

# 震災による崩壊から復旧した藤沼ダムの 2021 年福島県沖地震における 安全性の確認について

福島県 農林水産部 鈴木 秀一郎 ○渡辺 健  
福島県 県中農林事務所 渡邊浩樹  
(株)複合技術研究所 デュッティン アントワン  
NTCコンサルタンツ(株) 東北支社 三浦 亨

## I. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震で決壊した藤沼ダムは、強地震動に対しても健全性を維持できるという要求性能を保証し、同規模の地震に対しても再度災害を防止するため、設計と施工の両面での技術的な課題を克服して再構築された。復旧後に経験した 2021 年福島県沖地震を対象とした再現解析にて、設計と施工の妥当性、及び安全・安心なダムの復旧が実現されていることが確認できたことから、本稿ではこの解析結果について紹介する。

## II. 2021 年 2 月福島県沖地震の概要

2021 年 2 月 13 日午後 11 時 7 分、福島県沖の深さ約 55 km で M7.3 の地震が発生した。東北地方沖を震源とする地震で震度 6 弱以上を観測したのは、2011 年 4 月 7 日の宮城県沖の地震以来約 10 年ぶりであった。この地震は藤沼ダムに設置している地震計の計測によると、本堤基礎にて震度 4.9、上下流方向の加速度 102gal、本堤天端にて震度 5.3、上下流方向の加速度 299gal が計測され、ダム復旧運用後に経験した地震動として最も大きなものであった。

## III. 再現解析結果

この地震によるダムの挙動は、設計に用いた詳細ニューマーク D 法と準静的非線形 FEM による再現解析を実施した。再現解析では、ダム基礎地盤に設置されている地震計の実観測記録と一致するような入力波を解析モデル下部に与え（波形引き戻し）、ダム天端地点での地震

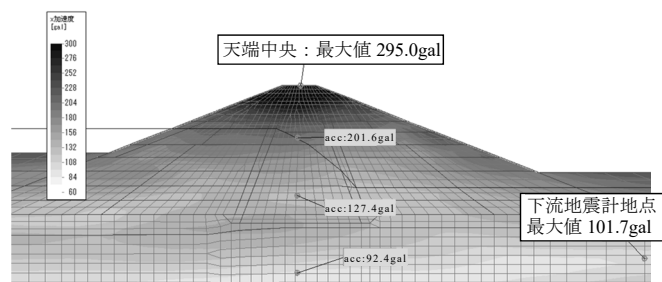


図-1 再現解析結果（最大水平応答加速度分布）

震応答解析結果と実観測記録の比較を行った。解析による最大水平応答加速度（上下流方向）の分布を図-1 に示す。ダム天端地点での最大加速度は 295gal が得られ、実測記録値の 299gal とほぼ等しい結果が得られている。

ダム天端地点での時刻歴波形及びその加速度応答スペクトルとフーリエスペクトルを図-7～8 に示す。堤体天端中央での解析による水平加速度と観測波を比較すると、加速度時刻歴、最大加速度と応答加速度スペクトルはよく一致している。フーリエスペクトルで比較しても、解析と実測での加速度振幅の周波数依存性と最大振幅の生じる周波数は、よく一致している。さらに、この地震応答解析結果を用いた詳細ニューマーク D 法による円弧すべり解析の結果を表-2 及び図-9 に示す。本地震に対して、表に示すように堤体上下流

側の円弧すべりに面で発揮される強度の低下（図中の降伏加速度の低下）は微小であり、すべりが発生しない（変位量=0）結果であり、地震中にそれぞれの円弧すべりに対して高い安全率  $F_s$  が一貫して維持されたことが確認できる。

表-2 詳細ニューマーク D 法解析結果一覧

解析ケース*	堤体底面最大加速度 (gal)	土塊すべりの最大応答加速度 (gal)	初期降伏加速度 (gal)	最終降伏加速度 (gal)	回転変位量 (mm)	沈下量 (cm)	備考**
C1	143.6	167.4	559.5	558.8	0	0	$F_s=2.410$
C2	143.6	238.4	1,172.1	1,171.0	0	0	$F_s=2.869$
D1	143.6	165.8	640.7	640.7	0	0	$F_s=2.218$
D2	143.6	217.8	665.2	665.2	0	0	$F_s=1.802$

\*：円弧ケース C2,D2 は中部や上部盛土内に試行すべり円弧を限定した。円弧ケース D2 は下流側の中部や上部盛土内に不飽和領域が比較的大きいため、低下しない排水強度  $c, \phi'$  を用いた（従来法）。

\*\*：地震中の最小安全率

藤沼ダムは L2 地震動によって堤体が崩壊し、復旧にあたっては「再度災害」の完全な回避を目標として、2011年東北地方太平洋沖地震と同じレベルの地震動を受けても十分な健全性を維持できることを要求性能としている。以上のように、2021年福島県沖地震による再現解析によって、設計と施工の妥当性、及び安全・安心なダムの復旧が実現されていることを、一定の範囲ではあるが確認することができた。

## VI. おわりに

藤沼ダムの復旧では、詳細な調査と解析の両面から旧堤体の崩壊メカニズムを解明した上で、新たな堤体の設計では同様の解析手法を用いて強地震動に対する安定性を確認し、施工によってこれを確実に実現している。これに加えて建設後に経験した比較的大きな震度6弱の地震を対象として、堤体挙動観測と解析の両面から安全性の評価を実施した。このようなダムの事例は他に無いことから、本ダムでの一連の設計施工の考え方とその実証的な取り組みは、今後のダム耐震性能確保の面で貴重な教訓となっていると評価している。

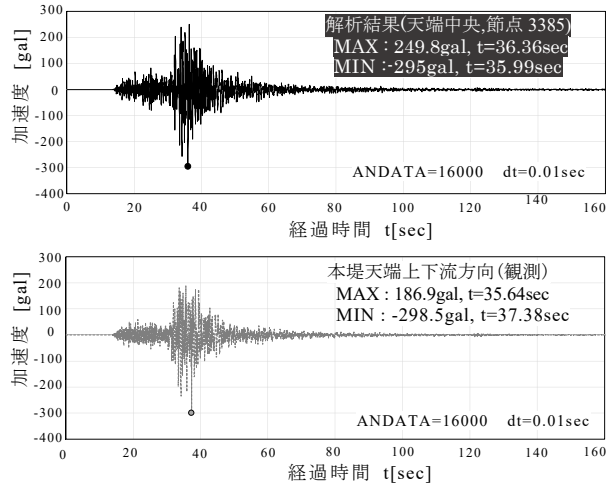


図-7 堤頂での加速度時刻歴波形比較

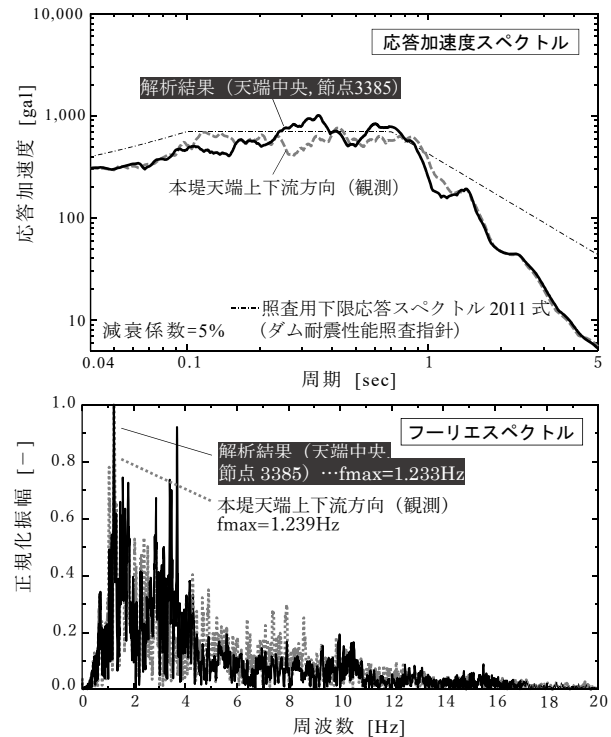


図-8 堤頂での応答加速度スペクトル及びフーリエスペクトルの比較

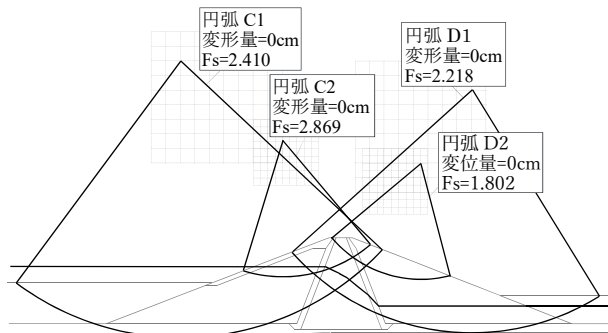


図-9 詳細ニューマーク D 法解析結果（上下流側円弧）