

強震時にみられる重力式コンクリートダム地震応答特性の可逆的変動について

東京工業大学 学生会員 ○片桐信幸
 東京工業大学 正会員 大町達夫
 東京工業大学 正会員 井上修作

1. 目的

近年、強い地震動を受けたダムの記録が多く得られている。一方、幸いなことに、我が国に建設されているダムに関しては、重大な被害の報告はされていない。しかし、ダムについてもより合理的な耐震設計が要望され、地震時にダム堤体と貯水との相互作用を考慮する必要性が指摘されている。そこで、本研究では、ダムの合理的な耐震設計に少しでも貢献することを目標に、2003年宮城県沖の地震の際に得られた強震記録から、地震時動水圧が重力式コンクリートダムの振動特性に及ぼす影響について検討し、シミュレーションを用いて動水圧がダムの振動特性に及ぼす効果を評価する。

2. 2003年宮城県沖の地震と田瀬ダムの概要

2003年5月26日18時24分頃に発生した宮城県沖の地震は、北緯38度49.0分、東経141度39.2分、深さ71kmを震源としており、気象庁マグニチュードは7.1であった。東北6県において負傷者174人、住宅被害2366棟（2003年7月2日時点）が報告されている。2003年宮城県沖の地震に際して、岩手県東和町に位置する田瀬ダムでは震度5強の揺れを受け、図2に示す2つの強震計で、ダム下部の監査廊において232gal（上下流方向）、天端において1024gal（上下流方向）の大きな最大加速度が観測された。田瀬ダムの震源距離はおよそ100kmで、地震発生時の貯水位はEL202.33mであった。この地震により田瀬ダムでは天端照明器具に変状が見られ、下流面監査廊出口部分において堤体断面に至らない亀裂が認められた。しかし、これらはいずれも堤体の安全性に影響を与えるものではなかった。

3. 田瀬ダムの振動特性

最大加速度と振動特性の関係を調べるために、図3のように、宮城県沖の地震のデータを、加速度の大きさがほぼ一定になるような、時間間隔約10秒の①～④の4つのセグメントに区切り、それぞれの下部に対する上部の増幅率を描いた。このとき、①～④の各区間では、貯水位の違いは無視することができる。その上下流方向の応答倍率を図4に示す。この図ではそれぞれの曲線にピークが見られ、そのピーク周期に



図1 田瀬ダムと震央位置

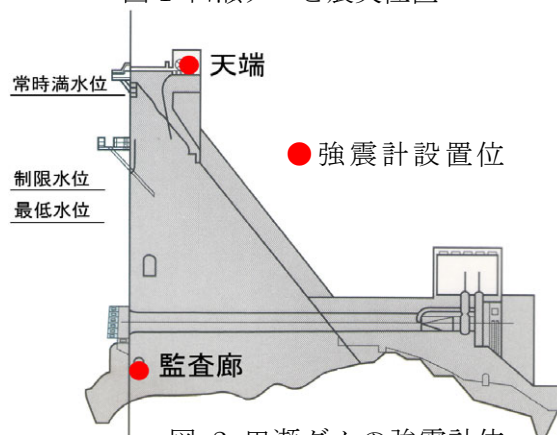


図2 田瀬ダムの強震計位

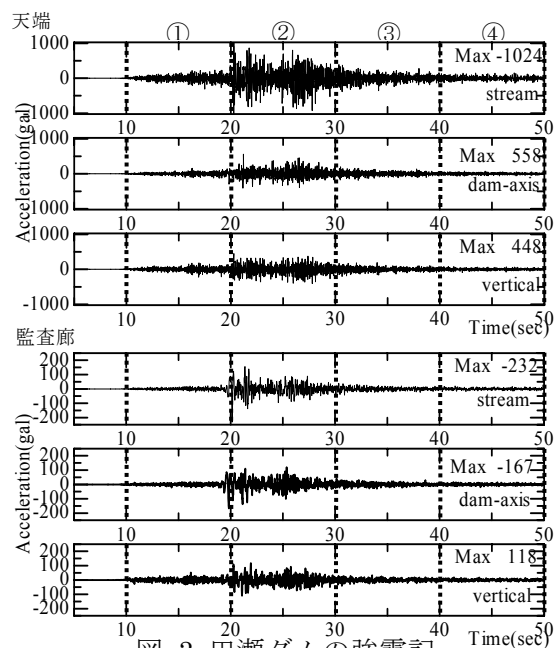


図3 田瀬ダムの強震記

キーワード ダム、振動特性、地震時動水圧、FE-BE 手法

連絡先 〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 東京工業大学大町研究室 TEL 045-924-5605

は若干の違いがある。このときの下部最大加速度と 1 次ピーク周期の関係を示したのが図 5 である。この図を見ると、下部での加速度が増加すると 1 次ピーク周期が長くなる傾向が見られる。また、ダム の 1 次ピーク周期は地震開始のときから一旦長くなり、地震動が最も大きいときに最も長くなり、最後に短くなっている。

以上の入力地震動によるピーク周期の変動は、ダムにクラックが入っていないこと、上下流方向のみでこの現象が明瞭なことを考えると、貯水の動水圧による効果であろうと推測される。

4. 地震応答シミュレーション

FE-BE 手法を用いた動的解析によってダム・貯水系の地震応答シミュレーションを行った。図 6 に示すように解析対象には堤高 100m の重力式コンクリートダムを用いる。ここで、静的な荷重は自重と静水圧のみを考慮した。また、下部監査廊の位置はダム上流面から 6m、基礎から 12m とした。動水圧は水深と入力加速度の影響を受けることが指摘されているので、本解析では水深を変化させた場合と、入力加速度を変化させた場合とで解析を行った。

15m～90m までの 15m おきの水深を用いて解析を行ったときの水深と 1 次ピーク周期の関係を図 7 に示す。ここでは、水深が深いほどピーク周期が長くなり、また、深い水深ほどその変化率が大きい傾向が見られた。

次に、10gal と 100gal のパルス波を入力した結果、振動特性の変化は見られなかった。この原因は、定式化の段階で簡略化のために、動水圧と加速度を線形関係で近似しているためではないかと推測される。

5. まとめ

田瀬ダムにおいて、振動周期が変動する現象が見られた。これは現在のところ、動水圧の影響であろうと考えられるが、他のダムでの現象を確認し、より多くの実例を示すことが必要だと思われる。また、シミュレーションでは入力加速度の大小による振動周期の変化を評価することはできなかった。動水圧に関する定式化の条件などについて、更なる検討を行うことが必要だと考えられる。

参考文献

- ・ 国土技術政策総合研究所・独立行政法人土木研究所：2003 年 5 月 26 日宮城県沖の地震に伴う調査報告、平成 15 年 6 月 30 日。

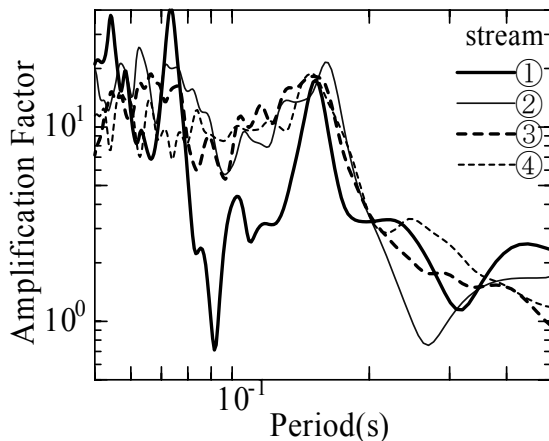


図 4 各時間セグメントの増幅率

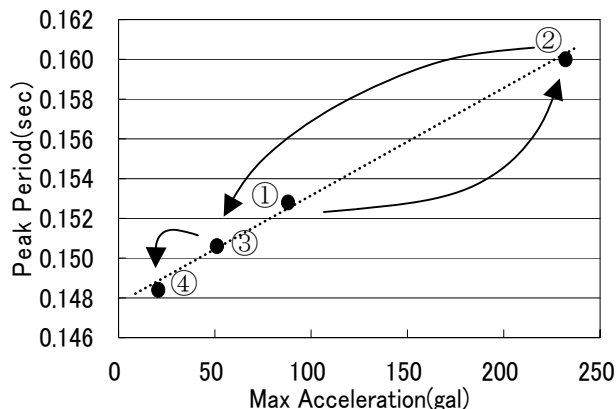


図 5 下部最大加速度とピーク周期の関係

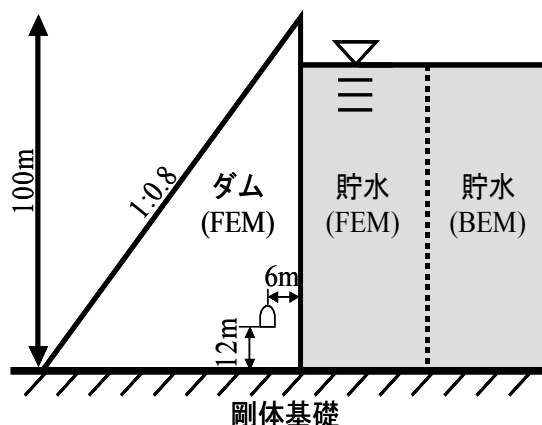


図 6 解析モデル

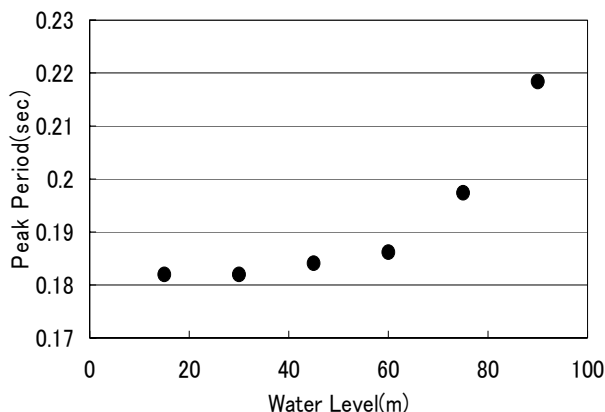


図 7 水深とピーク周期の関係