

I - B 351

アーチダムの地震観測記録より求めた減衰定数に及ぼす貯水の影響に関する検討

中部電力(株) 電力技術研究所 正会員 上田 稔

日本大学 理工学部 土木工学科 正会員 塩尻弘雄

中電工事(株) 技術コンサルタント部 正会員 横井幹仁

1. まえがき

著者らは先に2つのアーチダムを対象に、地震観測記録から減衰定数を求めた¹⁾。Iアーチダムの減衰定数と貯水位の関係を図-1(a)に、減衰定数と最大加速度の関係を図-1(b)に示す。貯水位は減衰定数の算出に用いた地震観測記録が得られた地震時の水位である。最大加速度は減衰定数を算出するのに対象とした5秒間の地震観測記録での最大加速度である。ダム上部の最大加速度が5gal以下の場合の記録を用いて求めた減衰定数を□印で、その他を△印で示す。5gal程度以下の弱振動レベルでは、貯水位にかかわらず減衰定数は1.0~1.5%程度であり(図-1(a))、10gal程度以上の振動では、振動レベルが大きくなる程減衰定数が大きくなり、100gal程度の振動で減衰定数は6%程度である(図-1(b))。

図-1の減衰定数は、図中に示すダム上部(地震計B)の最低部(地震計A)に対する上下流方向成分の加速度フーリエスペクトル比から、1次の固有振動数を与える山に対して $1/\sqrt{2}$ 法で求めたものである。このように算出した減衰定数には、ダムの振動の貯水への逸散の影響と、貯水の付加質量によりダムの有効質量が増加することに伴う影響が含まれていることが考えられる。そこで、本研究は算出された減衰定数に及ぼす貯水の影響に関して、Iアーチダムを対象に解析的に検討したものである。

2. ダム上部の最低部に対する伝達関数に基づく検討

解析によりダム上部の最低部に対する上下流方向成分の伝達関数を求め、それを用いて $1/\sqrt{2}$ 法で減衰定数を算出した。そしてその減衰定数と伝達関数の解析で与えたダムの内部減衰定数をいくつかの貯水位に対して比較した。解析は貯水の圧縮性を考慮し、伝達関数はダムの最低部で上下流方向成分のみがある場合のものである。解析モデルを図-2に、物性値を表-1に示す。解析手法、解析モデル、物性値の詳細は文献2)を参照されたい。伝達関数の解析で与えたダムの内部減衰定数は貯水位にかかわらず1%で、図-1に示した最大加速度が5gal以下の弱振動時の減衰定数の大きさ程度とした。なお本解析ではレーリー減衰を採用しており、減衰定数の算出はダムの1次の固有振動数付近でほぼ1%に近い値となるようにレーリー減衰の二つのパラメーターを設定した。

図-3に、伝達関数から $1/\sqrt{2}$ 法により算出した減衰定数と貯水位の関係を示す。算出した減衰定数は、伝達関数の解析で与えたダムの内部減衰定数(1%)に比べ貯水位がH.W.L.(満水位)の場合に少し大きい、その他の貯水位では概ね同じ大きさである。図-3にはその他の解析条件は全て同じで、貯水を非圧縮性とした場合の伝達関数から求めた減衰定数も示す。貯水を圧縮性とした場合の伝達関数から求めた減衰定数と比較すると、貯水位

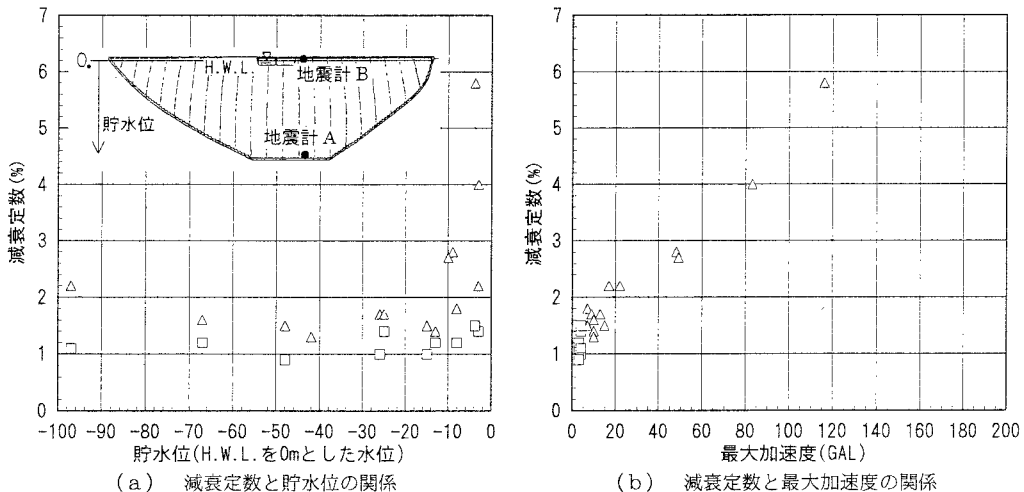


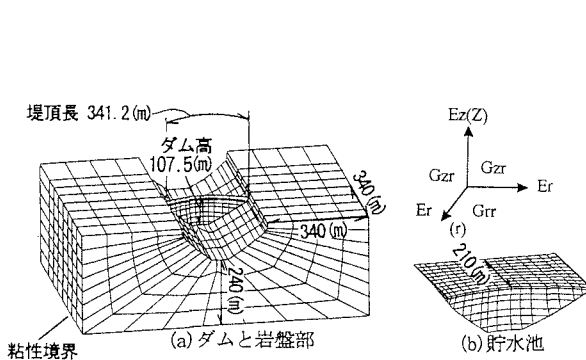
図-1 Iアーチダムの減衰定数と貯水位および最大加速度の関係

キーワード アーチダム 減衰定数 貯水の影響 地震観測記録 $1/\sqrt{2}$ 法

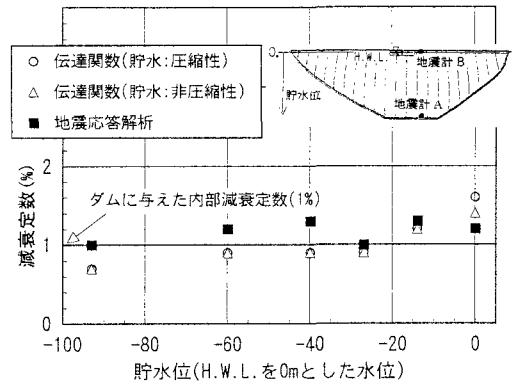
中部電力 電力技術研究所 名古屋市緑区字北関山 20-1 TEL(052)624-9184 FAX(052)623-5117

表－1 物性値

	波動伝播速度 (m/s)	弾性係数 (kgf/cm ²)	動ポアソン比	単位体積重量 (t/m ³)	減衰定数 (%)
ダム	$V_s=2,460$	$E=370,000$	$\nu=0.20$	2.5	1.0
岩盤	$V_s=1,700$ $V_p=2,300$	$E_r=E_z=90,000$ $G_{zr}=73,700$ $G_{rr}=35,000$	$\nu_{zr}=\nu_{rz}=0.34$ $\nu_{rz}=0.29$	2.5	1.0
貯水池	水中音速(m/s) 1,400	インピーダンス比 5.3（上流面と底面境界） 1.0（側面境界）		1.0	—



図－2 解析モデル



図－3 伝達関数や地震応答解析に基づいて求めた減衰定数とダムに与えた内部減衰定数(1%)の関係

が H.W.L. の場合に両者の差が幾分あるが、その他の貯水位では両者はほぼ一致している。これより伝達関数から求めた減衰定数に与える貯水の圧縮性の影響、即ちダムの振動の貯水への逸散の影響は小さいといえる。また、貯水を非圧縮性とした場合に、貯水位にかかわらず同程度の減衰定数が得られていることから、貯水の付加質量によりダムの有効質量が増加することに伴う伝達関数から求めた減衰定数への影響も小さいといえる。

3. 地震応答解析に基づく検討

図－1 に示した最大加速度が 5gal 以下の弱振動時の減衰定数を算出したいいくつかの地震を対象に、ダム最低部(地震計 A)の地震観測記録をもとにダム上部の地震応答解析を行った。解析モデルは図－2、物性値は表－1 と同じである。この解析でも貯水の圧縮性を考慮し、ダムの内部減衰定数は貯水位にかかわらず 1% で、対象とした地震観測記録より求めた減衰定数の大きさ程度である。解析では岩盤境界入力に対するダム最低部(地震計 A)の伝達関数をもとに、ダム最低部(地震計 A)の地震観測記録(水平 2 成分、鉛直 1 成分)を再現できる岩盤境界への入力地震波を求め、次にダム上部(地震計 B)の加速度応答を求めた。データを 1024 個としてダム最低部(地震計 A)の 10.24 秒間の加速度時刻歴を対象にした。よって周波数の刻みは約 0.1Hz である。ダム最低部(地震計 A)の地震観測記録を再現する岩盤境界での時刻歴波形に対し、最後部の 30% の区間を零詰めした波形を実際の入力波とした。

解析より求めたダム上部(地震計 B)加速度波形のダム最低部(地震計 A)の実記録加速度波形に対するフーリエスペクトル比から、1 次の固有振動数を与える山に対して $1/\sqrt{2}$ 法で算出した減衰定数を図－3 に示す。このように算出した減衰定数は、地震応答解析で与えたダムの内部減衰定数(1%)と貯水位にかかわらず概ね同じである。このことより、ダム上部の最低部に対する加速度フーリエスペクトル比から 1 次の固有振動数を与える山に対して $1/\sqrt{2}$ 法で求めた減衰定数は、貯水位にかかわらずほぼダムの内部減衰定数を与えるものといえる。

4. まとめ

アーチダムの上部と最低部の地震観測記録より求めた減衰定数の貯水の影響について、伝達関数と地震応答解析に基づき検討した。その結果、地震観測記録から求められる減衰定数に及ぼす貯水の影響は小さく、貯水位にかかわらず概ねダムの内部減衰定数と同程度の値が得られることが明らかになった。

参考文献

- 1) 上田稔・塩尻弘雄・横井幹仁・恒川和久：アーチダムの地震観測記録などから求めた減衰定数，第 24 回地震工学研究発表会講演論文集，pp.825-828,1997.
- 2) 上田稔・恒川和久・横井幹仁・塩尻弘雄：アーチダムの実地震応答シミュレーション解析，第 24 回地震工学研究発表会講演論文集，pp.853-856,1997.