

ロックフィルダムの変動特性

(株)四国総合研究所 正会員○斎藤章彦
四国電力(株) 正会員 小林修二
四国電力(株) 正会員 高橋鉄一
四国電力(株) 正会員 高橋利昌

1. はじめに

揚水式発電所のロックフィルダムは、発電および揚水により貯水位が変動することから、堤体の振動特性はこれらの影響を受けることが予想される。そこで、1昼夜にわたって常時微動観測を行い、発電所運転が堤体の振動特性に及ぼす影響について調査を行ったのでその結果について報告する。

2. 常時微動測定

今回測定を実施したダムは、揚水発電所の上部ダムとして建設された高さ88m、堤頂長352mの中央土質遮水壁型ロックフィルダムである。ダムの標準断面および平面を図-1、図-2に示す。本ダムは発電所から約3km離れている。

常時微動は、各測点にサーボ型速度計(VSE-15D)を設置し、水平2成分、鉛直1成分の3成分を同時測定した。サンプリング周波数は100Hzで、1回あたりのサンプリング時間は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。

3. 測定結果と考察

(1) 振動特性の時間的変化

ダム天端中央(No.2)と監査廊に微動計をそれぞれ設置し、1時間ごとに24回の同時測定を行い、堤体の微動特性および振動伝播特性の時間的変化を調べた。測定時の日中10時から18時にかけて発電運転が、また深夜0時から翌朝8時にかけて揚水運転が行われており、今回の測定結果にはこれらの影響が明瞭に現れている。なお、測定期間中における貯水位の変動は約6mであった。

図-3にダム天端におけるフーリエスペクトルを示す。ダム天端では、発電所運転時には水平・上下成分ともに停止時に比べ振幅が大きくなっている。ダム堤体固有の振動特性を表していると考えられる1~5Hzの範囲では、スペクトル形状はいずれの場合も類似しており、ピーク周波数もほぼ同じである。一方、5Hz以上の範囲では、停止時には目立った振動成分は含まれていないが、運転時には1~5Hzのピークを上回る振動レベルを示している。

図-4はダム天端と監査廊におけるフーリエスペクトル比によって求めた各成分ごとの伝達関数である。増幅率は、発電や揚水の影響を受け、時間ごとに変化しているが、1~5Hzの範囲ではほぼ同じ振動数でピークを示しており、これらはダム堤体の1次卓越振動数に相当するものと考えられる。運転時に見られる5~20Hzの振動成分は、発電所の運転に伴って発生する水圧脈動による振動の影響と考えられる¹⁾。

表層地盤と基盤のインピーダンスに明瞭なコントラストがある場合、

キーワード：常時微動、ロックフィルダム、フーリエスペクトル、振動モード、卓越振動数

〒761-0192 高松市屋島西町2109-8 TEL：087-844-9215 Fax：087-844-9235

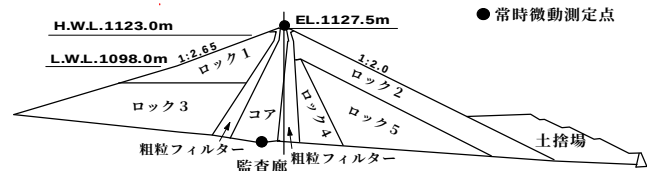


図-1 ダムの標準断面および測定位置

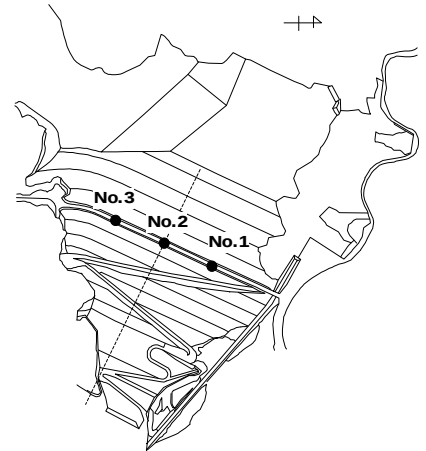


図-2 ダムの平面および測定位置

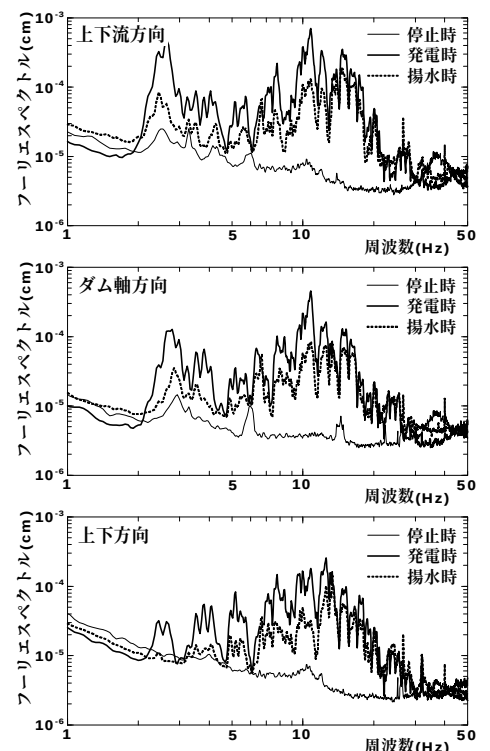


図-3 フーリエスペクトル(ダム天端)

常時微動の水平動と上下動のフーリエスペクトル比 (H/Vスペクトル比) は、地盤の卓越振動数をよく表すことが知られている²⁾。図-5にダム天端でのH/Vスペクトル比を示す。上下流方向では2.5Hzに、ダム軸方向では3.0Hz付近に明瞭なピークが認められ、これが堤体の卓越振動数に対応することがわかる。このことはロックフィルダムにおいてもH/Vスペクトル比から堤体の卓越振動数が求められることを示唆している。

(2) 貯水位の影響

図-6に低水位時と高水位時におけるフーリエスペクトル比を示す。貯水位の影響について、既往のダムでの測定結果³⁾によれば、貯水によりダムの固有振動数が空虚時に比べ10%程度低下する、20m程度の水位変動が固有振動数に与える影響は非常に小さいなどの報告がなされている。今回の測定では、水位変動が約6mと小さかったこともあり、固有振動数への影響は小さく、これら既往の結果と同様であった。

(3) 振動モードの推定

ダム中央断面から約1/4堤頂長にあるほぼ対称な2測点No.1とNo.3に着目すると、この2点で同時測定された各方向の振動成分の和は、同位相の振動が強調され、逆位相の振動が打ち消される。逆に2点の振動成分の差では同位相が打ち消し合い、同位相が強調される。これから、2点の振動成分の和と差のフーリエスペクトルを比較すれば、同位相が強調されている振動数、あるいは逆位相が強調されている振動数が評価できるため、ダムの固有振動数の推定が可能となる⁴⁾。

図-7に上下流方向について和の速度波形のスペクトルから差の速度波形のスペクトルを差し引いたものを示す。図より、2～4Hzに見られる3つのピークがそれぞれ1～3次の振動モードに対応しているものと考えられる。すなわち、上下流方向の3次までの固有振動数は、2.5Hz、3.0Hz、3.8Hzと推定され各々のモードタイプはそれぞれ、同位相、逆位相、同位相である。

4. まとめ

24時間の常時微動測定により、ダム堤体の振動特性に及ぼす発電および揚水の影響が明らかになった。

①発電所運転時には停止時と比べて5～20Hz付近の高周波数成分が増加する。

②一方、ダム固有の振動特性を表すと考えられる1～5Hzの範囲では振動レベルは大きくなるがピーク周波数はほとんど変化しない。

③固有振動数に及ぼす貯水位の影響は水位変動が小さかったこともありほとんど認められなかった。

本研究にあたっては、大林組技術研究所の方々から貴重なご意見をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 櫻井彰雄 : エネルギー技術者のための地盤 耐震学, 丸善, 1999
- 2) 中村豊, 上野真 : 地表面震動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み, 第7回日本地震工学シンポジウム講演集, pp.265-270, 1986
- 3) 沢田義博, 高橋忠, 櫻井彰雄, 矢島浩 : ロックフィルダムの物性値分布特性および堤体の動的特性 -弾性波動に基づく考察-, 電力中央研究所報告, 377008, 1977
- 4) 渡邊啓行, 村上晃生, 菊地憲司 : 奥美濃水力発電所上大須ダムの三次元的挙動, 電力土木, No.259, pp.47-53, 1995

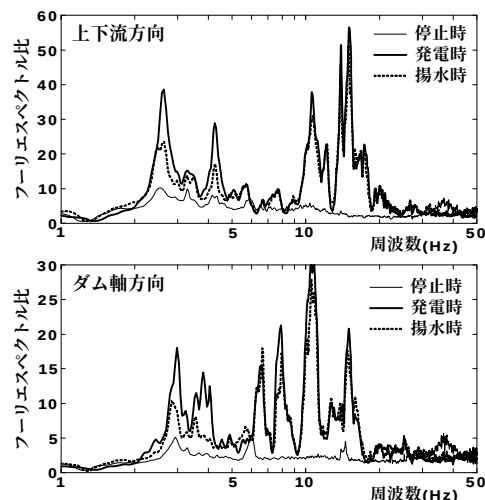


図-4 スペクトル比(天端/監査廊)

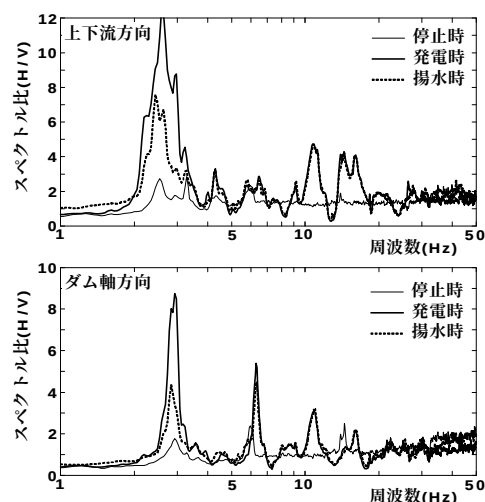


図-5 H/Vスペクトル比(ダム天端)

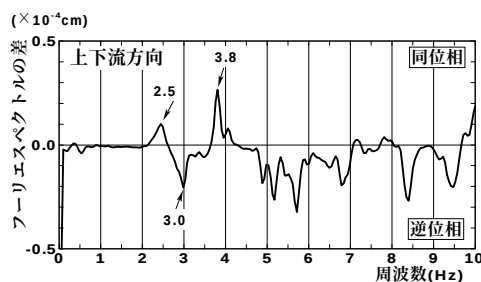


図-7 振動モードの推定

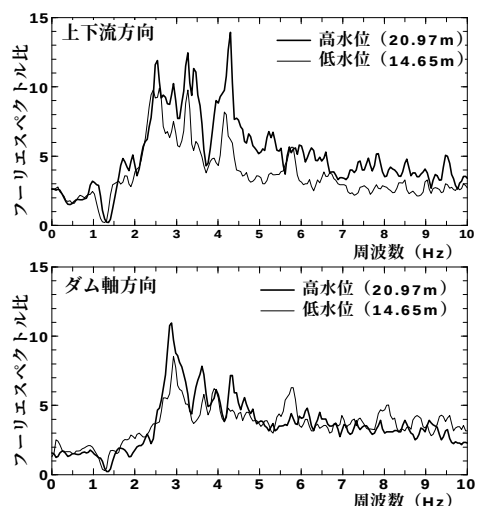


図-6 貯水位の影響