

I-11 ロックフィルダムの挙動特性について ー 常時微動測定と地震観測結果の比較 ー

(株)四国総合研究所 正会員○斎藤章彦
四国電力(株) 正会員 高橋鉄一
四国電力(株) 高橋利昌

1. はじめに

ダムの耐震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。地震時における振動特性を把握するため、これまで地震観測、常時微動測定、発破振動実験、模型振動実験、数値シミュレーション等による研究が行われている。本報告は、実ダム(ロックフィルダム)を対象に行った常時微動測定および地震観測結果の分析から、フィルダムの動的挙動について考察を行ったものである。

2. 常時微動測定および分析結果

今回対象としたAダムは、堤高88m、堤頂長352mの中央土質遮水壁型ロックフィルダムであり、その標準断面図を図-1に示す。

常時微動は、図-1に示すダム天端中央と監査廊(基盤)の2箇所に、サーボ型速度計を設置し、上下流方向、ダム軸方向、上下方向の3成分を同時測定した。サンプリング周波数は100Hzで、サンプリング時間は1測点あたり5分とした。測定した微動データは、各成分ごとに20.48秒を1セットとして20セット取り出し、FFTにより周波数に変換したのち、相乗平均してフーリエスペクトルを求めた。

図-2に天端水平動と基盤水平動のフーリエスペクトル比を示す。これより、上下流方向およびダム軸方向の卓越周波数はそれぞれ2.5Hz、3.0Hz程度と考えられる。ただし、鉛直方向は水平方向に比べやや不明瞭である。これらの結果は、これまで実測されたロックフィルダム^{2),3)}の卓越周波数とも概ね調和的である。

3. 地震観測および分析結果

Aダムでは、図-1に示すように堤体天端中央と監査廊底部の2箇所に地震計が設置されており、地震観測が行われている。今回検討の対象とした地震の諸元を表-1に示す。いずれの地震においてもダム天端における加速度は基盤での加速度より大きい値を示している。

図-3は、各地震の水平動スペクトル比(天端水平動/基盤水平動)を示したものである。図より、上下流方向の水平動スペクトル比には、2.5Hz、

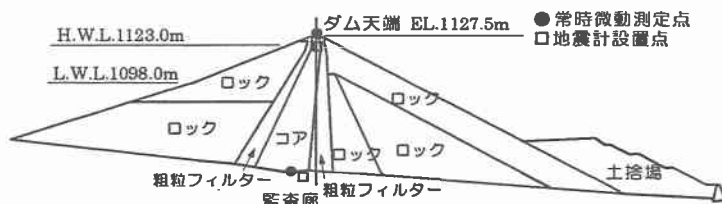


図-1 Aダム断面図および観測位置図

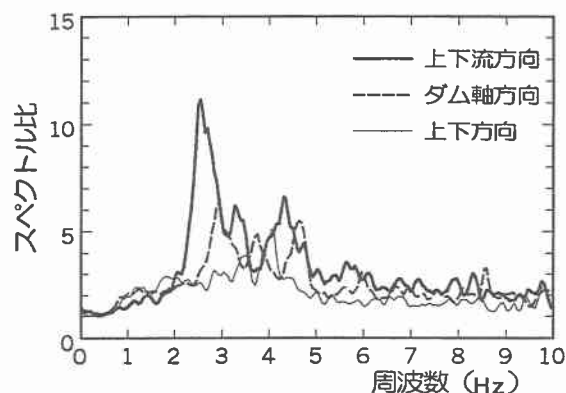


図-2 微動によるスペクトル比(天端/基盤)

表-1 観測地震波諸元

地震(震央地名)		兵庫県南部	安芸灘	愛媛県南予	島根県西部	
発 生 年 月 日		1995.1.17	1995.9.2	1997.4.3	1997.6.25	
震源深さ (km)		14	56	43	12	
マグニチュード		7.2	3.9	4.9	6.1	
震央距離 (km)		180.2	89.2	98.4	176.2	
最大 加 速 度 (gal)	天端	X	38.68	9.46	17.71	12.25
		Y	14.68	5.53	5.53	5.56
		Z	13.03	3.53	4.18	3.56
	基盤	X	8.50	1.56	1.25	1.75
		Y	4.84	0.65	0.96	1.68
		Z	5.25	1.28	0.84	1.56

※ X: 上下流方向, Y: ダム軸方向, Z: 上下方向

4.5Hz、8Hz付近、ダム軸方向の水平動スペクトル比には3.0Hz、3.5Hz、4.5Hz、6.5Hz付近に卓越周波数が存在する。各地震ごとに水平動スペクトル比の1次卓越周波数を比較すると、上下流方向、ダム軸方向のいずれにおいても、兵庫県南部地震が最も低く、次に愛媛県南予地震が小さい。このように1次卓越周波数に差があるのは、地震動によって地盤および堤体の非線形性の程度に差があることによると考えられる。また、各地震の1次卓越周波数におけるスペクトル比は一定値ではなく、その差は上下流方向よりもダム軸方向の方が大きい。ただし、各地震ごとに比較

すると、1次卓越周波数が低いほどピーク値も小さくなる傾向がみられる。これも堤体の非線形性によって、入力加速度が大きくなるに従い減衰が大きくなることに関係しているものと考えられる。

図-4は、兵庫県南部地震における上下流方向とダム軸方向のスペクトル比を比較したものである。水平動スペクトル比の1次卓越周波数は、上下流方向で2.5Hz、ダム軸方向で3.0Hz程度であり、ダム軸方向が上下流方向よりも0.5Hz程度高い値を示している。これより、上下流方向に比べダム軸方向の堤体の剛性がやや高いことが推測できる。なお、他の地震記録でも同様であった。

図-5は、地震観測記録と微動測定結果のスペクトル比を比較したものである。微動測定結果は、[天端水平動(H_{crest})/基盤水平動(H_{base})], [天端水平動(H_{crest})/天端上下動(V_{crest})]ともに、その卓越周波数は地震観測記録の水平動スペクトル比と非常によく対応を示している。また、微動測定による1次卓越周波数は、加速度応答値から考えてダムの非線形性が最も小さいと考えられる安芸灘、島根県西部地震による値に最も近く、これらの地震では地盤および堤体が線形領域で震動していることが確認できる。

4. まとめ

ロックフィルダムを対象として常時微動測定を行い、地震観測記録との比較を行った。その結果、ダム堤体の1次卓越周波数について両者は良い対応を示した。また、地震観測による1次卓越周波数には、地震動により地盤および堤体の非線形性の影響と考えられる差が見られた。さらに、1次卓越周波数は、ダム軸方向が上下流方向より高い値を示したことから、上下流方向に比べダム軸方向の剛性が大きいことが推測できる。

今後、弾性波探査、数値シミュレーション等により本ダムの挙動特性を詳細に検討していく予定である。

なお、常時微動測定にあたり、(株)大林組技術研究所および(株)四電技術コンサルタントのご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

[参考文献]

1) 斎藤章彦, 高橋鉄一: 傾斜地盤上に造成された盛土の常時微動特性, 土木学会四国支部技術研究発表会, pp.58-59, 1998
2) 渡辺啓行, 曹増延, 菊池憲司: ロックフィルダムの動的挙動並びに材料特性に関する一考察, 大ダム, No. 163, pp.1-11, 1998
3) 岡本舜三: 耐震工学, オーム社, pp.387-388, 1971

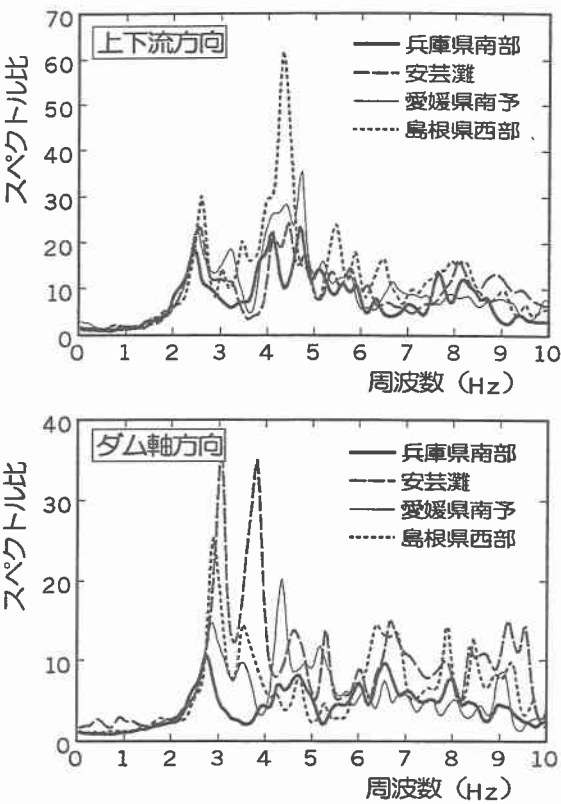


図-3 各地震のスペクトル比の比較
(天端水平動/基盤水平動)

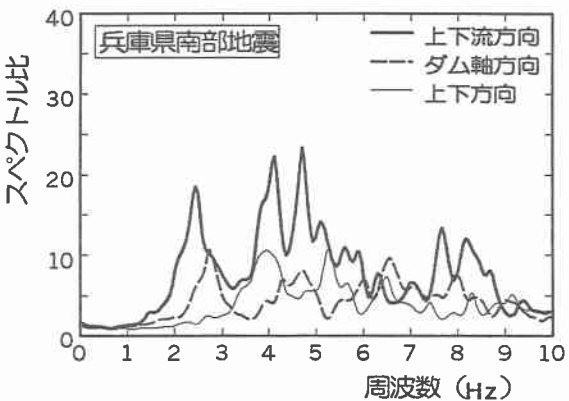


図-4 各方向のスペクトル比の比較
(天端水平動/基盤水平動)

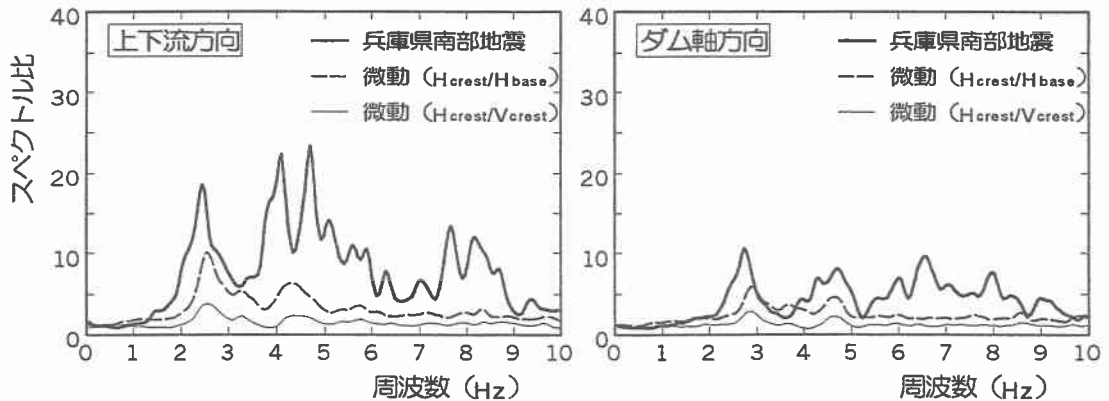


図-5 地震観測と常時微動測定によるスペクトル比の比較