

基礎岩盤の層構成がダム堤体の応答特性に及ぼす影響

Effect of structural properties of rock foundation layer on dam's response behaviors

○林田洋一* 増川晋* 田頭秀和* 本間雄亮*

Yoichi Hayashida, Susumu Masukawa, Hidekazu Tagashiram, Yusuke Homma

1. はじめに

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の頻発による社会的な関心の高まりを受け,既設ダムの耐震性能照査が実施されている。本研究では,耐震性能照査の高度化および堤体の地震応答メカニズムの解明の一助となるよう,基礎岩盤の層構成が堤体の応答特性に及ぼす影響を比較検証した。

2. 解析条件

本研究では,解析結果の評価が明確となるよう,通常,堤体および基礎岩盤を線形材料として扱う重力式コンクリートダムを対象に比較検証を行った。設定した有限要素メッシュを図-1に示す。ダムの堤高は59.3 m,堤敷幅は56.6 mであり,要素の各辺が2 m程度の四角形要素となるよう設定を行った。堤体の材料物性は,弾性係数 E : 28,000,000 kN/m²,単位体積重量 γ : 23.0 kN/m³とした。基礎岩盤部の幅は512.0 m(堤敷幅の約9倍),深さは168.0 m(堤高の2.8倍)と広く設定した。基礎岩盤部の要素分割は,堤体周辺では要素辺を2 m程度とし,堤体から離れた箇所では段階的に4 m, 8 mの四角形要素となるよう設定を行った。基礎岩盤は二層からなる成層岩盤を想定し,上部層の層高を32 mまたは72 m,各層の材料物性をA~B級($V_s=3,000$ m/s, $\gamma=25.0$ kN/m³),CH級($V_s=2,000$ m/s, $\gamma=23.0$ kN/m³),CM級($V_s=1,000$ m/s, $\gamma=20.0$ kN/m³)の岩盤とし,これらを組み合わせた15ケースを設定した。地震応答解析における境界条件は,基礎岩盤底面を弾性基盤,基礎岩盤側方を粘性境界とし,堤体,基礎岩盤ともにRayleigh減衰により2%の減衰を設定した。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。この波形は,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。

3. 解析結果とその考察

堤体の卓越周波数と応答倍率を基礎岩盤下部層および上部層が同一となるケース毎に

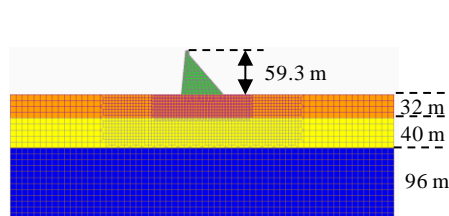


図-1 有限要素メッシュ

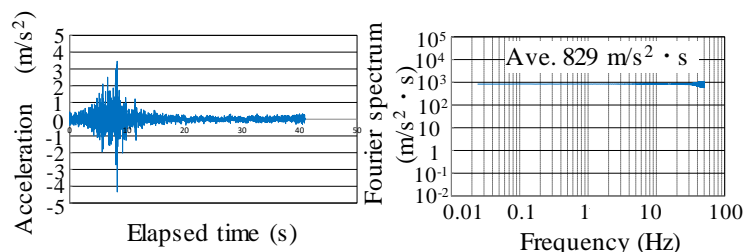


図-2 入力波 (a)加速度時刻歴、(b)フーリエスペクトル

* (国研) 農研機構 農村工学研究部門

地震応答解析、ダム堤体、基礎岩盤、相互作用

*National Agriculture and Food Research Organization Institute for Rural Engineering

整理した結果を、表 1、表 2 に示す。なお、上部および下部層ともに同じ岩級を設定したケースについては、比較を容易にするため重複した記載となっている。表 1 より、基礎岩盤の下部層が同一であっても上部層の岩級が異なることで堤体の卓越周波数、応答倍率は異なり、上部層が硬くなる程、両者の値が大きくなることが分かる。基礎岩盤下部層高が 136m と厚い CM 級岩盤の場合、堤体の卓越周波数は上部層が硬くなることで高くなるが、応答倍率は他のケースに比べその増加が顕著でない。一方、表 2 より、上部層が同一であれば堤体の卓越周波数の違いは顕著でなく、下部層の岩級が上部層と同じか硬い場合には堤体の応答倍率の違いも少ない。ただし、前述したように下部層高が厚く CM 級岩盤の場合には、堤体の応答倍率が顕著に低くなる傾向を示している。図-3 に、基礎岩盤の下部層高が 136m、上部層の岩級が CH 級、A~B と堅硬な場合の堤体のフーリエスペクトル比の比較を示す。図-3 より、下部層高が厚く岩級が CM 級と相対的に柔らかな場合、スペクトルの第一ピークが鮮明でなく、基礎岩盤下部の性状が堤体の応答特性、特に応答倍率に影響を及ぼすことが明らかとなった。

表 1 基礎岩盤下部層が同一の場合の堤体の応答特性の比較

Upper (32m)-Lower (136m)	CM-CM	CH-CM	A~B-CM	CM-CH	CH-CH	A~B-CH	CM-A~B	CH-A~B	A~B-A~B
Predominant frequency (Hz)	4.22	5.76	6.81	4.57	6.37	7.20	4.71	6.67	7.52
Amplitude (times)	2.35	2.93	3.23	2.48	4.93	5.07	2.54	4.99	5.96
Upper (72m)-Lower (96m)	CM-CM	CH-CM	A~B-CM	CM-CH	CH-CH	A~B-CH	CM-A~B	CH-A~B	A~B-A~B
Predominant frequency (Hz)	4.22	6.81	7.79	4.00	6.37	7.52	4.00	6.37	7.52
Amplitude (times)	2.35	3.54	4.88	2.33	4.93	6.13	2.31	5.09	5.96

表 2 基礎岩盤上部層が同一の場合の堤体の応答特性の比較

Upper (32m)-Lower (136m)	CM-CM	CM-CH	CM-A~B	CH-CM	CH-CH	CH-A~B	A~B-CM	A~B-CH	A~B-A~B
Predominant frequency (Hz)	4.22	4.57	4.71	5.76	6.37	6.67	6.81	7.20	7.52
Amplitude (times)	2.35	2.48	2.54	2.93	4.93	4.99	3.23	5.07	5.96
Upper (72m)-Lower (96m)	CM-CM	CM-CH	CM-A~B	CH-CM	CH-CH	CH-A~B	A~B-CM	A~B-CH	A~B-A~B
Predominant frequency (Hz)	4.22	4.00	4.00	6.81	6.37	6.37	7.79	7.52	7.52
Amplitude (times)	2.35	2.33	2.31	3.54	4.93	5.09	4.88	6.13	5.96

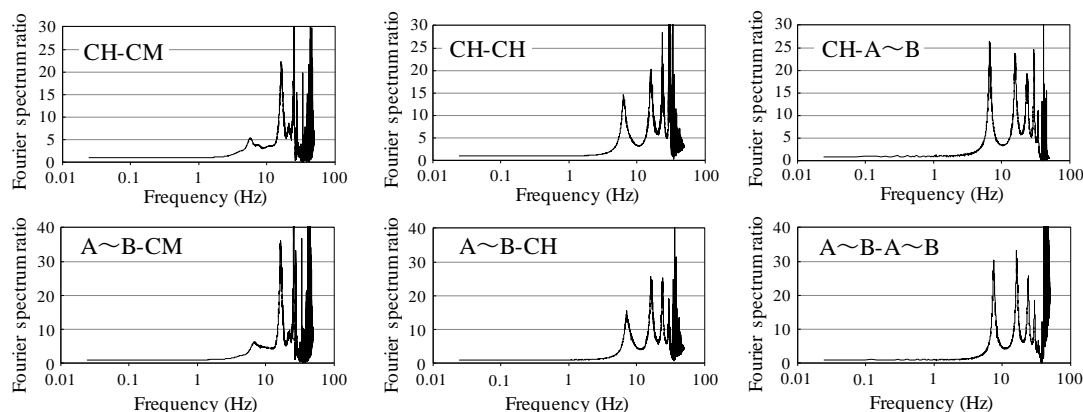


図-3 堤体のフーリエスペクトル比の比較 (下部層高: 136 m)