

III-321 貯水深さが大型模型ロックフィルダムの振動特性に及ぼす影響について

愛知工業大学工学部 学生会員 林 則秀
愛知工業大学 正員 建部 英博, 大根 義男

1. はじめに

ロックフィルダムは地震により決壊する様な大被害にあった例は見受けられず、アースダムに比較して耐震性に優れていると言われ、その耐震性に関する研究も数多く行われている。しかし貯水の影響に関する研究は比較的少なく、また実地震記録も不十分である。本報告ではセンターコア型ロックフィルダムの大型模型に対し、貯水深さや加振加速度を種々変化させた振動実験を行い、これ等が堤体の共振振動数や応答加速度に、どのような影響を及ぼすかについて実験結果をまとめたものである。

2. 実験概要

実験に使用した模型は図-1に示す様に堤高1.5m、斜面勾配1:2.2、堤長5mのセンターコア型ロックフィルダム模型とした。築堤材料はコア部は粘性土（最大粒径2mm、60%径0.06mm、均等係数12、最適含水比11.1%）とロック部は碎石（粒径2~5mm、 G_s 2.67、 $K=9.6$ cm/s）とした。築堤に当っては振動台上に10cmの粘性土をマットとして敷き、その上にコア部とロック部を15cmずつ撒き出し、小型バイブレーションコンパクターで締め固めを行った。堤体中には図-1に示す位置に加速度計が設置されている。実験は空虚時と貯水時（貯水深さ H_w : 1/5H、2/5H、3/5H、4/5H）のそれぞれの場合について入力加速度20、40、60、80、100galの5種類の条件で正弦波の入力加速度を一定とし、振動数を3~40Hzまで0.4Hz/Sでスイープさせ加振した。尚、加速度記録は全て30chのデータレコーダーに記録した。

3. 実験結果及び考察

1) 堤体の共振振動 模型ダムに対し入力加速度 α_B を一定とし振動数を変化させ堤体中の応答加速度 α_a を測定し加振振動数と応答加速度倍率 α_a/α_B の関係を入力加速度別に整理したものが図-2（空虚時）、図-3（貯水深 $H_w=4/5H$ ）であり、いずれも堤頂付近⑤の位置での共振曲線である。両図いずれの場合も α_a/α_B が最大となる共振振動数は入力加速度の増加と共に低下していることが解る。貯水の影響を見るために貯水位を変化させ、それぞれの入力加速度で得られた共振振動数を示したものが図-4である。これによれば空虚時の場合、入力加速度 $\alpha_B=20$ galから100gal迄増加すると共振振動数は24Hzから17Hzまで7Hzも低下するが、 $H_w=4/5H$ まで貯水した場合は19Hzから15Hzまでと4Hz程度しか低下していない。また α_B が小さい場合には共振振動数は貯水位の影響

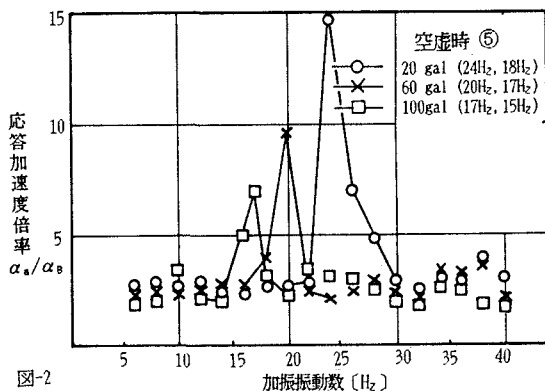


図-2

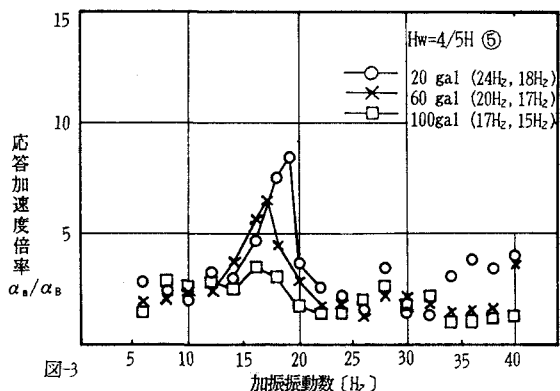


図-3

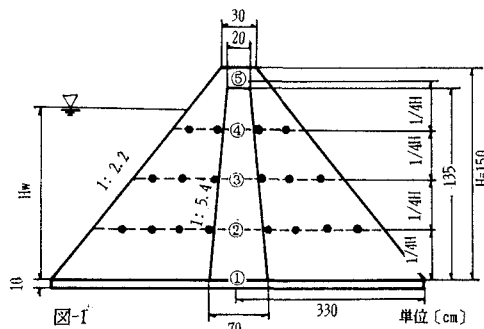


図-1

を受けやすく、 $\alpha_B=20\text{gal}$ 時には空虚時24Hzが $H_w=4/5H$ の貯水時には19Hzと大きく低下するが、 $\alpha_B=100\text{gal}$ になると貯水位の影響は余り見られず、それぞれ17Hzから15Hzと2Hz程度の低下しか見られない。この事からある大きさ以上の入力加速度に対しては共振振動数は貯水の影響を余り受けないものと考えられる。入力加速度の増加に伴い共振振動数が低下することは築堤材料の物性値の非線形性によるものと考えられる。ここで模型ダム材料のせん断剛性率 G ならびに減衰比 h のひずみ依存性を把握するため振動三軸試験を行った。

実験結果をHardin-Dreenevich式

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \gamma/\gamma_r}, \quad \frac{h}{h_0} = \frac{\gamma/\gamma_r}{1 + \gamma/\gamma_r}$$

で近似した。ここで G_0 はせん断ひずみ $\gamma=10^{-6}$ での G の値、 γ_r は規準ひずみである。実験結果からは $G_0=1010\sigma_m^{0.58}$ 、 $\gamma_r=7 \times 10^{-4}\sigma_m^{0.38}$ 、 $h=0.14$ が得られた。加振中のせん断ひずみは地点④、⑤に着目し、共振時の同一時刻における加速度波形の差から相対変位を求めて地点間の距離で除して求めた。得られた共振時のせん断ひずみから前式H. Dモデルより G を求め、せん断ばり理論により簡便的に一次固有周期を求めてみた。その結果、 $\alpha_B=20, 100\text{gal}$ の時それぞれ22.5Hz, 17.5Hzが得られ、実験値と比較的良好な対応を示すことが認められた。

ロ) 応答加速度倍率 (α_a/α_B) 共振曲線からも明かな様に、共振時には堤体内各点ではかなり大きな応答加速度を生じている。図-5は空虚時、貯水時 ($H_w=4/5H$) にそれぞれ共振時の α_a/α_B をダム軸各高さについて示したものである。この場合、 α_B が小さい程また堤頂部に近づくにつれ α_a/α_B の値は大きくなっている。一方、貯水により α_a/α_B は空虚時より小さくなっている事が解る。堤頂付近の位置⑤に着目し α_B 及び H_w と α_5/α_B の関係を図-6に示す。図からどの貯水深さにおいても α_B の増加に伴い α_5/α_B の低下が認められる。これはせん断ひずみの増加により剛性 G の低下や減衰比 h の増加によるものと考えられる。又貯水深さが増すにつれ α_5/α_B は減少するが、これは堤体の貯水部分の G や h の変化とともに貯水が堤体を抑える効果を果たしているものと考えられる。図-7は空虚時の α_B に対する α_5 を規準に各貯水深さでの α_5 との比を示すが、貯水深さの増加とともに低下の割合も大きくなるが、一定の貯水深さでは入力加速度の大きさに関係なくほぼ一定の値を示している。

4. まとめ 以上の結果を要約すると以下の通りである。

- ・入力加速度 (α_B) の増加に伴い共振振動数も応答加速度倍率 (α_a/α_B) も小さくなる。
- ・貯水深さが大きくなると共振振動数は小さくなる。しかし入力加速度 (α_B) が大きくなるとその変化は小さい。
- ・貯水深さの増加とともに応答加速度 (α_a) は小さくなるが貯水時と空虚時の応答加速度 (α_a) の比は、一定の貯水深さでは入力加速度 (α_B) の大きさに関係なくほぼ一定である。

参考文献 大根、建部 他 フィルダムの耐震設計に関する基礎的研究 土木学会論文報告集 339号

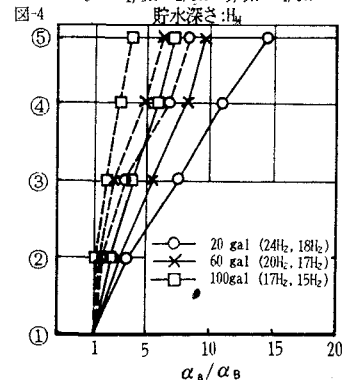
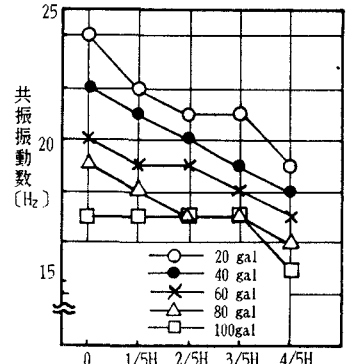


図-5 共振時におけるダム軸の応答加速度倍率

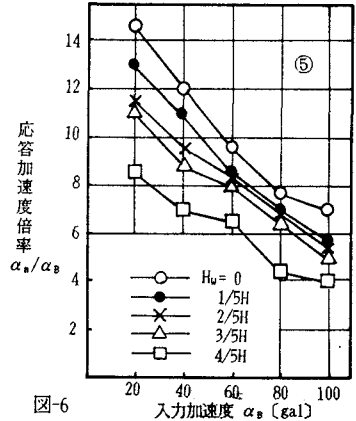


図-6

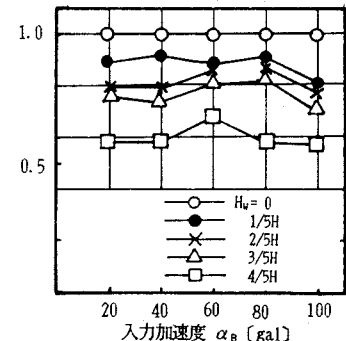


図-7 貯水による応答加速度の低下率