

### (37) 堆積層のあるダム基礎における常時微動の特性

東京工業大学 総合理工 正 ○大町達夫  
同 学 片岡俊一  
同 学 曾我誠意

#### 1. はじめに

ダムに限らず一般に構造物の耐震性は入力地震動に大きく依存することは周知の事実である。幾つかのダム基礎での地震動を調べた結果によると、地震加速度の振幅や位相あるいは震動方向は基礎全体で必ずしも同一でなく、またダム基礎での震動成分にはダムの固有振動と思われるものが含まれていることがあるなど、ダムと基礎とは地震時に相互に動的な影響を及ぼしあっているようである。これらの性質は従来の比較的堅硬なダム基礎において認められたものであるが、近年は未固結堆積層や軟岩を基礎とする大規模なダムも建設されており、このようなダム基礎での地震動は従来のものより一層複雑であろうと予想される。今後建設されるダムの耐震性を検討する上で、ダム基礎での震動特性やダムと基礎との動的相互作用は早急に解明されるべき重要課題であると思われる。ここではその課題への1つのアプローチとして、カッサダムで実測した常時微動の特性について述べる。

#### 2. ダムと基礎の概要<sup>2)</sup>

カッサダムは新潟県苗場山ろくに建設された堤高90m、堤頂長487mの中央土質遮水壁型ロックフィルダムである。本ダムは揚水発電用の上池ダムであり発電所からは約2km離れている。ダムサイトの右岸側には堅硬な石英安山岩(Da)がほぼ全面に露出しているが、左岸側は火山泥流層(Vm)を主体とする未固結の堆積層が基岩である石英安山岩を厚く覆い、尾根部の地表付近には安山岩質熔岩(An)が舌状に分布して緩やかな斜面をなし、全体として左右非対称な谷形状となっている。

堆積層のせん断強度は $\tan \phi = 0.3 \sim 0.75$ ,  $c = 1.3 \sim 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ , 静的変形係数 $900 \sim 1300 \text{ kgf/cm}^2$ であり、これらは深部へ行くに従い値が大きくなる傾向がある。

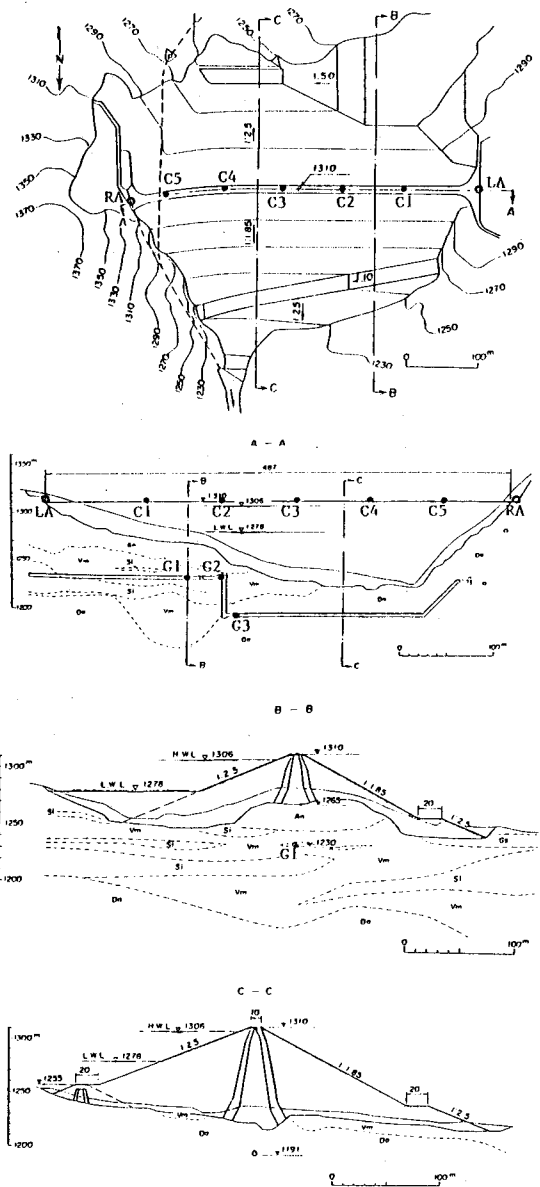


Fig. 1 Outline of Kassa Dam and Location of Observation Stations

### 3. 常時微動の測定状況

常時微動変位を実測したダム頂と監査廊の測点をFig. 1に○と●で示す。使用した6台の換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Fig. 2に示すように1.5Hz以上で平坦であるが1Hz以下での感度は悪い。測定は夏の快晴日に実施した。測定時には発電所では発電中（水車回転数375rpm）であり、その間貯水位は底水位+20mから6m程度低下していた。

### 4. ダムの両岸における常時微動変位の比較

ダム頂の左岸および右岸の取付け部すなわちLAおよびRAで同時に測定したダム軸方向とダム軸直交方向の水平微動の約20秒間における変位波形例とフーリエスペクトルをFig. 3～4に示す。スペクトル図の縦軸目盛がLAとRAとで異なる点に注意すれば、図から次のことが指摘できる。

- ① スペクトルの形状は両岸でかなり異なるが、ピーク振動数は共通あるいは近接しているものが多い。
- ② 1.5～3.0Hzの振動数成分に関しては、巨視的には左岸は右岸の2～3倍の振幅レベルにある。
- ③ 6.25Hzの振動数成分は発電所の水車の回転によるものである。
- ④ 振動数1Hz以下の長周期成分は微動中にかなりの勢力として含まれているが、この成分に対する計器感度は悪く不揃いであることとダム振動との直接的関連が薄いと思われることから、以後の考察の対象から外す。

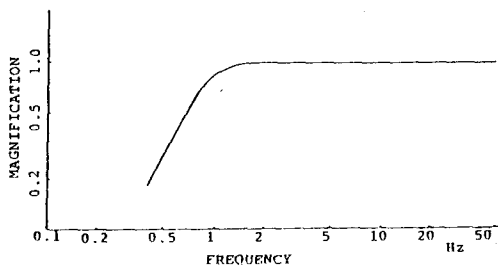


Fig. 2 Overall Response Characteristics of an Instrument used here

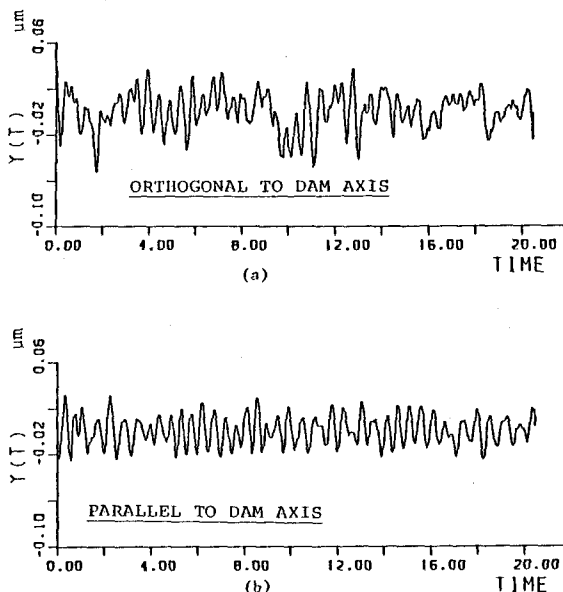


Fig. 3 Microtremor Displacements Observed at St. LA

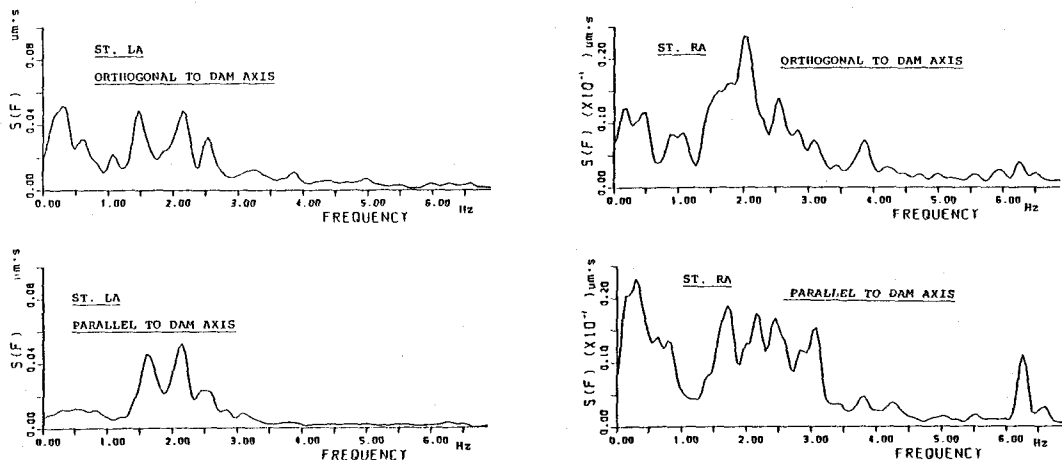


Fig. 4 Fourier Spectra of Displacements Measured Simultaneously at Sts. LA and RA

## 5. 監査廊とダム頂における微動変位のスペクトル

監査廊の3測点G1～G3とダム頂の3測点C1～C3を使って同時測定をまず行ない（CG1と記す）、次にその約3時間後にG1～G3の3測点とC3～C5の3測点を使って同時測定を行った（CG2と記す）。得られたダム軸直交方向水平変位記録のフーリエスペクトルをFig. 5～6に示す。ただし図示のスペクトルでは前記4. ④より1.4Hz以下を滑らかにカットしている。図から次のことが判読できる。

①ダム・監査廊共に振動レベルはCG2の方がCG1よりも2倍程度高く、スペクトル形状も異なるなど両時刻間で微動の非定常性が認められる。

②CG1では監査廊内の3つのスペクトル形状はよく類似しており、振幅はG1, G2, G3の順に大きい。この時間帯には、ダム基礎全体はほぼ定常振動状態にあると考えられる。

③CG2ではG1にある2.3HzのピークがG3に無く、G3にある2.5Hz, 2.8Hz, 4.3HzのピークがG1に無い。一方、1.5Hz, 1.8Hzのピークはこれらの3測点に共通して認められるなど基岩と堆積層とは2Hzを境として高振動数側では異質の振動をしている。

④ダム頂中央付近は2.0～3.0Hzに固有モードに起因すると思われる多くの卓越成分を有している。

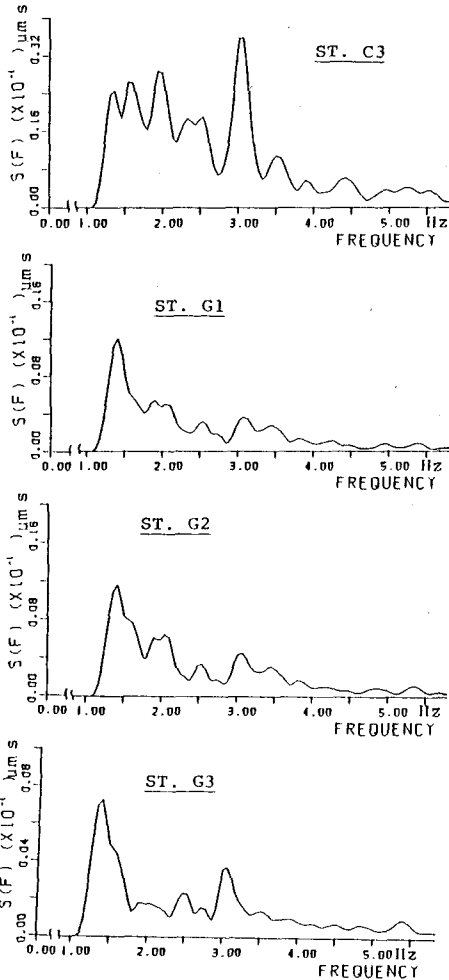


Fig. 5 Fourier Spectra of Displacements Measured Simultaneously at Crest and Gallery (CG1)

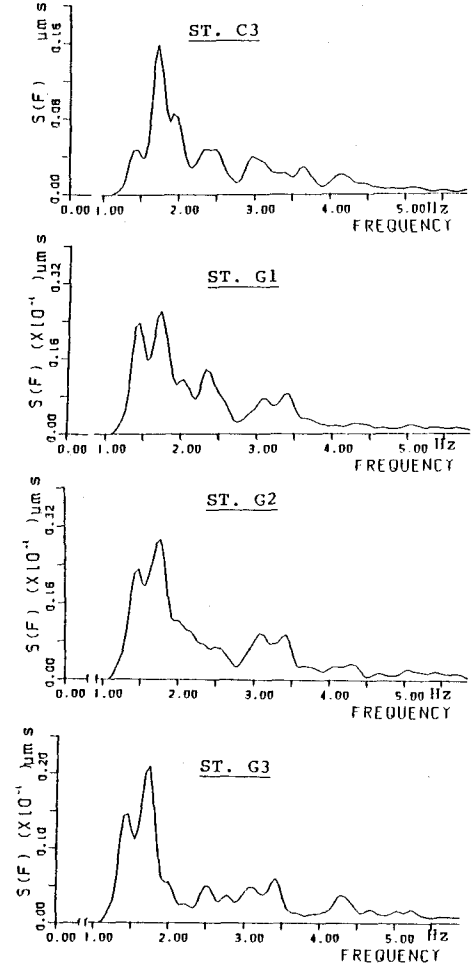


Fig. 6 Fourier Spectra of Displacements Measured Simultaneously at Crest and Gallery (CG2)

## 6. 基岩に対する堆積層とダムのスペクトル振幅比

CG1とCG2で得られたフーリエスペクトルを用いて測点G3に対するスペクトル比を求め図示したのがFig. 7～8である。

①CG1のG1/G3, G2/G3, およびC3/G3は全体にほぼ相似で、この時点で堆積層はあたかもダムの一部として振動しているように見える。

②CG2では全般に2.3 Hz成分の突出が著しいが前記5③を考えると、堆積層に多いこの振動数成分がダムの対応するモードを特に励起したもののと思われる。

③CG1とCG2のC3/G3に見られる2.0 Hzのピークは、起振実験や地震観測の結果<sup>3)</sup>もあわせ考えるとダム本体の基本モードに対応し、それ以上のピークは高次モードに対応するものと思われるが、

1.7 Hzや1.9 Hzの振動数成分がダムで大きく増幅される理由は現在のところ不明である。

## 7. 結語

堆積層が基礎の半面に厚く分布するダムでは、基礎の常時微動は非定常でかつ各部分ごとに不均一なスペクトルを示し、ダムの応答もそれに伴って多様に変化することを見た。ここに示したような定性的な解釈では限界があるので、模型実験や数値解析などを併用して現象を定量的に理解して行く必要がある。

### REFERENCES

- 1) T. Ohmachi: Earthquake Characteristics at Dam Foundations, Proc. ISRM Tokyo Symp., 1981
- 2) 電源開発株式会社: 奥津津発電所新設工事 工事記録, 1981
- 3) 大町達夫, 日暮 孝: 火山泥流基礎にあるカッサダムの動的挙動について, 大ダム, No. 95, 1981・3

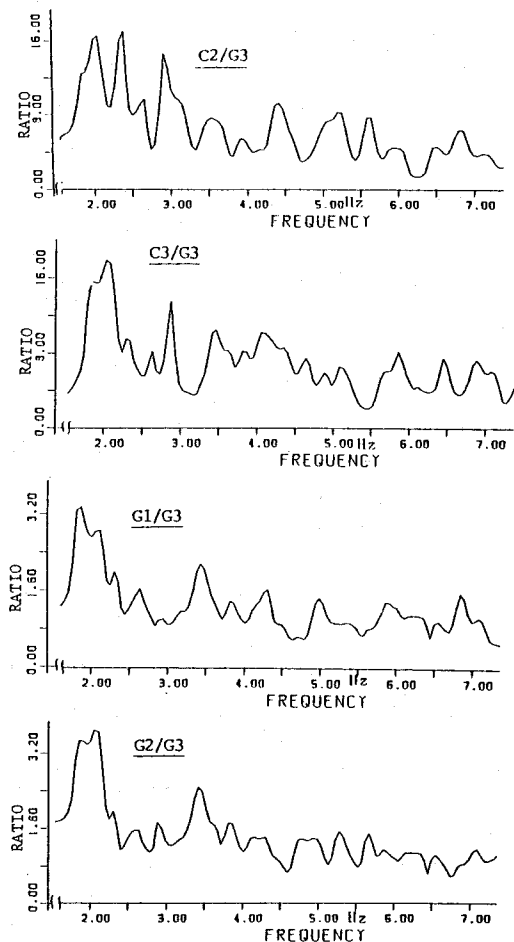


Fig. 7 Ratios of Spectral Amplitudes Observed in CG1 Series

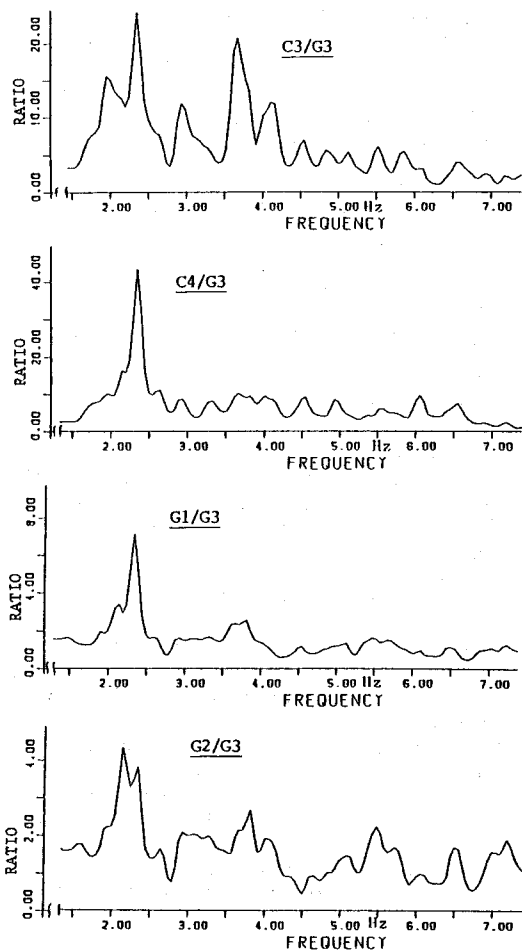


Fig. 8 Ratios of Spectral Amplitudes Observed in CG2 Series

## (37) CHARACTERISTICS OF MICROTREMOR OBSERVED AT A DAM FOUNDATION WITH DEPOSITS

by

T.Ohmachi\*, S.Kataoka\*\* and S.Soga\*\*

It is known that earth and rockfill dams are adaptable to disadvantageous foundations such as uncemented deposits and soft rock. However, from a viewpoint of earthquake resistance of dams, there remain several important subjects still unclarified but required to be urgently solved for future dam construction. Among these are earthquake characteristics at such foundations and dynamic interactions of a dam-foundation system. On this basis, micro-tremor measurements were carried out on and beneath an existing large dam named Kassa Dam.

Kassa Dam is a center core rockfill dam with the maximum height of 90 m and the crest length of 487 m, forming an upper reservoir for a pumped storage power station which is located at about 2 km distant from the dam. Hard dacite (Da) is exposed over the entire right-bank side of the dam site, but on the left-bank side, uncemented deposits mainly of volcanic mud flows (Vm) thickly cover basement rock of the dacite, as shown in Fig. 1.

The measurements were done on summer fine days, using instruments having overall response characteristics shown in Fig. 2. Figs. 3 (a) and (b) give examples of horizontal displacement waveforms of microtremor observed at the left abutment, with Fourier spectra shown in Fig. 4 in which those for observed at the right abutment are also shown. The microtremors at both the abutments show significant differences in the spectral shape, and the amplitude level at the left abutment is two or three times larger than that of the right abutment. A frequency component of 6.25 Hz is due to generation at the power station.

Similar measurements were done at different six observation stations simultaneously. The stations were selected at C1, C2 and C3 on the crest and G1, G2 and G3 in the inspection gallery for CG1-series, while C3, C4 and C5 on the crest and G1, G2 and G3 in the gallery for CG2-series which was measured at about three hours later than CG1-series. Fourier spectra of the horizontal displacements in the upstream-downstream direction are shown in Figs. 5 and 6 for which frequency components lower than 1.4 Hz were filtered away. The facts that overall vibration level in CG2 is almost twice as large as that in CG1, and that spectral shape is dissimilar to each other will imply non-stationarity of the microtremors at the foundation. In Fig. 5, three spectra at Sts. G1, G2 and G3 are similar in the shape with inequality in the level as  $G1 > G2 > G3$ , suggesting that the foundation was in a stationary state over a wide range of frequency during the observation. While in Fig. 6, it should be noted that several peaks at frequency higher than 2 Hz visible at one station cannot be found at other stations in the gallery. Thus, rock foundation and deposits appear to be in a different vibration state, at least in a frequency range over 2 Hz.

The spectral amplitude are replotted in Figs. 6 and 7 as a ratio against those at G3. The spectral ratios for  $C3/G3$ ,  $G1/G3$  and  $G2/G3$  have somewhat similarity in the shape, which will imply that the deposits are likely to behave just like a portion of the embankment dam. A frequency component of 2.3 Hz included in the microtremor of the deposits seems to have induced a vibration mode of the dam corresponding to the frequency. Referring to the results of forced vibration tests and earthquake observations (Ref. 3), the fundamental period of the dam is around 2 Hz. It is natural that higher modes should be readily induced by such difference in the foundation movement. Further study using numerical and experimental models of the dam-foundation system is required for more detailed quantitative analysis.

\* Associate Professor, Tokyo Institute of Technology

\*\* Graduate Student, ditto