

(94) 実測によるフィルダムの地下逸散減衰量の評価の試み

東京工業大学大学院 総理工学研究科 正 大町達夫
同 学 ○前田慎二、中本伸夫、福岡知久

1. はじめに

我々は常時微動を用いてダム振動の地下逸散減衰量を測定する方法を提案している。本報告では昭和61年8月6、7、8日の3日間福島県阿賀野川支流小野川最上流部に位置する大内ダムでの実測例をもとに地下逸散減衰量の算定までの手順を紹介し、簡単な考察を加える。

2. 大内ダムの概要⁵⁾

大内ダムは高さ102mの中央コア型ロックフィルダムである。(図-1) ダム基礎は凝灰岩であるが、河床に存在する断層を境にして左、右岸でその状態が異なっている。左岸は断層の影響で強く圧砕され軟質な岩盤であるが、右岸は比較的堅硬な岩盤である。(図-2) 本体はほぼ完成しているが、右岸で基礎処理工事をまだ実施中であり湛水されていなかった。

3. 測定状況

常時微動の測定に使用した6台の感振器はいずれも固有周期1秒で、増幅器に接続した際の総合特性は1.5Hz以上で平坦である。測定は図-2に●で示したダム頂9地点と基礎処理ギャラリー9地点の計18測点を選び、それらを適宜組み合わせるで6台の感振器を配置し常時微動速度を記録した。

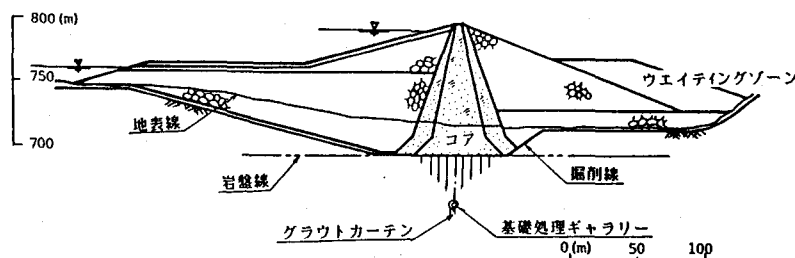


図-1 ダム標準断面

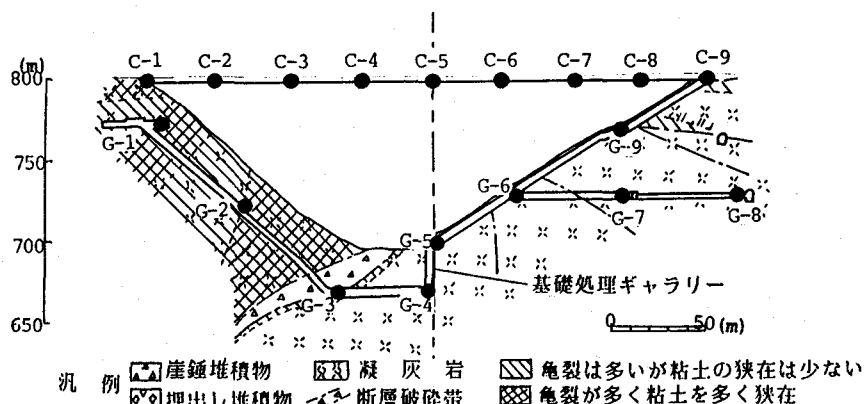


図-2 ダム地質縦断と感振器の設置場所

4. 地下逸散減衰量の算定

以下、手順に従って記述する。

① 常時微動の実測結果より、ダムの低次モード(1,1),(1,2),... に対応する周波数を決定する。

先にも述べたように、測定当日大内ダムは工事中であり、ほんの数メートル離れた地点での機械振動のノイズがかなり混入することがあった。これまでの研究により、山間部で微動レベルの低い場所に位置するダムは数kmも離れた発電機の影響をも受けやすい。特に今回は突発的に現れる5.0Hz付近のノイズに悩まされ、振動形状も時々刻々と変化していた。このような場合解析の対象とする観測波形のサンプリングには細心の注意が必要である。振動モードの決定にはクレストでの同時多点観測の結果を用いた。

図-3はある時刻でのフーリエスペクトル図であるが、これを(1,1)とする。すべて同位相であることも確認された。図-4はまた違う時刻での同図である。これより、(1,2)モードを決定するには(1,1),(1,2)モードの形状性質を利用して和と差をとる。もし増幅された場合、それを(1,2)モードとする。

以上の方法で、(1,1)=2.3Hz, (1,2)=3.2Hz と決定した。

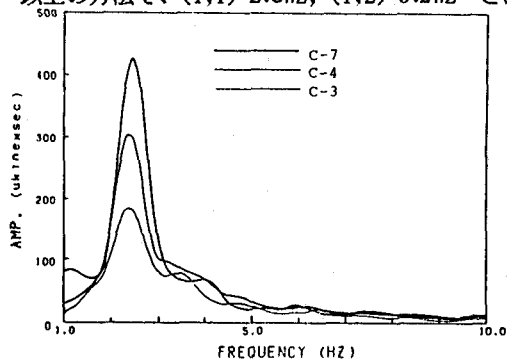


図-3 (1, 1) モードの決定

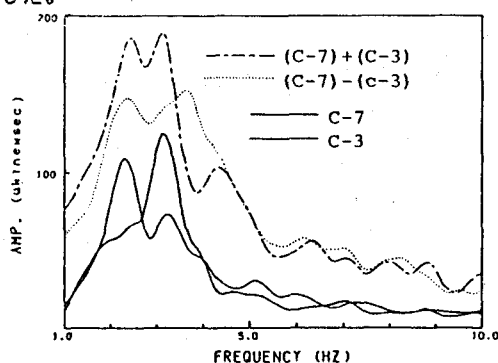


図-4 (1, 2) モードの決定

② 数値解析と対応させて高次モードを決定する。

谷形状が矩形のような単純な場合の3次元振動モードは理論的に求められるが、実ダムの場合には、数値解析によらざるをえない。我々は1)で決定した最小限の低次モードに合うような簡便な3次元有限要素モデルを作成し、より高次のモードに対応する周波数を決定した。以下にその計算結果を示す。ただし、ダム本体のせん断剛性率は深さによらず一定であると仮定した。

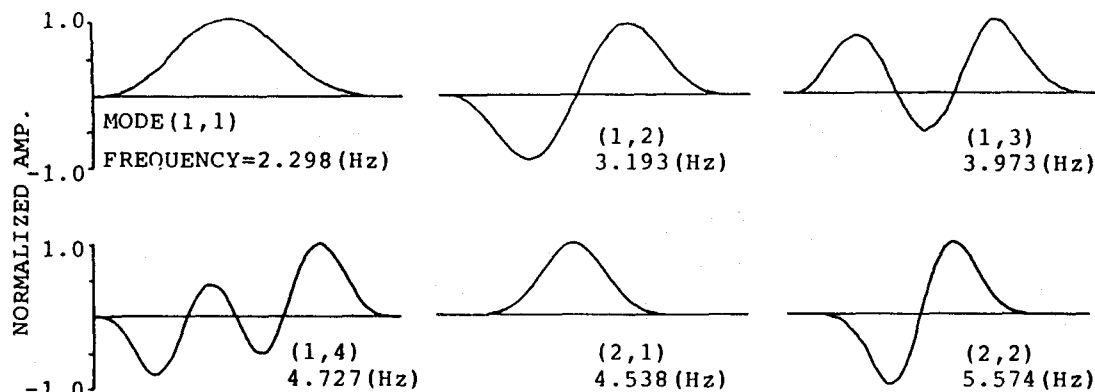


図-5 3次元有限要素モデルによる計算結果 (G=CONST.)

③ クレストとギャラリーの同時測定での微動のスペクトルを求める

地下逸散減衰量の算定にはクレストとギャラリーで同時測定されたデータが必要となる。ただし1秒以内の時差は問題とならないと思われるので今回は2台のレコーダーを使用し別個に記録した。使用に際しては、測定前に測定者の腕時計の時刻を一致させ常時微動の録音と同時に口頭で時刻を一分おきに収録する方式とした。

図-6はクレスト中央部C-5とその鉛直下方に位置するギャラリー内G-5に対するダム軸直交方向のフーリエスペクトル比C5/G5を示したものである。図中の2本の曲線は異なる時刻でのサンプリングを意味する。細部に多少の差異はあるが、ほぼ相似な形状をしている。

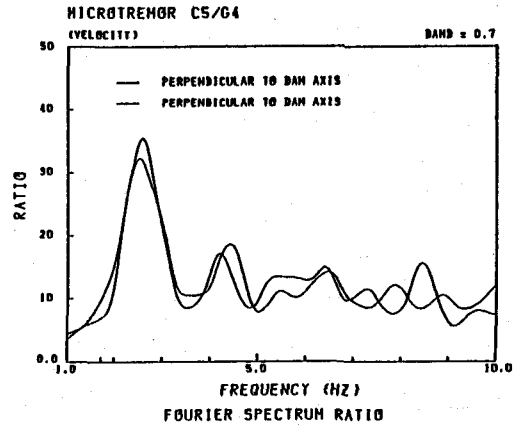


図-6 フーリエスペクトル比 C5/G5

④ 地下逸散減衰量の評価

スペクトル比のピーク値 (M_{max}) は、刺激係数を β としておおよそ

$$M_{max} = \beta / 2h \quad (1)$$

で近似できる。よって図-6から各モードの地下逸散減衰比として、

$$(M_{max})_1 = \beta_1 / 2h_1 = 30 \quad \text{より} \quad h_1 = 0.017\beta_1 \quad (2)$$

$$(M_{max})_2 = \beta_2 / 2h_2 = 20 \quad \text{より} \quad h_2 = 0.025\beta_2$$

が求まる。ところで、ダムと基礎がそれぞれ均一である場合の鉛直1次及び2次の逸散減衰比は、

$$h_1 = 0.4\alpha, \quad h_2 = 0.2\alpha \quad (4)$$

$$\alpha = (\rho_d V_d) / (\rho_f V_f)$$

で表わされる、ここで、 α はダム(d)と基礎(f)についてのせん断波のインピーダンス比である。これらを用いると実測値から $\beta_1 : \beta_2 = 2.9 : 1$ 得られる。

一方、ダム基礎が一様に振動する場合には、ダム本体の刺激係数は断面形状により次のような値となる。

$$\beta_1 = 1.60, \quad \beta_2 = 1.00 \quad \text{よって} \quad \beta_1 : \beta_2 = 1.6 : 1 \quad (\text{くさび形断面})$$

$$\beta_1 = 4/\pi, \quad \beta_2 = 4/3\pi \quad \text{よって} \quad \beta_1 : \beta_2 = 3 : 1 \quad (\text{長方形断面})$$

実測結果と比較すると、このダムの地下逸散減衰には押え盛土の効果が表れているとも判読できる。また実ダムを2つの断面形の間にあるとして、 $\beta_1 = 1.5$ とおけば $\beta_2 = 0.52$ 、よって最終的に地下逸散減衰比として

$$h_1 = 0.026 \qquad h_2 = 0.013 \qquad (5)$$

が得られる。

5. おわりに

今回実測したダムでは常時微動はダム、基礎ともかなり非定常性が強かったが解析にはなるべく定常的な部分のみをもちいた。最終的に得られた地下逸散減衰比は、1次モードについて3%、2次モードについては1%程度であろう。またこれらの値にはダムの押え盛土の効果が反映していることが推察された。ここでは非常に大胆な解析を行ったが、得られた結果はダムの振動性状を理解する上で興味深いものと言える。

参考文献

- 1) 大町・片岡・曾我：堆積層のあるダム基礎における常時微動の特性、第16回岩盤力学シンポジウム講演論文集、PP180～184 (1984)
- 2) 大町・中尾・年縄・田中：埋没谷を基礎にもつロックフィルダムの常時微動特性、第17回岩盤力学シンポジウム講演論文集、PP211～215 (1985)
- 3) 大町・中本・荒井・高本：常時微動によるロックフィルダムと基礎との動的相互作用の定量的評価の試み、第18回岩盤力学シンポジウム講演論文集、PP316～320 (1986)
- 4) 大町・片岡：入力地動を用いないダム振動の逆解析、構造工学論文集、Vol.31A (1985)
- 5) 渡部・渡辺：大内ダムの設計と施工について、電力土木(58.7) No185 PP35～46
- 6) 大町：未固結堆積上のロックフィルダムの動的特性、第15回土質工学研究発表会講演論文集、PP1321～1324 (1980)
- 7) 大町：フィルダム振動の地下逸散減衰量の算定、土木学会第36回年講、PP570～571 (1981)

(94) IN-SITU MEASUREMENT OF RADIATION DAMPING OF A ROCKFILL DAM

by

T. Ohmachi^{*}, S. Maeda^{**}, N. Nakamoto^{**}, T. Fukuoka^{**}

Microtremor measurements were done at Ohuchi Dam which is a center core rockfill dam with the maximum height of 102 m and the crest length of 340 m. Fig. 1 shows the cross section and Fig. 2 shows the profile along the dam axis and the locations of observation stations. In the measurement of velocity components of microtremor six pickups were installed at stations properly selected from the eighteen points. Overall characteristics of the instruments are flat in a frequency range over 1.5 Hz.

Radiation damping evaluation was tried using these data. Figs. 2-3 shows Fourier spectra of the observation on the crest, indicating fundamental mode of vibration of the dam around 2.5 Hz. (1,2) mode was decided 3.2 Hz by means of considering the mode shapes of (1,1) and (1,2). Fig. 5 shows the mode shapes and frequencies by F.E.M. for the higher modes which are not clearly seen in the Fourier spectra.

Assuming for simplicity the dam being two-dimensional structure with homogeneous elasticity, radiation damping for the lowest two modes of a dam vibration is given by Eq.2 where impedance ratio is denoted by α . As a maximum amplification factor is given by Eq.1, damping ratios for the lowest two modes of vibration corresponding to 2.5 and 4.5 Hz is estimated as in Eq.3 obtained by fig.6. Hence one can obtain Eq.4. Assuming the dam shape is between triangular and rectangular, Eq.5 is obtained finally.

* Associate Professor, Tokyo Institute of Technology

** Graduate Student, ditto.