

東京大学生産技術研究所 正員 田村重四郎

東京大学生産技術研究所 学生員 森田道比呂

東京大学生産技術研究所 正員 加藤勝行

1. 緒言

震央域、特に震源の直上近傍では、地震時に大きな鉛直方向の加速度が発生することが、最近の地震観測でしばしば報告されている。この場合、より高い周波数の震動成分が卓越していることも知られているが、地震動の特性の1つとして最大加速度が尺度となっていることは事実であり、又鉛直加速度がその構造物の安定に重要な要素であると考えられている場合、このことは大切である。フィルダムの安定では、重力作用に基づく摩擦力が大きな役割を果たしていることは周知である。そこで、最近著者等はフィルダム模型を水平および鉛直の2方向から同時に加振する振動破壊実験を実施している。昨年の本会で位相差のない2方向加振の実験結果を報告した。その後更に水平加振と鉛直加振の間に位相差を与えて同様な実験を行ったので報告する。

2. 模型及び実験の概要

模型は高さ50cm、上下流法勾配1:2で、兩岸が1:1.5の勾配をもつ地山模型に築造された。貯水は行っていない。ダム模型の材料は小石灰砂(比重2.71, $D_{60} = 0.14$, $D_{90} = 0.176$, $U_c = 1.32$)で、地山模型はコンクリート製であり、ダム模型は底面の接触面で滑らない様に固定されている。(図-1)

法面の安定に対し、粘着性と密度が極めて大きな影響を与えるため、模型築造に当たり突固め作業及び含水比の管理・測定作業に特に注意した。含水比は1.30~1.91%であり、密度は1.37~1.48 gr/cm³である。

水平方向と鉛直方向とは同じ振動数で加振するものとし、主として8 Hzの正弦波を用い、加速度を増加させ破壊させた。水平加速度に対する鉛直加速度の割合は最大で約70%で、又位相差は最大70°である。

測定は中央断面の6点に埋設した加速度計及び模型内に

薄く平面状に置いた色粉砂による内部の変状の確認及びビデオカメラと光学カメラによる表面変状の記録である。(図-2) 振動台の加速度波形は2現象アラウン管オシロにより随時確認した。図-3には2方向の加振加速度のリサーチ曲線の例を示す。加振時間は2~3分間である。

3. 実験結果

23箇の模型で略々共通に認められたクラックが発生順に記すと次の様になる。

- 1) 天端の左右岸着付近に入る横クラック
- 2) 下流法面(加振方向からみて仮に名付ける)で高さ40cm付近に入る縦クラック
- 3) 上流法面で高さ40cm付近に入る縦クラック
- 4) 天端付近に生ずる縦クラック

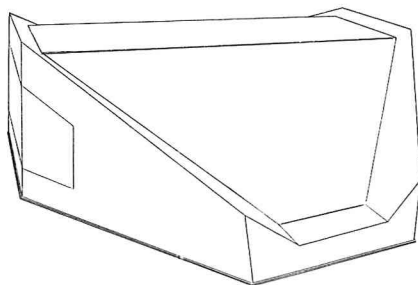


図-1 模型の見取図

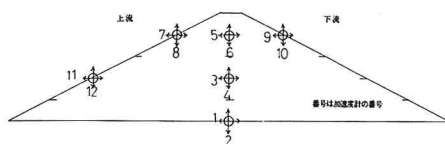


図-2 加速度計配置図

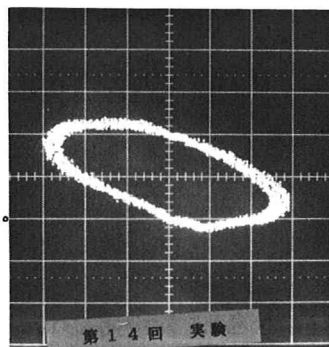


図-3 2方向加振加速度のリサーチ曲線の例

2)3)のワラツキが左右岸側から中央に向って次第に成長して行く略々一筋のワラツキであるのに対し、4)は数cm～数10cmのワラツキで何本が発生し、破壊直前にはこのワラツキが開いたり閉じたりするのが目視できる。重要な点は滑り破壊線が下流法肩付近に発生し—この付近にはワラツキが生じていない場合が多い—又、滑り破壊が進行する過程で、これ等のワラツキの他に、上流法面で高さ20～30cmのあたりにワラツキが発生する場合があることである。ワラツキの発生状況を一般化して示すと図-4のようになる。

位相差を $+60^\circ$ にとり鉛直面内の振動台の回転方向を左回り・右回りとした場合、他の条件は略々同一とすると、破壊直前の振動台加速度は水平方向・鉛直方向共ほとんど変化せず、破壊状態も変わらない。位相を反転させた場合、物性等から判断すれば応力状態に多少の変化が予想される所であるが、実験結果では有意の差は認められなかった。

位相差を与えて行った実験は14例であり、これと比較するため行った位相差のない実験は9例である。図-5には水平・鉛直2方向の加速度を軸とし、リサーチ曲線の一部を示した。図中の直線は位相差のない場合の破壊時の加速度の関係を示す直線であるが、位相差がある場合、破壊時のリサーチ曲線は略々この直線に接していることがわかる。位相差のある他の例では、リサーチ曲線が凹凸のある楕円となり、その凸部で破壊したため、位相差のない場合と同様な結果を示した例がある。図-6には法面が滑動した時の振動台の水平方向ならびに鉛直方向の加速度の関係を示した。

4. まとめ

以上述べて来た様に、本実験の結果では模型の固有振動数に比して低い振動数で水平方向及び鉛直方向の2方向から、正弦波形で同時に加振した場合、破壊時の加速度は位相の有無には関係しないことが分った。なお、これについては検討を続けている。

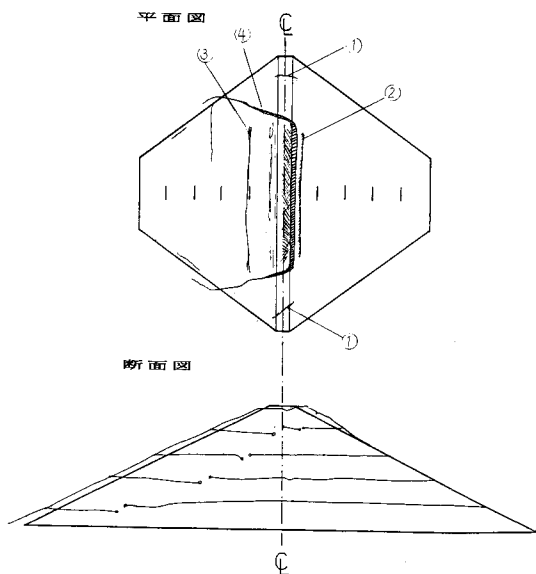


図-4 破壊状態一例

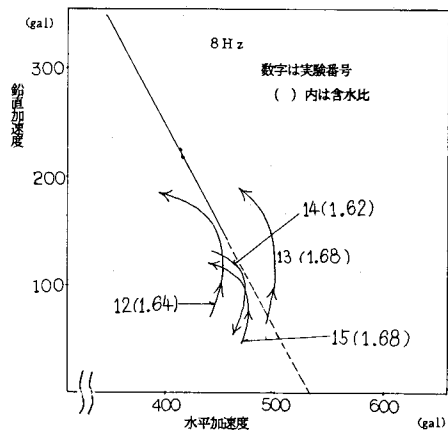


図-5 加振加速度とリサーチ曲線

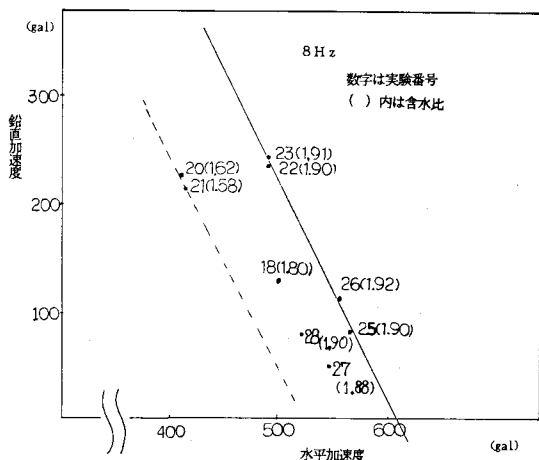


図-6 水平加速度と鉛直加速度の関係