



## レベル 2 地震動に対するダムの耐震性能

大 町 達 夫\*

近年、日本国内だけでも数年に1度は、大ダムに被害を及ぼす地震が発生している。決壊のような致命的被害ではないが、修復や緊急対応が必要とされる被害であり、被災の状況や原因を調べてみると、根底にある各ダムに特有の事情やダム技術としての共通課題が浮き上がってくる。たとえば、次のような事例である。

2000年鳥取県西部地震（マグニチュード7.3、以下M7.3と略記）では、重力式コンクリートダムの堤頂から上流側にせり出したゲート操作室の床梁に亀裂が入り補助ゲートの操作に支障が出た。通常、ダム全体としては水平方向の地震応答が卓越するが、一部には鉛直方向の地震応答が卓越する構造部分があり、それを見落とすとこのような被害が発生する。

2004年新潟県中越地震（M6.8）では、ゾーン型フィルダムの上流側法面に多数の噴砂跡が出現した。それは、水平ドレーンの上流側出口を堆泥が閉塞しドレーン機能を阻害していたのが主因と推察された。ダムが長年供用されているうちに創出された想定外の不利な状況が地震被害で露呈した事例であり、ドレーン機能の健全性のように各ダムに特有の設計条件や安全要件が、日常の点検項目から漏れていた結果が招いた被害と言える。このダムでは地震による斜面崩壊やすべりは発生しなかったが、いわゆる揺すり込みによって堤頂にはダム高の約2%に達する異例の大沈下も生じた。フィルダムの地震時沈下を算定する手法は幾つかあるが、現在実用されている手法では桁違いに少ない沈下量しか算定されないことが多く、早急に高精度な算定手法の開発と実用化が必要と痛感された。

さらに2008年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震（M7.2）では、ロックフィルダムの上流域で土量6,780万 $\text{m}^3$ に及ぶ大規模地すべりが発生した。そのうち約300万 $\text{m}^3$ は貯水池内にあり、崩壊土砂の一部が貯水池に進入したため貯水位が2.4m急上昇したが、堤体の越流は免れた。7月1日からの洪水期制限水位に備え、ダムの貯水位を常時満水位より低下させていたことも幸いしたと思われる。2005年に米国セントルイス市近郊で、過剰揚水による越流で決壊したタムソークダムの事故場面が思い出される地震災害であった。

ところで、これらの被害を及ぼした地震は、いずれも各ダムの近傍で発生した直下地震であった。しかも既知の活断層を震源とする地震ではなく、地下に伏在する断層による地震であった。近い将来に発生が危惧されている南海・東南海地震のような巨大地震以外にも、このような直下地震が今後も日本中で再発する可能性があることを我々は肝に銘じておく必要がある。

上記の直下地震では、地震動の強さとダムの地震応答特性にも注目が集まった。鳥取県西部地震ではコンクリートダムの底部監査廊で531gal、堤頂ではではその4倍近い2,051galの

\* (財)ダム技術センター 理事長

最大加速度が観測されたが、ダム本体の損傷は特に認められなかった。一方、岩手・宮城内陸地震では、ロックフィルダムの監査廊での最大加速度は1,024galに達したが、堤頂では525galと堤頂の約半分に低減していた。一見すると奇異な地震応答性状ではあるが、観測記録を詳細に分析してみると室内実験では周知とされる土質材料の非線形動的特性が実ダムで観測されたに過ぎないことが判明した。つまり、ダムを構成する土質材料はせん断ひずみが0.01%を超えると軟化するが、強大な入力地震動でこのダムのひずみは0.1%を超え剛性が激減した。それに伴って固有周期が延伸し、ちょうど長周期化した免震構造物のように強震動が上方まで伝わらなかったのがあった。今までに、ロックフィルダムが耐震性能に優れていることはよく知られていたが、このようなメカニズムは明らかでなかった。

わが国では、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）」が2005年3月に国土交通省河川局から通達され、現在、全国的に試行されている。本指針（案）では、各ダム地点で現在から将来にわたって考えられる最大級の強さの地震動、すなわちレベル2地震動に対してダムの耐震性能を照査することが求められている。同指針（案）では、レベル2地震動に対して、ダムは貯水機能を維持すること、換言すれば制御できない貯水の流出が生じないことが要求されている。したがって性能照査すべき対象は、ダム本体に限らず洪水吐や放流施設などの付帯施設まで含まれるが、付帯施設の耐震性能はこれまで照査事例が少なく、解析のモデル作成から結果の判断まで解決すべき課題も少なくない。

レベル2地震動に対する耐震性能照査は、1995年阪神淡路大震災以降、日本中で広く展開されている新技術である。同様な技術は、すでに北米・中国など諸外国でも多用され耐震分野における世界的趨勢となっている。日本のダム技術者の強みは、国全体で進むべき方向が明示されていること、地震被害事例や地震観測データが身近にあり解決すべき課題が明確になっていることなどである。これらの強みを活かして、耐震設計や耐震補強の分野は日本のお家芸として国際競争力を一層高めて欲しいと願うものである。