

1 まえがき 堅硬なダム基礎での地震動測定の結果、ダムと基礎の連成振動らしい成分が認められている。また、フィルダムはその固有振動数が近接しているために、固有振動形を実測から得ることも容易ではない。近年必ずしも基礎の良好でない地点にも大規模なフィルダムが建設されているため、そのようなダムの振動性状を明らかにすることは耐震設計上重要であると思われる。本研究は基礎に堆積層を持つ大規模なフィルダムで常時微動測定を行いその振動性状について考察し、次に簡便な連成振動解析用の三次元的モデルを考案し基本モードについて実現象との比較を行った。

2 ダムと基礎との常時微動特性

カッサダムは新潟県苗場山3くに位置する堤高90m、堤頂長487mの中央土質連水壁型ロックフィルダムである。Fig. 1に示すようにダム基礎の右岸側ではほぼ全面を堅硬な石英安山岩(Da)が覆うが、左岸側では火山泥流層(Vm)を主体とし、シルト、砂層(Si)から成る未固結堆積層が基岩である石英安山岩を厚く覆い左右非対称な谷形状をしている。常時微動はダム軸直交水平成分について測定した。

堆積層とダムの振動特性を調べるために Fig. 1に示すダム頂上の測点C1～C3と監査廊内の測点G1～G3を用い同時測定(CG1シリーズ)を行い、その約3時間後にC3～C5とG1～G3を用いて同時測定(CG2シリーズ)を行った。Fig. 2は測定された微動の基岩の測点G3に対するダム頂上、及び監査廊内の常時微動のフーリエスペクトル振幅比である。

CG1シリーズのC3/G3, G1/G3, G2/G3の形状は概ね似ており、この時点で堆積層はダムの一部として振動しているものと思われる。CG2シリーズでは全般に2.3Hzの成分の卓越が見られることから堆積層に含まれるこの成分がダムの対応モードを特に励起していると考えられる。また、CG1, CG2シリーズのC3/G3にある2.0Hzのピークは起振実験や地震観測の結果も考えるとダム本体の基本モードと思われる。CG1シリーズでC2/G3, G2/G3の2.0Hzのスペクトル振幅比から、この時間帯で基本モードについてG2の変位はC2の約2割である。

ダム頂上の基本振動形を求めるために Fig. 3(b)のダム頂上の6測点S1～S6を用いて99点同時測定(Cシリーズ)を行った。その結果得られたフーリエスペクトルの2.0Hzの振幅比から求めた基本振動形を Fig. 3(a)に一点鎖線で示した。振幅最大の所はダム高が最大であるS5付近よりも左岸側で基礎が堆積

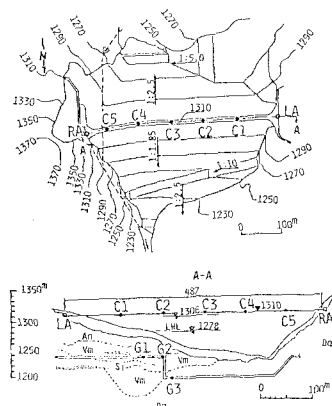


Fig. 1 Outline of Kassa Dam

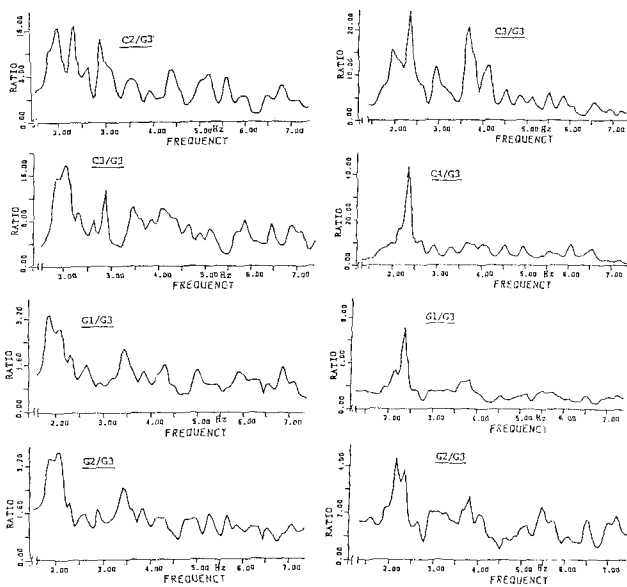
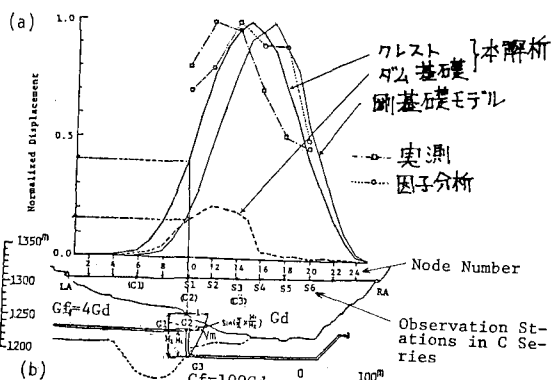


Fig. 2 Ratio of Spectral Amplitudes Observed in CG Series

層である測点S2で生じている。

3 連成振動解析モデルの概要

既に開発されている剛体基礎上のダムモデル、即ちダム軸に鉛直に有限個に分割して得られる有限要素楔形断面梁モデル¹¹⁾をFig. 4(a)に示すように基礎側の側にも変位の自由度を与え連成振動解析用モデルに拡張した。また基礎の動的特性は弾性波動論から得られた結果を準用した。さらにダム要素の基礎側の節点付近の変位はほぼ一様と考えられるため、それを節点の変位で代表することにして、系全体としては地表面上



の質量の無視された剛板上にダムが載った構造と考 Fig. 3 実測、解析から得られたカッサダムの基本振動形えた。ここで想定する剛板の適切な大きさは要素底面長の1, 2倍のものが適切であることがFEM解との比較から明らかとなった。

4 カッサダムのシミュレーション

上述の三次元的連成振動解析モデルを用い、カッサダムの固有振動解析を行った。Fig. 5に示すようにダムを長さ20mの24個の要素に鉛直分割してダム頂上の左岸側の節点から番号を付した。基礎は節点16よりも左岸側を2層地盤、右岸側を半無限地盤とした。ダム、基礎の詳細な物性値は不明であるがTab.1の様に与えた。この結果得られた基本振動数は1.8Hzであり、ダムの基本振動数と思われる2.0Hzよりもやや小さい。

基本振動形はFig. 3にダム頂に沿うものを太線、ダム基礎に沿うものを破線で示した。また細線は剛基礎上のモデルによるものである。ダム頂上で最大振幅の生じる位置は剛基礎モデルでは基岩上の節点17であるが、本解析では堆積層上の節点15となり、本解析の結果は実測から求めたものと良い対応を示している。またダム頂上の中央付近で実測と比較すると本解析による振動形は節点10より左岸側では振幅の減少が実測結果よりやや急であるが全般的によく似ている。

節点10におけるダム頂上に対するダム基礎の変位は約4割であるが、堆積層内の鉛直方向の振動形を正弦波形と考え、この断面において基岩からG2、ダム基礎までの距離H₁、H₂の比がH₁/H₂=0.6であることから、節点10に対応するCGシリーズの測点C2に対しG2の変位は約3割となる。実測ではG2の変位はC2の約2割であることから、解析では基礎の変位が大きくなっている。

5 あとがき このモデルは非常に簡単なものであるがダム頂に沿う基本振動形について実測と良い対応が得られた。今後実際のダムに合う剛性分布を採用し発展させると使用性も向上すると思われる。

ダムでの常時微動測定を許可していただいた、電源南発[参考文献](1)大町達夫、時松孝次、三次元的フィルダムの振動解析のための実用的モデル(土木学会論文報告集第328号(1982 Dec.))

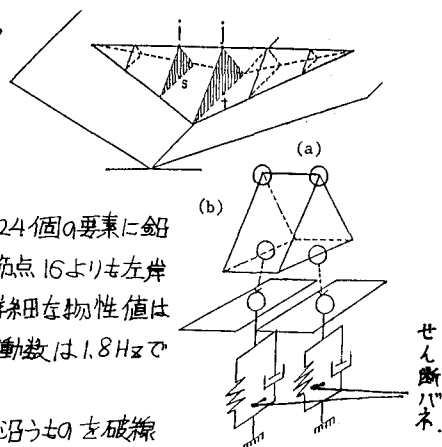


Fig. 4 Model of The Analysis

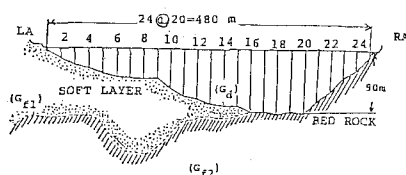


Fig. 5 カッサダムモデル

Width to Height Ratio	5.0
Mass Density of Fill Material	1.9t/m ³
Poisson's Ratio	0.25
Shear Wave Velocity of Dam	400.0m/sec
G _{f1} /G _d =4.0, G _{f2} /G _d =100.0	

Tab.1 入力データ