

常時微動を用いた溜池の水位変動による振動特性の評価

Relation between Vibration Characteristic and Saturation Ratio of a Dam Body  
by Measuring Microtremors

○田所千尋\*・小林範之\*\*

Chihiro TADOKORO and Noriyuki KOBAYASHI

1. はじめに

これまでの調査結果より、表面波探査による固有振動数と常時微動計測による卓越振動数は比較的よい一致をすることがわかった(小林ら, 2012)。しかしながら、貯水位を変動させると常時微動の値に変化が見られ、卓越振動数の値にも影響することが新たにわかった。そこで堤体内の飽和度に着目し、振動特性の変化を検討する。

2. 土槽における常時微動計測

2.0×0.9×1.2 m の土槽に空中落下法を用いて砂を入れ、水位を変化させ、常時微動計測を行った。計測は砂が比較的乾燥した状態と、飽和状態の時の2回行った。各回の土の含水比  $w$ 、飽和度  $S_r$  と卓越振動数  $f_d$  の変化を図1に示す。その結果、飽和することで  $f_d$  の平均値は 6.74Hz から 2.51Hz まで変化した。このことから、 $S_r$  の増加が  $f_d$  を低下させるということがわかり、溜池堤体でも同様に  $S_r$  の上昇により  $f_d$  の値が小さくなると考えた。

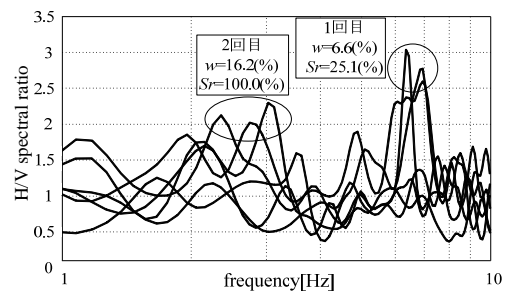


図1 土の  $w$ ,  $S_r$  と卓越振動数の変化

3. 振動特性の評価

本研究における溜池の振動特性は、堤体の固有振動数  $f_n$ 、卓越振動数  $f_d$ ,  $f_m$  および減衰定数  $h_m$  とした。また、これらの振動特性は図2に示す3つの方法で求めた。

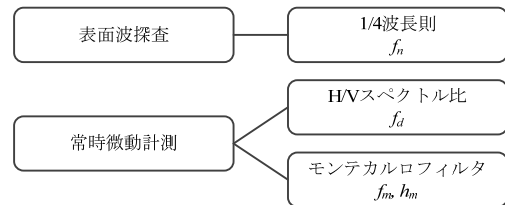


図2 振動特性の算出方法

3.1 表面波探査による固有周期  $f_n$

表面波探査より得られた  $V_s$  分布(図3)に1/4波長則を適用し、 $f_n$  を求めた。 $S_r$  のS波速度に対する影響は小さいことが知られている。

$$f_n = 1/[4 \sum (H_i / V_{s_i})] \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $f_n$ : 固有振動数,  $H_i$ : 各層の層厚,  $V_{s_i}$ : 各層のS波速度。

3.2 常時微動計測による卓越周期  $f_d, f_m$  と減衰定数  $h_m$

常時微動から得られた加速度波形をフーリエ変換することによって加速度スペクトルが得られ、その上下動と水平動のスペクトル比をH/Vスペクトル比  $R$  という。

$$R = H/V = (A_{hs} / A_{hb}) / (A_{vs} / A_{vb}) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $H$ : 水平動のスペクトル比,  $V$ : 上下動のスペクトル比,  $A$ : 加速度スペクトルであり、 $h$ : 水平動,  $v$ : 上下動,  $s$ : 堤体天端,  $b$ : 堤体法尻であり、H/Vスペクトル比の最大値をとる振動数を  $f_d$  とする。

また、溜池を一質点系のバネ-マスモデルでモデル化し、堤体法尻と堤体天端での常時

\*愛媛県 Ehime Prefectural Government \*\*愛媛大学農学部 Faculty of Agriculture, Ehime Univ.  
キーワード: 溜池, 振動特性, 飽和度

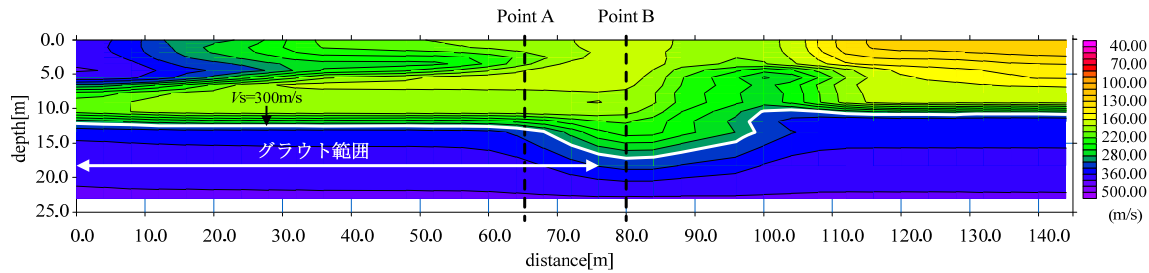


図3 Vs分布図

微動をそれぞれ入力波，応答値として，モンテカルロフィルタにより  $f_m$  と  $h_m$  を同定した。

### 3. 解析結果と考察

$f_n$  は PointA が 3.83Hz, PointB が 2.87Hz であった。

$S_r$  の増加による影響を調べるために，貯水位を変動させて常時微動を計測した。計測は4度行い，計測時の水位はそれぞれ F.W.L-12.58m, F.W.L-9.58m, F.W.L-3.70, F.W.L-2.97m であった。図4で  $f_d$  と  $f_m$  を比較した。両者の大小関係は同じであるため，本研究では  $f_d$  を溜池堤体の固有振動数として考察することにする。図5に貯水位と  $f_d$  の関係を示す。F.W.L-12.58m の時， $f_d$  は Point B の方が大きくなり， $f_n$  と同様の大小関係になった。F.W.L-9.58m では Point A の  $f_d$  が F.W.L-12.58m の時の約2倍になった。F.W.L-3.7m でも Point A の  $f_d$  は上昇し，F.W.L-9.58m からさらに約1.2倍の値になった。これは，グラウト工の効果によって Point A における水位が低下し，堤体の  $S_r$  が小さくなったことが予想される。F.W.L-2.97m の時も同様に，水位は上昇し，堤体内の  $S_r$  が増加するため Point A および Point B の  $f_d$  は低下すると予想した。しかし，Point B の  $f_d$  は10近くなるものもあり，土槽実験と異なる結果となった。以上より， $f_n$  は堤体の  $S_r$  が小さいときの固有振動数を表しており， $S_r$  の違いが  $f_d$  に大きく影響することがわかった。

図6に貯水位と  $h_m$  の関係を示す。F.W.L-12.58m, F.W.L-9.58m で 0.05~0.1% であった Point B の  $h_m$  が

F.W.L-3.7m および F.W.L-2.97m では 0.25~0.3% にまで大きくなる。一方，0.15~0.2% 程度であった Point A の  $h_m$  は約 0.05% 程度にまで小さくなっており， $S_r$  の上昇によって Point A および Point B における  $h_m$  の値が逆転した。また， $S_r$  が上昇すると Point A と Point B の  $h_m$  の差が顕著に表れた。これより，貯水位が上昇し， $S_r$  が上昇すると振動が減衰しやすくなることがわかった。

参考文献：[1] 福多香寿美・小林範之・吉武美孝(2012)：モンテカルロフィルタを用いた1質点減衰系モデルにおける動特性の同定：日本雨水資源化システム学会第20回研究発表会：39-40。[2] 小林範之・吉武美孝・滝本亮(2012)：ため池天端で計測した常時微動による卓越振動数の検討，H24 農業農村工学会大会講演会講演要旨集。648-649。

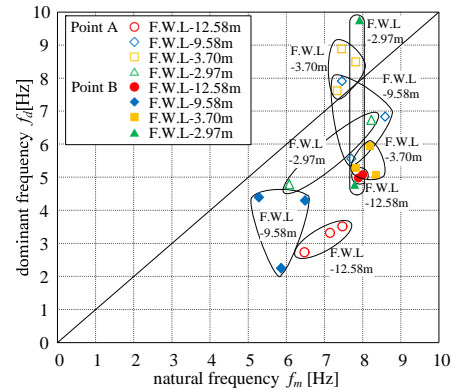


図4  $f_d$  と  $f_m$  の比較

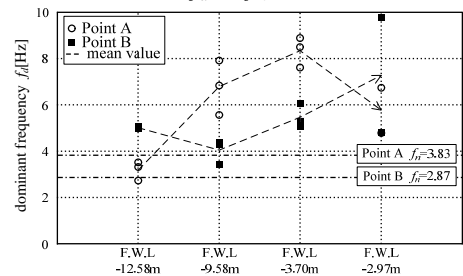


図5 卓越振動数の推移

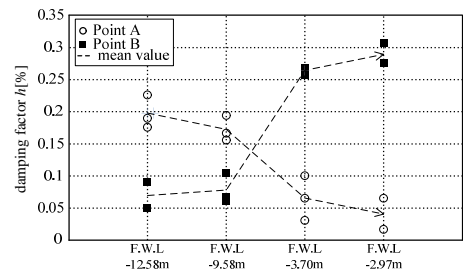


図6 減衰定数