

神戸大学工学部
京都大学工学研究所

正員 O 畑中元弘
正員 丹羽義次

ホローグラビティダムの地震時における安定性を研究するため、某ダムの $1/200$ ダム模型の振動実験を行い、これに一般的な立場から若干の理論的考察を加えた。この結果の一部はすでに報告したが、今回満水時の実験を行つたので、これらの結果とともとしてダムが上下流方向の地震力を受けた場合の設計震度について述べることにした。

1. 固有周期

空庫時の固有周期 ダム模型各要素単独の場合及びこれと組立て完全なダムとした場合の固有周期をそれぞれ次表のようである。この周期を理論式によつて求めようとする場合には、ダムの振動形式が問題となるが、いま簡単に矩形断面梗状体と考えればつぎのように表わすことができる。

$$\left. \begin{aligned} \text{曲げ振動} \quad T_B &= 4.098 \frac{h}{\alpha} \sqrt{\frac{\rho}{E}}, & \text{剪断振動} \quad T_S &= \frac{2\pi h}{24048} \sqrt{\frac{\rho}{G}}, \\ \text{曲げ剪断振動} \quad T_{BS} &= Ch \sqrt{\frac{\rho}{E}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここに α = ダムの底中/高さ, C は α 及び堤体材料のポアソン比 ν によつて定まる常数であり、本模型の場合 ($\alpha = 1.25$, $\nu = 0.43$) には $C = 6.29$ とする。

いまダム模型の固有周期を、角柱状試体の振動試験より求めた諸常数 ($E = 429 \text{ kg/cm}^2$, $G = 125 \text{ kg/cm}^2$, $\nu = 0.43$, 比重 $S = 1.29$) を用いて計算すればそれぞれ表の T_B , T_S , T_{BS} のように得る。

ダム各要素及びダムの固有周期

要素	ダムの高さ h	空 庫 時			満水時 (ダム全体)			
		各要素単独の場合の計算値			実 測 値			
		T_B	T_S	T_{BS}	各要素単独	ダム全体	(2)式より	(3)式より
I	36.0	0.0205	0.0275	0.0394	0.039~40	1次共振	0.0525	0.0466
II	93.0	0.0188	0.0252	0.0361	0.034~35	0.034~35 2次共振	0.0500	0.0427
III	23.5	0.0134	0.0180	0.0257	0.026~27	0.025~26	0.0358	0.0300
IV	16.0	0.0091	0.0122	0.0195	—	—	0.0238	0.0204

これから明らかになるように α が厚さ h に較べて大きく 1.25 程度に於けば、曲げ振動と考へたのでは十分で、曲げ-剪断振動と考へねばならないことがわかる。

満水時の固有周期 いまおぼえて簡単にダムの振動を 1 個要素の振動と考へる。満水圧はダムの重量に附加すべき仮想重量と考へる。満水圧に Westergaard 氏の式を用いければこの附加重量 ΔM は $\Delta M = C_1 \times 0.583 w_0 R^2 d / g$ (2) となり、Westergaard 氏の考へ方により、壁体が底部と中心を以て回転運動とする場合の満水圧を用いければ

$$\Delta M = C_1 \times 0.218 w_0 R^2 d / g \quad \text{..... (3)} \quad \text{と} \text{ なる。 但し } C_1 \text{ は 壁面 の 傾斜 による 補正 係数 である。}$$

(2), (3) 式の ΔM と T_{BS} を用い、満水時の固有周期を計算し、これを模型の実測値とともに示せば上表右欄のようになり、空庫振動の実験であるので、(2)式よりも(3)式を用いたとすの

計算値の方が実測値に近い値と与える。

2. 振動形

図は模型各要素単独及びこれと組立てたダムと上下流方向に加振した場合の高工方向の振動形を示したものである。図に見られるように、ダムの場合は各要素単独の場合よりも平均曲線からの距離が大きいが、いづれも曲げ剪断変形よりもむしろ剪断変形に近い形としていることがわかる。

3. 設計震度について

いわゆる震度法による合理的な震度は、弾性構造物の地震時における揺れと同一揺れと生じるように静的に加えるべき水平力と重力の加速度で除したもので、震度は各次規準振動に対する震度の和として表わされる。しかし一般的には、地震動の周期に近い周期をもつた規準振動型の影響が支配的であり、またダム建設地帯の地震動の卓越周期が高堰堤の固有周期に近いことから、近似的に基本振動に対する震度ののみを考えておけばよいと考えられる。したがって震度は基本振動の揺れ曲線に比例したものととなり、その絶対値は構造物の固有周期と地震動の性質によつて変化する。

本模型ダムが上下流方向の地震動をうける場合の揺れ曲線は、図に示すように各模型要素単独の場合と、ダムの場合とで若干の相違があるが、曲げ-剪断揺れと剪断揺れの中間にある。したがって震度分布は現行の高工方向に標準分布よりもむしろ両揺れ曲線の平均的な値として、ダムの底部に最大と有する三角形分布とした方がより合理的であると考えられる。本実験では前表に見られるように、要素-IとIIの単独振動特性が近いため、ダムの最低次振動としては、要素-IIに支配されている。しかし一般的には、各要素の振動特性が強く表われるので、震度の絶対値は直接関係をもつ固有周期の計算には、各要素が単独の場合の振動と考えるべきであろう。

なお震度の絶対値は、地震動の性質がまだ明確に示されていない今日では定量的な議論は困難であり、本来の方法、震度を用いて設計されたダムが既往の地震に対して安全であったという資料のほかには手掛がないように思われる。試みに佐久間ダムと井川ダム（予備設計断面、フローラビダダム）につき、一様震度と二点と両端の等しい三角形震度による鉛直応力と比較すれば、両者とも三角形震度ではダムの中央部以上で若干の張力と生じる。設計震度としては、やはり地震力は予想される最大値ととり、堰体も終極強度（コンクリートに若干の張力と許す）を対象とした設計方式によるべきでないかと考える。

終りに本文は文部省試験研究費による研究成果の一部であることを附記して謝意を表す

ダムの振動形

