

東京大学生産技術研究所 正員 岡本 舜三
 “ “ “ 加藤 勝行
 “ “ “ 伯野 元彦
 関西電力株式会社 “ 宮越 義暉

アーチダムのような複雑な形状をもつ可撓性構造物が、地震のような不規則な強制外力を受ける場合に生ずる弾性振動を論ずるには、模型による実験的方法が適していることは古くから知られている。ただこの方法を用いるには実際の構造物の各基準振動の性質と、構造物およびその地点の地震動の性質が明らかにされていることが必要である。

これらの知識を得るために実際のアーチダムについて振動実験および地震動の観測を行い次の結果を得た。

1. 振動実験による結果

水平振動による応答曲線(外力:1ton)を図-1(a),(b)に示す。(a)は対称振動の場合、(b)は逆対称振動の場合である。これより固有振動数および減衰

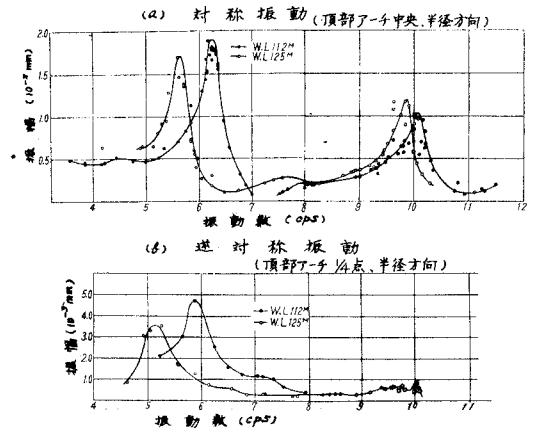


図-1 水平振動応答曲線

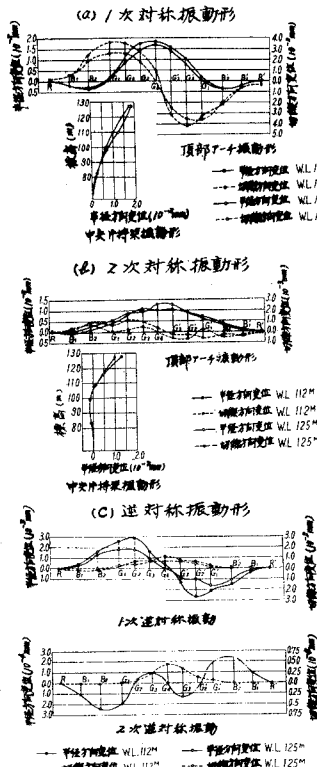


図-2 基準振動振動形(実測)

衰常数として表-1を得る。2次対称振動に対するものは正確には求められないがかなり小さいと推定される。共振状態にお

ける頂部アーチと中央片持梁の振動形態を図-2(a),(b),(c)に示す。ダムを上下方向に起振した場合の応答曲線はかなりバラつくが、水位112mのとき6.0, 10.0および11.5cps付近に、また水位125mのときは5.5, 9.8cps付近に共振点があり、特に11.5cpsのものは水平変位を伴わないので、上下動の固有振動と考えられる。なお振動実験に先立ち岩盤上およびダム上で常時微動の測定を行い、極めて微弱で、かなり不規則であるがその中に約1秒前後の長周期の存在が推察された。

振動形	次数	貯水位: EL. 125 m			貯水位: EL. 112 m		
		固有振動数	最大振幅	減衰常数	固有振動数	最大振幅	減衰常数
対称振動	1次	5.6 cps	1.7×10^{-2} mm	2.7 %	6.2 cps	1.9×10^{-2} mm	2.5 %
	2次	9.8	1.2 "	1.5	10.5	1.04 "	1.6
逆対称振動	1次	5.2	0.36 "	4.6	5.9	0.47 "	3.9

表-1 固有振動数および減衰常数

2. 地震観測とその結果

1958年秋より観測を始め、2年余りで主として数ガル以下のものであるがかなりの地震記録を得た。観測には石本式3成分加速度計、および電磁式のオシログラフと感振器よりなる速度計、の2つの観測系を用いた。設置場所および観測方向を図-3、表-2に示す。観測結果より

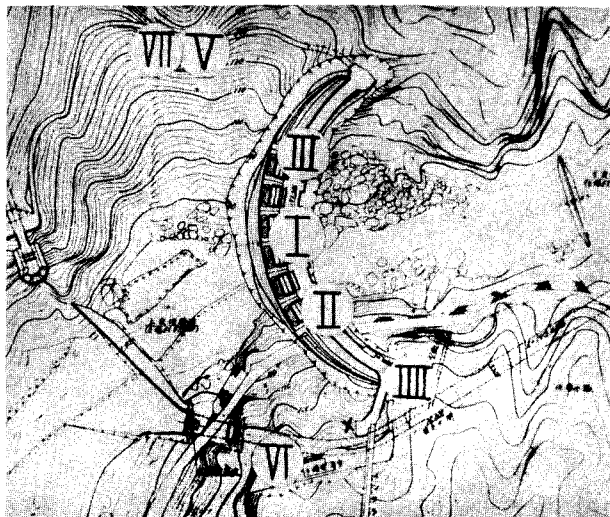


図-3 地震観測点図

測点	位置	装置および台数	水平動観測方向
I	ダム天端中央	3成分加速度計、電磁式感振器	水平2、上下1、上下流、左右岸
II	ダム天端右岸40m	"	水平1、半径
III	" 左岸40m	"	水平1、半径
IV	右岸側岩盤	3成分加速度計、電磁式感振器	水平2、上下1、上下流、左右岸
V	左岸側岩盤	"	水平2、上下1、上下流、左右岸
VI	右岸側岩盤	"	水平2、上下1、上下流、左右岸

表-2 地震観測点および観測方向

(i) 岩盤上の地震記録には一般に主部(比較的振幅大なる部)の存在が認められる。

(遠地地震と思われるものは^{に主部が}存在しない)

(ii) ダムの振動記録は (a) 10cpsをこえる高周波成分の多いもの、(b) 5cps程度の高周波成分の多いもの、(c) 更に小さい振動数が主となっているもの、の3種に区分され、解析結果よりいづれにも1次、2次の基準振動が卓越し、時として3次程度の高次振動も生じ得ることが推測される。

(iii) 減衰常数を計算すれば対称振動で2~5%、逆対称振動で6~11%程度となり、表-1に比しやや大きくなる。

3. 考察

以上の結果によってアーチダムの設計条件に関し次の諸点が推測される。

- ダムの左右岸岩盤の振動の位相差 — 明確な資料は得られなかったが、本地点に因しては左右岸によってその記録に顕著な位相差を生ずるには至らなかった。
- 岩盤振動の卓越周期 — 岩盤上の地震動の主部は一般に長周期、大振幅の振動に短周期小振幅の振動が重なっているが、何れの周期も広範囲に渉り卓越したものは見られず、本ダム地点のような山中部でも短周期の振動が卓越するとは限らない。
- 上下動と水平動の比 — 岩盤上の地震記録からは震源地の遠近に拘らず、上下動と水平動の大きさ間に特に差異は認められない。
- 地震時に堤体に起る振動形 — 地震時の堤体の卓越振動周期より、水平動でも上下動でも低時の基準振動が主として誘起されている。(本地点では1次対称振動) 従って地震時の設計条件としてはむしろ基礎部を不動とし、ダムの変位を基準振動に一致すると想定する方が、現行の假定よりも適当であると思われる。
- 堤体に生ずる上下動の性質 — 従来上下動は水平動程重視されなかったが、上下動にも共振現象が存在するので特にアーチダムのような構造物の場合に検討を要する。
- 減衰常数の大きさ — 一般にアーチダムの減衰常数は小さく2~11%の範囲にあり、高いダムではいく分小さく、逆対称振動では対称振動よりいく分大きくなる傾向がある。