

I - B 521

アーチダムの観測地震応答シミュレーション解析

中部電力 電力技術研究所 正会員 上田 稔 \*  
 シーテック 技術コンサルタント 正会員 横井幹仁 \*\*  
 恒川和久 \*\*

1. はじめに

アーチダムの地震時の安全性をより合理的に評価するには、ダムの動的挙動を正確に把握する必要がある。ダムの動的挙動が、解析により十分な信頼性をもって把握できるかは、観測地震に対する応答シミュレーションを行って確認する必要がある。そこで、本研究はダム天端付近での加速度の最大値が 120gal 程度の観測地震記録のシミュレーションを試みたものである。

2. 解析手法と概要

用いた解析コードは、既開発の解析コード TEADHI<sup>1)</sup>が、岩盤境界を固定とし、ダム-岩盤部の振動モードの周波数応答を貯水との相互作用を考慮して求め、重ね合わせる方法であった点を改め、粘性境界<sup>2)</sup>を導入したものである。貯水は圧縮性を考慮している。図-1に、ダム(C, D, E)及びダムサイト岩盤(A, B)での地震計の設置位置を示す。解析では、C点の観測記録をもとにダムの記録(D, E点)のシミュレーションを試みる。まず伝達関数をもとに、C点の記録を再現できる岩盤境界への入力地震波を求める。次にそれに対しダムの応答(D, E点)を求め、観測記録との比較を行う。対象とする地震動は、震源距離 120km, 最大加速度はダム天端付近で 120gal 程度、ダム基部岩盤で 10gal 程度である。

3. 解析モデルとダムの物性値

解析モデルを図-2に示す。観測記録は 10Hz 以上をカットしたものを対象とする。メッシュサイズは 10Hz の波に対してダム, 岩盤, 貯水部とも 10 分割程度の大きさである。貯水位は地震時の水位である。物性値を表-1に示す。ダムコンクリートの Vs は、地震時のひずみ速度の範囲ではひずみ速度依存性はそれ程大きくなく、静的圧縮試験の弾性係数より算出すれば、ほぼ妥当な値が得られる<sup>3)</sup>。後述する岩盤の Vs を求めた方法で図-1の C, D点の観測地震波よりダムコンクリートの Vs を求めたが、この値は上記値とほぼ一致した。表-1の値は静的圧縮試験(材令1年)の弾性係数より求めた値である。ダムの減衰は、解析対象区間の加速度の記録を用いて、ダム最低部(C点)に対するダム天端(D点)の加速度フーリエスペクトル比か

表-1 物性値

	波動伝播速度 (m/sec)	剛性 (MPa)	ポアソン比	単位体積重量 (t/m <sup>3</sup> )	減衰定数 (%)
ダム	Vs = 2,460	E=36,300	0.20	2.5	5.8
岩盤	Vs = 1,700	E=17,600	0.25	2.5	3.0
貯水池	水中音速(m/sec) インピーダンス比			1400 5.0(地山), 1.0(貯水)	

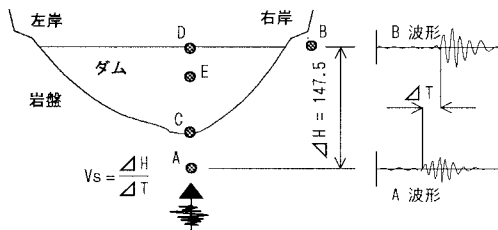


図-1 地震計設置位置と  
観測地震波からの Vs の算定法

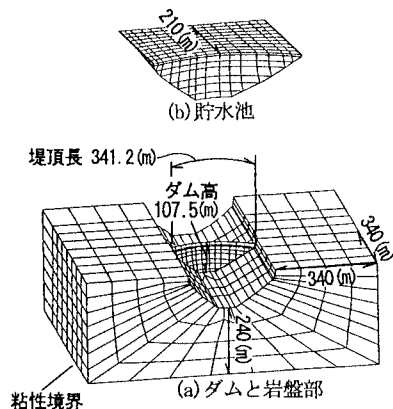


図-2 解析モデル

キーワード：アーチダム 観測地震応答 シミュレーション解析 ダム-岩盤-貯水  
 連絡先： \*〒459-8522 名古屋市緑区大高町字北関山 21-1 TEL 052-624-9184 FAX 052-623-5117  
 \*\*〒455-0054 名古屋市港区遠若町 3-7-1 TEL 052-651-2181 FAX 052-651-2349

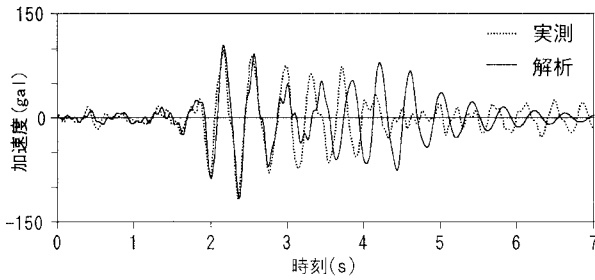


図-3 ダム天端(D点)の加速度時刻歴波形の実測と解析の比較

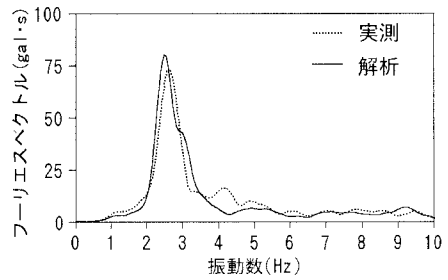


図-5 ダム天端(D点)のフーリエスペクトルの実測と解析の比較

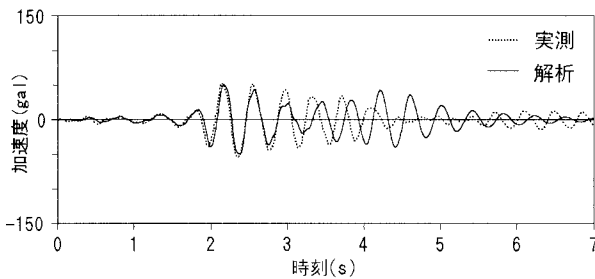


図-4 ダム(E点)の加速度時刻歴波形の実測と解析の比較

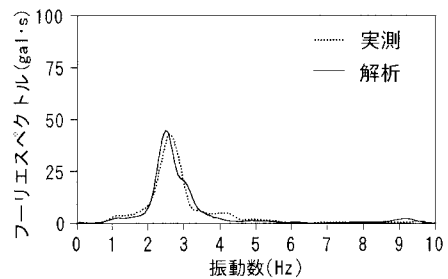


図-6 ダム(E点)のフーリエスペクトルの実測と解析の比較

ら、1次の固有振動数を与える山に対して、 $1/\sqrt{2}$ 法で算出し、得られた値は5.8%である。

#### 4. 岩盤の解析条件

観測記録より地震波の伝播速度について検討した。岩盤の  $V_s$  を、観測した水平動の主要動の立ち上がりのゼロクロスする時刻の時間差  $\Delta T$  と観測点の鉛直距離  $\Delta H$  より、 $V_s = \Delta H / \Delta T$  で算出した(図-1)。得られた  $V_s$  は 1700m/s である。岩盤の鉛直面内せん断剛性は、上記  $V_s$  を用いて  $G = \rho V_s^2$  より求めた値で、 $G = 7300\text{MPa}$  である。この値はダムの固有振動数を捉えた値でもある。岩盤を等方弾性体とすると弾性係数  $E$  は 17600MPa となる。このとき岩盤内の  $V_p$  の値は 2900m/s となる。岩盤境界における水平動2成分をS波、鉛直動はP波とみなし、鉛直方向それぞれの波動伝播速度( $V_s = 1700\text{m/s}$ ,  $V_p = 2900\text{m/s}$ )による空間的位相差をもって岩盤境界に入力するものとする。岩盤の減衰はその値をいくつか変えて解析を行い、実測値を良好に再現する値を見出した。その値は3.0%であった。

#### 5. 解析結果

D, E 点の上下流方向の加速度時刻歴波形を図-3, 4に、加速度フーリエスペクトルを図-5, 6に示す。時刻歴波形については、初動から最大になる時刻0~3秒までは実測と解析は良好な一致を示しているが、その後、位相がずれて振幅も合わなくなる。スペクトルについては、全振動数にわたって実測と解析は良好な一致を示している。

割れ目を有する岩盤を厳密にモデル化することは容易ではなく、今回は等方弾性体としてモデル化したが、加速度の最大値、加速度フーリエスペクトルのピークの位置をほぼ捉えることができた。

#### 参考文献

- 1)塩尻弘雄：水と岩盤との相互作用を考慮した構造物の地震応答解析法の研究，電力中央研究所報告，1987。
- 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，No. 404/1-11, pp. 395-403, 1989。
- 3)佐藤正俊・上田稔他：ダムコンクリートの地震時動弾性係数に関する研究，土木学会論文集，No. 564/V-35, pp. 43-55, 1997.5