

(株)東京電力 正会員 鈴木 隆
 埼玉大学 工学部 正会員 渡辺啓行

〈目的〉

国産エネルギーの主力である水力エネルギーは、その安定した供給力が高く評価され、さらに、長期的観点からの経済性、地域社会への経済効果などからもその開発の重要性が再認識され、今後とも着実な水力開発が推進されることになっている。このような状況の中、耐震性・経済性に優れたフィルダムは、重要なダム形式の一つとして今後も数多く建設されると考えられる。これまで我が国で建設されたフィルダムの多くは中央土質遮水壁型ダムである。しかし、この中央土質遮水壁型ダムは、コア材に適した材料が周辺から採取できない場合、建設が困難となる場合がある。これに対して、ダムの上流側の表面をコンクリートやアスファルトの膜で覆うことにより遮水する表面遮水壁型ダムでは、このような問題点がないばかりか、施工及び経費の面で有利な場合もある。しかし、地震時の挙動に未解明の点も多く、特に表面遮水壁型ダムの地震時の安定性を評価する上で重要な要素となる表面遮水壁とダム堤体との接続面における地震時の挙動(滑り及び剝離)には未解明の点が多く残されており、詳細な検討はなされていないのが現状である。そこで本研究では、コンクリート表面遮水壁型ダムを対象に3次元動的挙動を解明するため、2次元ジョイント要素の理論を拡張した3次元ジョイント要素を導入し、表面遮水壁とダム堤体との接続面の滑り及び剝離を考慮した地震応答解析手法を開発し、表面遮水壁型ダムの地震時の安定性の検討を行った。

〈解析方法〉

図-1に示すような表面遮水壁型ダムに対して、ダム堤体をアイソパラメトリック要素、表面遮水壁を平面シェル要素で離散化し、その接続面に図-3に示すような8節点の3次元ジョイント要素を導入して、この部分で発生するであろう滑りや剝離を考慮した。まず本研究で新たに導入したこの3次元ジョイント要素の妥当性を検証するため、図-1に示すモデルを図-2に示すように2次元で離散化し、固有値解析を行い、3次元解析の結果との比較を行った。2次元解析ではダム堤体を通常の三角形平面ひずみ要素、表面遮水壁を梁要素で離散化し、その接続面に2次元ジョイント要素を導入した。

次に表面遮水壁型ダムの地震時の安定性の検討を行うため、まず正弦波入力によりジョイント要素の非線形性を考慮した1次共振状態での地震応答解析を行った。この際、滑りや剝離がどのくらいで発生するのかを調べるため、入力加速度振幅として100, 200, 300, 400galの4つのケースを考えた。さらに最大加速度を300galに補正したElcentro波を入力し、実地震波に対する表面遮水壁型ダムの地震時の安定性の検討も行った。なお、正弦波及び実地震波ともx方向の水平加振としている。

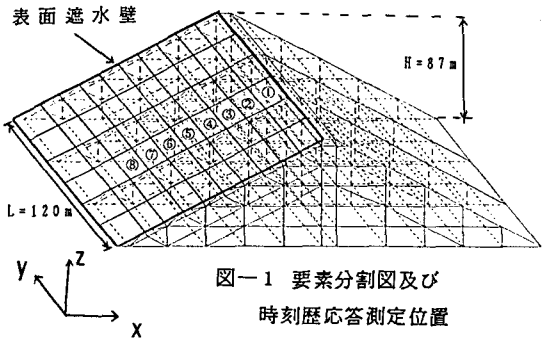


図-1 要素分割図及び時刻歴応答測定位置

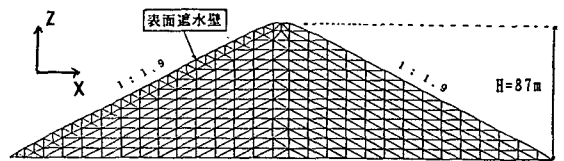


図-2 要素分割図(2次元解析用)

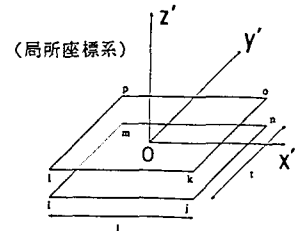


図-3 3次元ジョイント要素

(解析結果及び考察)

1) 表-1は、3次元固有値解析及び2次元固有値解析による1次~3次の固有振動数の計算結果を比較したものである。この表より両者の値に差異は認められない。このことより、本研究で導入した3次元ジョイント要素の妥当性を検証することができた。

2) 図-4は、正弦波入力に対するジョイント要素のせん断・垂直応力の時刻歴応答を表している。図-4(a)より加速度振幅300galの正弦波入力に対して、剝離は発生していないことがわかる。一般に正弦波入力による応答加速度と同程度の応答加速度を実地震波により発生させるには、実地震波の最大加速度を正弦波の加速度振幅の2倍程度にしなければならないということが知られている。このような考察より、

実際に起こり得る地震に対して表面遮水壁型ダムの剝離に対する地震時の安定性は十分に確保されているということが出来る。同様に滑りに対する検討を行うと、図-4(b)より、加速度振幅200galの正弦波に対してすでに滑りが発生していることがわかる。この滑りの発生は、表面遮水壁が一体の板となっていることに起因していると考えられる。すなわち、表面遮水壁の変形が板としての変形に拘束されて、ダム堤体の変形に追従できないために滑りが発生するのではないかと考えられる。

3) 図-5より、実地震波に対する表面遮水壁型ダムの剝離に対する安定性を確認することができた。これに対して、滑りは実地震波に対しても発生することがわかった。

(結論)

本研究により、表面遮水壁型ダムの剝離に対する地震時の安定性は十分に確保されているということがわかった。これに対して、滑りは比較的小規模の地震に対しても発生することがわかった。本研究では、この滑りの発生を軽減させるため継目の入った表面遮水壁を提案し、今後その効果を検討してゆく考えである。

表-1 固有振動数の比較

(Hz)

	1次固有振動数	2次固有振動数	3次固有振動数
2次元解析	1.58	2.38	2.83
3次元解析	1.60	2.39	2.84

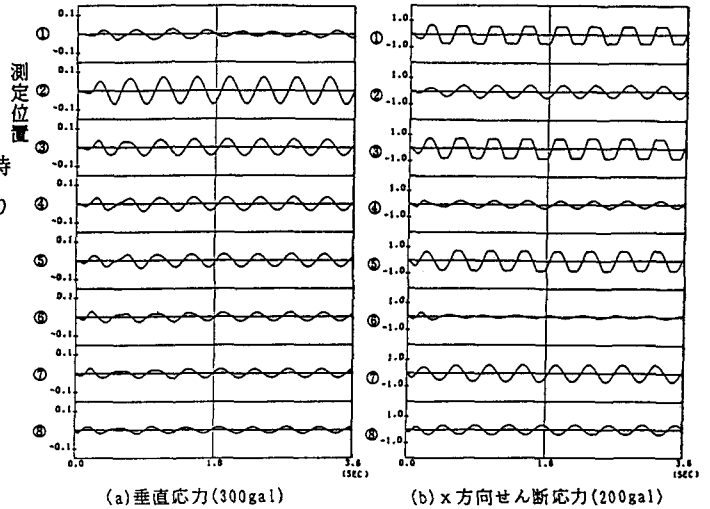


図-4 ジョイント要素のせん断・垂直応力の時刻歴応答(kg/cm²)

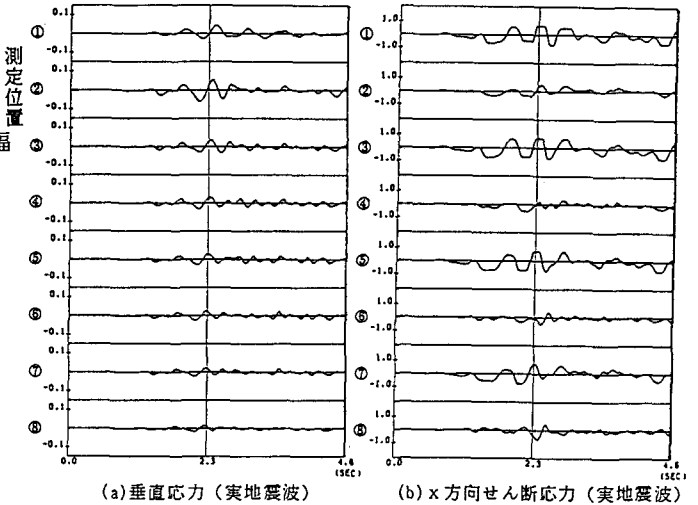


図-5 ジョイント要素のせん断・垂直応力の時刻歴応答(kg/cm²)