

コンクリートダムの動的応答解析

○日本大学理工学部土木工学科
 日本大学大学院理工学研究科
 日本大学理工学部土木工学科

正 会 員 小林義和
 後藤健二
 正 会 員 塩尻弘雄

1. 目的

ダムの地震時挙動には、岩盤や貯水池との相互作用及び堤体のクラックの発生と進展が重要な影響を与える。ダムの解析的検討に当っては有限要素法が用いられることが多いが、貯水部分については、粘性を無視し速度ポテンシャルや動水圧を未知変数とする Euler 要素、あるいは、変位を未知数とする Lagrange 要素が用いられる。前者は自由度が小さく効率的で、後者の自由度は増加するが、通常の有限要素コードに組み合わせやすく、粘性も扱える。ここでは両者の検討結果を踏まえ、ダム、地盤、貯水部の相互作用について検討する。また、動的挙動とひび割れ進展の関連について検討する。

2. 解析方法

①貯水部の解析

ダムの貯水(図1)を想定し、剛なダムが正弦振動するものとし、ダムの壁に作用する水圧を有限要素法で解析し、理論値*1)と比較する。要素は四角形線形内挿関数要素を用いる。

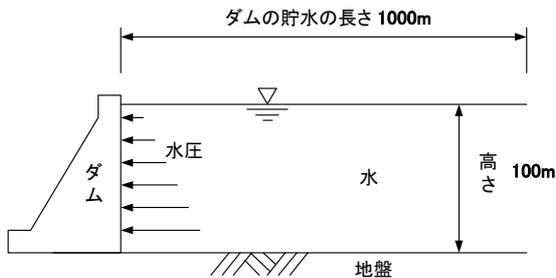


図1 ダムの構造

以下のパラメータについて比較する。

i)メッシュの設定

要素数を固定して図2のような境界面付近を細かくしたものを MESH1、比較的均等なものを MESH2とする。2種類用い以下の項目について比較する。

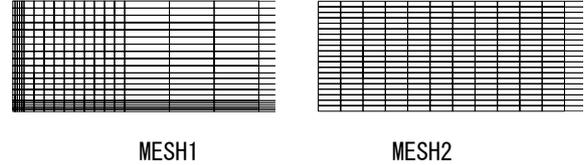


図2 メッシュの設定

ii) Lagrange 要素と Euler 要素

Lagrange 要素については、選択低減積分、完全積分の場合、及び Euler 要素(完全積分)を使用し比較する。

②ダム解析

図3のようにモデルを想定しダム周辺は有限要素法、外部はエネルギー逸散を考慮できる差分法を用いて組合せる。貯水部の有無、クラック発生条件の有無、地盤の剛性を変化させ、地震波を入力した時の振動特性を検討する。

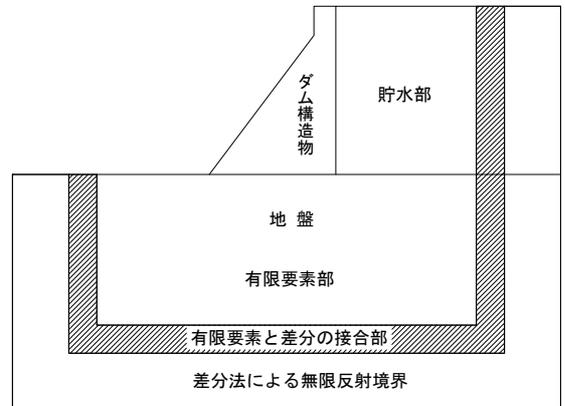


図3 ダム構造

i) 差分法

広い岩盤領域や貯水領域を考慮するため、無限の領域を有限領域に写像する座標変換差分法を用いる*1)。地盤内の各点での水平変位と鉛直変位の方程式を速度形で表し、さらに5変数の一階系に変換後、写像を行って Lax-Wendroff 法を適用し、無限遠への波動逸散を表現する。

ii) コンクリートのクラック解析*2)

キーワード: Euler 要素、粘性、ひび割れ、相互作用、有限要素法、差分法

連絡先 : 日本大学理工学部

(〒101-8303 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 TEL/FAX:03-3259-0876)

物体内にひび割れが生じれば、幾何学的に不連続が生じるとともに、ひび割れ面に接した応力は開放される。そこで、ある要素内の任意のガウス点応力が発生条件に達すればクラックの候補と考え開放されるエネルギーがク

ラック進展に要するエネルギーを上回れば、クラックが発生・進展したと考え、この要素と最も隣接した要素との間に分離面を設ける。ひび割れ発生後の要素間の開閉は、ジョイント要素を挿入して行う。

3. 解析結果

①貯水部の解析

振動数 2Hz 時における、Euler 要素の結果を図4に、積分法の異なる Lagrange 要素の結果を図5に、粘性を考慮した Lagrange 要素の結果を図6に示す。

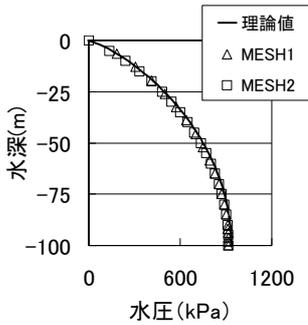


図 4 Euler 要素の水圧分布

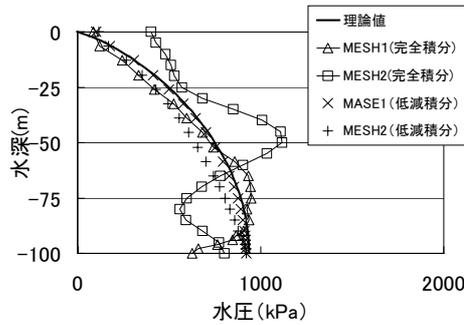


図 5 Lagrange 要素の水圧分布

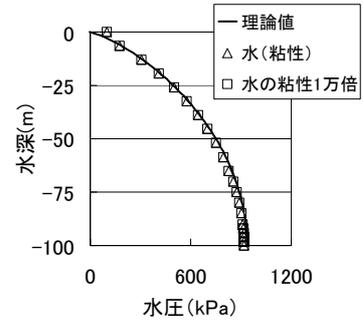


図 6 Lagrange 要素の粘性の違いによる水圧分布

粘性はほとんど影響しない。Lagrange 要素を用いる場合、選択低減積分を行って境界付近を細かくメッシュ分割する必要があるが、Euler 要素では比較的粗いメッシュでも良好な結果が得られる。

②ダム解析

地震波を入力した場合のダム構造物の上端加速度を、貯水部のある場合を図7に、貯水が無い場合を図8に、コンクリートのクラックを考慮した場合を図9に示す。ただし、クラックを生じさせるため、入力は他のケースの 205 倍となっている。

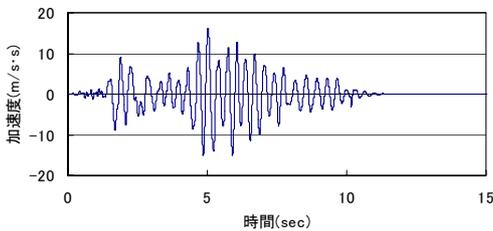


図 7 貯水部考慮なしの加速度

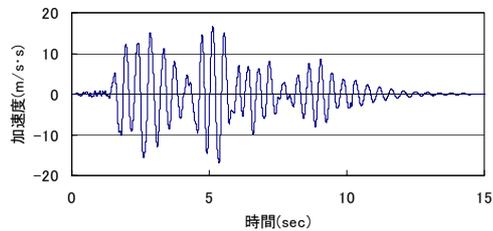


図 8 貯水部考慮の加速度

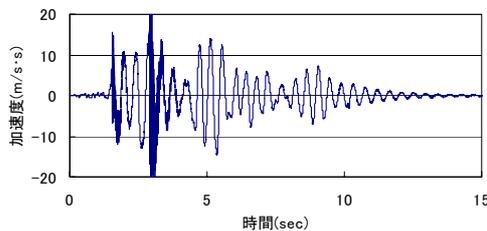


図 9 貯水部考慮、クラック考慮の加速度

貯水との相互作用により低振動成分が増加する。また、クラック進展により衝撃的応答が発生している。

4. まとめ

貯水・地盤との相互作用、及びクラック発生を考慮できるコンクリートダム地震応答解析法を開発し、ケーススタディにより影響を示した。

5. 参考文献

- *1) 塩尻弘雄:水と地盤との相互作用を考慮した構造物の地震応答解析法の研究、電力中央研究所報告、昭和 62 年
- *2) 色部誠:重力ダムの温度ひび割れ解析、個人的通信、1997 年