

# 中越地震で被災した川西ダムの2次元動的弾塑性有限要素解析 Two dimensional dynamic elasto-plastic finite element analysis of Kawanishi dam visited by Chuetsu Earthquake

○濱田 英希・岡島 賢治・田中 忠次

Hideki Hamada, Kenji Okajima, Tadatsugu Tanaka

## 1.はじめに

中越地震では561のため池が被災し<sup>1)</sup>、堤高が15mを越える農業用フィルダムにおいても5箇所に変状を受けた。そのうち築造年が最も古い川西ダムで最も被害が大きかった<sup>2)</sup>。川西ダムは地震波を観測しており、今回、その観測した地震波を使って標準断面において2次元弾塑性有限要素解析を行った。

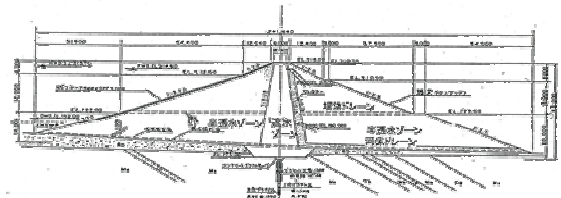


図-1 川西ダム標準断面図

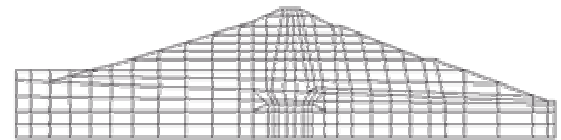


図-2 解析に使用したメッシュ

## 2.川西ダムと被害の概要

解析を行った川西ダムは昭和53年に完成した堤高43m、堤頂長170m、堤頂幅8m、有効貯水量1,118,000m<sup>3</sup>の中央遮水ゾーン型フィルダムである。特徴としては天端に近づくにしたがって勾配が急になる構造となっている。標準断面図を図-1に示す。中越地震の本震の震央からは水平距離で15kmであり、被災当時、貯水は無かった。主な被害は堤頂部における沈下（中央部で最大27.5cm、平均15.1cm）と亀裂（最大深度約75cm）、上流側左岸側の堤体における亀裂と段差（最大50～60cm）などである。

表-1 材料定数一覧

	遮水ゾーン	半透水ゾーン (上流側)	半透水ゾーン (下流側)	フィルター	地盤	
湿潤単位体積重量	25	17	18	18	23	kN/m <sup>3</sup>
内部摩擦角	19	33	25	30	50	度
粘着力	3.2	3.0	3.3	0	90	kPa
弾性係数	10	10	10	10	9000	MPa

## 3.解析手法

今回の有限要素解析では、有限要素として1点積分による4節点アイソパラメトリック要素を用い、構成式には降伏条件にMohr-Coulomb型、塑性ポテンシャルにDrucker-Prager型の弾完全塑性モデルを用い、非線形動的解析手法には直接時間積分法とリターンマッピング法を用いた。解析に用いたメッシュは要素数301、節点数326のものを作成した(図-2)。

加速度(Gal)

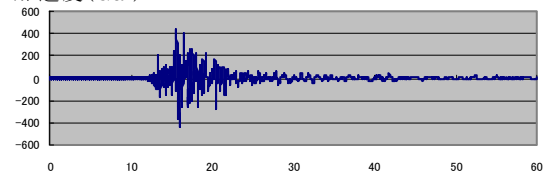


図-3.1 入力加速度(上下流方向) 時間(s)

加速度(Gal)

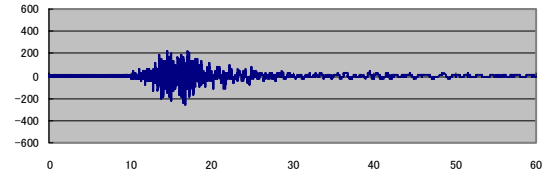


図-3.2 入力加速度(鉛直方向) 時間(s)

#### 4.入力地震波と材料定数

川西ダムでは下流法尻・天端中央・左岸地山の3箇所で地震波を観測しているが、解析では基盤での入力波として左岸地山での観測データを使用した(図-3.1, 図-3.2)。

材料は遮水ゾーン, 上流側半透水ゾーン, 下流側半透水ゾーン, フィルター, 地盤の5つに区分してそれぞれに表-1に示すパラメータを使用した。地盤のパラメータはN値などから推定した。湿潤単位体積重量と内部摩擦角は設計値を用い, 粘着力は設計値を低減して用いた。また, 被災時に貯水が無かったため, 遮水ゾーンのみを非排水条件とした解析を行った。

天端中央の解析値と実際に天端中央で観測された地震波の関係は, 上下流方向・鉛直方向それぞれ図-4.1, 図-4.2のような関係になった。

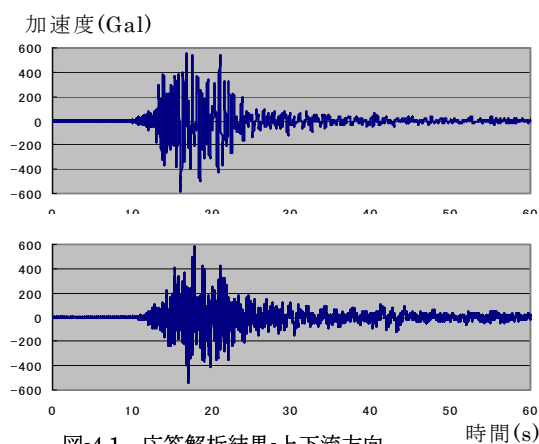


図-4.1 応答解析結果-上下流方向  
(上:観測値、下:解析結果)

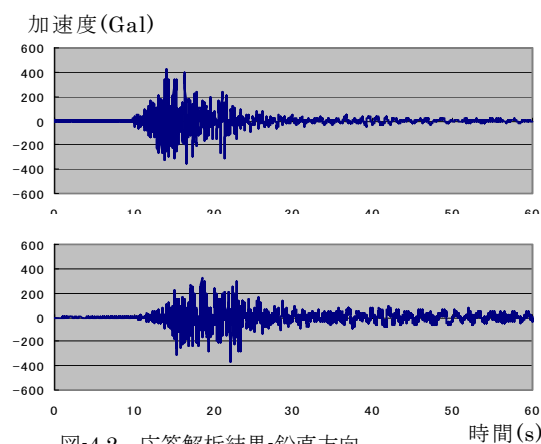


図-4.2 応答解析結果-鉛直方向  
(上:観測値、下:解析結果)

#### 5.解析結果とまとめ

解析の結果, 天端の中央部での沈下量は14cmとなった。図-5は, 解析の最終ステップにおける最大せん断ひずみの分布を表しており, 天端下流側と下流法尻でひずみが10%を越えて現れている。

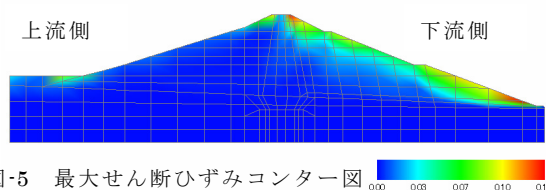


図-5 最大せん断ひずみコンター図

この図から, 堤体の機能維持にとって最も重要な遮水ゾーンには大きなひずみは見られなかった。次に, 天端においてひずみの集中が見られた。これは, 天端付近で勾配が急変する川西ダムの構造が影響を与えたのではないかと推測できる。さらに解析結果では下流側法面にひずみの集中が見られた。しかし, 実際には被害は上流側法面に現れた。この解析では, 被災当時貯水が無かったため上流側の半透水ゾーンにおける間隙水圧の上昇は考慮しなかったが, 解析結果と被害の状況から, 実際には地震動により過剰間隙水圧が発生し有効応力が下がり変形が発生した可能性があり, 使用する土質定数や地震波の設定とともに検討の余地がある。

最後に, 川西ダムの調査にご協力頂き多くの助言を頂いた農村工学研究所および新潟県の関係各位に深く感謝いたします。

参考文献 1)毛利栄征ら(2006):平成16年(2004年)新潟県中越地震によるため池と集落排水施設の被災,農工研技報205,pp37-45. 2)向後雄二(2006):平成16年(2004年)新潟県中越地震による農業用フィルダムの被害,農工研技報205,pp61-76.