

引張軟化特性を考慮したコンクリートダム地震時挙動に関する一考察

ハザマ 正会員 ○浦野和彦
 ハザマ 正会員 村上祐治
 ハザマ 正会員 松家武樹

1. はじめに

ダムの耐震設計については、従来は震度法による設計が行われていたが、2005年に国土交通省河川局から「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」¹⁾がだされたことにより、ダムに対しても動的解析による耐震設計が行われるようになってきている。コンクリートダムに対してレベル2地震動による動的解析を実施する場合に問題となるのはコンクリートの非線形特性(引張軟化特性)の取扱である。本報ではコンクリートの損傷に係わる重要な要素である破壊エネルギー G_f をパラメータとした動的解析を実施し、ダムの地震時挙動や損傷状況などについて基礎的な検討を行った結果を報告するものである。

2. 解析概要

2. 1 解析対象ダム

解析対象は図-1に示すコンクリートダムとした。ダムの堤体の高さは100m、基礎部分の幅も100mとした。上流側には底面から70mの位置に勾配変化点がある。また、上流側の水深は90mとした。

2. 2 解析モデル

本検討に用いる解析モデルを図-2に示すが、対象ダムの形状を忠実に二次元有限要素でモデル化した。

解析に用いたダム堤体の物性値を表-1に示すが、ダムコンクリートの破壊エネルギー G_f は普通コンクリートより大きいことが報告されている²⁾ため、 G_f をパラメータとした。ここで、解析に用いた引張軟化曲線を図-3に示す。

境界条件はダム堤体底面を固定とし、今回は地盤との相互作用は考慮していない。また、事前に実施した固有値解析結果(一次固有振動数5.53Hz)に基づきダム堤体の減衰を5%(剛性比例型減衰)に設定した。

2. 3 解析方法

本解析では静的解析(①自重、②静水圧)を実施した後に、二次元弾塑性有限要素法による動的解析を実施した。

動的解析に用いた入力地震動は、図-4に示す兵庫県南部地震における神戸海洋気象台の観測記録波形(最大加速度812gal)で、ダム堤体底面から水平方向に直接入力した。

ここで、鉛直地震動は今回考慮していない。

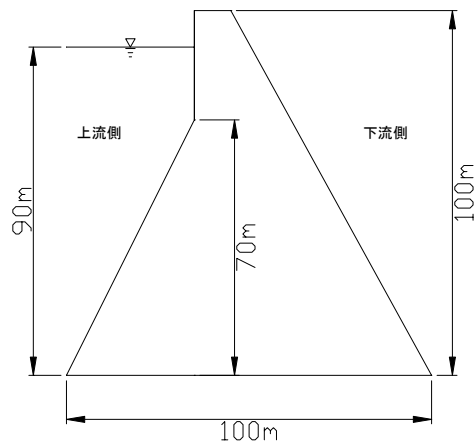
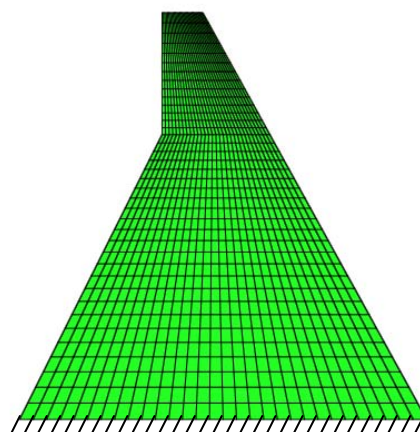


図-1 解析対象ダム



底面固定

図-2 解析モデル

表-1 堤体の物性値

弾性係数 E (MN/m ²)	3.0×10^4
圧縮強度 f_c (MN/m ²)	25
引張強度 f_t (MN/m ²)	2.5
破壊エネルギー G_f (N/m)	200, 300, 400
単位体積重量 γ (kN/m ³)	24
ポアソン比 ν	0.2

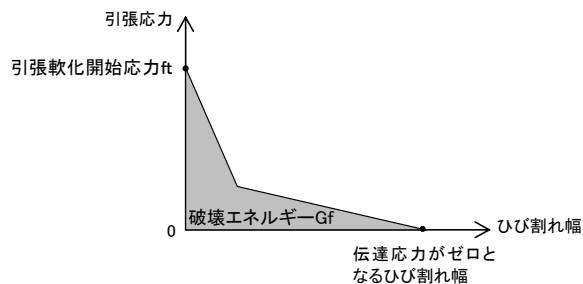


図-3 引張軟化曲線

キーワード：コンクリートダム 動的解析 引張軟化 破壊エネルギー

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荏間 515-1 TEL：029-858-8813 FAX：029-858-8819

3. 解析結果

3. 1 地震時挙動（損傷の進展状況）

図－5に堤体の損傷（クラック）の進展状況を示す損傷図を示すが、損傷の進展経過は以下のように考えることができる。まず、上流方向への最大加速度振幅が作用（時刻①、 $t=5.53$ 秒）し、堤体は下流方向に変位する。そのため、堤体底部に引張応力が生じ、クラックが発生する。その後、再度上流側に大きな加速度が作用（時刻②、 $t=6.09$ 秒）して堤体の上流側の勾配変化点にクラックが発生する。この上流側のクラック発生による堤体上部の剛性低下に伴い、下流側でもクラックが発生している。ここで、上流側の底部のみ損傷が発生しているが、これは常時に上流側から静水圧が作用しているためである。また、底面固定という境界条件も底部から始まる損傷の進展に影響を与えていると考える。

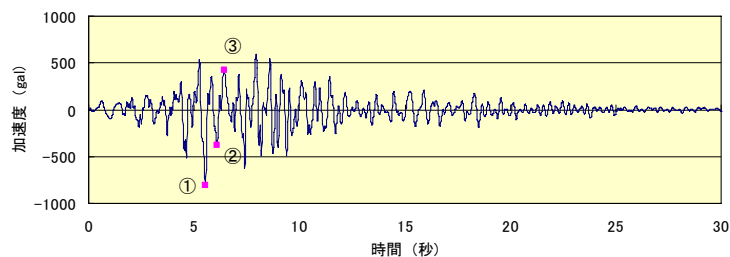


図-4 入力地震動

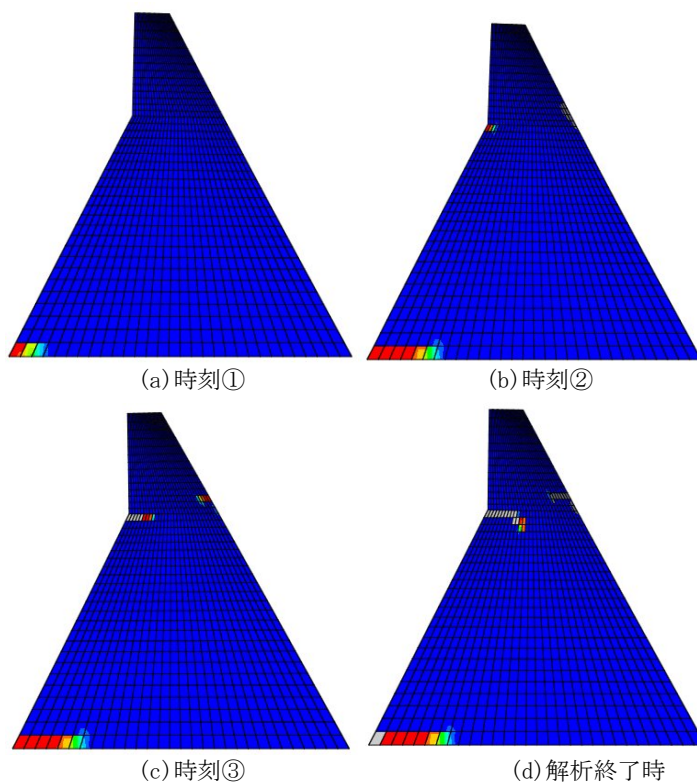


図-5 損傷（クラック）の進展状況

3. 2 損傷度比較

図－6に破壊エネルギーが小さい場合（ $Gf=200\text{N/m}^2$ ）の損傷図を示す。 $Gf=400\text{N/m}^2$ の場合の損傷図（図－5（d））と比較してクラックがより進展していることがわかる。この結果より、 Gf が大きい場合にはクラックが進展しにくいことが確認された。ただし、 $Gf=200\text{N/m}^2$ と $Gf=300\text{N/m}^2$ には明確な差は見られなかった。

また、上流側の勾配変化点をなくした解析モデルを用いた場合の損傷図を図－7に示すが、この結果より勾配変化点がクラック発生の一因であることが確認できた。ただ、この形状変更の解析モデルでは底部に損傷が集中することにより、底部の損傷長さは大きくなっている。

4. まとめ

本検討ではレベル2地震動が作用した場合のコンクリートダムについて、破壊エネルギーの影響や損傷の進展についてコンクリートの引張軟化を考慮した動的解析結果に基づく検討を行った。本検討では損傷の発生に主眼をおいたため加速度振幅の大きい内陸直下型の地震動を用いたが、損傷の進展に関してより着目する場合には繰り返し回数の多いプレート境界型の地震動による検討も必要であると考え。また、今回の検討では考慮しなかった堤体と地盤との相互作用や鉛直地震動の影響についても今後検討を行う予定である。

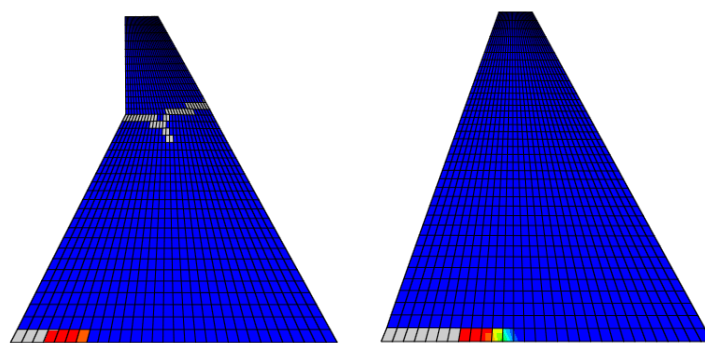


図-6 損傷図（ $Gf=200\text{N/m}^2$ ）

図-7 損傷図（堤体形状変更）

- 【参考文献】1) 国土交通省河川局治水課：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) 堀井秀之，内田善久，柏柳正之，木全宏之，岡田武二：“コンクリートダム耐力評価のための引張軟化特性の検討”，電力土木，NO.286，pp.113-119，2003.3.