

フジタ工業(株)技術研究所

同 上

同 上

正員 鎌田正孝

正員 山県達弥

正員 ○中村正博

1. はじめに

近年、フィルダムの大型化に伴い、ダムの地震時における安定性の検討は、わが国のような地震国では極めて重要であり、経済的な観点からも合理的な耐震設計が望まれる。現在では、堤体に関する動的解析の研究や模型実験が盛んに行なわれている。筆者らは、基礎的研究として、4点支持の比較的簡単な振動装置を使って、堤体の模型実験を行ない、その固有周期、固有モード、増幅率を求め、その値と計算結果を比較検討した。さらに、加速度を段階的に大きくすることにより、堤体模型の破壊形状を観察した。

2. 実験概要

今回の実験は、4点が車輪で支持された、大きさ $7.3\text{ m} \times 3.2\text{ m}$ の鋼製振動台上に、寸法が、巾 1.5 m 、長さ 5.5 m 、高さ 1.5 m の鋼製実験槽を固定して行なった。堤体模型は、実験槽内に型枠を組んで、 37.5 cm ずつ盛り立て、コンクリート用平面パイプレタにより締固め、ノリ面こう配がどちらも $1:1$ の断面とした。実験に用いた材料は、千葉県小糸川から採取した川砂で粒径加積曲線を図-1に示す。また、堤体材料の乾燥密度 1.52 t/m^3 、土粒子の比重 2.75 、含水比 12% であった。加速度計は図-2のように埋設し、堤体に衝撃的振動および周期的外力を与え、そのときの加速度波形を記録した。

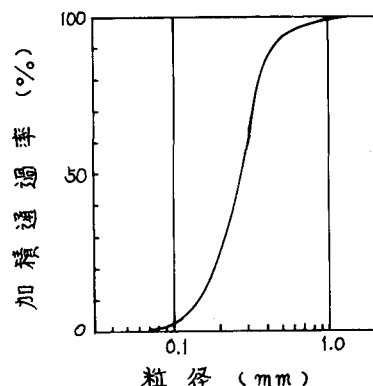


図-1 砂の粒径加積曲線

3. 実験結果

堤体模型の各測点における加速度の入力加速度に対する増幅度を求めるために、振動台に衝撃的な振動を与えた。図-3にその結果を示す。衝撃的な振動による堤体模型の各測点での加速度波形の間では、位相が異なっているが、ここでは、各測点での加速度波形の最初のピーク値にのみ着目して整理した。図-3の入力加速度は、 20 gal 程度であり、これを単位として整理した結果、入力加速度に対する堤体加速度の最大増幅度は堤頂に生じ、その値は約 2.4 倍であった。

図-4は、堤体模型の固有モードを実験値と計算値と比較したものである。堤体模型に衝撃的な振動を与え、その結果、記録された堤体各測点における加速度のフーリエスペクトルを求め、そのピークを与える値を固有周期と考えた。図-4は、各測点でのピークのフーリエ振幅が、入力加速度のフーリエ振幅を減じ、堤頂を単位

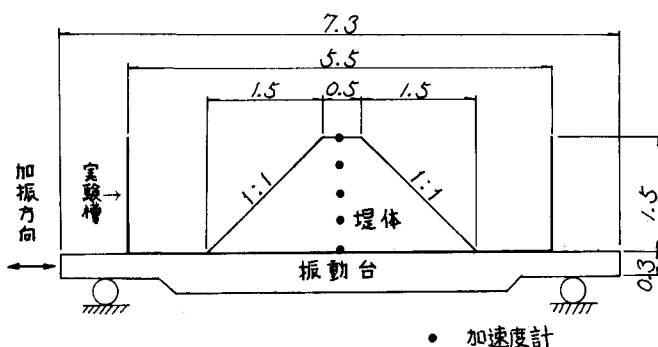


図-2 模型寸法と加速度計埋設位置 (単位 m)

として整理した実験値を示した。さらに、堤体模型を平面ひずみの弾性体にモデル化し、有限要素法を用いて剛性マトリックス、質量マトリックスを作り、ハウスホルダー法によって固有周期、固有モードを求めた。計算に用いた定数は、セン断弾性係数 245 kg/cm^2 、ポアソン比 0.45 とした。堤体模型の加速度計設置点を有限要素の節点とし、その点における固有モードを示した。図-4の堤体模型の振動型は、1次のセン断振動型と考えられる。堤体底部で実験値が計算値より小さくなっているのは、計算では堤体模型を均質とし、セン断弾性係数を一定としたが、実際には底部ほど剛性が高いため、と考えられる。また、1次の固有周期については実験値 0.037 秒に対して、F.E.M.による計算では 0.039 秒となり、その値が比較的一致している。

堤体模型の破壊形状を観察するために、振動台に電気油圧式疲労試験機を取り付け、入力加速度を段階的に大きくし各段階での堤体の変化を観察しながら、堤体模型を完全に破壊させた。入力加速度が 400 gal 、振動数 5 Hz で、堤体模型の堤頂付近のノリ面に堤軸方向に平行なき裂が発生するとともに、堤頂部が沈下した。さらに入力加速度を大きくすると、堤頂付近から塊状になって材料が崩落し、崩落し終ると破壊はそれ以上進展しなかった。このとき、入力加速度 700 gal 、振動数 6 Hz であった。図-5は、堤体模型のき裂発生箇所と最終破壊形状である。

3. おわりに

今回の実験では、ノリ面こう配 $1:1$ で砂を材料とした堤体に、衝撃的振動を与え堤体各部の増幅度、固有モード、固有周期を求め、有限要素法による計算値と比較した。堤体模型が弾性振動の範囲内と考えられる入力加速度では、実験と計算による固有周期は比較的一致した。

また、電気油圧式疲労試験機を用いて、堤体模型に周期的外力を加振し、堤体の破壊形状を観察した。その結果、堤体模型は堤頂付近のノリ面に堤軸方向に平行なき裂が発生し、さらに外力を大きくすると、堤頂付近から材料が塊状になって崩落することが認められた。

おわりに、この実験と結果の整理に当り、種々御指導して下さい東北工業大学の浅田助教授に感謝致します。

参考文献

- (1) 緒方信英他、「衝撃的振動による模型フィルダムの動的挙動」、第10回土質工学研究発表会、1975
- (2) 堤一他、「フィルダム耐震設計のための動的試験について」、土と基礎、vol 23, No. 5, 1975
- (3) 稲葉誠一他、「大型振動台による模型堤防の振動実験(第1報)」、土木技術資料、15-8, 1973
- (4) 浅田秋江他、「地盤震動特性に関する二、三の考察」、土木学会論文報告集、第236号、1975. 4

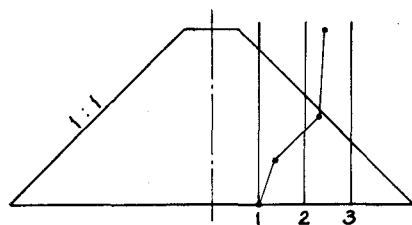


図-3 入力加速度に対する増幅度

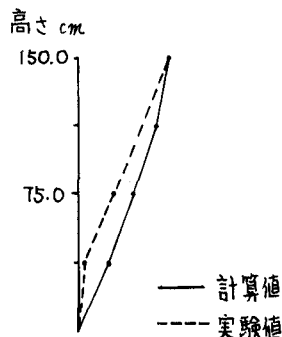


図-4 1次の固有モード

手法 \ 次数	1 次	2 次	3 次
有限要素法	0.039	0.019	0.011
セン断振動論	0.038	0.017	0.012
実験結果	0.037	—	—

単位：秒

表-1 固有周期

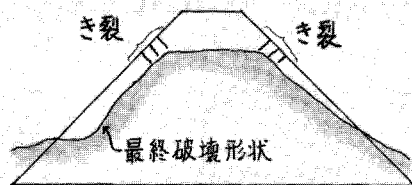


図-5 き裂発生箇所と最終破壊形状