

新・旧の構造体により構成されるコンクリートダム の強震時挙動

電源開発株式会社 フェロー会員 有賀 義明

1. まえがき

我が国には、高さ 15m 以上のダムが約 2800 あり、その約半数は、ダム設計基準が制定された、1957 年以前に建設されている。既設ダムの最近の耐震対策事例としては、山口貯水池、村山貯水池、布引ダム等の例が報告されており、既設ダムの耐震診断および耐震対策の必要性は、これから時代の経過に伴い、益々増大するものと考えられる。ここでは、コンクリートダムの合理的な耐震対策法に関する研究の一環として、強震時の非連続的挙動の影響について三次元動的解析により検討した。

2. 三次元動的解析による比較検討

コンクリート重力式ダムを検討対象として、剛性の低い古い堤体の上流側に、剛性の高い新しい堤体を増設した場合を想定して、三次元動的解析により比較解析を行った。古い堤体と新しい堤体の接触面については、両者を一体化させる方法と分離させる方法が想定されるので、ここでは、剛性が異なる新・旧の構造体の強震時の非連続的挙動の影響を検討するために、一体構造モデルと分離構造モデルの 2 種類を作成した。解析モデルは、1993 年釧路沖地震時の再現解析で同定した、糠平ダム¹⁾の三次元モデルを修正して、図-1 に示したような、堤高 100m、堤頂長 293m、天端幅 6m、底面幅 88m、上流面勾配 1:0.23、下流面勾配 1:0.655 の想定モデルを作成した。分離構造モデルでは、接触面を三次元ジョイント要素でモデル化した。図-2 に一体構造モデルを、図-3 に分離構造モデルを示す。解析モデルの側方境界は粘性境界、下方基盤は剛基盤としている。

解析用物性値は、表-1 に示した値を使用した。貯水池は、水深 95m とし、ダム上流側へ 285m の範囲（貯水深の 3 倍の範囲）を貯水池モデルとした。

入力地震動は、大崎スペクトルに基づき経験的手法により評価した模擬地震動（図-4）を用いた。最大加速度は、ダム底部位置の岩盤表面で 500gal に基準化して用いた。解析プログラムは、これまでに実用化開発している「ダム-ジョイント-基礎岩盤-貯水池連成系の三次元動的解析法」（コード名：UNIVERSE²⁾）を使用した。

3. 解析結果

固有解析から求めた、三次元解析モデルの一次固有振動数は 4.0Hz である。満水条件での三次元動的解析結果の一例を表-2 に。一体構造モデルおよび分離構造モデルにおける最大加速度分布を図-5 と図-6 に、最大応力分布を図-7 と図-8 に示す。

最大加速度分布に関しては、一体構造モデルに比して分離構造モデルでは、大きな増幅となった。地震動レベ

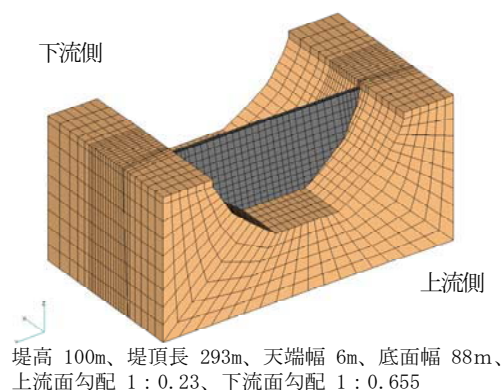


図-1 想定した三次元解析モデル

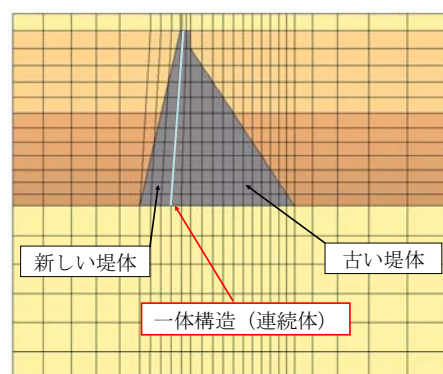


図-2 一体構造モデル（接触面は連続体）

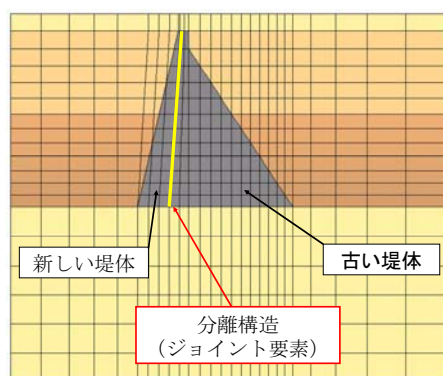


図-3 分離構造モデル（接触面はジョイント要素）

表-1 解析用動的物性値

対 象	せん断剛性 N/mm ²	密 度 g/cm ³	ポアソン比	減衰定数
旧堤体	5,800	2.3	0.20	0.05
新堤体	11,700	2.4	0.20	0.05
岩 盤	8,000	2.6	0.25	0.05
接触面	1×10 ⁹	—	—	0.01

キーワード：コンクリート重力式ダム、三次元動的解析、耐震対策、非連続的挙動、性能照査

連絡先：〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88、電源開発(株)茅ヶ崎研究所 TEL：0467-87-1211

ルが小さく、接触面での非連続的挙動が発生しない場合には、一体構造の場合と分離構造の場合の加速度応答に差異はないと考えられるが、地震動レベルが大きい場合には、接触面で剥離が生じ、その結果として、分離構造での加速度応答が大きくなったものと考えられる。

最大応力分布に関しては、ダム軸方向の最大引張応力は、一体構造では最大 2.33 N/mm^2 、分離構造では最大 4.58 N/mm^2 であったが、上下流方向の最大引張応力は、一体構造では最大 0.78 N/mm^2 、分離構造では最大 0.49 N/mm^2 であり、分離構造の方が小さくなった。非常に強い地震動を受けた場合、接触面上流側の剛性の高い堤体部と下流側の剛性の低い堤体部は非連続的な挙動を示す可能性があると思われ、その結果、上下流方向に関しては、接触面で応力が開放されて引張応力が低くなること、ダム軸方向に関しては、ジョイントの開口に伴い引張応力が増加したのではないかとと思われる。

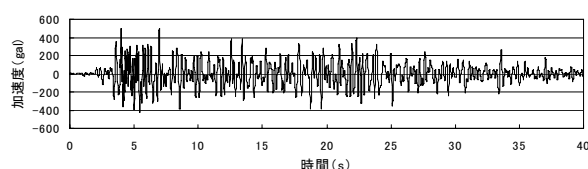


図-4 想定した地震動（ダム底部位置の岩盤表面）

表-2 三次元動的解析結果の一例

項目	方向	貯水池条件（水位 95m）	
		一体構造	分離構造
最大引張応力 (N/mm^2)	上下流方向	0.78	0.49
	ダム軸方向	2.33	4.58
	鉛直方向	1.34	3.99
最大圧縮応力 (N/mm^2)	上下流方向	1.88	1.52
	ダム軸方向	1.38	4.67
	鉛直方向	3.53	4.06
最大変位(cm)	上下流方向	1.73	4.48
ジョイントの最大開口変位(cm)		0	1.37

4. あとがき

剛性が異なる構造体で構成されたコンクリートダムに関しては、動的挙動特性の相異から、強震時の接触面での剥離等の非連続的挙動の発生、引張応力の集中あるいは開放等の可能性が考えられる。今回の解析では、一体構造の方が耐震的に有利と考えられる結果になったが、一体構造と分離構造の長所および短所、非連続的挙動を活用した耐震対策法の可能性等について検討を深める予定である。

参考文献

- 1) 渡邊啓行，有賀義明，曹増延：三次元動的解析による非線形性を考慮したコンクリート重力式ダムの耐震性評価について，土木学会論文集 No. 696/ I -58, p. 99-110, 2002. 1.
- 2) 有賀義明，曹増延，渡邊啓行：強震時のジョイントの非連続的挙動を考慮したアーチダムの三次元動的解析に関する研究，土木学会論文集 No. 759/ I -67, p. 53-67, 2004. 4.

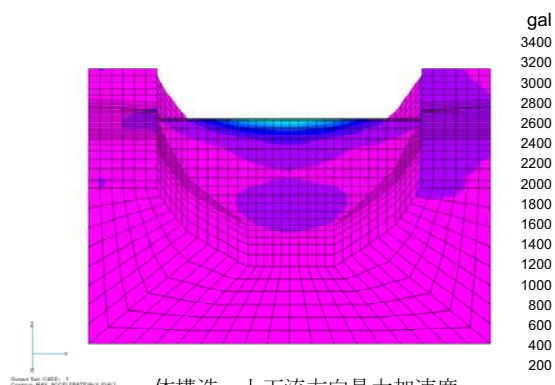


図-5 一体構造、上下流方向最大加速度
一体構造モデルでの最大加速度分布

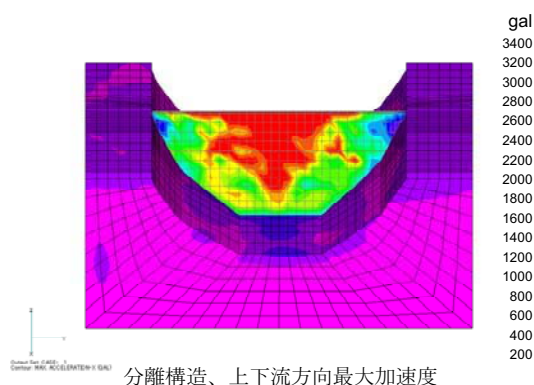


図-6 分離構造モデルでの最大加速度分布

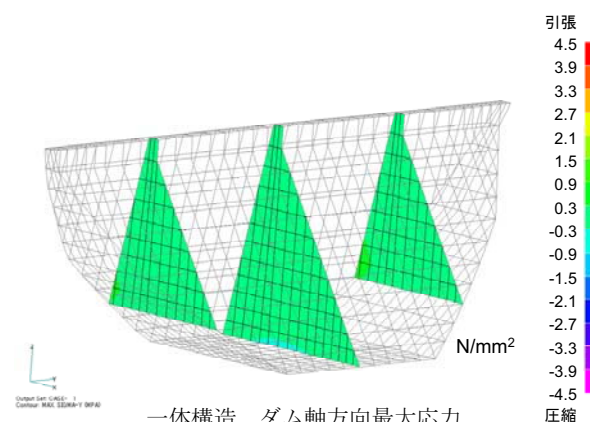


図-7 一体構造モデルでの最大応力分布

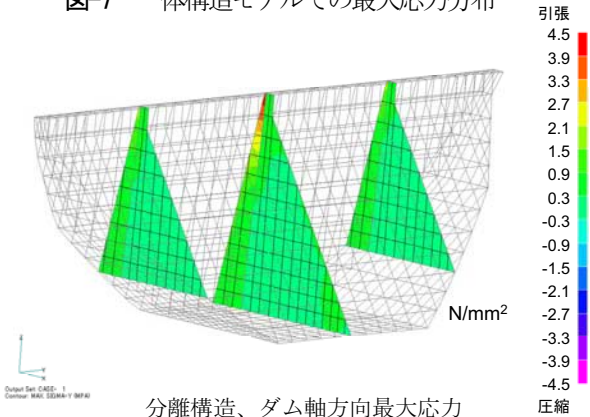


図-8 分離構造モデルでの最大応力分布