

フジタ工業株式会社本部	正員	中村正博
同上	正員	丸田春樹
フジタ工業株式会社 土木設計 コンサルタント部	正員	山県達弥

1. はじめに

筆者らは、川砂を材料とする堤体模型に衝撃的振動を与えたときの挙動から固有周期・固有モードを求め、また強制振動によってその破壊形状を観察した結果を、すでに報告した。本報告では、これに加えて起振機による共振実験と電気油圧式疲労試験機による長周期矩形波実験を行なったので、その実験結果を報告する。また、起振力の増大による堤体模型の振動性状の変化を求めた実験結果を、Seed & Idriss の提案する曲線を加味した質点系モデル⁽¹⁾で計算し、比較検討した。

2. 実験概要

実験に用いた振動装置は比較的簡単な4点を車輪で支持された鋼製振動台と鋼製実験槽からなり、また堤体模型の材料は千葉県小糸川の川砂($G_s=2.75$, $\rho_s=1.52 \text{ g/cm}^3$, $w=12\%$)を用いた。築堤方法は実験槽内に型枠を組んで37.5cmずつ盛り立て、縛固めた。Fig.1に、加速度計・変位計の埋設位置を示す。

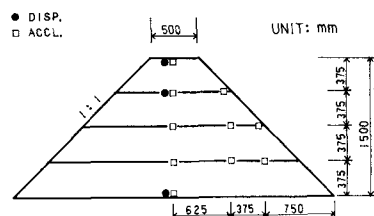


Fig.1 Arrangement of Accel. and Disp. Meters

実験は、次の5項目について行なった。

- 1) 鋼製振動台上に固定した起振機を用い共振曲線を求めた。
- 2) 起振力を変えたときの共振振動数と応答倍率の関係を求めた。
- 3) 電気油圧式疲労試験機により 0.1 Hz の矩形波を与えたときの各測点における振動波形から固有周期を求めた。
- 4) 衝撃的振動を与えたときの各測点における振動波形から固有周期を求めた。
- 5) 起振機を用いて堤体模型にき裂の発生するようすを観察した。

3. 実験結果

1) 共振実験で、起振モーメントを一定とし振動数を $4.0 \sim 45.0 \text{ Hz}$ まで70段階に分け、徐々に上げてゆくことによりFig.2の共振曲線を得た。これから、堤体模型の共振振動数は1次が 21.4 Hz 、2次が 33.0 Hz であることがわかる。また、減衰定数は2%程度、共振時の堤頂における応答倍率は1次が10倍、2次が8倍であった。ただし、このときの入力加速度はそれぞれ 23 gal 、 34 gal であった。Fig.3に1次の固有モードを、Fig.4には2次の固有モードを示した。Fig.3の破線は、堤体模型を均質と考えた弾性モデルのFEMによる計算結果であり、一点鎖線は堤高方向に剛性を

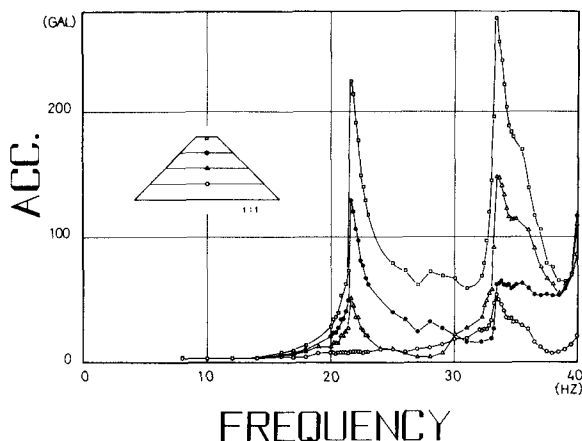


Fig.2 Resonant Curves of Experimental Results

変化させたモデルによるものである。

2) つぎに、起振モーメントを変化させたときの共振振動数と応答倍率の関係をFig. 5に示した。Fig. 5から堤体模型への入力加速度が増大すれば、堤体内部のヒズミレベルが大きくなり、その剛性の低下とともに減衰定数が大きくなるよう事が確認された。Fig. 5の実線は、堤高方向に剛性を変化させたモデルを質点系に置換しSeed & Idrissの提案する曲線によってその振動特性の変化を計算したものである。計算結果は実験結果より応答倍率が低めにでているが、その傾向は比較的良好一致している。

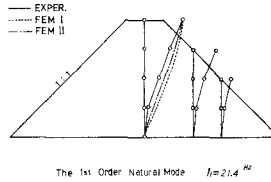


Fig. 3

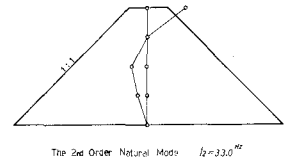


Fig. 4

3) 矩形波実験では、各観測点における振動波形のフーリエスペクトルから固有振動数として24 Hzを得た。このときの堤体模型への入力加速度は、固有振動数成分としては2nd程度であった。

4) さらに小さな入力加速度による衝撃実験でも、同じようにそのフーリエスペクトルから固有振動数27 Hzを得た。これは、既報の結果と一致し、同じモデルが作られたことを意味する。以上の実験から得られた固有振動数が異なるのは、その入力加速度の相異なるものであると考えられる。

5) 最後に、堤体模型の破壊形状を観察するために、起振力を増大しそのときの共振振動数と考えられる振動数で加振した。共振振動数18.2 Hzで入力加速度が100 g^{al}のとき、Fig. 6に示すような堤頂付近に堤軸に平行なき裂が発生した。また、このとき堤頂部では、690 g^{al}であった。しかし、加振を続けてもこれ以上進展はみられなかった。そこで、電気油圧式疲労試験機により振動数7 Hz、入力加速度400 g^{al}で加振したとき、加振開始と同時に堤頂付近から塊状になって砂が崩落し、Fig. 6に示す斜線部分のようになった。

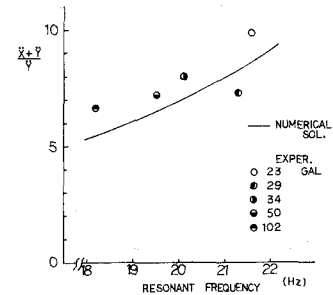


Fig. 5 Relation between Magnification Factor and Resonant Frequency for Various Accel.

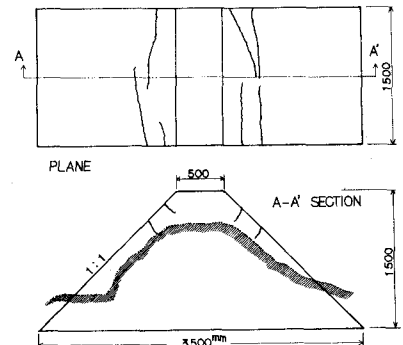


Fig. 6 Failure State

4. おわりに

今回の実験では、入力加速度の大きさによって堤体模型の固有振動数と応答倍率の変わることを確認した。そこで、非線形性を考慮した質点系モデルで計算した結果、実験結果とこの傾向は比較的良好一致した。今後は、さらに厳密なモデル化を行ない、実ダムの地震観測結果をもとに非線形性を考慮したFEMによる地震時挙動の解析を行なう予定である。

参考文献

- (1) 中村・山根・鎌田, 「フィルダム模型の振動実験(第1報)」, 第30回土木学会年次学術講演会, 1975.
- (2) H.B. Seed & I.M. Idriss; "Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis", Report No. EERC 70-10, Col. of Eng., Univ. of Calif. Berkeley, 1970
- (3) Y. Ohsaki; "Dynamic Characteristics and One-dimensional Amplification Theory of Soil Deposits" Lecture Note for International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, 1975.