

京都大学 農学部 正員 菊沢 正裕
同 正員 長谷川 高士

1. まえがき

フィルダムの地震時挙動の合理的なシミュレーションを達成し、実用的な耐震設計を行う上で実挙動に対する知識を深めることは早急な課題である。本報告では、堤底及び周辺地盤から振幅・振動数特性が時に刻々変化する地震荷重を受けた堤体に対する応答特性を竜田の発展パワースペクトル⁽¹⁾により検討し、振動数と配慮した堤体の振動増幅特性、堤体の固有振動数、拘束部の挙動及びその堤頂挙動への影響等について考察した。

2. 地震観測

青森県の浪岡ダム（堤高52m、堤軸長304mの中央遮水壁型ロックフィルダム、非たん水状態）で観測された日本海中部地震（1983）時の応答データを対象とし、本震（5月26日）を含む大小余震6ケースについて解析した。観測は動電型の地震計（加速度、変位の計19成分）を用いてFig.1に示す5点で行われた。なお、本震（M7.7）及び最大余震（6月21日、M6.9）の震央に対し、堤体は各々S62W、153.0km及びN51W、165.2kmの位置にある。

3. 堤体挙動の非定常スเปクトル解析

3.1 定常パワースペクトル

Fig.2は最大余震（6月21日）の50秒間及びその10秒分割区間のパワースペクトル（堤底S1と堤頂S3のY成分）で、主要動は15~30秒の約15秒間である。明らかに振動数特性は非定常である。とくに、堤底入力波で卓越する3~5Hz成分が堤頂での全継続時間のスペクトルでは顕著でないのに対し、11~20秒の区間解析では強調されて現れる。

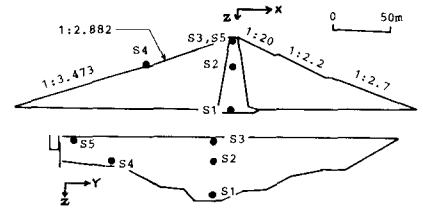


Fig.1 Section of Namioka Dam and Observation Points.

3.2 竜田の発展パワースペクトル

地震波のように顕著な卓越振動数を有し、それが時間的に変化する現象と表現する為 Priestleyは変調関数と定常確率過程との積で表される非定常確率過程を考え、それより時間 t 、円振動数 ω 領域で定義される発展スペクトルを与えた⁽²⁾。これに対し竜田は狭帯域フィルタとして線形1自由度系の出力応答を用いて次式で与えられる発展パワースペクトル $G(t, \omega)$ の有用な算定法を提案した⁽¹⁾。

$$G(t, \omega_n) = \frac{2h\omega_n^3}{\pi} \left\{ \dot{y}^2(t) + \frac{\ddot{y}^2(t)}{\omega_n^2} \right\} \quad (\text{gal}^2/\text{rad/s}) \quad \text{-----(1)}$$

ここで y は時刻系列 $x(t)$ を加速度入力とする1自由度系 (h, ω_n) の応答変位と速度、又 h, ω_n は、減衰定数及び固有円振動数を表す。

3.3 堤体の固有振動数と発展パワースペクトルの関係

6回地震（#1;本震, #3, #4; 5/26, #6; 6/1, #7; 6/19, #2; 6/21）に対する G を算定した。Fig.3はその一部でS3(X)の地震#1, 2, 4に対する結果である。その特徴は、堤体の1次固有振動数 f_1 以下の振動数に対する G は主要動及びそれ以降の減衰部で大きなパワーを示すのに対し、 f_1 以上の振動数に対する G は主要動（特にその前半）部分にパワーが集中することである。又、 f_1 付近の G は加速

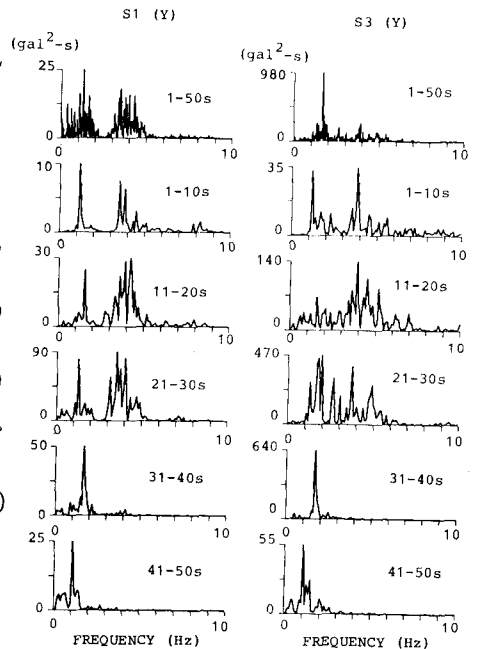


Fig.2 Power Spectra (EQ#2 Jun 21, 1983)

度時系列 $x(t)$ の振幅包絡線と似た分布をする。ただし γ の方向は固有値解析, 現場振動実験よりせん断ひずみ $\gamma = 10^{-4}$ レベルで 2.75 Hz, $\gamma = 10^{-4} \sim 10^{-3}$ で 2 Hz 前後と推定されている。⁽³⁾ Fig. 4 は $f = 0.5 \sim 5$ Hz の範囲の 0.1 Hz 刻みで算定された G の最大値を用いて標高の異なる観測点 S1-S2-S3 間の振動数毎の増幅特性を調べたものである。縦軸の R は、例えば S1 での G の最大値を G_1 と表すと、

$$R(f) = \sqrt{G_1 \times G_3} / G_2 \quad \text{-----} (2)$$

で与えられ、法面勾配の変化する中高部の S2 (Fig. 1 参照) を基準とする堤体高部と低部の増幅特性を示す。 R が 1 以下から 1 以上になる所を臨界振動数 f_c とすると、 f_c は、 x, y, z の順に高くなりかつ地震規模が大きくなるに伴い低くなることから f_c は、堤体の固有振動数と関連があると考えられる。

3.4 周辺地盤の挙動とその堤体挙動への影響

Fig. 5 は地震 #2 (x 成分) に対する各観測点の G である。 S1 と S4 の分布形状は異なり、特にランニングスロクトル (RS) を示す Fig. 6 で特徴的な S4 の 3.5 Hz 成分に対する G 値の差は大きい。ところが S4 から入る S1 に無い特徴的な振動数成分の影響は S5 には現れるが S3 までは及ばないことな

G, RS から推測される。 Fig. 7 は RS を振動数領域で積分したエネルギー分布で曲線の変曲点は概ね時系列の初動部, 主動部, 減衰部に対応するが、これより S4, S5 の減衰部への勾配変化が明確でなく、周辺地盤部では主要動以降の減衰が速いと考えられる。

4. 謝辞

貴重な観測データを御覧いただいた東北農政局浪岡川農業水利事業所に感謝の意を表します。

5. 参考文献

- (1) 亀田：土木論集 235, 1975.
- (2) Priestley: J. of Royal. Stat. Soc, Ser B. Vol. 27, 1965.
- (3) 菊沢, 長谷川：第 18 回土質工学研究発表会, 201, (272), 1983.

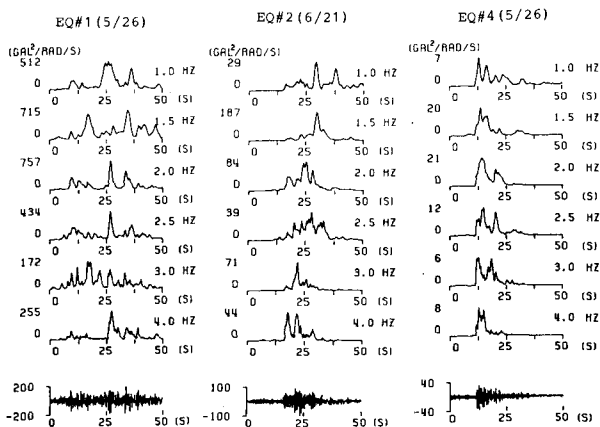


Fig.3 Evolutionary Power Spectra for various events at S3(X). (h=5%)

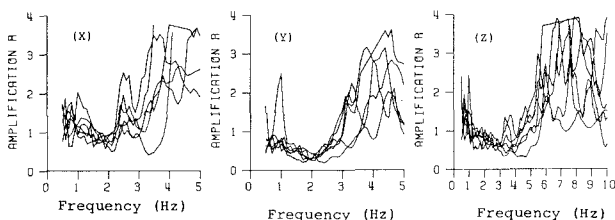


Fig.4 Amplification for various frequency components.

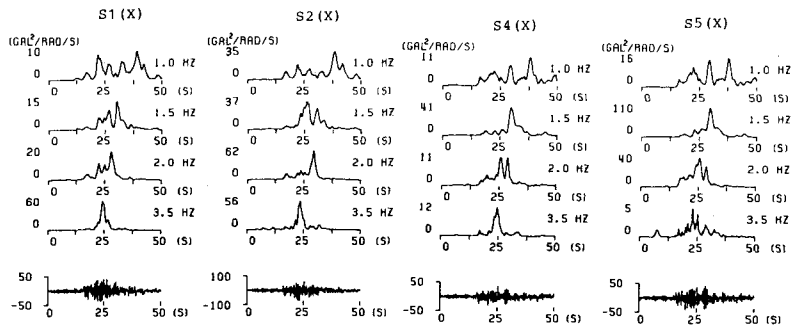


Fig.5 Evolutionary Power Spectra of the records (X) for EQ#2 at S1, S2, S4 and S5 (see Fig.3 for S3). (h=5%).

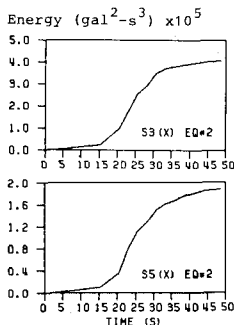


Fig.7 Energy Distribution.

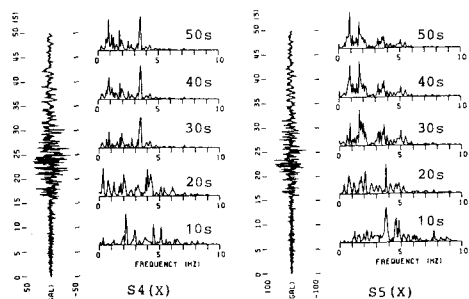


Fig.6 Square Amplitude of Running Spectra (EQ#2).