

材料配置によるフィルダム天端耐震強度変化の解析

1. 目的

地震時におけるフィルダム堤頂部のクラック発生メカニズムの解明を目的として解析を行った。堤体横断面に対する有限要素法を用いた固有値解析によって、堤体の持つ特性としてのクラック発生要因を特定しようとした。ここに、固有モードは特定の倍率を持たないため、一般に固有モードに対応する応力値を定めることはできない。本研究では、刺激係数による具体的倍率の定置の検討を経たうえで、応答変位法を適用することによって、各次固有モード寄与応力値を算定し、天端付近においてクラック発生要因となる引張応力集中を生み出す固有モードを特定した。

2. 手法

質量行列を M とし、 M -正規化された i 次固有ベクトルに対して、その各々の具体的重みに相当する一般化座標を用いることで各次固有モードを計算し、その変位に対応する応力の値を定めた。算出された固有ベクトルにおける各成分間の比に対して、 i 次固有モードの加速度応答スペクトル S_{ai} を使い、応答変位法を用いることにより一般化座標を得た。ここで、注目すべきクラック発生要因として、各次固有モードの変位に対応する水平方向垂直応力を求めたうえで、引張にのみ注目してその絶対値の分布を確認した。なお、応力値の評価においては、自重による応力の影響も確認した。

3. 結果

各次固有モードの寄与による応力のレベルを調べたところ、 $S_{ai} = 100 \text{ Gal}$ の時、水平加振、鉛直加振のいずれにおいても自重による応力に大きく及ばなかった。 $S_{ai} = 1,000 \text{ Gal}$ の時、水平加振の 1 次において自重に匹敵する応力が見られ、水平加振の 4 次、鉛直加振の 2 次、6 次、8 次、9 次において自重の数分の 1 となった。

応力分布を調べたところ、 $S_{ai} = 100 \text{ Gal}$ の場合、特段の応力集中は見られなかった。水平加振 $S_{ai} = 1,000 \text{ Gal}$ の時、1 次固有モードにおいて強い引張応力が広く分布した。しかし、自重による圧縮応力と足し合わせると、引張応力が打ち消され、堤頂付近のフィルタゾーンに強い引張応力が局所的に見られた。4 次固有モードにおいては、引張応力が 1 次より小さくなり、鉛直加振 $S_{ai} = 1,000 \text{ Gal}$ の時は、水平加振と比較して、特段の応力発達は見られなかった。

フィルタゾーンとコアゾーンの物性値の差から応力集中が生じると考えたため、コア、フィルタ、トランジションの各ゾーンの物性値を変化させた仮想ケースと比較したところ、水平加振、鉛直加振のいずれにおいても、応力集中がすべて取り除かれた。

4. 議論

ここで解析対象としたダムにおいては、水平加振を受けた際の 1 次固有モードが天端クラックの発生要因であり、被災しうる加速度応答スペクトルは 100 Gal より大きく、 $1,000 \text{ Gal}$ となるとまず確実であるといえる。また、この要因はゾーンごとの物性値の差が生んでいるものと考えられる。