

I - B 522

アーチダムの動的挙動に与えるジョイント部の構造非線形性の影響

電力中央研究所 会員 西内達雄

電力中央研究所 会員 豊田幸宏

1. はじめに

既設ダムでは竣工後の経過年数の長いものが多くなり、ダムの健全性や耐震安全性を評価する技術の確立が望まれている。従来からダムの設計では簡易な手法が用いられ、健全度診断においては経験的な知見に基づいて判断がなされており、ダム全体としての実際の健全性を把握することが困難であった。しかし、最近の計算機や解析技術の高度化に伴い、ダムの状態を忠実に模擬し解析できる状況になってきた。本報告は、当所まで進めてきたコンクリートダムの総合的な健全度・耐震性能評価手法の開発に関する研究のうち、アーチダムのジョイント部の構造非線形性をモデル化した非線形時刻歴

応答解析により、アーチダムの変形挙動やジョイント部で生じる離接、剥離挙動、堤体に発生する応力等に関して、線形時刻歴応答解析結果との比較の観点で考察をしたものである。

2. 解析概要

解析対象としたダムは、図-1に示す堤高133mのアーチダムである。周辺岩盤のモデル化領域の設定に際し、上下流方向に500m、1000mの2ケース、左右岸方向に1000m、2000mの2ケースを考慮した弾性応答解析を実施し、境界領域が堤体挙動にどの程度影響を与えるかを調査した。その結果、最大応答値で10%以下の差しか認められなかった。このため、非線形解析に対する計算機能力等を考慮して、上下流方向500×左右岸方向1000mの領域とした。鉛直方向のモデル領域は、堤体左右岸側方の地山部および堤体底から360m下方を地震波入力基盤とした。解析コードはABAQUSを使用した。

ジョイント部のモデル化は図-2に示す通り、

剥離とすべりの状態判定は既報[1]のアーチダム常時挙動解析で用いたせん断すべり破壊基準を適用し、すべり方向の履歴特性はノーマルバイリニア型とした。また、剥離方向は、軸ひずみが正でノーション、負で弾性体とする離接の非線形性を考慮した。解析で用いた物性値は表-1に示す。

キーワード：アーチダム、ジョイント部、動的解析、構造非線形性

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646、電話 0471-82-1181、FAX 0471-83-2962

※堤体は厚さ5層分割

(表層各1m、内部3等分割)

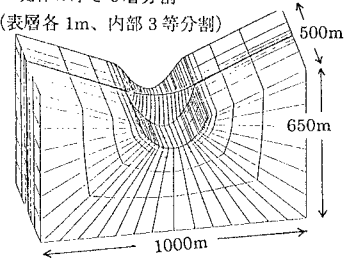


図-1 解析に用いた要素分割

表-1 解析に用いた動的物性

	動弾性係数(Mpa)	動ポアソン比	単位体積重量(N/m³)	減衰定数(%)
コンクリート	32363	0.2	22540	1次(h ₁)2%、2次(h ₂)3%
ジョイント	8826	0.2	22540	同上
岩盤	7355	0.2	25960	—

※ 動弾性係数は静弾性係数の1割増と考えた。減衰はレーリー減衰。

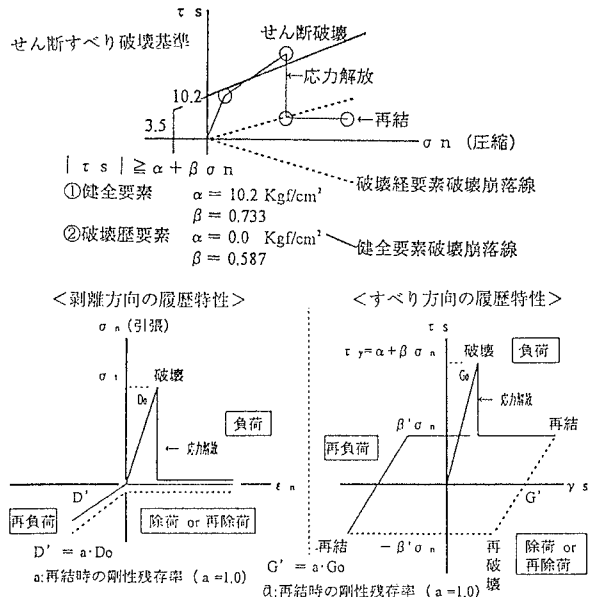


図-2 ジョイント部のモデル化

入力地震動はエルセントロ基盤 NS 波（最大加速度 341gal）を用い、入力方向は堤体上下流方向とした。

3. 堤体の動的変形挙動

夏期および冬期の堤体最大変形時の中央断面上下流方向変位を図-3 に示す。堤体が上流側へ変形する際には、線形解析と非線形解析（ジョイント部のモデル化有無）の差が大きく現れているが、堤体が下流側へ変形する際には、差は小さいことがわかる。これは、堤体の下流側変形時は、堤体全体に圧縮力（アーチ推力）が作用する方向であり、逆に、堤体の上流側変形時は、堤体ブロックが互いに動きやすくなる方向であるためと考えられる。

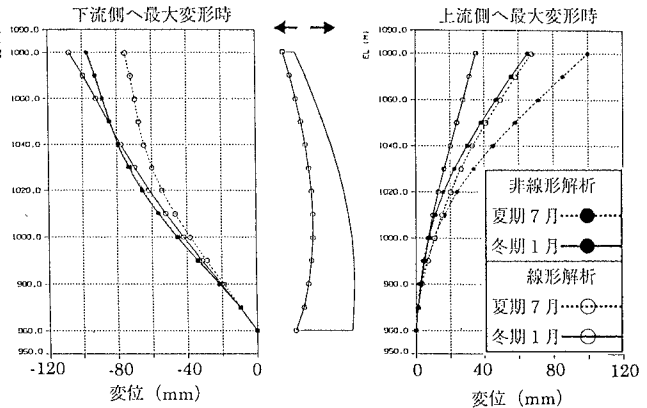


図-2 最大変位時の中央断面上下流方向変位

4. ジョイント部の状態とコンクリートのひびわれ

線形解析と非線形解析との差が最も大きい時間断面である、冬期上流側最大変形時にジョイント部で生じている状態変化を図-4 に示す。下流面近傍のジョイント部は高さ方向に広範囲に剥離を生じており、上流面近傍のジョイント部は堤体中段部より高標高の位置に置いて、広範囲に剥離を生じている。全体的に、ジョイント部での剥離挙動が支配的となっている。

このような堤体変形挙動やジョイント部の離接挙動の差に起因して、線形解析と非線形解析とでは堤体コンクリートに発生する応力度の大きさと作用方向が異なる結果が得られている。コンクリートの引張応力 2.45Mpa と仮定した場合の冬期上流側最大変形時の下流面ひびわれ推測結果を図-5 に示す。非線形解析では、堤体下段部より高標高のジョイント部が広範囲にわたって剥離、すべりを生じていることにより、堤体中央部を中心として、水平方向のひびわれが卓越して生じている。線形解析では、堤体が連続体であることに起因して、ひびわれは堤体中央部を除いた左右岸部に、鉛直方向のひびわれが卓越して生じている。なお、これらのひびわれは、冬期の温度応力と地震力との複合作用によるものと考えられるが、夏期には全く発生しない結果となった。

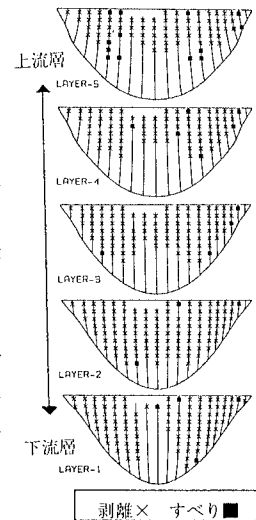


図-3 冬期・上流側最大変位時ジョイント部の状態

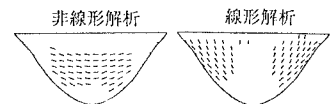


図-4 冬期・上流側最大変位時のコンクリートのひびわれ

5. まとめ

ジョイント部の構造非線形性をモデル化したアーチダムの動的解析を実施し、動的変形時のジョイント部での離接挙動を明らかにした。また、堤体の変形モードや堤体コンクリートへのひびわれ発生の可能性に関して、ジョイント部のモデル化の有無による影響を把握できた。今後は、実ダムでの観測データの充実により、モデル化の妥当性を検証すると共に、より高精度なモデルへと改良を加える予定である。

参考文献

- [1] 西内他：ジョイント部の非線形挙動を考慮したアーチダムの三次元有限要素解析手法の開発、コンクリート工学年次論文報告集 Vol.19、1997.6