

京都大学工学研究所 正員 丹羽義次
 神戸大学工学部 正員 畑中元弘
 京都大学工学研究所 準員 〇寒川重臣

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ゴム模型による振動実験を行い、これに一般的立場から若干の理論的考察を加え、その耐震設計について考察した。

1 上下流方向振動

a) 固有周期 空虚時：ゴム模型各要素単独の場合及びこれと組立てたダムと同一の場合の固有周期を示せば表-1のようである。この周期を理論式によって求めようとする場合には、ダムの振動形式の問題とらざるが、いま簡単に矩形断面樑状体と考へればどのような表の式ととらえてもよい。曲げ振動 $T_B = 4.098 \sqrt{L^3/E}$ 、剪断振動 $T_S = 2\pi R \sqrt{L/2.6048 \sqrt{G}}$ 、曲げ剪断振動 $T_{BS} = C \sqrt{L^3/E}$ 、この L はダムの柱中高さ、 C は α 及び堤体材料のポアソン比 ν によって定まる係数であり、本模型の場合 ($\alpha = 1.25$, $\nu = 0.43$) に $C = 6.29$ とする。このゴム模型の固有周期と、角柱状試体の振動試験より求めた諸係数 ($E = 42.9 \text{ kg/cm}^2$, $G = 12.5 \text{ kg/cm}^2$ 比重 $\rho = 1.27$) を用いて計算すればそれぞれ表の T_B, T_S, T_{BS} のようになる。これより α の実力ダムと較べて大きく 1.25 程度とすると、曲げ剪断振動と考へれば十分といふことがわかる。なお $E = 250,000 \text{ kg/cm}^2$, $\nu = 0.15$, $\rho = 2.3$ として実物ダムについて計算した結果を示した。

満水時：このため簡単にダムの振動を1質点系の振動と考へ、これに動水圧をダムの質量に附加すべき依理質量と考へる。動水圧は Westergaard 氏の式を用いこれの附加質量 ΔM は $\Delta M = C_1 \times 0.583 \times W_0 \cdot h^2 d / g$ (1) とし、

表-1 ダム各要素及びダムの固有周期

要素	空虚時						満水時 (ダム全体)					
	模型ダム					実物ダム	模型ダム		実物ダム			
	高さ	各要素単独の場合		実測値		高さ	計算値		実測値			
		T_B	T_S	T_{BS}	標準値		T_{BS}	(1)式	(2)式	水深	計算値	
I	36.0 ^{cm}	0.0205	0.0275	0.0396	0.0376	72 ^m	0.111	0.0525	0.0666	0.060-66	70 ^m	0.161
II	33.0	0.0188	0.0252	0.0361	0.03636	66	0.102	0.0500	0.0627	0.033-38	66	0.129
III	23.5	0.0136	0.0180	0.0257	0.0267	47	0.072	0.0358	0.0300	0.030-32	45	0.089
IV	16.0	0.0097	0.0122	0.0175		32	0.049	0.0238	0.0206		30	0.058

$\times W_0 \cdot h^2 d / g$ (1) とし、
 Westergaard 氏の考へ方により、壁体の趾部を中心として回転運動する場合の動水圧を用い、
 $\Delta M = C_1 \times 0.218 W_0 \cdot h^2 d / g$ (2) とする。ただし C_1 は壁面の傾斜による補

正係数である。(1)(2)式の ΔM と T_{BS} を用い、満水時の固有周期を計算し、これと模型の実測値とを比較して上表右欄のようになる。

b) 振動形 図-1は模型各要素単独及びこれと組立てたダムを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。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、いずれも剪断変形に近い形になっている。なお満水時には高工の高い要素の振幅が大きくなり、高工方向の振動が空虚時と比べ中央より上部の振幅が大きくなる傾向にある。

2 堤軸方向振動

a) 固有周期 ゴム模型各要素単独の場合及びダムと一体的の場合の固有周期を示せば表-2のようである。これは理論的にはつぎのようにして求めよとされている。すなわち要素単独については、本ダム要素の断面の断面二次モーメント I 、断面積 A を用いて柱体の曲げ振動周期 $T_0 = 1.787 \times \sqrt{PA/EI}$ によって、おたダムと一体的

表-2 ダム各要素及びダムの固有周期

要素	模型ダム				実物ダム			
	高さ	各要素単独		ダム全体		高さ	各要素単独	ダム全体
		計算値	実測値	計算値	実測値			
I	36.0 ^{cm}	0.195	0.180	$l=60$	右側側	72 ^m	0.662	$l=120$
II	33.0	0.163	0.148	0.042	0.039	66	0.576	0.148
III	23.5	0.092	0.080		右側側	47	0.292	
IV	16.0	0.037	0.037		0.066-45	32	0.135	

では、最も簡単に堤体の圧縮性のみによる棒の縦振動と考へ、長さ l として堤体の平均長さを用い $T_0 = 2l \sqrt{P/E}$ によって計算するよとされている。

b) 振動形 この場合比較的高さの高い要素には要素間の接觸条件如何が大に大きく影響するので複雑な形状を示す。一方堤軸方向振動の場合、各要素ウェブの安定性が問題となるので、一応従来の考へ方としながら、各要素の上下流側への基礎が固定支持されているものと近似的に仮定し、この条件の下でウェブの振動記録をとる。その結果は最高要素に対して固有周期は 0.027 sec (実物ダム, 0.097 sec) となり、振動形は図-2に示すようになり、周辺ハンチ部でかなり弾性変形を生じている。なおウェブの撓みは図の-----線のよう仮定し、エネルギー法により固有周期を求めた。

とすると、最高要素について 0.030 sec (実物ダム, 0.129 sec) となり、かなり実測値とよく一致する。

3 耐震設計について

弾性構造物の合理的な震度は基本振動の撓み曲線に比例したものとしたり、その絶対値は構造物の固有周期と地震動の性質によって定まる。本模型ダムが上下流方向地震動をうける場合の撓み曲線は、曲げ剪断撓みと剪断撓みの中間にある。したがって震度分布は理行的高さ方向に一樣な分布よりもむしろダムの底部に相対と有する三角形分布の方がより合理的であろう。おた堤軸方向地震動をうける場合、ウェブの震度分布はウェブの弾性撓みに比例した震度とかなり合理的であるが、実際的には一応一樣な分布をいふかと思われる。なお震度の絶対値は、まだ定量的な論議が困難であるが、一般的には各要素の振動特性に強く表われるので、震度の絶対値に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を考へるべきであり、設計震度としては、やはり地震力の予想される最大値をとり、堤体は総強度を対象とした設計方法によるべきであろうと考へる。

図-1

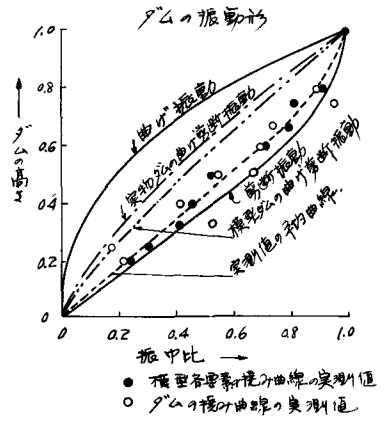


図-2

