

Ⅲ-416

フィルダムの動的挙動に関する研究(2)

中部電力(株) 奥美濃水力建設所 正会員 鈴木英也
 中部電力(株) 奥美濃水力建設所 正会員○菊地憲司
 埼玉大学 工学部建設工学科 正会員 渡辺啓行

1. はじめに

昨年度の研究で、当社の上大須ダムを対象としてフィルダム空虚時の常時微動観測結果と物理探査結果を反映した三次元解析結果が良く一致することが確かめられた。本年度は、湛水完了後の常時微動観測および三次元解析をおこない、湛水時の地震時挙動の把握をおこなうとともに、空虚時挙動との比較もおこなった。

2. 常時微動観測

上大須ダムは、高さ98m、堤頂長294m、堤体積319万 m^3 の中央コア遮水型ロックフィルダムであり、最大出力150万kwの奥美濃水力発電所の下部調整池を形成している。常時微動観測点は、図-1・2に示す様に基準点3点、観測点8点の計12点で観測実施した。観測実施水位は、HWL時(EL516.0m)およびLWL時(EL493.0m)でおこなった。表-1に今回の観測結果と空虚時の観測結果を示す。各成分の固有周波数を比較してみると、鉛直方向については、湛水による固有周波数の変化は見られないが、ダム軸および上下流方向については、固有周波数の低下が見られる。これは、湛水によって上流側ロック材およびコアゾーン上流側に浮力が作用して堤体の押さえ込み効果が減少したために、堤体の見掛けの剛性が低下したためであると考えられる。

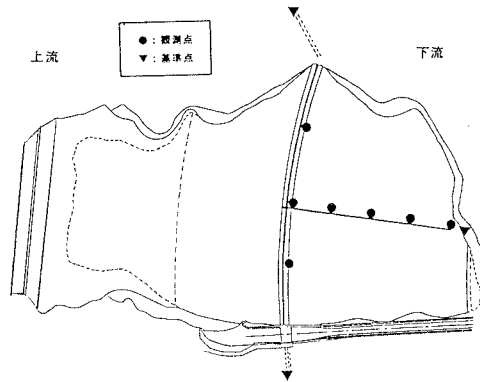


図-1 常時微動観測位置図(平面図)

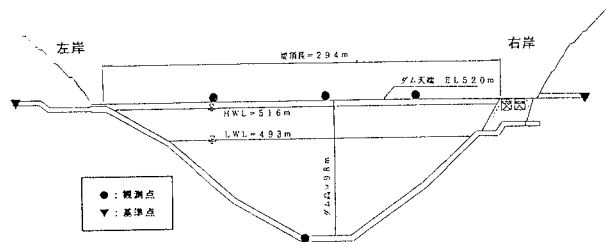


図-2 常時微動観測位置図(縦断図)

3. 三次元モード解析

3.1 解析モデル

解析モデルには、三次元FEMを適用した。要素分割は、コアとフィルターを一体としたコアゾーン、上下流ロックゾーン、および押え盛土ゾーンの四分分割とした。分割要素は、20節点の直方体、15節点の三角柱、10節点の三角錐のアイソパラメトリック要素を用いた。図-3に下

流左岸から眺めた鳥瞰図を示す。湛水による堤体に作用する水圧は、コアゾーン上流側に静水圧分布として作用させた。また、動水圧については、その影響が堤体材料の重量と比較して非常に小さなものであると考えられることから、本解析では考慮しなかった。

表-1 常時微動観測結果

単位: H z					
	上 下 流 方 向			鉛直 方向	y/A軸 方向
	1 次	2 次	3 次		
空 虚 時	2.3	2.9	3.5	3.0	2.7
L W L 時	2.0	2.7	3.3	3.0	2.5
H W L 時	2.0	2.6	3.3	3.0	2.4

3. 2 物性分布

今回の湛水完了後の本研究の解析に用いた物性値は、空虚時の解析をおこなったものと同じ値を使用した。使用物性値を表-2に示す。各要素の物性値は、要素の重心位置深さでの V_z 値を求め G_z を算定して要素の平均物性値とした。ただし、押え盛土の物性値は、ロックゾーンの値の70%とした。解析は、HWL時、LWL時でおこなった。ただし、HWL時については、上流ロック材料中の水の動きを検討するために、上流ロック材中の間隙水がロック材料と共に振動するとした飽和重量と、間隙水は振動せずロック材料の間隙を通り抜けるとした乾燥重量の2ケースについて解析をおこなった。

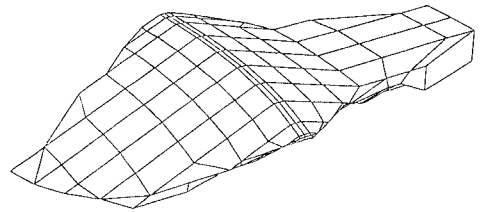


図-3 要素分割図

表-2 解析使用物性値

ゾーン	Z(m)	Cs(m/s)	v	ρ_r (t/m ³)			
				case0 空虚時	case1 LWL時	case2 HWL時	case3 HWL時
上流 ロック	$Z \leq 34$	$174(Z)^{0.35}$	$0.4-0.0034Z$	2.09	2.22 (2.09)	2.22 (2.09)	2.03
	$Z > 34$			2.14	2.27 (2.14)	2.27 (2.14)	2.05
コア	ALL Z	$140(Z)^{0.34}$	0.37	2.33	2.33	2.33	2.33
下流 ロック	$Z \leq 12$	$184(Z)^{0.34}$	$0.33-0.002Z$	2.09	2.09	2.09	2.09
	$Z > 12$			2.14	2.14	2.14	2.14

*()内は、水面上の物性値を示す。

3. 3 解析結果および考察

表-4に解析結果と観測結果の比較表を示す。この表から解析結果と観測結果は、概ね一致していると言える。しかしその傾向には若干の違いが見られる。解析結果に着目すると湛水の影響による固有周波数の低下がいずれの方向においても見られる。また、固有周波数の低下の割合は、LWL時とHWL時で大きくなっている。一方、観測結果にも湛水の影響によって固有周波数の低下はみられるものの、空虚時とLWL時で固有周波数が大きく変化しており、LWL時とHWL時ではほとんど変化していない。特に鉛直方向については、湛水の影響による固有周波数の変化はみられない。観測結果のLWL時とHWL時の固有周波数に変化がなかった原因として、昨年の研究よりコアゾーンの物性値が堤体挙動に大きく影響することが分かっていることから、LWL時観測はHWL時後に水位を低下させて観測をおこなったのでコア内の残留間隙水が影響したものと考えられる。上流ロック材中の間隙水の動きについては、観測結果と比較すると、いずれの方向の1次モードについてもCASE2が良く一致していることから湛水後の堤体挙動予測は、上流ロック材の単位体積重量を飽和重量と考え、それ以外の物性値については、空虚時の物性値を用いて問題ないと言える。

表-3 解析結果と観測結果の比較

単位: Hz

		上下流方向			鉛直 方向	90°軸 方向
		1次	2次	3次		
空虚時	観測	2.3	2.9	3.5	3.0	2.7
	case0	2.39	2.89	3.51	3.20	2.63
LWL時	観測	2.0	2.7	3.3	3.0	2.5
	case1	2.35	2.83	3.31	3.19	2.62
HWL時	観測	2.0	2.6	3.3	3.0	2.4
	case2	2.23	2.66	3.09	2.91	2.47
	case3	2.28	2.70	3.14	3.00	2.51

4. まとめ

今回の研究をまとめると以下になる。

- (1) 湛水後堤体挙動についても概ね常時微動観測と三次元解析結果は一致することが明らかとなった。
- (2) 上流ロック材料の単位体積重量を飽和重量として考え、それ以外の物性値については空虚時の物性値を使用することによって湛水後堤体挙動を精度良く求まることが明らかとなった。

【参考文献】 鈴木英也・渡辺・菊地・渋谷：フィルダムの動的挙動に関する研究、第49回土木学会年次学術講演会要集 III-290 pp570-571