

重力式コンクリートダムの耐震安全性に及ぼす鉛直ジョイントの影響検討

清水建設（株） 正会員 ○藤田 豊
 高压ガス保安協会 フェロー会員 木全 宏之
 東京大学 正会員 堀井 秀之

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上下流方向 1/2 モデルにより三次元的クラック進展解析を実施して、ダム堤体のクラック進展状況から耐震安全性評価を試みた。この結果、15m～20m 間隔にある鉛直ジョイントが、クラック進展に大きな影響を及ぼすことがわかった¹⁾。より詳細に鉛直ジョイントの影響を把握するために、鉛直ジョイントを考慮したフルモデルを用いて、任意方向の地震入力による三次元的クラック進展解析を実施した。解析より得られたダム堤体のクラック進展長さに基づき、ダム堤体の耐震安全性に関する検討を試みた。

2. 解析モデルの概要

ダム堤体—基礎岩盤—貯水連成系の三次元的クラック進展解析モデルの概要を図-1 に、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。ダム堤体モデルは鉛直ジョイントを介して14ブロックで構成されており、左岸側から順にブロック番号を与えている。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則(1/4 モデル)を採用し、鉛直ジョイントはMohr-Coulomb の破壊規準（摩擦係数を0.6 と仮定）を適用したバイリニア型のすべり挙動と接触・非接触を考慮した非線形弾性の剥離挙動を考慮している。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三角錐要素を用い、1辺が約2.0mの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ている。貯水の影響は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-2 に示す。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。水平地震動の入力角度は、 0° ～ 90° で変化させ、それぞれに鉛直地震動を組合せた地震波を入力地震動とする。

4. ダム堤体変位とクラック進展挙動

解析結果のうち、入力角度が 0° と 60° のダム堤体底面に対する堤体頂部の相対変位が最大となる時刻でのダム堤体の相対変位分布を図-3 に示す。入力角度 0° では、中央部のブロックが大きな相対変位を示し、左右岸近傍のブロックでは相対変位が小さくなり、入力角度 60° では、中央部のみならず左岸近傍のブロックにも大きな相対変位が生じる。また、入力角度 60° におけるダム堤体のクラックひずみ分布を図-4 に示す。堤体底面に生じるクラックは、河床部とアバットメント部の鉛直ジョイント部に沿って上流側から下流側へ進展するが、堤体左岸側3ブロックと右岸側4ブロックでは堤体底面にクラックを生じない。これは、左右岸近傍にある堤体ブロックの堤高が低いことから、ブロック底面にクラックが発生しにくくなったものと考えられる。堤体ブロック奥行き幅に対する堤体ブロックのクラック進展長さの比率（クラック進展長さ比）を図-5 に示す。同図から、クラック進展長さ比は、入力角度に拘わらずアバットメント部にある堤体ブロック6で最大となり、河床部のブロック7よりも大きく、入力地震動の入力角度が大きくなる（ダム軸方向入力に近づく）ほどクラック進展長さ比が大きくなる。

5. まとめ

鉛直ジョイントを有する重力式コンクリートダムを対象に三次元的クラック進展解析を実施し、堤体のクラック進展状況を検討した。その結果、クラックは堤体底面河床部とアバットメント下部のブロックで生じ、アバットメント下部の鉛直ジョイントで最大となった。また、入力角度が大きいほどクラック進展長さ比が大きくなった。

キーワード 重力式コンクリートダム, 三次元的クラック進展解析, 鉛直ジョイント, 入力角度

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16-1 TEL 03-3561-4395

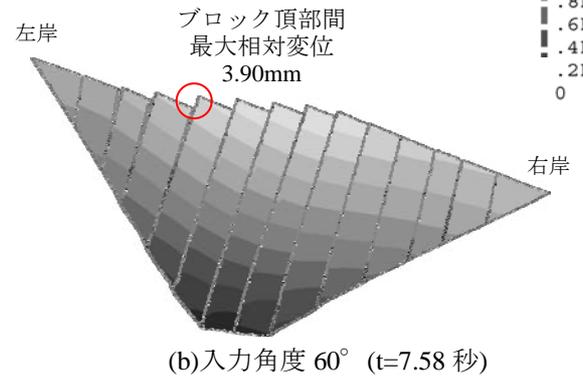
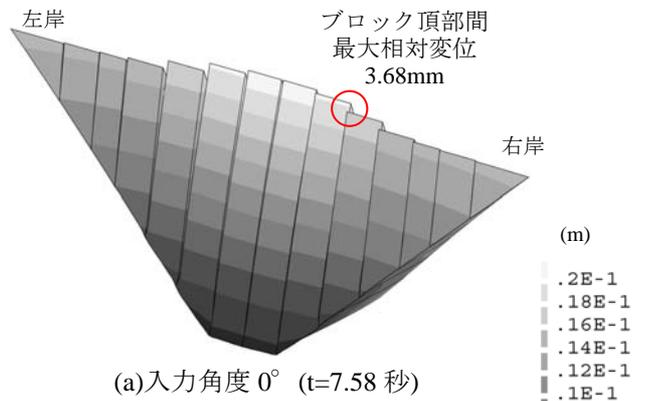
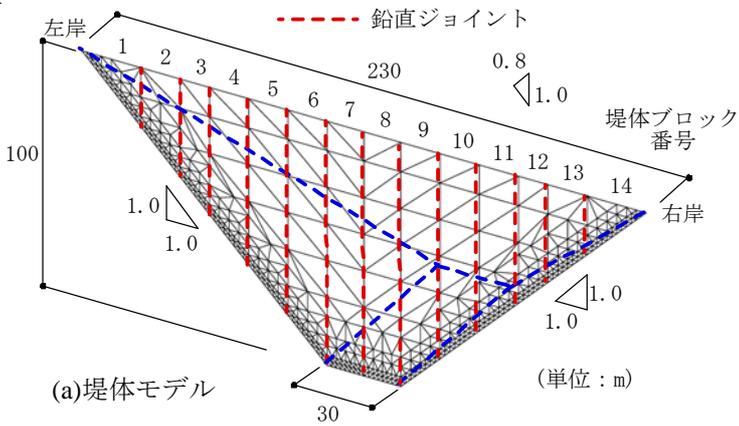


図-3 堤体の相対変位分布

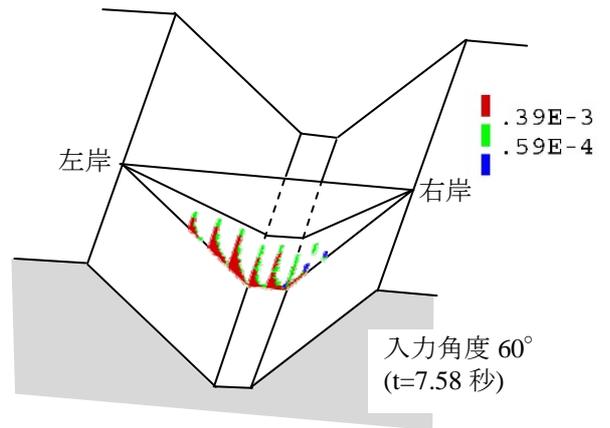
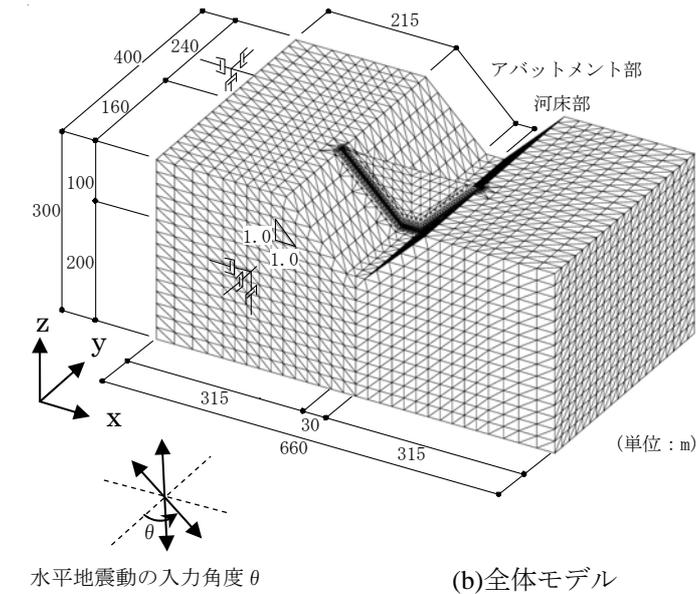


図-4 堤体底面のクラックひずみ分布

図-1 三次元的動的クラック進展解析モデルの概要

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)	3.9	—
破壊エネルギー G_F (N/m)	400	—
減衰定数(三次元) h_f (%)	5.0	2.0

注: ()内は初期応力解析(静的解析)の解析定数を示す。

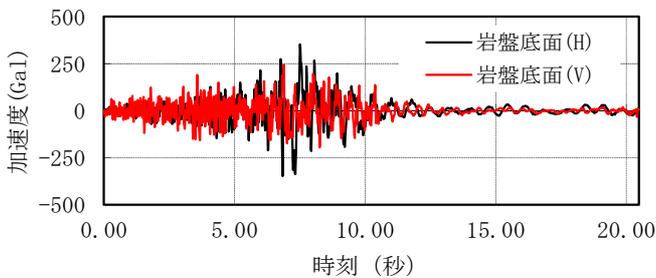


図-2 入力地震動

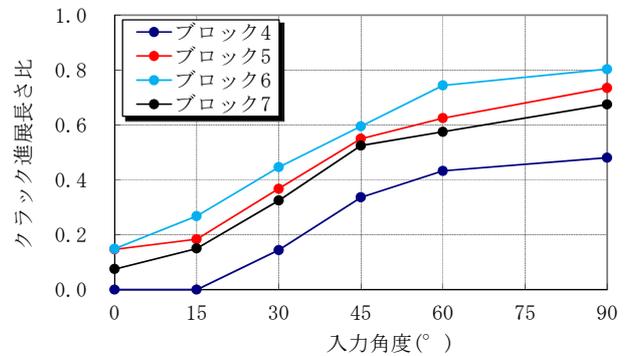


図-5 クラック進展長さ比と入力角度の関係

参考文献

1) 藤田豊, 木全宏之, 堀井秀之: 鉛直ジョイントを有する重力式コンクリートダムを三次元的動的クラック進展解析による耐震安全性評価, 土木学会論文集 A1, Vol.71, No.2, pp234-243, 2015.