

I-600 フィルダムの地震応答 — 実測と2次元解析の比較 —

建設省土木研究所 正会員 松本 徳久
安田 成夫
○正国 之弘

1. まえがき

同一のロックフィルダムにおいて、2つの異なる地震記録が得られた。2地震はマグニチュードが、7.7と6.6で大きく異なり、ダム基礎で観測された地震動加速度の周期特性が異なる。一方、堤体材料のうち、ロックフィル材料について室内試験を実施し、動的変形特性を求めた。そして、ダム基礎において得られた地震動を入力地震動とし、室内試験から求められた動的変形係数を入力物性値とし、堤体の応答を求め、実測応答と比較し、動的応答計算および入力物性値の与え方について考察した。また、堤体内の応力（土圧）も実測されているので、計算と比較している。

2. 実測された記録

記録の得られたダムは、堤体高52.5mの中央コア型ロックフィルダムである。図

ー1に断面および計器の概略の位置を示す。各計器は、1983年および1987年の2地震とも正常に作動し、加速度および土圧記録が得られた。表-1に地震規模および基礎と天端で得られた水平方向の最大加速度を示す。

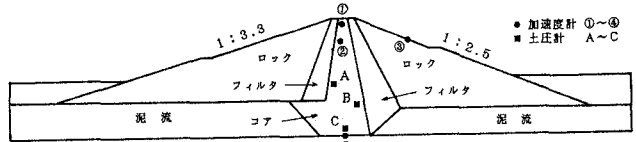


図-1 断面および計器位置

表-1 地震の概要

	1983.05.26	1987.01.09
マグニチュード	7.7	6.6
震央距離	198 km	66 km
震源の深さ	10 km	71 km
天端の最大水平加速度	24 gal	83 gal
基礎の最大水平加速度	6 gal	25 gal

3. 解析

解析は2次元動的解析プログラムQUAD4を用いて数ケース行ったが、ここではその中の2ケースを示す。ロック材については、室内実験により拘束圧と初期せん断弾性係数の関係が求められている。また、拘束圧は地表面からの深さZ(m)の関数である。これらから、初期せん断弾性係数は、近似的にZ(m)の関数として次式のように表される。

$$G_0 = 457 \cdot Z^{0.5} \quad \dots\dots(1)$$

この関係は図-2に示すとおりである。ロック以外の材料については試験を行っていないため、フィルタ材およびコア材はロック材と同一の式を用

いた。泥流部についてはS波速度が物探より600~700m/sと測定されているため $G_0 = 8000 \text{ kgf/cm}^2$ の一定値とした。また、試験結果より求めたロック材のひずみ依存曲線を図-3に示す。ひずみ依存特性についても、フィルタ材およびコア材についてはロック材と同一の曲線を用いることとした。泥流部については、ひずみ依存性は考えず一定とし、減衰定数も4%一定値とした。以上の条件のもとで、2つの地震時に基礎で得られた地震波を入力地震波とし、ケース1として計算を行った。

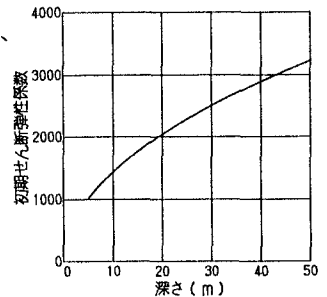


図-2 初期せん断弾性係数

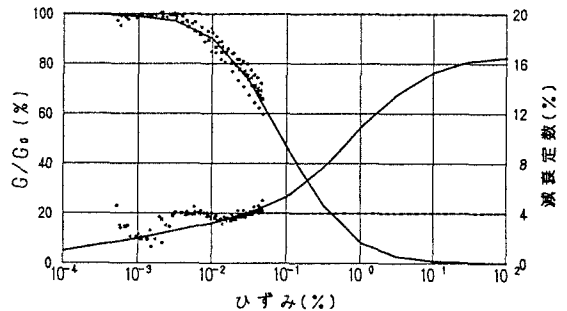


図-3 ひずみ依存曲線

また、この他に本ダムの複雑な基礎条件による逸散減衰、および実験の精度を考慮して、全ての材料の全ひずみ領域で5%の減衰定数を加えてケース2として計算している。すなわち、図-2においてコアゾーンの基礎は比較堅硬な岩盤であるが、ロックゾーンの基礎は岩盤に比べれば固結度の低い泥流堆積物である。そして入力地震動としては、コア直下の記録を用いており、泥流部については、計測されておらず堤体と基礎の相互作用条件が、岩盤とは異なっている可能性があるからである。また、求められた物性値は室内実験の精度の向上が十分達成されていない段階のものであり、今回の減衰定数は精度の向上が計られた後の減衰定数に比べてせん断ひずみ $10^{-2}\%$ で2~3%小さめである。実測結果と計算結果の最大値を表-2に示す。また、1987年の天端で得られた加速度時刻歴を図-4(a)に、1987年のケース1およびケース2の天端の加速度時刻歴を図-4(b)および図-4(c)に示す。

表-2 実測値と計算結果の最大値の比較

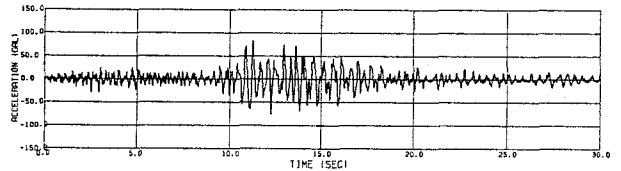
		8 3 年			8 7 年				
		実測	ケース1	ケース2	実測	ケース1	ケース2		
加 速 度	① 上下流	24	41	27	83	133	93		
	鉛直	11	25	17	48	52	36		
	② 上下流	23	29	21	74	96	69		
	鉛直	10	23	16	40	43	29		
	③ 上下流	18	28	17	66	89	64		
	鉛直	8	15	10	41	50	29		
土 圧	A	σ_x	0.07	0.04	0.03	0.44	0.11	0.08	
		σ_y	0.06	0.09	0.06	0.23	0.14	0.11	
		τ_{xy}	0.07	0.09	0.06	0.20	0.24	0.18	
		σ_1	0.09	0.11	0.08	0.44	0.30	0.20	
		σ_2	0.09	0.13	0.10	0.28	0.33	0.22	
	B	σ_x	0.06	0.05	0.03	0.33	0.12	0.09	
		σ_y	0.09	0.09	0.06	0.26	0.17	0.15	
		τ_{xy}	0.06	0.09	0.07	0.18	0.22	0.17	
		σ_1	0.10	0.11	0.10	0.28	0.28	0.23	
	圧	C	σ_2	0.09	0.14	0.11	0.35	0.27	0.19
			σ_x	0.09	0.04	0.03	0.18	0.08	0.06
			σ_y	0.14	0.10	0.07	0.33	0.15	0.13
			τ_{xy}	0.08	0.07	0.05	0.20	0.16	0.14
			σ_1	0.18	0.10	0.08	0.35	0.21	0.19
			σ_2	0.18	0.12	0.09	0.39	0.24	0.18

4. 考察

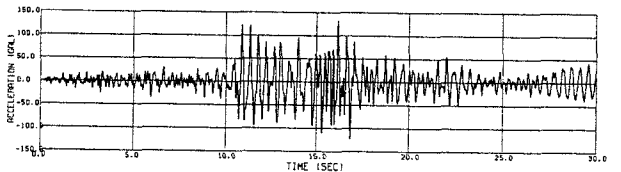
水平方向の最大応答加速度について実測値と計算値を比較してみると、ケース1の結果は実測値に対してかなり大きいことがわかる。これに比較して、ケース2では応答加速度の最大値は実測値にかなり近い結果が得られており、最も大きな差で13%である。しかし、ケース2の鉛直動は実測値に近い値が得られなかった。しかも、1983年の地震では鉛直動は実測値に比べて大きく計算されたのに対して、1987年の地震では小さいめに計算された。

次に、土圧について比較してみる。ケース1については、加速度値は実測値より大きく計算されているのに対して、土圧値は小さく計算されている。この傾向は、ケース2についても同じであり、やはり計算値は小さい。この原因は、計算が2次元解析であり3次元的（ダム軸方向）影響が含まれていないこと、また、

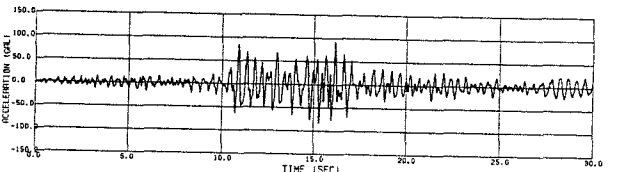
前述したように室内実験の物性値に問題があることなどが考えられる。



(a) 実測値



(b) ケース1



(c) ケース2

図-4 加速度時刻歴（1987年、天端、上下流方向）

<参考文献>

- 1). I.M.Idress, J.Lysmer, R.Hwang and H.B.Seed, "QUAD-4, A Computer Program for Evaluating the Seismic Response of Soil Structures by Variable Damping Finite Element Procedures", EERC73-16, Univ. of California, 1973.