

I - B394

重力ダムの動的応答に及ぼす物性の影響の解析的検討

中電工事 技術コンサルタント 正会員 恒川和久 横井幹仁*
 中部電力 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***

1. まえがき

コンクリートダムの応答解析において、ダムや岩盤の弾性係数や減衰は解析結果に大きく影響する。しかし、コンクリートダムの強震時にはダムや岩盤の非線形挙動が現れ、必ずしもこれらの物性の設定は容易ではない。概ね妥当と判断される物性を設定して強震時の応答解析が実施されることが望まれる。そこで、本報告は重力ダムの強震時応答解析の物性や解析モデルの設定に役立てるため、ダムと岩盤の物性がダムの応答に及ぼす影響について解析的検討を行ったものである。

2. 解析モデルと検討方法

ダム高 100m の重力ダムを対象に、ダム-岩盤-貯水の連成解析を行う。モデル底面に単位振幅の正弦波を入力したときの側方自由地盤の地表面(Y)に対するダム頂部(X)の応答倍率と正弦波の振動数の関係を、ダムと岩盤の物性を変えて求めその影響を調べる(図-1)。解析メッシュ図を図-2に示す。岩盤領域は側方と鉛直方向にダム高の5倍(L=500m)の広さとした。解析に用いたコードは、Super-FLUSH である。

3. 解析ケースと物性値

物性値を表-1に示す。ダムコンクリートの地震時の弾性係数は、地震時にダムコンクリートに発生するひずみ速度の範囲では、そのひずみ速度依存性は1割程度で、強震時のダムの弾性係数は、静的試験の弾性係数の1.1倍程度である¹⁾。よって、ダムの弾性係数は重力ダムコンクリートの静的試験による初期接線弾性係数程度である300,000kgf/cm²で一定とする。岩盤の弾性係数は、強震時にダム着岩部付近では載荷除荷の大きな応力変動が生じることを考慮して、重力ダムサイトでの原位置平板載荷試験の割線弾性係数程度の値とした。ダムの減衰=5%, 岩盤の減衰=5%, 岩盤の弾性係数=60,000kgf/cm²としたケース(表中の*印)に対して、弾性係数、減衰を変えて解析を行い、その影響を調べる。ダムの底面を固定境界とした解析も行。これは岩盤の弾性係数が非常に大きい場合に相当する。

4. 解析結果

- (1) ダムの減衰の影響 ダムの減衰を変えたときの応答倍率と振動数の関係を図-3に示す。ダムの減衰5%の差に対し応答倍率の差は5%程度であり、ダムの減衰が及ぼす影響は小さい。これは、重力ダムの場合ダムの弾性係数は岩盤の弾性係数に比べてかなり大きく、かつダムはマッシブなのでダム自体の変形が小さいためと思われる。
- (2) 岩盤の減衰の影響 岩盤の減衰による応答の差は大きく、減衰5%の差に対し応答倍率の差は20%程度であ

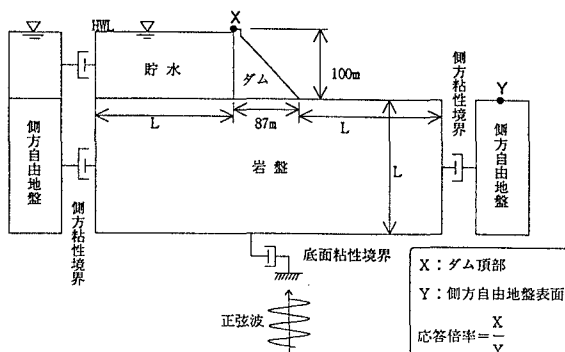


図-1 解析モデルと応答倍率の算出

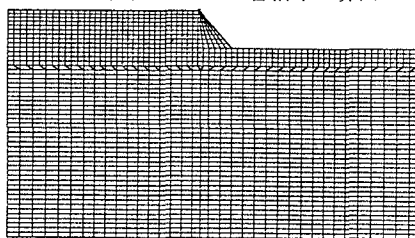


図-2 解析メッシュ図

表-1 物性値

	弾性係数 (kgf/cm ²)	せん断波伝播速度 (m/sec)	ポアソン比	減衰定数 (%)	単位体積重量 (tf/m ³)
ダム	300,000	2,280	0.20	1 5* 10 15	2.35
岩盤	30,000 60,000* 90,000 ∞ (固定境界)	690 970 1,190	0.25	1 5* 10 15	2.5

キーワード：重力ダム, 動的応答, 岩盤, 弾性係数, 減衰

* 〒455 名古屋市港区遠若町 3-7-1

TEL 052-651-4092 FAX 052-651-2349

** 〒459 名古屋市緑区大高町北関山 20-1

TEL 052-624-9184 FAX 052-623-5117

*** 〒101 千代田区神田駿河台 1-8

TEL 03-3259-0876 FAX 03-3259-0876

る（図-4）。

- (3) 岩盤の弾性係数の影響 岩盤の弾性係数を変えたときの応答倍率と振動数の関係を図-5に示す。また、ダム底面を固定境界として、ダムの減衰を変えたときの結果を図-6に示す。岩盤の弾性係数が大きくなると、固有振動数は高振動数側に移行し、その応答倍率も大きくなる（図-5）。ダムの底面を固定境界とすると、岩盤との連成解析の場合に比べ、固有振動数はさらに1~2Hz程高振動数側に移行し、二次、三次の固有振動数も現れている。また応答倍率はかなり大きくなる。固有振動数における応答倍率は連成解析ではダムの減衰にかかわらず4倍程度であるが（図-3）、ダム底面を固定境界とした場合はダムの減衰が15%で9倍である（図-6）。

5. まとめ

重力ダムの動的応答に及ぼす物性値の影響について解析的検討を行った。その結果、重力ダムの動的応答にはダムの減衰の影響は小さく、岩盤の弾性係数や減衰の影響が大きいことが明らかとなった。よって、重力ダムの強震時挙動を的確に把握するには、岩盤をモデル化しその弾性係数と減衰を適切に与えることが重要である。

岩盤の弾性係数や減衰にはひずみレベルやひずみ振幅依存性及び载荷速度依存性が存在する。地震時にダムサイト岩盤には、ダムの自重や水圧による静的な応力の作用下で、振動による応力変動が生じる。よって厳密には、岩盤の弾性係数や減衰は岩盤内の位置ごとに異なり、振動レベルにより変化する。一方、ダムの強震時応答解析で最も的確に評価すべきは、ダム着岸部付近岩盤の弾性係数や減衰である。本報告ではダム着岸部付近岩盤を代表する値として、岩盤の弾性係数や減衰を岩盤領域全体にわたり一定値として与えた。このため、岩盤の弾性係数や減衰が応答に及ぼす影響を大きめに評価している可能性もある。以上の点に関し、岩盤部をどのようにモデル化して解析する必要があるかについては今後の課題としたい。

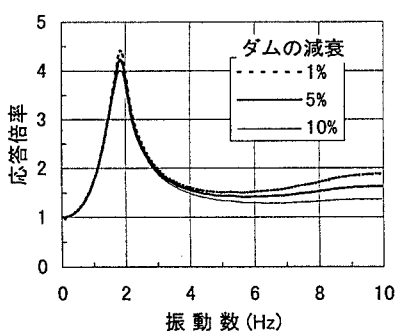


図-3 ダム頂部の応答倍率に及ぼすダムの減衰の影響

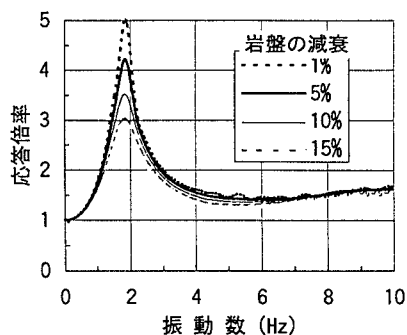


図-4 ダム頂部の応答倍率に及ぼす岩盤の減衰の影響

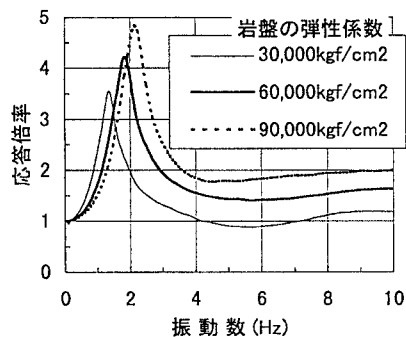


図-5 ダム頂部の応答倍率に及ぼす岩盤の弾性係数の影響

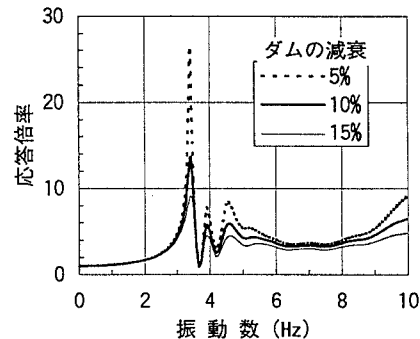


図-6 ダム頂部の応答倍率に及ぼすダムの減衰の影響（固定境界）

1) 佐藤正俊, 上田稔, 長谷部宜男, 梅原秀哲; ダムコンクリートの地震時の動弾性係数に関する研究, 土木学会論文集, No. 564/V-35, 1997.