対称性および非対称性を有するアーチダムの地震時挙動評価

熊本大学大学院	学生会員	○秋永裕貴
熊本大学大学院	正会員	松田泰治
株式会社構造計画研究所	正会員	遠藤洋平

#### 1. はじめに

我が国のコンクリートアーチダムは、ダム設計基準に 基づき、震度法により設計されているが、兵庫県南部地 震等、これまでの大規模地震による被害報告がないこと から、十分な耐震性を有していると考えられる.しかし ながら、建設後 50 年近く経過するダムも多く、今後も長 期間供用するためには、より合理的な耐震性能照査が必 要である.アーチダムの耐震性照査に関する既往検討で は、個別ダム毎での耐震性照査が実施されているものの、 堤体の形状が耐震性に及ぼす影響に関して整理された研 究は非常に少ない.

本研究では、既存のアーチダムをモデル化したものを 非対称モデルと定義し、この非対称モデルから右対称モ デルと左対称モデルの2つの対称モデルを作成する.こ れら3つのモデルにおいて、堤体形状が地震時挙動に与 える影響について述べる.

# 2 解析モデル

# 2.1 非対称モデル

非対称モデルは円筒型コンクリートアーチダムを対象 として、精密に作製した解析モデルを用いた. 図-1 に示 すように、非対称モデルはダム - 岩盤 - 貯水連成系の三 次元モデルであり、堤高は110m、堤頂長は341mである. 岩盤は堤体底部から下方に110m、堤体天端岩着部から左 右岸方向に110mおよび上下流方向に430mの領域を解析 領域として考慮した. 要素分割は線形弾性体の8節点6 面体ソリッド要素を用い、堤体は鉛直ジョイント間を均 等2分割、厚さ方向に均等5分割している. 解析に用い た物性値は表-1 に示す.



## 表-1 解析に用いた物性値

	ヤング率	単位体積重量	ポマソント
	$[N/mm^2]$	$[kN/m^3]$	ホノノン応
堤体	44100	23.95	0.167
岩盤	19600	25.50	0.200
ゲート部	441	1.71	0.167

## 2.2 対称モデルの構築

非対称モデルの左右岸中央断面を対称面として折り返 すことで、右対称モデルと左対称モデルを構築する. 図 -2に各対称モデルの平面図を示す.物性値については非 対称モデルと同様のものとする.



#### 3 荷重条件

外的荷重としては堤体自重,静水圧,動水圧および揚 圧力を作用させた.静水圧および揚圧力については節点 力として作用させた.また,貯水の動水圧による影響は Zanger の式に基づく付加質量により考慮した.

#### 4 常時挙動解析

各モデルに対し、空虚時(貯水位 0.0m) および満水位 時(貯水位 107.0m) における常時挙動解析を実施した. 非対称モデルにおける両水位での堤体天端の上下流方向 変位を図-3 に示す.満水位時は、堤体上流面に作用する 静水圧に起因した下流側への変形が確認される.一方、 静水圧の作用していない空虚時では堤体自重による上流 側への変形が確認された.対称モデルにおいても、同様 の傾向を確認することができた.また、空虚時では右岸 側から4分の1の点で最大変位が確認される.これは堤 体の非対称性に起因するものだと考えられる.対称モデ ルでは、満水位時および空虚時において左右対称なグラ フとなることが確認された.

キーワード アーチダム,ダム - 岩盤 - 貯水連成系三次元モデル,堤体対称性・非対称性
連絡先 〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪2丁目39番1号



## 5 レベル2地震動による時刻歴応答解析

常時挙動解析結果を初期状態として各モデルに対して 時刻歴応答解析を実施した.貯水位は満水時とした.入 力地震動にいついては,当該ダム地点において検討され たレベル2地震動の加速度波形を用いており,入力方向 は上下流方向とした.また,入力地震動の最大加速度は 339gal である.

## 5.1 下流側最大変形時の応力分布

各モデルの下流側最大変形時の上流面表層の主応力分 布と各モデル間の関係性を図-4に示す.図-4より,右対 称モデルには非対称モデル右岸側の応力分布の特徴が表 れ,左対称モデルには非対称モデル左岸側の応力分布の 特徴が表れることが確認された.同様の傾向は,下流面 表層においても確認することができた.このように,非 対称モデルの応力分布は,対称モデルの応力分布と概ね 一致しており,満水位時では堤体形状の非対称性が地震 時の応力状態へ及ぼす影響は小さいことが推測される.



#### 5.2 堤体天端の応答

**図-4**に示す非対称モデルの堤体天端中央部(A 点)お よび右岸側から4分の1の点(B 点)の上下流方向加速 度の時刻歴応答のフーリエスペクトルを**図-5**に示す.**図** -5より,フーリエスペクトルの卓越振動数はA点では 3.3Hz および 5.4Hz, B 点では 5.4Hz と分かる.また,事 前に実施した固有値解析結果より満水位時における非対 称モデルの対称 1 次モードおよび対称 2 次モードの固有 振動数は 3.37Hz, 5.56Hz ということが確認されている. このことより,上下流方向の地震動に対して,満水位時 における堤体天端中央部では対称 1 次モードおよび対称 2 次モードが励起され,右岸側から 4 分の 1 の点では主 に対称 2 次モードが励起されることが確認された.



## 6 おわりに

本検討では、非対称モデルより対称モデルを構築し、 堤体の非対性および対称性が地震時挙動に及ぼす影響に ついての検討を行った.その結果、非対称モデルと対称 モデルの応力分布は概ね一致しており、満水位時では堤 体形状が堤体の応力状態へ与える影響は小さいと考えら れる.また、堤体天端中央部では対称1次モードおよび 対称2次モードが励起され、右岸側より4分の1の点で は対称2次モードが励起されることが確認された.

今後は、鉛直ジョイント部における非線形性の考慮し た一連の解析を行うとともに、貯水位の違いによる堤体 状態の変化を検討することが課題だと考えられえる.