

ダムピアにおける非線形解析モデルの違いが地震時挙動に及ぼす影響

関西電力株式会社 正会員 松岡 賢樹  
株式会社ニュージェック 正会員 ○澤根 正佳  
株式会社ニュージェック 非会員 中西 泰之

1. 背景および目的

ダムピアは、一般的な鉄筋コンクリート構造物（以下、RC 構造物という）と異なり、鉄筋比の低い土木構造物である。低鉄筋比の RC 構造物では、ひび割れ曲げ耐力が降伏曲げ耐力より大きくなるため、ひび割れ発生後に耐力が急激に低下する挙動を示す。また、建設年次の古い RC 構造物では丸鋼が用いられていることがあり、丸鋼の場合、鉄筋とコンクリート間の付着強度が小さく、大規模地震時には鉄筋とコンクリートの間にすべりが生じる可能性がある。

本検討では、丸鋼を用いた低鉄筋比の RC 構造物である既設ダムピアを対象に、複数の非線形解析モデルを作成し地震応答解析を行い、非線形解析モデルの違いが応答性状に与える影響を確認した。

2. 解析条件

2.1 モデル化概要

対象ダムピアおよび解析モデルを図-1に、解析モデルに設定する材料物性値を表-1に示す。

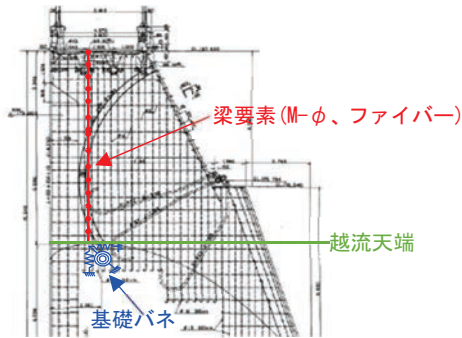


図-1 対象ダムピアおよび解析モデル

表-1 材料物性値  
(a) 鉄筋

|    | 径         | 降伏強度<br>$\sigma_y(\text{N/mm}^2)$ | 引張鉄筋比<br>$P(\%)$ | ピッチ<br>$d(\text{mm})$ |
|----|-----------|-----------------------------------|------------------|-----------------------|
| 鉄筋 | $\phi 16$ | 235                               | 0.085            | 200                   |

(b) コンクリート

|        | 単位体積重量<br>$\gamma(\text{kN/m}^3)$ | 圧縮強度<br>$\sigma_{ck}(\text{N/mm}^2)$ | 引張強度<br>$\sigma_{ct}(\text{N/mm}^2)$ |
|--------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| コンクリート | 23.83                             | 37.167                               | 3.727                                |

キーワード ダムピア、低鉄筋比、丸鋼、履歴特性、地震応答解析  
連絡先 〒531-0074 大阪府大阪市北区本庄東二丁目3番20号  
株式会社ニュージェック TEL06-6374-4718

解析モデルは、ダムピアの越流天端より上部を梁要素でモデル化し、下端は堤体の影響を考慮するために、道路橋示方書で示される固有周期算出用バネを設定した。

2.2 M-φモデルおよびファイバーモデル

解析モデルは、M-φモデルおよびファイバーモデルでモデル化した。

M-φモデルの履歴特性には、RC 構造物の地震応答解析によく用いられる武田モデル<sup>1)</sup>（図-2）を適用した。また、丸鋼のすべりによる影響を、降伏後の鉄筋における付着性状の劣化による低荷重でのスリップ現象と見なし武田スリップモデル<sup>2)</sup>（図-3）を適用した。なお、対象ダムピアは、ひび割れ曲げモーメントに対して降伏曲げモーメントが小さくなるため、M-φ曲線の勾配が負となる。この場合、解析が不安定になることが多いため、履歴特性は大規模地震に対するダム耐震性能照査(案)を参考に、ひび割れ曲げモーメントを無視した M-φ 曲線とした。

ファイバーモデルは、断面を複数の要素に分割し、各要素に材料の非線形特性を設定するモデルである。軸力変動や二軸曲げの影響を再現することが可能であるため、M-φモデルとの比較として適用した。

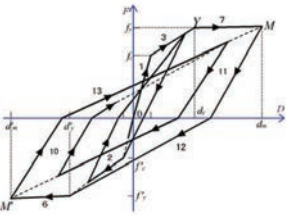


図-2 武田モデルにおける履歴特性の概念図<sup>1)</sup>

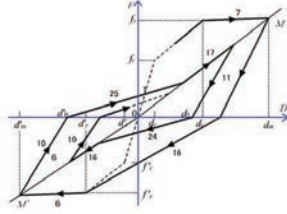


図-3 武田スリップモデルにおける履歴特性の概念図<sup>2)</sup>

## 2.3 入力地震動

入力地震動は、照査用下限スペクトル適合波を基本とし、位相特性には兵庫県南部地震時の一庫ダムにおける観測波形を用いた。ダムピアに入力する地震動の大きさによる影響に着目するため、加速度応答スペクトル全体を定数倍して、大きさの異なる入力地震動（500cm/s<sup>2</sup>、600cm/s<sup>2</sup>、700cm/s<sup>2</sup>、850cm/s<sup>2</sup>、1000cm/s<sup>2</sup>の計5ケース）を作成し解析を行った。

## 3. 解析結果

ダムピア天端の時刻歴応答変位を図-4に、ダムピア基部の曲率-曲げモーメント関係を図-5に、各解析モデルの入力地震動の大きさとダムピア天端での最大応答変位の関係を図-6に示す。

武田モデルと武田スリップモデルを比較した結果、入力地震動の小さいケースでは、発生曲率および最大応答変位ともに武田スリップモデルが若干大きな値を示すものの、入力地震動の大きいケースでは、発生曲率および最大応答変位ともに両モデル同程度の値を示した。

ファイバーモデルでは、700cm/s<sup>2</sup>を越えるとダムピア天端の最大応答変位が急激に増加する結果となった。これは、コンクリートのひび割れ曲げモーメントを考慮しているため、より大きな入力地震動においても線形的な挙動を示す結果となったと考えられる。

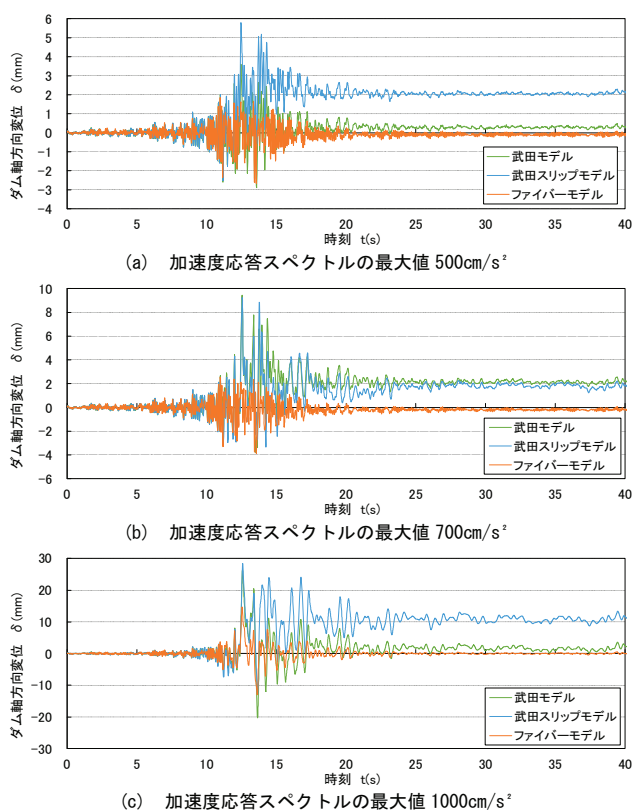


図-4 ダムピア天端の時刻歴応答変位

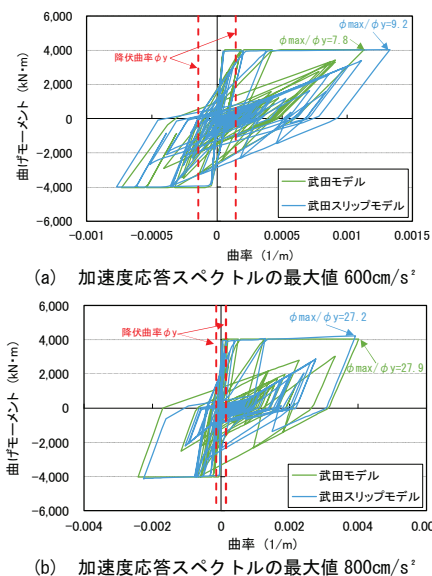


図-5 ダムピア基部の曲率-曲げモーメント関係

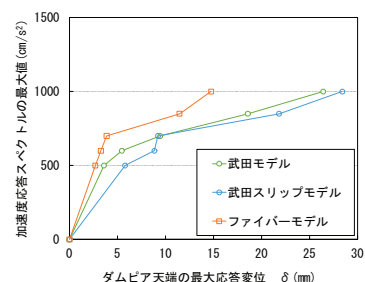


図-6 入力地震動の大きさとダムピア天端変位関係

## 4. 結論

丸鋼を用いた低鉄筋比の RC 構造物であるダムピアを対象に地震応答解析を行い、非線形解析モデルの違いが応答性状に与える影響を確認した。

武田スリップモデルでは武田モデルと比較して、入力地震動が小さい場合には塑性化が進行し、入力地震動が大きい場合には両モデルの塑性化の程度は概ね同程度となった。よって、各モデルの履歴特性の違いは、入力地震動が小さい場合に若干異なるものの大きな差異はないと考えられる。また、コンクリートのひび割れ強度を考慮したファイバーモデルでは武田モデルと比較し、大きな入力地震動まで線形的な挙動を示した。よって、低鉄筋比の RC 構造物を対象とした地震応答解析では、コンクリートのひび割れ強度は応答性状に与える影響があると考えられる。

## 参考文献

- 1) 武田寿一：鉄筋コンクリート建物の動的計算, 公益社団法人 日本コンクリート工学会, 1974 年
- 2) 江戸宏彰：鉄筋コンクリート構造物の弾塑性地震応答フレーム解析, 日本建築学会, 昭和 52 年