

III-290

フィルダムの動的挙動に関する研究

中部電力(株) 奥美濃水力建設所 設計課 正会員 鈴木英也○
 中部電力(株) 奥美濃水力建設所 設計課 菊地憲司
 中電工事(株) 技術コンサルタント部 渋谷 旬
 埼玉大学 工学部建設工学科 教授 正会員 渡辺啓行

1. はじめに

フィルダムの動的解析による耐震性の検討は、一般的に二次元解析によるものがほとんどである。これは、二次元解析によって十分な精度が得られるためであると思われる。しかし、ダムが建設されている谷の形状がダムの地震応答に与える影響を十分解明しているとは言えない。そこで本研究では、当社の洪水開始前の上大須ダムを対象として、原位置での物理探査試験により三次元的物性値の把握を行うとともに、その試験結果を用いて三次元モード解析を行うことにより、フィルダムの地震時挙動の把握を行った。

2. 物理探査試験

今回の対象とした上大須ダムは、高さ98m、堤頂長294m、堤体積 $3,189\text{万m}^3$ 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。物理探査試験は、三次元的に物性値を得るために図-1に示す位置においてP S検層・地表面弾性波探査・常時微動測定を行った。試験内容は、表-1に示す通りである。

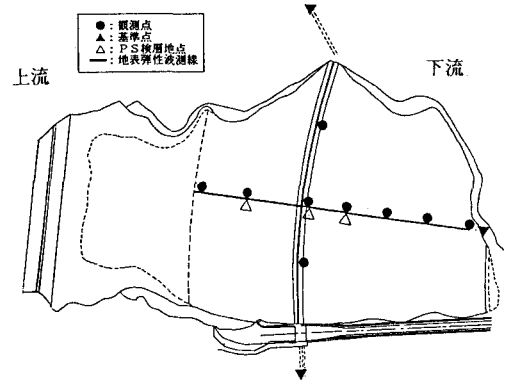


図-1 物理探査試験位置図

3. 物理探査試験結果

図-2にP S検層と地表面弾性波によって得られた上大須ダムのS速度断面図を示す。この結果より、上流側ロック部の値は従来のフィルダムにおいて観測されている値とほぼ同等である。また、下流側ロック部の値についても従来の観測値よりもやや大きいものの、従来の観測値ほぼ一致していることから問題ないと思われる。しかし、コア部の観測値については、従来多数のフィルダムにおいて観測されている値より全体的にかなり大きい値である。特に表面付近では、従来の観測値の倍以上の値にまで達している。しかも、深さ方向の変化は非常に少なく、非常に剛いコアであると言える。常時微動観測については各点のフーリエスペクトルと岩盤のフーリエスペクトルに対する各測点のスペクトル比較を行い、TR方向、AX方向、UD方向の固有振動数の推定を行った。その結果を表-2に示す。

表-1 試験内容

項目	数 量
P S 検 層	No.1孔 66m(上流ロック部)
	No.2孔 57m(コア部)
	No.3孔 67m(下流ロック部)
地表面弾性波 (P波・S波)	line A 310.0m (上下流方向)
	line B 297.5m (左右岸方向)
常時微動観測	観測点 9点(堤体上) 基準点 3点(趾山部)

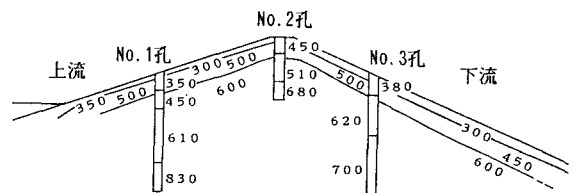


図-2 S波速度断面図 (line A)

4. 三次元モード解析

4-1 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割とした。次いで、平面図のRL-0線を中心に左右岸方向に20mピッチで切断し、さらにダム底から21m、41m、61m、76m、88mの位置で水平面に切断した。図-3に下流左岸から眺めた外観図を示す。

4-2 物性分布

解析に用いた物性値を表-3に示す。物理探査試験結果に基づいて表層5m部分と今回の測定出来なかった深い部分を、沢田の提案式を用いて深さ分布式を決定したケース1と、コア全体を沢田の提案式の下限值を用いたケース2の2種類である。各要素の物性値は、その要素の重心位置深さでの V_s 値を求め G_0 を算定してその要素の平均物性値とした。

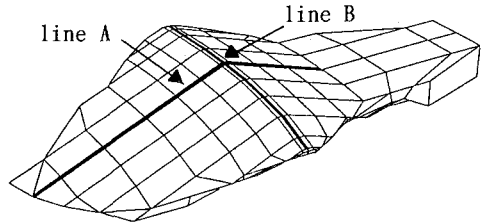


図-3 要素分割図

表-3 解析使用物性分布

ゾーン	Z(m)	ρ (t/m^3)	CS (m/s)		ν
			ケース 2	ケース 1	
上流	$Z \leq 34$	2.09	174(Z) ^{0.35}	174(Z) ^{0.35}	0.4-0.0034Z
ロック	$Z > 34$	2.14			
コア	ALL Z	2.33	156(Z) ^{0.35}	140(Z) ^{0.34}	0.37
下流	$Z \leq 12$	2.09	184(Z) ^{0.34}	184(Z) ^{0.34}	0.33-0.002Z
ロック	$Z > 12$	2.14			

4-3 解析結果および考察

表-4に解析結果と実測結果を示す。基本モードのTR方向1次の固有振動数に注目すると、コアゾーンの物性が低下すると常時微動観測結果（2.28Hz）との誤差が小さくなり。要素分割の粗さによる可能性もあるが、固有振動数は分割の粗さに対する感度は鈍いためかなり粗い分割のFEMや他の解析法によっても固有振動数はかなり良い精度で推定出来ている。コア部についての物理探査試験結果が過大であったことが、解析値が観測値より大きくなる原因であると考えられる。上下流3次までの解析結果と観測結果の固有振動数が良く一致しているのが分かる。

表-4 解析結果と観測結果の比較（単位：Hz）

順位	ケース2 (CS=156(Z) ^{0.35})		ケース1 (CS=140(Z) ^{0.34})	
	解析結果	観測結果	解析結果	観測結果
1	2.480	TR 1 次	2.684	TR 1 次
2	2.757	AX 1 次	3.124	AX 1 次
3	2.979	TR 2 次	3.217	TR 2 次
4	3.357	UD 1 次	3.458	
5	3.466		3.726	UD 1 次
6	3.506	TR 3 次	3.799	TR 3 次
7	3.730		3.954	
8	3.804		3.999	
9	3.845		4.072	
10	3.947		4.165	

5. まとめ

今回の研究をまとめると以下ようになる。

- (1) コア部のS波速度は、沢田の提案式の下限值で近似できることが明らかとなった。
- (2) ロックゾーンに物理探査試験結果、コアゾーンに沢田の提案式の下限值を用いた三次元モード解析結果は、TR方向1次～TR方向3次、AX方向1次およびUD方向1次の5つのモードについて固有振動数が観測値と良く一致した。また、三次元モード解析により常時微動によって観測された固有振動数に対応するモードが明らかとなった。

今後は、堤体および基盤に設置してある地震計に記録される結果と今回の三次元モード解析によって求めた固有周波数と比較を行っていく予定である。また、湛水完了時に再度常時微動観測および三次元モード解析を行い。湛水前の空虚時と満水時の挙動の違いについても検討を行う予定である。