

I-B520

既設コンクリート重力式ダムの実地震時応答の再現解析

電源開発株式会社 フェロー ○有賀 義明  
(株) 開発計算センター 曹 増延

1. はじめに

コンクリート重力式ダムの耐震性を動的解析法により評価しようとする場合、堤体に発生する地震時の引張応力や引張ひずみは、ダムの動弾性係数や減衰定数の設定によって大きく変動する。したがって、動的解析法によるダムの耐震性評価法の信頼性、精度向上を計るためには、ダムの動的反変特性を正しく把握・解明することが必要不可欠である。既設ダムの地震観測で得られる実地震動データは、ダムの耐震性の実証データになるとともに、逆解析的にダムの動的反変特性を同定するための貴重なデータとなる。筆者らは、ダムー貯水池ー基礎岩盤連成系の三次元動的解析プログラム“UNIVERSE”を開発し、既設ダムの実地震動観測記録に基づいて、その実用性、有効性を検証した。ここでは、既設コンクリート重力式ダムの実地震時応答の再現解析の一事例について報告する。

2. 実地震時応答再現解析

(1) 解析対象としたコンクリート重力式ダム

1956年に建設された高さ76m、堤頂長293 m、堤体積46万 $\text{m}^3$ のコンクリート重力式ダムを解析対象とした。ダム基礎には厚さ10~20mの安山岩が分布し堅硬ではあるが不規則な亀裂が多い。安山岩の下位には、軟質な凝灰質砂岩頁岩互層が分布する。解析対象ダム正面図および代表断面を図-1および図-2に示す。

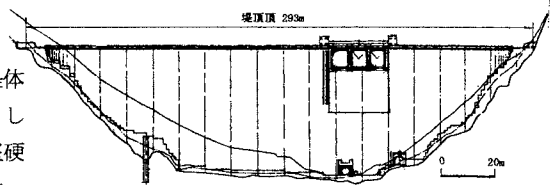


図-1 解析対象ダムの正面（下流側）

(2) 解析対象とした地震事象

1993年1月15日に発生した釧路沖地震を解析対象とした。この地震では、ダム底部監査廊で最大28gal、ダム天端で最大77galの加速度が記録された。ダム底部監査廊およびダム天端で記録された観測地震動は図-4および図-5に示すとおりである。

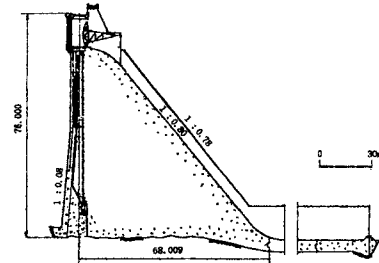


図-2 解析対象ダムの標準断面（越流部）

(3) 三次元FEMモデル

再現解析に用いたダムー貯水池ー基礎岩盤連成系三次元FEMモデルを図-3に示す。ダムと基礎岩盤は8節点ソリッド要素で、貯水池は差分グリッドでモデル化した。側方境界は粘性境界、下方境界は剛基盤とした。貯水に関しては、付加質量でモデル化した場合と貯水無しの場合（空虚時）の比較解析も行った。

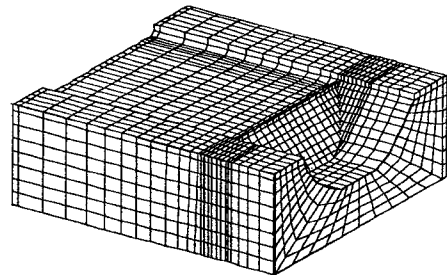


図-3 解析に用いた三次元FEMモデル

(4) 監査廊の観測地震動に基づいて

入力基盤地震動を作成する方法

ダム底部監査廊で記録された地震動には、ダムと基礎岩盤の動的相互作用の影響が既に含まれていると考え

キーワード：コンクリート重力式ダム、地震観測、三次元動的解析、貯水池連成モデル、動的せん断剛性、

連絡先：☎253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎1-9-88 Tel:0476-87-1211, Fax:0476-82-4003

られ、ダム底部監査廊の観測地震動をそのまま下方入力基盤から入射しても、あるいは開放基盤表面で定義された地震動の場合に慣用的に適用される重複反射理論に基づく一次元引き戻し計算をしても、ダム底部監査廊位置で観測された地震動を再現することはできない。ダム底部監査廊での観測地震動を再現するための方法として、三次元FEM解析モデルのダム底部監査廊位置と下方入力基盤との伝達関数を用いて、3成分の観測地震動をそれぞれ個別に下方入力基盤地震動に変換した。なお、動的解析の入力地震動は3成分の地震動を3方向同時入力とした。

#### （5）解析用物性値（逆解析的に評価された物性値）

解析に使用した物性値は表－1に示すとおりである。表－1の値は、ダム天端中央の実地震時の応答が再現されるように逆解析的に評価したダムおよび基礎岩盤の動的変形特性の値でもある。

#### （6）三次元動的解析結果

ダム天端中央の上下流方向成分の実地震観測結果を図－5および図－6に示す。ダム－貯水池－基礎岩盤連成三次元動的解析結果を図－7および図－8に示す。ダム天端の最大加速度は観測値77gal、解析値80gal、固有振動数は観測値5.4Hz、解析値5.3Hzであり、実地震時の応答をほぼ再現することができた。

#### 3. まとめ

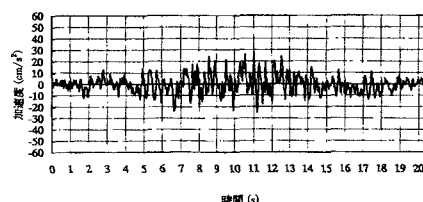
①再現解析から逆解析的に評価したダムの動的せん断弾性係数は11,032(N/mm<sup>2</sup>)、減衰定数は5%であった。②貯水池のモデル化については、貯水池連成解析モデルが最も良い再現性を示した。③付加質量モデルは固有振動数を模擬的に再現することはできるが、貯水池とダムとの地震時の動的相互作用を正しく再現するのは難しい。④解析プログラム“UNIVERSE”はダムダム－貯水池－基礎岩盤連成系の三次元動的解析に大変有効である。

#### 4. あとがき

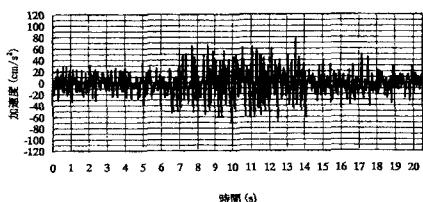
ここで紹介した事例の地震動レベルはダム天端で約80galであり、ひずみレベルは小さい。非常に大きな地震動に遭遇した場合のダムの耐震性を照査するためには、ダムコンクリートの地震時変形特性、地震時の引張強度、地震時の破壊ひずみの解明、更には、亀裂発生・進展様式、亀裂発生後の応力・ひずみ状態、残留強度等の解明が必要であり、今後、振動実験や数値解析により調査研究を深めたいと考えている。

表－1 解析用物性値

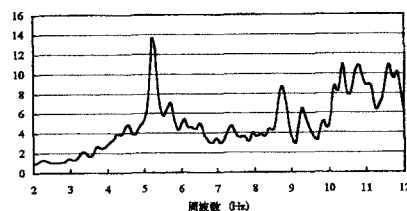
| 物 性                           | ダ ム    | 基礎岩盤  |
|-------------------------------|--------|-------|
| 密 度 (t/m <sup>3</sup> )       | 2.40   | 2.60  |
| 動的せん断弾性係数(N/mm <sup>2</sup> ) | 11,032 | 9,380 |
| 動ポアソン比                        | 0.20   | 0.20  |
| 減衰定数 (%)                      | 5      | 5     |



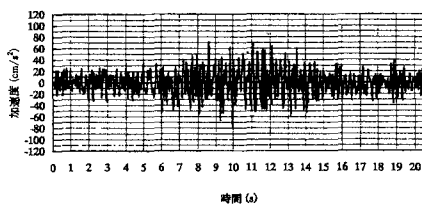
図－4 ダム底部監査廊での実地震動（上下流方向）



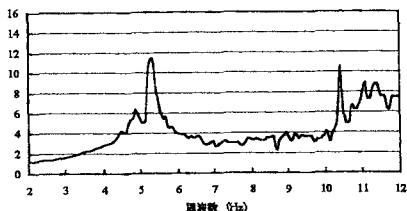
図－5 ダム天端で観測された実地震動（上下流方向）



図－6 実地震動のスペクトル比  
(ダム天端／ダム底部監査廊)



図－7 ダム－貯水池－基礎岩盤連成三次元解析結果  
(ダム天端の上下流方向の加速度時刻歴)



図－8 ダム－貯水池－基礎岩盤連成三次元解析結果  
(スペクトル比：ダム天端／ダム底部監査廊)