

堤体の有無が応答解析における基盤の伝達特性に及ぼす影響

農研機構 農村工学研究部門 正会員 ○林田 洋一
 農研機構 農村工学研究部門 増川 晋
 農研機構 農村工学研究部門 正会員 田頭 秀和

1. 目的

わが国では、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震、平成28年(2016年)熊本地震等の大規模地震が頻発している。このような中、近代的な設計および施工方法により築造されたダムにおいて地震時に壊滅的な被害が発生した事例は現在まで報告されていない。しかしながら、近年の地震に対する社会の関心の高まりを受け、既設ダムにおいてもその健全性の評価と併せ、大規模地震に対する安全性について一定の評価を行う耐震性能照査が実施されている。耐震性能照査では、その一環として有限要素法を用いた地震応答解析が実施される。地震応答解析の結果から有益な情報を収集し耐震性能照査に活用するためには、ダムを対象とした地震応答解析に関する基礎的な知見の蓄積が不可欠だと考える。

そこで本研究では、地震応答解析において堤体が基盤の伝達特性に与える影響について基盤のモデル化領域の設定範囲および材料特性の違いに着目し検証を行ったので報告する。

2. 数値解析条件

検証にあたっては、基盤のモデル化領域を変化させた4つのモデルを設定した。図-1に各モデルの有限要素メッシュを示す。設定した重力式コンクリートダムの堤高は59.3m、堤敷幅は56.6mである。各モデルの基盤部の幅は512.0mとし、堤敷幅の約9倍と広く設定している。一方、基盤の深さはModel 1で36.0m、Model 2で72.0m、Model 3で168.0m、Model 4で568.0mとした。要素分割は、堤体では要素の各辺が2m、基盤では堤体周辺部から離れるにつれ2m、4m、8mとなるようメッシュサイズの設定を行った。

堤体の材料物性は、弾性係数 $E: 28,000,000 \text{ kN/m}^2$ 、ポアソン比 $\nu: 0.20$ 、単位体積重量 $\gamma: 23.0 \text{ kN/m}^3$ とした。基盤には、A～B級、CH級、CM級の岩盤を想定した3つの材料物性を設定し、比較検証を行うこととした。

キーワード 重力式コンクリートダム、応答解析、基盤の伝達特性、堤体の影響

連絡先 〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6

基盤の材料物性として、A～B級相当は $E: 38,270,000 \text{ kN/m}^2$ 、 $\nu: 0.20$ 、 $\gamma: 23.0 \text{ kN/m}^3$ 、CH級相当は $E: 22,530,000 \text{ kN/m}^2$ 、 $\nu: 0.20$ 、 $\gamma: 23.0 \text{ kN/m}^3$ 、CM級相当は $E: 5,102,000 \text{ kN/m}^2$ 、 $\nu: 0.25$ 、 $\gamma: 20.0 \text{ kN/m}^3$ とした。減衰には、レイリー減衰を用い、堤体、基礎ともに2%の減衰とした。

解析に用いた入力波の加速度時刻歴とフーリエスペクトルを図-2に示す。図-2に示す波形は、平成16年(2004年)新潟県中越地震においてダムサイトで観測された加速度時刻歴波形をもとに、フーリエスペクトルが0.03～20 Hzの帯域で等しい値となるよう、振幅調整を行ったものである。入力波の最大振幅(絶対値)は 4.35 m/s^2 で継続時間は40.96 sである。また、入力波の0.03～20 Hzにおけるフーリエスペクトル値の平均は $829 \text{ m/s}^2 \cdot \text{s}$ である。

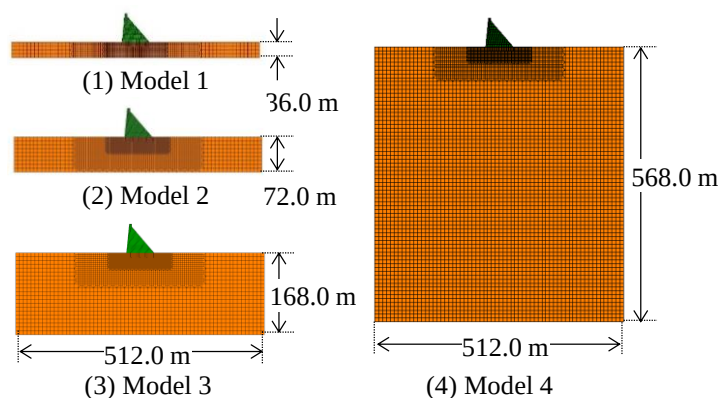


図-1 設定モデルの有限要素メッシュ

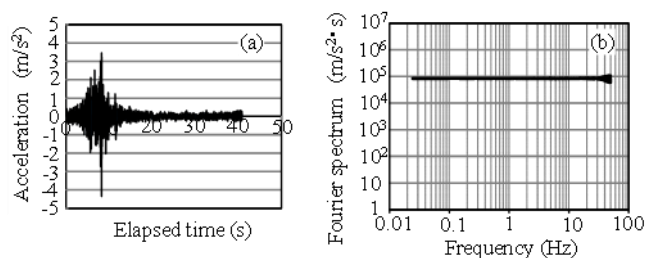


図-2 入力波形

a) 加速度時刻歴、b) フーリエスペクトル

農研機構 農村工学研究部門 Tel: 029(838)7571

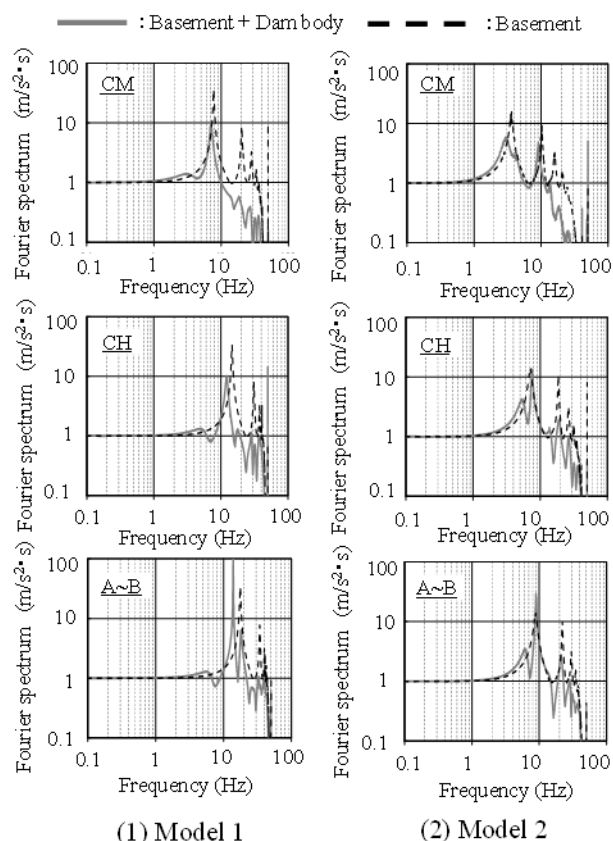


図-3 堤体による基盤のフーリエスペクトル比の変化
(Model 1、Model 2)

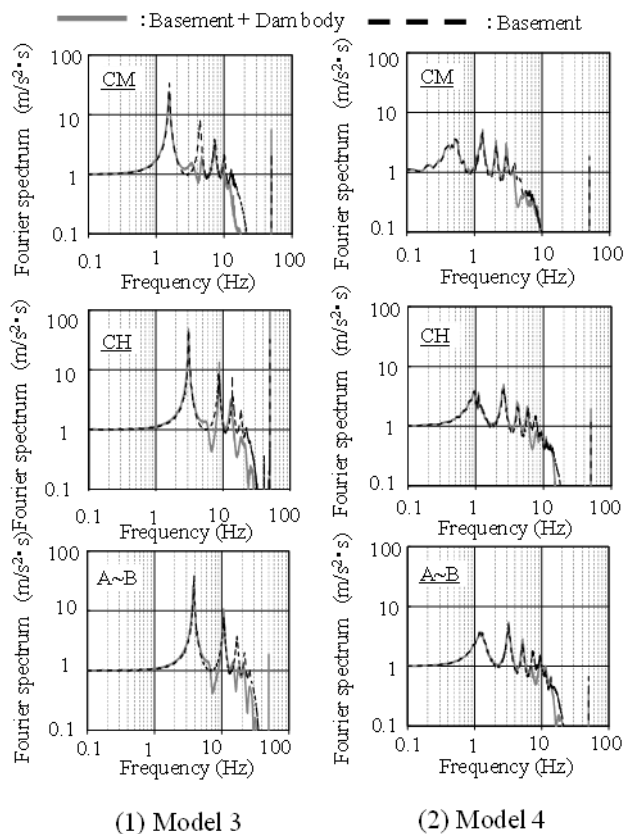


図-4 堤体による基盤のフーリエスペクトル比の変化
(Model 3、Model 4)

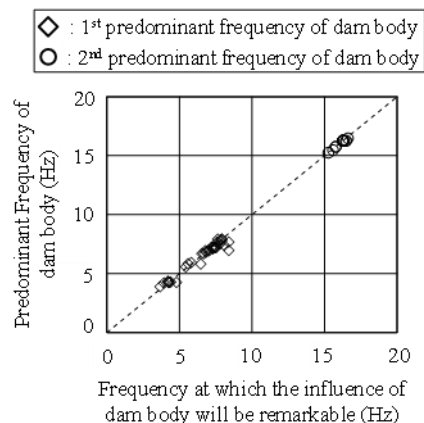


図-5 堤体の卓越周波数と基盤のフーリエスペクトル比への堤体の影響が顕著となった周波数の比較

3. 結果と考察

図-1 に示す各モデルについて、堤体の有無による基盤底部と基盤上面のフーリエスペクトル比の比較を行った。その結果を、図-3 および図-4 に示す。

図-3 より、Model 1 および Model 2 のように基盤の深度を比較的浅くモデル化した場合には、基盤の材料特性に係らず、堤体の有無によりフーリエスペクトル比の傾向や、一次ピークを示す周波数およびフーリエスペクトル比の値が異なる。一方、図-4 に示す Model 3、Model 4 では、堤体の有無によらずフーリエスペクトル比の傾向はおおむね一致している。特に、一次ピークに関しては、その卓越周波数およびフーリエスペクトル比ともに、ほぼ同じ値を示している。しかしながら、一次ピーク以降に着目すると Model 4 においても堤体の有無により傾向の異なる周波数帯域が認められた。そこで、堤体による影響が顕著に現れた周波数と、堤体のフーリエスペクトル比（天端/堤敷）がピークを示す周波数の比較を図-5 に示す。図-5 より、基盤において堤体の影響が顕著に現れた周波数と堤体のフーリエスペクトル比の一次および二次ピークにおける周波数は、ほぼ一致することが分かる。このことから、基盤の伝達特性は基盤の設定領域の範囲に係らず堤体の影響を受けることが明らかである。なお、基盤の深度を比較的浅くモデル化した Model 1、Model 2 では設定した基盤の卓越周波数が堤体の卓越周波数の帯域と近接したため、基盤の一次卓越周波数に対する堤体の影響が顕著に現れたものと考えられる。

以上の結果から、基盤の領域設定に当たっては、基盤の一次卓越周波数が堤体の一次卓越周波数と近接しないように設定することが重要だと考えられる。