部の深さ方向への亀裂進展が顕著であり、本解析の最大水平加速度の範囲ではリガメント残存率の急激な低下は起こっていない。なお、波形倍率 1.8 倍(最大水平加速度約 560gal)で基礎岩盤の亀裂深度が非線形解析部(深さ 35m)を超えたため、波形倍率 2.0 倍の解析は実施していない。継続時間の長い下限権現波と比べて下限一庫波による亀裂が進展しやすいのは、時刻約 7.5 秒からの水平加速度の大きな反転により、堤体に瞬間的に大きな変位が発生するためと考えられる。

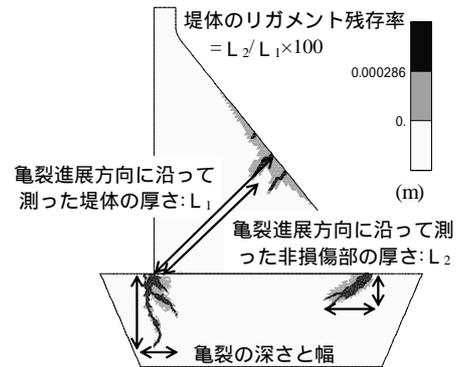


図-3 全解析時間における各要素の亀裂の最大開口幅の分布 (下限一庫波の振幅倍率: 1.8 倍)

6. まとめ

本報告では、重力式コンクリートダム堤体と基礎岩盤の引張破壊を考慮し、2種類の地震動に対する亀裂進展に着目して検討を行った。その結果、亀裂進展状態は地震動により異なるものの、基礎岩

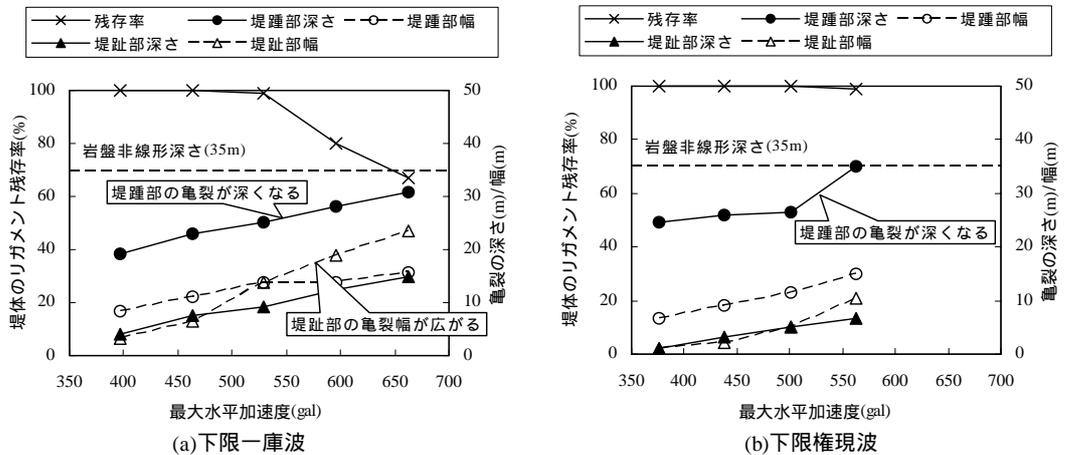


図-4 最大水平加速度と堤体のリガメント残存率および基礎岩盤の亀裂規模の関係

盤の堤踵部では主に深さ方向へ亀裂が進展する傾向が共通して認められた。今後は、入力地震動の時刻歴変化と堤体の変形および堤体と基礎岩盤の亀裂進展について詳細に検討を行うとともに、基礎岩盤の引張軟化特性を変化させ、堤体と基礎岩盤の亀裂進展状況について検討を行う予定である。

参考文献

- 1)村山邦彦,山口嘉一,岩下友也,小堀俊秀:基礎岩盤の引張破壊を考慮した重力式コンクリートダムの耐震性能照査解析,土木学会第38回関東支部技術研究発表会,2011.3.
- 2)三浦房紀,沖中宏志:仮想仕事の原理に基づく粘性境界を用いた三次元構造物-地盤系の動的解析手法,土木学会論文集,第404号/1-11,1989.4.
- 3)岩下友也,原基樹,吉永寿幸,山口嘉一:短周期成分が卓越する地震動のダムに及ぼす影響,地震工学論文集,Vol.66, No.1, 115-134, 2010.
- 4)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.