

東京大学生産技術研究所

正会員 田村 重四郎

東京大学生産技術研究所

加藤 勝 行

大成建設株式会社

岡本 晋

1. 緒言 著者等は、フィルダムの地震動に対する強度、破壊機構の究明のため、模型による振動破壊実験、数値解析、破壊機構のモデルの作成等の研究を進めている。震災域においては、鉛直方向の地震動加速度がしばしば水平方向の加速度と同程度のレベルに達する事が観測されて居り、単に加速度の大きさのみに着目した場合、フィルダムの安定に与える影響は少なくない事になる。しかしながら震害例は必ずしもその事を示していない様に思われる。鉛直方向の地震動のフィルダムの安定に及ぼす影響を調べる第一段階として、単純な振動状態における模型の破壊時の挙動を調べたのでここに報告する。

2. 模型の形状及び材料 模型の形状を決めるに当って、従来の2次元模型の場合に加えて次の事を考慮した。i) 鉛直動が加わることにより生ずる模型と周辺との間の拘束の増加に対処する必要がある。

ii) 解析上の有利さを考慮して、できるだけ2次元的な現象を表わす様な形状とする。 iii) 鉛直動が加わる事により基礎の変形、高い振動数の振動が生じない様に基礎に剛性を与える。 i) ~ iii) の条件を総合して、実際のダムサイトの地山形状をも参考にし、振動台の寸法(3m×3m)を考慮し、従来実施して来た模型との対応をも含めて図-1の様な高さ50cm(上下

流面勾配: 1:2)の3次元模型を振動台上に製作した。模型材料は、小名浜砂で含水比は模型によって多少変わるが、1.6%前後である。築造に当りリフト約10cmで木板落下による締めを行った。堤体の平均密度は1.5 g/cm³前後である。

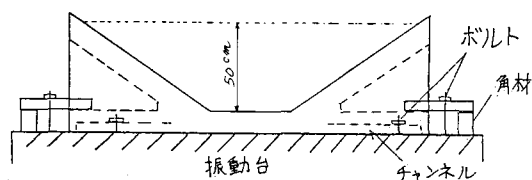


図-1 模型寸法図

3. 実験方法 使用した振動台は水平一方向(X方向)、鉛直方向(Z方向)の2次元振動台で、最大積載重量7t、最大速度はX、Zで各々25 cm/sec、25 cm/sec、又最大加速度は各々2~3 G、1.1~1.5 Gである。

破壊実験は、基本的性質を調べる事を目的としていて、水平定振動数加振による破壊実験及び、水平・鉛直同時加振による破壊実験の2種類であり、後者では現象の単純化を考えて、同位相又は位相差180°の加振即ちリサージュが直線となる様加振した。加振振動数は、2~5 Hzとしたが、この範囲では破壊性状が非常に安定しているからである。(鉛直加速度)/(水平加速度)は1/4~2である。測定は、模型中心線の断面の各部位における加速度の記録、ビデオ及び高速カメラによる表面変状の記録、及び破壊後の入り線等内部の変状の測定である。

4. 実験結果 本実験シリーズでは19回の破壊実験を行った。ここでは鉛直・水平同時加振を行った場合について述べる事にする。

4-1 破壊状況 実験結果から見れば破壊の状況は極めて安定しているという事ができる。ここでは加振振動数5 Hz、鉛直加速度(以下AHという)の水平加速度(以下AVという)に対する比が0.54の場合について記述するが、含水比は1.6%、密度は1.46 g/cm³になっている。図-2は、破壊後の表面の状況を示したものである。先づAH、AVが各々32.6

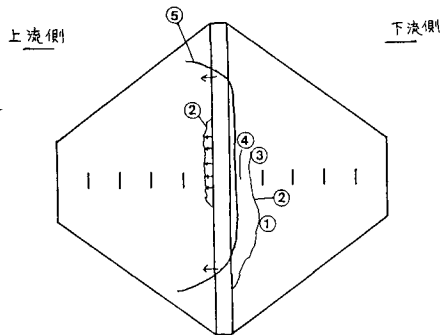


図-2 破壊過程

gal、169galに達すると下流法面右岸側上部に①

(図-2参照)の様に亀裂が発生した。AHが

376galになると亀裂は中央部にまで延びて、②に

達した。同時に上流法面の②の部分で表面の砂

が動き始める。AHが414galになると亀裂

の幅が広がり始めた③、滑動直前には中央部下法肩

直下に亀裂が発生した④、AH=422galで上流側に滑動した⑤、又、図-3は中央断面部分に約5cm毎に水平

に敷き込んだ着色砂の位置の変化から、破壊後の断面の変状を調べたものである。(加振振動数2Hz、

$AV/AH = 0.91$ 、含水比・1.55%、密度・1.48g/cm³) この図より、下流法肩より上流法尻に至るほぼ上

流法面に平行な曲線が主すべり線を形成しているが、天端附近ではこの主すべり線のみならず1〜2本の副すべ

り線ともいへば小規模なすべり線が発生している事がわかる。この事は滑動が単純なものではなく、ある

広がりを持った領域で不安定状態が生じ、それ等の結果としてすべりが

発生する事を示すものであろう。

4-2 破壊時の水平加速度と鉛直

加速度の関係 図-4は2次元加

振の場合のAHとAVをプロットし

たものである。実線は含水比を

パラメータとして求めた回歸直線であり、点線は全体の平均を示す回歸

直線である。更に因れば、AV

の破壊に対する効果はAHの約1/2

である事、含水比の影響が、明瞭にあら

われている事がわかる。図-5

は図-4で示されている破壊時の

AV、AHの関係を模型の法面に移

したものである。Y軸にAV、X軸にAHを取り、原点より回

歸直線に垂線を引きこれを破壊時の加速度を示す新しい座標軸とする。

水平加振、鉛直加振を同時に行、した場合を示す点をAH、AV面

で求め、新しい座標軸に投影し、その値を求めれば堤体が安定か否

かを評価することができる。

5. まとめ

震災域では地震動の鉛直加速度の大きさが、水平加速度の大き

さにはほぼ等しいことが、観測されている。筆者等は水平方向加振

に加えて鉛直方向にも加振してフィルダム模型を破壊させその性状

を調査した。単純な加振条件の下の実験ではあるが、鉛直方向

加振の破壊に対する影響が水平方向の加振の場合に比べて小さい事

など、猶検討の必要があるが、その度合をかなり定量的にとらえる

事ができた。

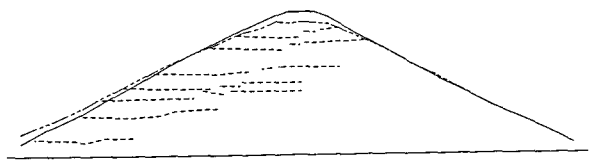


図-3 破壊後の模型断面図

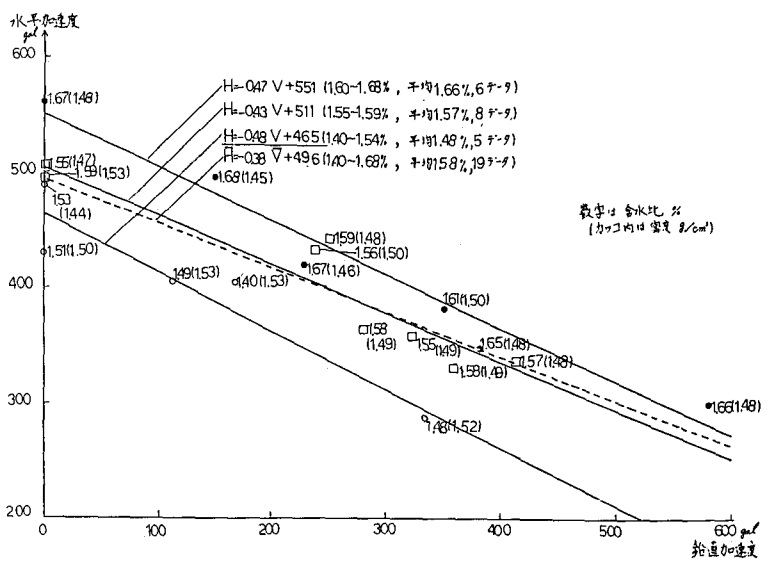


図-4 水平加速度と鉛直加速度の関係

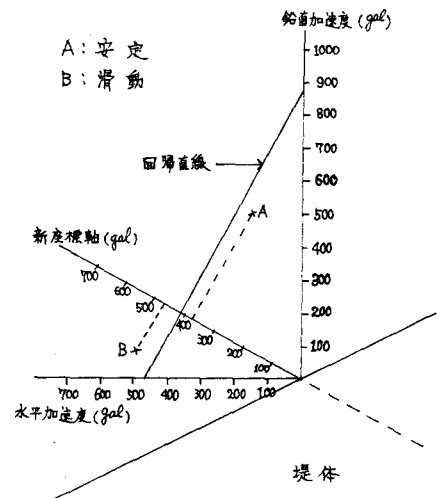


図-5 法面上に水平加速度と鉛直加速度の関係を示した図