

建設省土木研究所 正員 佐々木康
同 上 正員 松尾 修

1. まえがき

谷形状の制約により堤体袖部で断面形状が急変するような堤体形状をもつフィルタイプダムにおいては地震時には3次元的な振動により異常な応力の発生する危険性が考えられる。そこで、前回、袖部地山の取付勾配がこのようなダムの挙動特性に及ぼす影響について実験的に検討したのに引き続き、今回、袖部地山高さの影響について同様の検討を加えたので以下に報告する。

2. 目的

上記のような形状のフィルダム堤体が上下流方向の水平地震動を受けた場合に断面急変部に発生するダム軸直角方向せん断ひずみの発生特性を、袖部地山高さとの関連の上で明らかにすること。

3. 方法

3ケースの模型振動実験を行なった。模型は図-1に示すような形状寸法を持ち、今回実験に供した3ケースの模型は袖部地山の高さをそれぞれ9, 12, 15cmと変化させている。また、地山は石膏を、堤体はアクリルアミド系のグラウト剤を主剤としたゲル材をそれぞれ用いて作成した。なお、このゲル材は配合比を変えることにより弾性係数および減衰定数を広範囲に変化させることができるものである。実験は一定振幅の正弦波加速度で周波数を徐々に変化させながら加振するスイープ試験を行ない、一方、計測は模型表面に貼付したターゲットの変位振幅を写真撮影する方法、および小型加速度計による加速度計測の方法を併用した。また、模型堤体の弾性係数、減衰定数についてはそれぞれ一軸圧縮試験、ねじりせん断自由減衰試験により求めた。

4. 結果

地山高さ9cmのケース1における共振実験の結果を図-2に示し、1次共振時($f_1=5.4\text{Hz}$)の変位モードを図-3に示す。図-2において、共振曲線はダム天端の中央部①、断面急変部②、および袖部③の3点について示しているが、これらを比較しながら眺めると、まず最初に共振を生じる5.4Hzでは測点①、つづいて②が大きな応答値を示しており、この周波数における③の応答倍率は小さいことがわかる。さらに周波数が高くなった8.0Hzでは逆に③が最も大きな応答値を示し、次いで②、①の順になっている。また、図-2において5.4Hz、8.0Hzはそれぞれ測点①、③の最初のピークが表れる周波数であるが、これらはそれぞれの位置における堤体に対応した1次固有周波数にほぼ近い値であることが2次元振動理論より別途確かめられる。

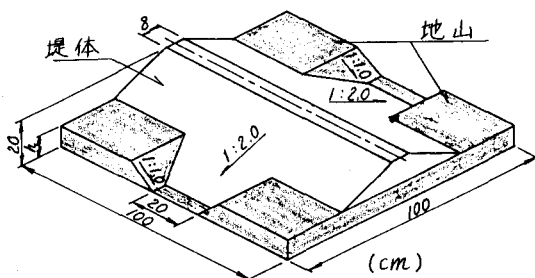


図-1 模型概略図

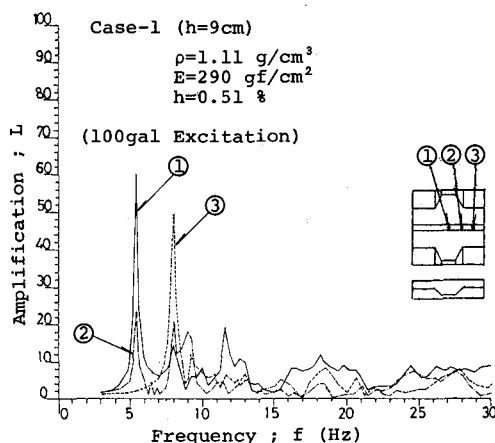


図-2 共振曲線(ケース1の結果)

さらに、断面急変部にあたる測点②は、①あるいは③のようにその部分に特有のピーク点を持たず、常にそれらのいずれかに引きずられたような共振曲線を示している。したがって、この部分は地震時には堤軸方向に沿って応答変位の大きさが急変するところにあたるため、ダム軸直角方向せん断ひずみが発生する部分であることが確かめられる。

さて、つぎにこのせん断ひずみはどのような場合に大きく発生するかということを考えると、これは応答変位の大きさに依存し、また、応答変位はこの場合1次共振点において最も卓越することは図-2からも容易に推測でき、したがってここでは1次共振時のせん断ひずみについて検討する。

まず、表-1に各モデルの物性値、100gal加振実験における1次共振周波数 f_1 、そのときの堤体中央天端の最大応答倍率 L 、およびこれらをモデル2の物性値に規準化して補正した値 f_1^* 、 L^* を示している。ここに、 f_1^* はせん断振動理論より導かれる $f \propto \sqrt{G/\rho}$ 、 L^* は1質点系の振動理論より導かれる $L \propto 1/h$ (近似)を用いて求めている。したがって、 f_1^* 、 L^* は堤体形状、ここでは地山高さのみの影響を反映した応答特性値と見なしてよい。

表-1の f_1^* 、 L^* の比較より、袖部地山高さの差が1次

共振周波数ならびに最大応答倍率に及ぼす影響は小さいことがわかる。つぎに、1次共振時にダム軸直角方向に生じるせん断ひずみ γ のダム軸に沿う分布を検討するためにダム軸線に平行な測線で応答変位のたわみ角 θ を求め、 θ を堤体中央断面内平均せん断ひずみ $\bar{\gamma} = (\text{天端変位})/(\text{ダム高さ})$ で除した値の最大値を図-3の変位モードを表わした図の中に○印で示した。この図から、堤体天端ではこのような点が地山にすりつき始める位置で生じ、法面内では若干袖部に近い点で生じていることがわかる。

図-4は $|\gamma/\bar{\gamma}|$ の大きさの分布を知るために、天端の変位から求めた $|\gamma/\bar{\gamma}|$ を各実験ケース毎に示したものである。この図より、天端変位から求めた横断方向のひずみはいずれのケースにおいてもすりつけ部付近で最大となり、その値は1に近いことがわかる。ただし、堤体鉛直断面内におけるせん断ひずみの分布は一様ではなく、上部ほど大きいことを考慮すると、 $\bar{\gamma}$ はここで用いた平均せん断ひずみよりも大きい値をとるべきかも知れない。しかし、ここで用いた $\bar{\gamma}$ と同程度の大きさのせん断ひずみ γ が発生するということから、袖部の形状によっては三次元的な検討の必要性もあると言える。なお、実験実施にあたって、舟見清己氏(現・土研ダム構造研)、ならびに建設技研(株)の協力を得たことを記して謝意を表する。

参考文献 1) 松尾修, 佐々木康, 舟見清己: 断面性状が急変するフルダム堤体の模型振動実験, 土学会第36回年講第1部, pp551, 1981.10.

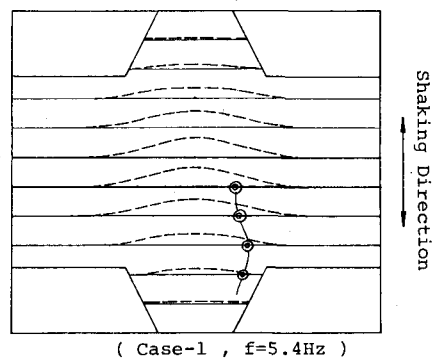


図-3 1次共振モード

	Model-1	Model-2	Model-3
地山高さ : $h(\text{cm})$	9	12	15
密度 : $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.108	1.084	1.075
弾性係数 : $E(\text{gf}/\text{cm}^2)$	290	365	326
減衰定数 : $h(\%)$	0.51	0.56	0.63
1次固有周期 : $f_1(\text{Hz})$	5.4	6.0	5.7
最大応答倍率 : L	64	61	61
f_1 補正 : $f_1^*(\text{Hz})$	6.1	6.0	6.0
L 補正 : L^*	58	61	69

表-1 各モデルの物性値と応答特性値

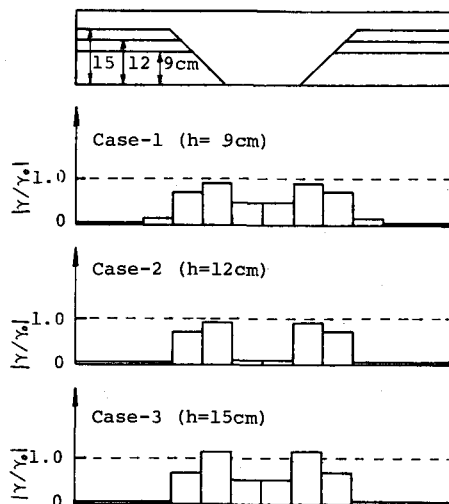


図-4 せん断ひずみの分布