

重力式ダムの静的および地震時挙動特性に関する三次元有限要素解析

(株)ドーコン 正会員 ○ 桑原 知也 室蘭工業大学大学院 フェロー 岸 徳光
室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人 北海道電力(株) 正会員 尾林 孝平

1. はじめに

本研究では、重力式コンクリートダムの耐震性に関する詳細な検討を実施するための基礎資料を得ることを目的に、満水時の静的な応力状態及び地震時挙動特性に関する数値解析を実施した。なお、数値解析には構造解析用汎用プログラム ABAQUS を使用した。

2. 数値解析用ダムモデルの概要

数値解析用のダムモデルは、既設のダムを参考に、堤高 70 m、堤頂長 140 m、堤体積約 130,000 m³ の重力式コンクリートダムとした。なお、洪水吐きはゲートが存在しない自然越流方式としている。

3. 数値解析概要

3.1 数値解析条件

本解析では、重力式ダムの三次元的な挙動をより詳細に評価するために、堤体および周辺地盤を含めた三次元有限要素モデルを作成した。図-1 には、本解析に用いた有限要素モデルを示している。

本解析では、常時満水位を 65 m、堆砂高さを 56 m、土圧係数を 0.4 に設定し、周辺地盤側面には無限要素を導入している。静的解析では自重等による変位の影響を考慮するため、周辺地盤の各側面においては水平方向変位を拘束し、鉛直方向変位を可動とした。また、底面は鉛直方向変位を拘束している。一方、動的解析では、せん断振動モードを考慮するため、各側面においては鉛直方向変位を拘束し、水平方向変位を可動に設定している。総要素数およ

び総節点数は、それぞれ約 59,000、約 66,000 である。材料物性値は、満水時における静的解析では静的物性値を、地震応答解析の場合には動的物性値を用いることとした(表-1 参照)。

図-2 には、各解析で考慮した荷重条件の模式図を示している。本解析では、静的解析には静水圧、泥圧、揚圧力、自重を考慮した。また、動的応答解析では、ダム堤体及び地山の慣性力の他、ダム堤体に作用する貯水池の動水圧を考慮している。

なお、減衰は質量比例型減衰を採用し、ダム堤体の上下

表-1 使用物性値一覧

使用材料	弾性係数 (GPa) E_s (静) / E_d (動)	ポアソン比 ν_s (静) / ν_d (動)	密度 ρ (t/m ³)
基礎地盤	6.0 / 9.0	0.20 / 0.25	2.55
コンクリート	20.5 / 30.75	0.17 / 0.20	2.35
水	-	-	1.00
堆砂土	-	-	1.05

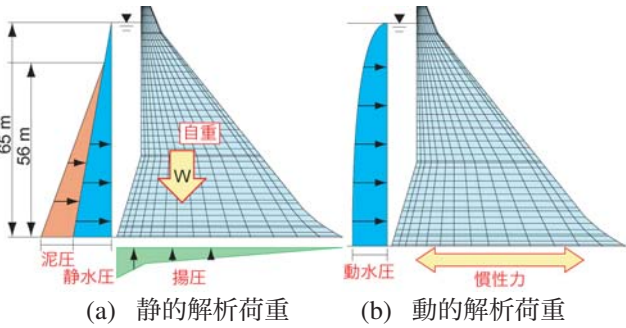


図-2 解析荷重概要図

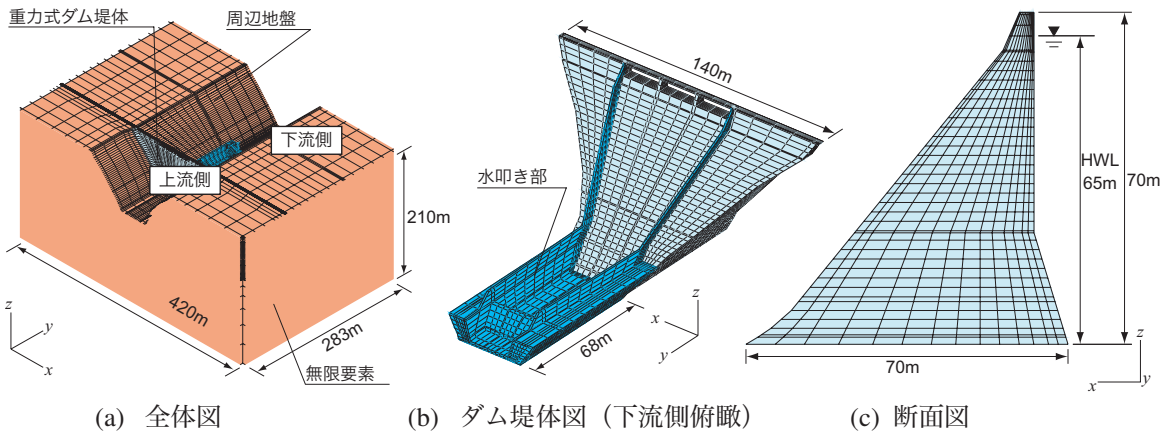


図-1 要素分割状況

キーワード：重力式ダム、地震時挙動特性、有限要素法、地震応答解析

連絡先：〒050-8585 室蘭工業大学大学院 工学研究科 くらし環境系領域 TEL 0143-46-5226 FAX 0143-46-5227

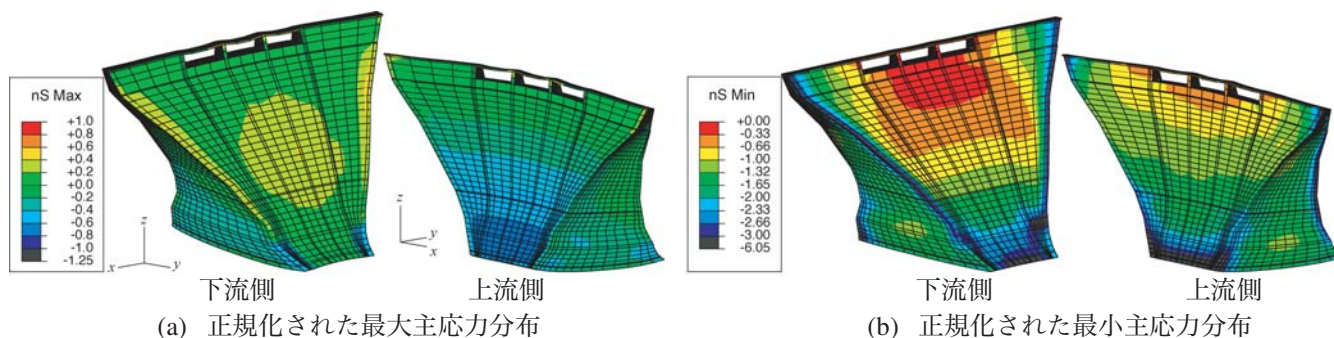


図-5 満水時における応力分布図(変形倍率:1,000倍)

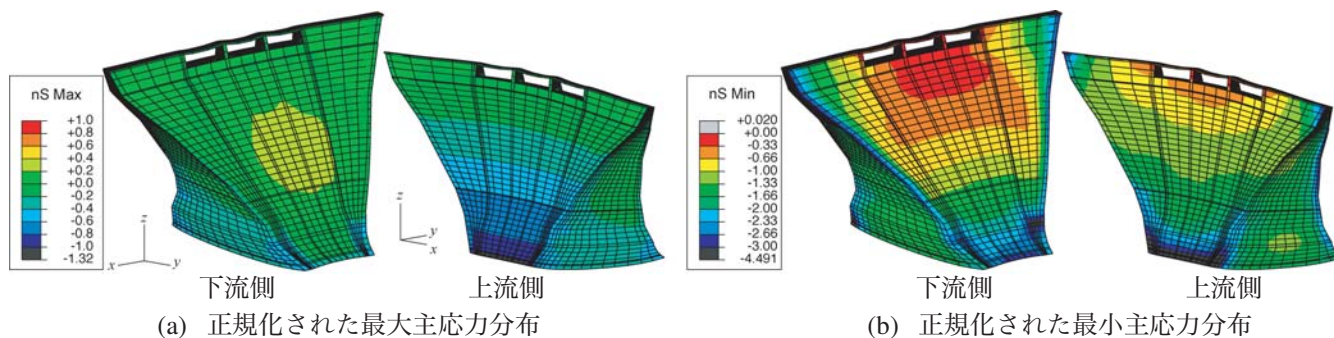


図-6 最大応答変位時における応力分布図(変形倍率:1,000倍)

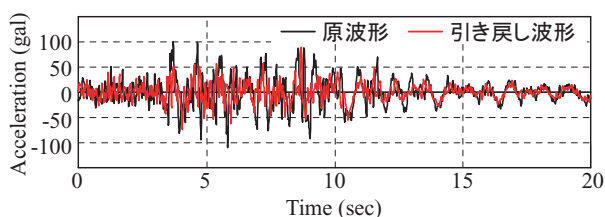


図-3 入力波形

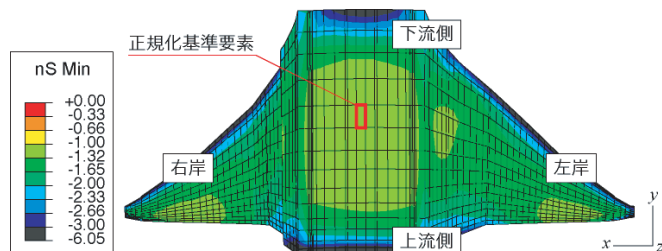


図-4 正規化基準要素位置図(底面)

流方向成分が卓越する最低時の固有振動数($f = 3.90$ Hz)に対して5%の質量比例型減衰を設定した。

3.2 入力地震波形

入力地震波形に関しては、100 gal に振幅調整された人工地震波が、堤体底部にて観測されるように岩盤基部まで引き戻しを行っている。本解析では、岩盤底部に上下流方向に限定して地震波形を入力し、直接積分法による時刻歴応答解析を行った。なお、積分間隔は1/100秒と設定し、地震波形入力時間を20秒間としている。図-3には、引き戻し前後の人工地震波形を示している。

4. 数値解析結果

図-4には、満水時における静的解析結果より得られた

堤体底面の最小主応力分布図を示している。ここでは、ダム堤体に発生する応力分布の把握を目的として、各解析より得られた応力分布を図中の堤体底部要素に発生している最小主応力で正規化し検討を行うこととした。

図-5には、満水時におけるダム堤体の正規化された主応力分布図を変形倍率を1,000倍にして示している。主応力分布図に着目すると、堤体下流側中央部を中心として引張応力が、上流側底部を中心として圧縮応力が発生していることが分かる。

図-6には、静的荷重を考慮し、最大振幅を100 gal に振幅調整した地震波形を入力した場合において、最大応答変位発生時の各応力分布図を示している。なお、図は動的解析結果と静的解析結果を重ね合わせた合応力に関する分布図である。

応力分布に着目すると、静的解析結果と比較して、堤体下流側の引張応力発生域は縮小化しており、上流側底部に発生している圧縮応力も4.49程度に減少していることが分かる。このことは、本解析対象である重力式ダムの場合には、動的応答解析時に発生する応力は静的解析結果と比較して非常に小さいことを意味している。

5. まとめ

- 1) 地震波入力による動的応答解析より、ダム堤体内に発生する応力は、常時満水時における応力と比較して非常に小さいことが明らかになった。
- 2) 地震時における重力式ダムの発生応力状態を把握することができた。