

平成 15 年 (2003 年) 十勝沖地震によるダムの地震時挙動

Seismic Behavior of Dams at The Tokachi-oki Earthquake in 2003

増川 晋*
S. Masukawa

1. はじめに

平成 15 年 9 月 26 日 4 時 50 分に「平成 15 年 (2003 年) 十勝沖地震」(深さ 42km, M_j 8.0) が太平洋プレート沈み込みに伴いプレート境界で発生した。農業用施設に多大な被害を及ぼした「1952 年十勝沖地震」(1959 年 3 月 4 日, M_j 8.2) とほぼ同じ震源域で発生し、周期数秒から十数秒程度の長周期地震動による石油タンクの貯蔵液体のスロッシングを発端とする石油タンク火災が衆目を集めた地震であった。

本地震による農業用施設における被害は、十勝支庁を中心にダムなど合計 28 ヶ所の軽微な被害が報告されている(田頭ら, 2004)。軽微な被害が生じた Mk ダム(堤高 26.9m, 堤頂長 335m, 均一型フィルダム), 及びこのダムと同じ支庁に存在し農業用大ダムのなかで数少ない型式の複合ダムである Bs ダム(コンクリート部堤高 47.2m, 中心遮水ゾーン型ロックフィル部堤高 17.7m)の地震時挙動について検討した。

2. 最大加速度

Mk ダム及び Bs ダムの最大加速度記録を表 1 及び 2 にそれぞれ示す。各欄の上段数値が最大加速度 (Gal), 下段数値が加速度増幅率である。加速度増幅率は, Mk ダムにおいては「左岸地山」観測点の記録を入力加速度として, 「堤頂」観測点の記録をこれらの入力加速度で除した値である。同様に Bs ダムにおいては「コンクリート部下部監査廊」観測点の記録を入力加速度として, 他の 3 観測点の記録をこれらの入力加速度で除した値である。

表 1 から Mk ダムでは, 「左岸地山」において 3 方向とも同程度の最大加速度値を記録している。「堤頂」において上下流方向の最大加速度がダム軸方向の最大加速度よりもやや大きくなっている。堤高があまり高くないためか, 「堤頂」の加速度増幅率は 2 倍弱で地震動が堤体を伝播する間の増幅は顕著に現れていない。

表 2 から Bs ダムでは, 入力加速度と仮定したコンクリート部の「下部監査廊」に対してロックフィル部の「下部」において上下流・ダム軸方向ともに 2 倍弱まで加速度が増幅し, 各ダム型式の堤頂での増幅率に比較してロックフィル部の基礎地盤内で大きく増幅しているような増幅特性が得られている。しかし, 図 1 に示すように標高を考慮すると, 上下流方向においてコンクリート部の「下部監査廊」からコンクリート部の「堤頂」への加速度増幅率の増加傾向と「下部監査廊」からロックフィル部の「下部」への加速度増幅率の増加傾向は一致しており, 基礎地盤の増幅特性ではなく標高に比例して増

表 1 Mk ダムの最大加速度記録
Maximum acceleration records at Mk dam

	上下流方向	ダム軸方向	鉛直方向	堤高 (m)
堤 頂	251.1	-216.5	-176.9	26.9
	1.86	1.25	1.26	
左岸地山	135.1	-173.1	-140.7	-
	1.00	1.00	1.00	

表 2 Bs ダムの最大加速度記録
Maximum acceleration records at Bs dam

	上下流方向	ダム軸方向	鉛直方向	標高 (m)	
ロックフィル部	堤 頂	-167.4	112.5	-89.7	407.8
		2.52	1.69	1.44	
	下 部	124.8	115.9	-67.5	394.3
	1.88	1.74	1.08		
コンクリート部	堤 頂	-153.3	104.2	-70.7	406.2
		2.31	1.57	1.14	
	下部監査廊	66.4	66.5	-62.3	363.5
	1.00	1.00	1.00		

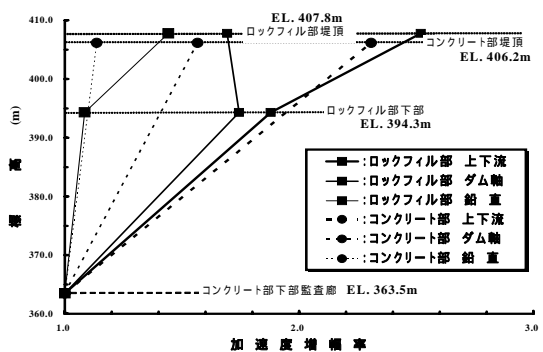


図 1 標高と加速度増幅率
Amplification ratios of accelerations for elevation

* 独立行政法人農業工学研究所 Independent Administrative Institutions, National Institute for Rural Engineering
農業用大ダム, 地震動, 地震時挙動

幅していると考えられる。上下流方向のロックフィル部の「下部」から「堤頂」への加速度増幅率が少し増加傾向にある。また、ダム軸方向においてロックフィル部の「下部」で加速度増幅率が大きく現れているが、「堤頂」では、コンクリート部の「堤頂」の加速度増幅率にほぼ一致するように増幅率が減少している。コンクリート部及びロックフィル部の「堤頂」において上下流方向とダム軸方向の加速度が同程度の大きさとなっているのは、これらの観測点がそれぞれのダム型式の接合部近傍の互いに近い位置に設置されているため、それぞれの観測点で同程度の最大加速度が現れたためと考えられる。

3. 周波数特性

図2, 3及び4にそれぞれのダムの上下流及びダム軸方向のパワースペクトルを示す。図2にMkダムの「左岸地山」及び「堤頂」、図3にBsダムのコンクリート部の「下部監査廊」及びロックフィル部の「下部」、及び図4にBsダムの各部の「堤頂」を示す。

図2から、Mkダムのパワースペクトルはいずれの観測点においても低周波数領域に周波数成分が現れている。これは、石油タンク火災の被災原因ともなった長周期地震動が伝播し、土質基礎において長周期の地震動が減衰せずに観測されたためと考えられる。図5に示すように十勝川に沿った観測点では1秒以下の周波数領域にも周波数成分を持つスペクトル特性が現れている。

図3及び4から、Bsダムのロックフィルダムの基礎地盤(ロックフィル部の「下部」)において3Hzにピークが現れるスペクトル特性を示しているが、ロックフィル部の「堤頂」ではコンクリート部の「堤頂」と類似したスペクトル特性が現れている。ロックフィル部の基礎地盤から堤頂へ地震動が伝播する間に高周波数領域の周波数成分を持つ地震波に変化している。これは、ロックフィル部の「堤頂」においてもコンクリート部の振動特性が現れたためと考えられ、各ダム型式の接合部付近では各ダム型式の相互作用が現れた地震時挙動が生じていると考えられる。

4. おわりに

土質基礎上の均一型ダムに長周期の地震動が伝播してくると土質基礎で長周期が減衰せず、堤体も剛性が小さいため長周期の周期で共振し、極めて低い周波数の振動が生じると考えられる。複合ダムは、各ダム型式の接合部付近で各ダム型式の相互作用によって複雑な地震時挙動を生じている可能性がある。各ダム型式では剛性が異なることから変形特性も異なっていると考えられる。今後、変形特性についても検討する必要がある。

参考文献 田頭秀和・宗岡寿美・辻修・土谷富士夫・矢沢正士(2004)：平成15年十勝沖地震における農用施設被害 農業土木学会十勝沖地震農地・農用施設被害調査団報告()，第53回農業土木学会北海道支部研究発表会講演集，108-111。

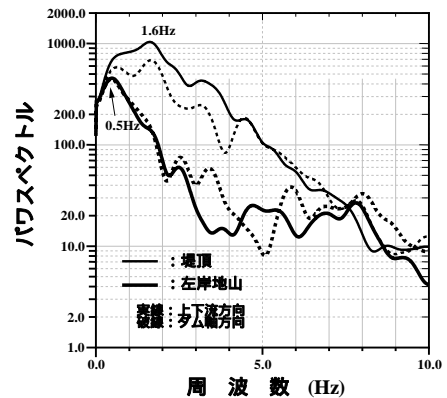


図2 パワースペクトル(Mk ダム)
Power spectrum of Mk dam

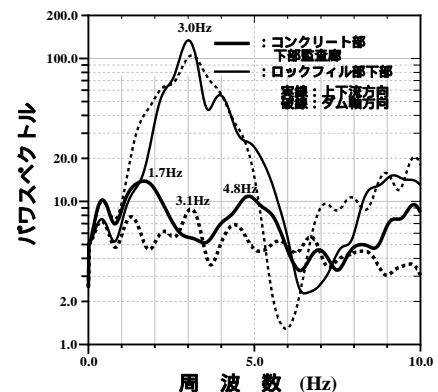


図3 パワースペクトル(Bs ダム; 監査廊, 下部)
Power spectrum of Bs dam (gallery of gravity dam, foundation of rockfill dam)

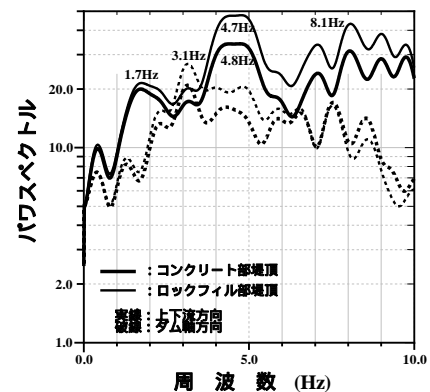


図4 パワースペクトル(Bs ダム; 堤頂)
Power spectrum of Bs dam (crest)

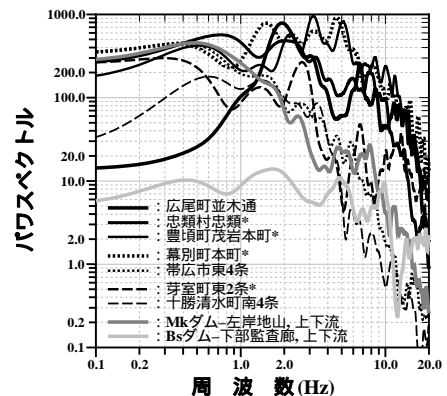


図5 パワースペクトル(各ダムと震度観測点)
Power spectrum (Mk dam, Bs dam and seismic intensity observation stations)