

電力中央研究所 正員 高橋 忠
 新日本技術コンサルタント 正員 ○ 国井仁彦

1 まえがき

筆者等は数年来、地震観測、常時微動観測、弾性液による調査および数値解析等によって、ロックフィルダムの地震時における挙動についての研究に携わってきた。研究成果の一部は既に報告しているが、その後引続いてこれらの結果に検討を加えたので報告する。

2 地震観測結果について

地震観測を実施したのは高さ95m、堤頂長267mの中心コア型ロックフィルダムである。本ダムには図-1に示すように、ダム表面だけではなくダム内部にも多数の地震計が配置されている。観測波形の一例を図-2に示す。観測結果によると次のようである。

(i) 地震時には卓越振動数が存在し、上下流方向では2.0~2.2 Hz、ダム軸方向では2.2~2.4 Hz、鉛直方向では2.9~3.0 Hzである。パワースペクトルの一例を図-3に示す。

(ii) 上下流方向の最大加速度は標高が高くなるに従って大きくはなるが、ダム内部とのり面における増加の割合は異なり、前者は堤頂付近で著しく大きくはなるのに対し、後者は標高の低いところでも大きな加速度を生じている。同じ標高における最大加速度を比較すると、上下流のり面で最大値を示し、ロック部中央で最小であった。

(iii) 上下流方向の変位波形は図-4に示すように、標高が異なれば波形は異なるが、同一標高では相似な形である。また基盤の敷点において観測された変位波形もほぼ等しい形をしていた。

3 動的解析

重複反射理論によると、伝播速度が既知であれば地表面で観測された波形を用いて、地下の任意の点における波形を求めることができる。簡単のためダムを一層モデルと考へ、堤頂で観測された波形を用いてダム内部の波形を計算した。図-5に示すように、上下流方向については平均伝播速度を550~600 m/s、鉛直方向については1000~1100 m/sとした場合、計算によって求めた波形と実測波形の一致度は良好である。筆者等が本ダムにおいて実測した弾性波速度と比較すると、前者はS波速度、後者はP波速度にはほぼ一致している。図-3に示したように、堤頂において鉛直方向

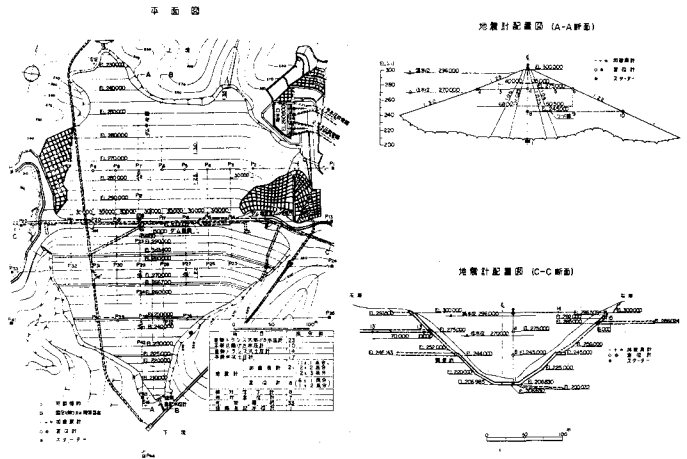


図-1 地震計配置

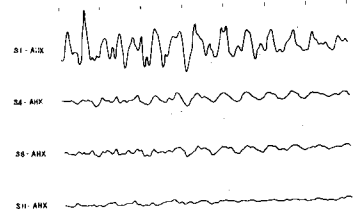


図-2 観測波形

の卓越振動数が上下流方向のそれに比較して高いことも勘案すれば、上下流方向の振動は剪断振動が卓越し、鉛直方向の振動はP波による振動が卓越しているものと考えられる。

一方、ダム軸方向について、重複反射理論を用いて計算した波形と実測波形を比較すると、堤頂からの距離が離れるにつれその一致度は著しく劣ってくる。また上下流方向の卓越振動数は標高によらずほぼ一定であるが、ダム軸方向のそれは図-6に示すように、堤頂から離れるにつれ(標高が低くなるにつれ)卓越振動数は増加する。Aダム(高さ95m, 堤頂長267m)およびBダム(高さ148m, 堤頂長350m)とも中心コア型ロックフィルダムである。これらのダムにおけるダム軸方向の卓越振動数と堤頂との標高差 h との関係を求めると次のようになる。

$$f = \frac{L_0}{105H - h} \times \alpha \left(\frac{L_0 H}{L_1^2} \right)$$

$$\alpha = 0.85 \sim 0.9$$

ここで H はダム高さ、 L_0 は堤頂長および L_1 は堤頂より $2H/3$ の標高における谷の中である。

堤頂におけるダム軸方向の卓越振動数が既知であるロックフィルダム5例について α を求めると

$$\alpha \approx 0.47 \frac{L_0 H}{L_1^2}$$

Aダムでは $L_0 H / L_1^2 = 1.77$, Bダムでは1.91である。 α はダムサイトの谷形状を示す係数であって、谷が広い場合は小さく、狭い場合には大きい。

なおAダム堤頂上で右岸より1/4点におけるダム軸方向の卓越振動数は、堤頂中央部のそれに比べて高く、標高の低い部分の卓越振動数にはほぼ等しい。したがってダム軸方向の振動は、谷形状の影響を顕著に受けると考えられる。

本研究において取り扱ったロックフィルダムの築堤材料および材質は異なっているにもかかわらず、上記のような簡単な数式によつてダム軸方向の卓越振動数が求まることは興味ある現象である。

参考文献

- 1) 高橋, 国生他 "ロックフィルダムの地震時の挙動について" 第12回地震工学研究発表会 1972.7
- 2) 沢田, 高橋他 "フィルダムの動特性(弾性波動よりみた喜撰山ロックフィルダムの内部構造)" 電力技研報告 1972.3
- 3) 国生, 高橋他 "フィルダムの動特性(起振実験による喜撰山ロックフィルダムの振動特性)" 電力技研報告 1972.5
- 4) Raúl J. Marsal et al "Performance of EL INFIERNILLO DAM" Jour Soil Mech. & Found. Div., Vol 93, Jul. 1967

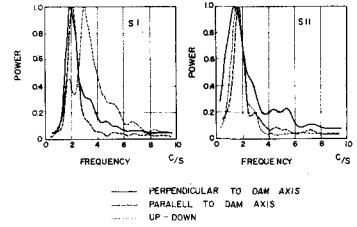


図-3 パワースペクトル

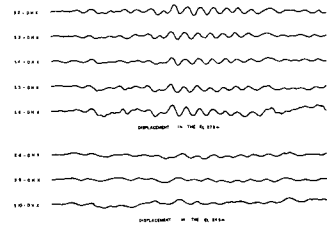


図-4 変位波形

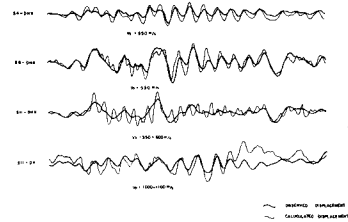


図-5 計算波形と観測波形の比較

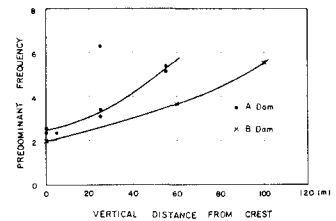


図-6 ダム軸方向の卓越振動数と堤頂との距離の関係