

# 鳥取県西部地震による砂防ダムの地震動特性及び斜面崩壊の分布特性

## SEISMIC DYNAMIC CHARACTERISTICS OF SABO DAM AND DISTRIBUTIONS OF SLOPE FAILURE IN THE WESTERN TOTTORI EARTHQUAKE

森島成昭\*・佐藤康一\*・小原大輔\*\*・大角恒雄\*\*

Nariaki MORISHIMA, Kouichi SATOU, Daisuke OHARA and Tsuneo OHSUMI

The Chugoku Bureau of Ministry of Land, Infrastructure and Transport has installed seismographs for the purpose of measuring the behavior of sabo dams during earthquakes. The seismographs recorded the main shock and aftershock of the Western Tottori Prefecture earthquake (M7.3, Oct. 6, 2000). Damage such as slope failure was experienced in the western area of Tottori Prefecture as a result of this earthquake. This study investigated the characteristics of the seismic response record of the dams as well as the characteristics of slope failures. Specifically, the goal of this study was to analyze seismic responses from the seismometer and investigate possible connections between such seismic characteristics as maximum acceleration and resonance frequency. The relevance of examining characteristics such as scale and type of sabo dams was also examined. Moreover, this study investigated relationships between geographical and geological features of the slopes, seismic response records and distribution of slope failures. The failure distribution characteristics are compared with some failure cases from other destructive earthquakes. The results of determining dam characteristics and slope behavior, as well as knowledge gained from these data, are reported.

**Key Words :** *Western Tottori Prefecture earthquake, seismograph, sabo dam, seismic response record, response frequencies, slope failure*

### 1. はじめに

国土交通省中国地方整備局では、砂防ダムにおける地震時堤体の挙動の計測を目的として、管内のいくつかの砂防ダムに地震計を設置している。鳥取県西部地震 ( $M 7.3$ 、 $2001.10.6$ ) では、震央周辺斜面に斜面崩壊等の被害をおよぼしたが、この地震において地震計に本震および余震の記録が収録された。本業務は、国土交通省土木研究所からの委託により、砂防ダムの地震動特性および斜面崩壊の分布特性を把握するものである。具体的内容は、地震計による震動波形を調査し、最大加速度や卓越周波数などの震動特性と、砂防ダムの規模や型式などの諸元との関連性の有無の検討である。また、斜面の地形、地質や震動特性と崩壊分布との関連についても整理し、崩壊分布特性については他の被害地震による崩壊事例と比較検討した。本論文では、これらについて得られた結果や知見を報告する。

### 2. 平成 12 年鳥取県西部地震の概要

鳥取県西部地震 ( $M 7.3$ 、 $2001.10.6$ ) の本震の震源位置、規模、断層の諸元を表-1 に、この地震による震度分布図を図-1 に示す。この地震による被害は、死者・行方不明者はなく、負傷者 132 人、建物損壊は 5,410 棟であった。鳥取県境港市、日野町で震度 6 強の揺れを観測したほか、震央近傍では震度 6 弱以上の揺れが観測されている。鳥取県、広島県を中心に西日本一帯で大きな揺れが観測された地震であった。

### 3. 砂防ダムの地震動

#### (1) 対象砂防ダム

本震の水平最大加速度分布図を図-2 に示す。本図は防災科学技術研究所の強震観測網である *K-net*、*Kik-net* および気象庁・各自治体の観測データをもとに作成したものである。調査対象は国土交通省直轄砂防ダム 6 基であり、そのダム位置も図-2 に示した。また、砂防ダムの諸元を表-2 に示す。なお、今回の地震によりこれらの砂防ダムに損傷・変状は特に認められなかった。

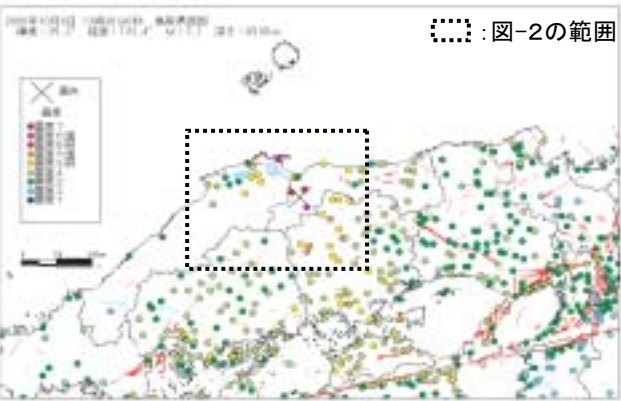
\* 首都圏事業部 国土保全部

\*\* 中央研究所 総合技術開発部

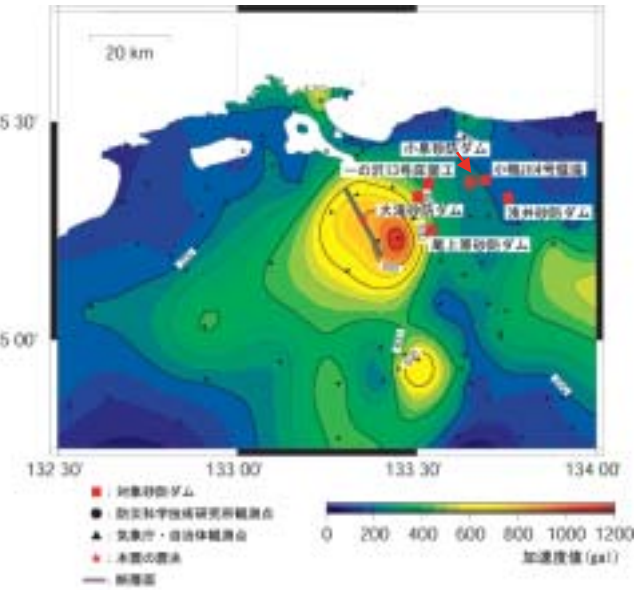
表－1 平成 12 年鳥取県西部地震の諸元

震央*	133.4° E	断層長**	20km
	35.3° N	断層幅**	10km
深さ*	約 10km	走向**	152°
規模*	7.3	傾斜**	86°
発生時刻	2000/10/6	すべり量**	1.4m
*	13:30:18	(活動様式)	(左横ずれ型)

\*気象庁による公表値 \*\*国土地理院による公表値



図－1 鳥取県西部地震による震度分布図<sup>1)</sup>



図－2 対象砂防ダム位置と最大加速度分布図

表－2 強震計が設置されている砂防ダムの諸元

項目	小島砂防ダム	浅井砂防ダム	小鴨川4号堰堤	大津砂防ダム	一の沢13号床固工	尾上原砂防ダム
渓流名	天神川水系小島谷川	天神川水系小鴨川山加例谷川	天神川水系小鴨川	日野川水系白水川	日野川水系大江川(一の沢)	日野川水系俣野川尾上原川
所在地	鳥取県東伯郡関金町大字小泉地先	鳥取県東伯郡関金町大字浅井地先	鳥取県東伯郡関金町大字明高地先	鳥取県日野郡江府町大滝	鳥取県日野郡溝口町大内	鳥取県日野郡江府町尾上原
竣工年	S56.11	H5.10	S35.11	H2.11	H1.12	H1.10
流域面積	6.5km <sup>2</sup>	0.38km <sup>2</sup>	34km <sup>2</sup>	3.5km <sup>2</sup>	不明	1.6km <sup>2</sup>
構造	型式	重力式	重力式	鋼製箱枠	コンクリートダブルウォール	重力式
	材料	コンクリート	鋼材	石積	面材:コンクリート中詰材:要石・鋼材	コンクリートブロック中詰材:土砂・鋼材
副ダム	有	有	無	有	無	有
堤高	11.0m	14.0m	8.0m	7.9m	9.2m	13.5m
堤長	45.5m	62.4m	58.0m	124m	84.00m	45m
堤体積	4,181m <sup>3</sup>	5,294m <sup>3</sup>	3,430m <sup>3</sup>	11,650m <sup>3</sup>	1,344m <sup>3</sup>	3,520m <sup>3</sup>
水通し幅	21.0m	4.0m	27.0m	24.0m	20m	5m
天端幅	2.0m	5.6m	2.0m	3.1m	10m	3.0m
計画堆砂勾配	1/50	1/12	1/135	1/10.5	1/9	1/15
元河床勾配	1/25	1/8	1/67	1/7.0	1/5.6	1/10
堆砂状況	ほぼ満砂(70%)	未満砂(0%)	満砂	満砂	満砂	満砂
地質	基礎: 安山岩類 右岸: 花崗岩 左岸: 花崗岩	花崗岩	火山砕屑物	礫混じり土砂 凝灰角礫岩 安山岩溶岩	土石流堆積物(礫質土)	花崗岩

(2) 砂防ダムの地震動

各砂防ダムには、ダム天端と基礎地山の 2 箇所にサーボ式強震計が設置されている。各砂防ダムにおける強震計の仕様を表－3 に示す。

表－3 強震計の仕様

項目	小島砂防ダム	浅井砂防ダム	小鴨川4号堰堤	大津砂防ダム	一の沢13号床固工	尾上原砂防ダム
設置年月日	H. 8. 3	H. 9. 3	H. 10. 2	H. 8. 12. 18	H. 9. 12. 12	H. 10. 12. 4
：No. 1	ダム本体天端	ダム本体天端	ダム本体天端	ダム本体(右岸)	床固工本体	ダム本体
：No. 2	基礎部地山	基礎部地山*	基礎部地山*	地山	地山	地山*
設置方向	N 0°	N 0°	N 0°	N 6° W	N 6° W	N 6° W
起動加速度	2.3gal	2.3gal	2.3gal	2.5gal	2.5gal	2.5gal
検知項目	加速度	最大±2048gal	最大±2048gal	最大±2048gal	最大±2048gal	最大±2048gal
：波形記録方式	デジタル	デジタル	デジタル	デジタル	デジタル	デジタル
：震度計測	可能	可能	可能	可能	可能	可能
：記録方式	ICカード	ICカード	ICカード	ICカード	ICカード	ICカード
：記録時間	3,600sec	3,600sec	3,600sec	60sec	60sec	60sec

\*盛り土の可能性あり。

観測された地震波形記録は X、Y、Z の三成分について、計測時間と加速度で構成されている。X、Y の水平成分についてはそれぞれダム軸の直交方向(上流一下流)とダム軸方向に座標変換した。各砂防ダムのダム天端と基礎地山の最大加速度を図－3 に整理した。地震時特性の比較は 4 章で述べる。なお、砂防ダムの基礎地山の最大水平加速度の値は、図－2 の加速度分布に示した値とほぼ対応している。

ダム天端と基礎地山の最大加速度を比較すると、一の沢 13 号床固工で、ダム天端の加速度が基礎地山のそれより大きくなる増幅傾向を示すのに対し、その他のダムでは減衰傾向が認められる。小鴨川 4 号堰堤では若干増幅傾向である。

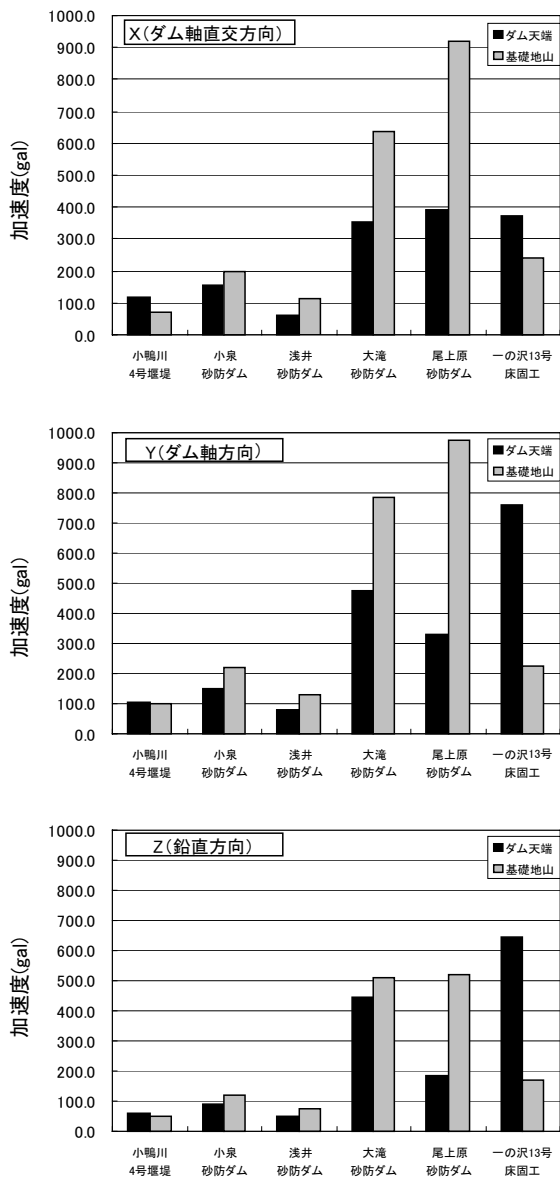


図-3 各砂防ダムの観測最大加速度

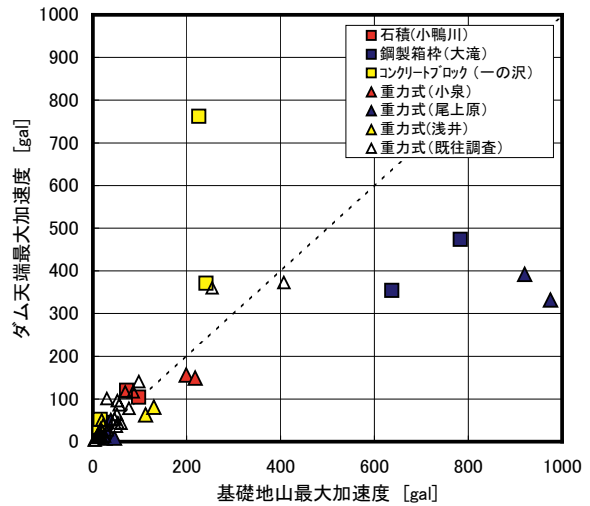


図-4 ダム天端と基礎地山の最大水平加速度の関係

4. 砂防ダムの地震動特性

各砂防ダムの地震動特性(最大加速度、卓越周波数など)を表-4 に示した。

(1) 各砂防ダムの規模・型式と最大加速度、応答比率

今回対象とした砂防ダムおよび既往調査<sup>2)</sup>の砂防ダム(40基)におけるダム天端と基礎地山の最大水平加速度の関係をダムの型式別に図-4 に表した。ダム天端と基礎地山の最大水平加速度の関係より、以下の特徴が読み取れる。

■地山の加速度が小さい場合(おおむね 400gal 以下)には、地山とダムの最大加速度はおおむね 1:1 の線形関係(応答比率が 1)にある。

■ただし、増幅が認められる一の沢 13 号床固工は、中詰め土砂のブロック型式であることから、ダムの型式が増幅の要因と考えられる。

■大滝ダム、尾上原ダムのように地山の最大加速度が 600gal を超えると、ダム天端の最大加速度が減衰する(応答比率が小さくなる)傾向がある。

表-4 砂防ダムの地震動特性一覧

項 目		最大加速度(gal)						フーリエスペクトル 卓越周波数(Hz)			加速度応答スペクトル 卓越周波数 (Hz)			伝達関数の最大振幅 (卓越周波数 (Hz))		
名 称	設置箇所	X*	X	Y	Z	Y*	Z*	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
小泉 砂防ダム	ダム天端	156.0	3.1	4.2	5.3	149.0	90.0	3.1	4.1	4.2	1.39	1.88	2.24	(5.3)	(3.1)	(6.5)
	基礎地山	199.0	4.2	9.7	17.3	218.0	122.0	3.1	4.1	—**	—	—	—	—	—	—
浅井 砂防ダム	ダム天端	63.0	10.9	2.7	—	81.0	51.0	4.8	2.6	4.6	—	1.35	—	—	(16.3)	—
	基礎地山	112.0	10.9	9.4	17.9	130.0	76.0	11.3	10.4	15.9	—	—	—	—	—	—
小鴨川 4号堰堤	ダム天端	120.0	9.0	6.6	—	104.0	60.0	2.0	6.3	6.3	4.27	3.16	2.86	(14.1)	(17.9)	(15.6)
	基礎地山	72.0	9.0	6.4	7.4	98.0	50.0	2.0	2.0	—	—	—	—	—	—	—
大滝 砂防ダム	ダム天端	354.0	3.6	2.7	3.6	474.0	446.0	2.5	2.6	3.6	5.72	—	3.28	(2.5)	—	(3.7)
	基礎地山	637.0	5.7	3.9	10.5	783.0	508.0	5.8	4.1	9.4	—	—	—	—	—	—
一の沢 13号床固工	ダム天端	371.0	4.5	4.5	9.4	762.0	643.0	5.0	3.0	—	—	7.83	7.3	—	(3.0)	(9.2)
	基礎地山	241.0	4.7	4.5	—	226.0	170.0	5.0	0.9	—	—	—	—	—	—	—
尾上原 砂防ダム	ダム天端	392.0	7.4	11.3	17.3	332.0	183.0	12.3	8.5	—	1.65	0.81	—	(13.7)	(18.3)	—
	基礎地山	920.0	7.2	9.4	17.3	975.0	518.0	7.2	8.4	16.0	—	—	—	—	—	—

\*X: 上下流方向、Y: ダム軸方向、Z: 鉛直方向      \*\*—は明瞭な卓越周波数が認められなかったもの

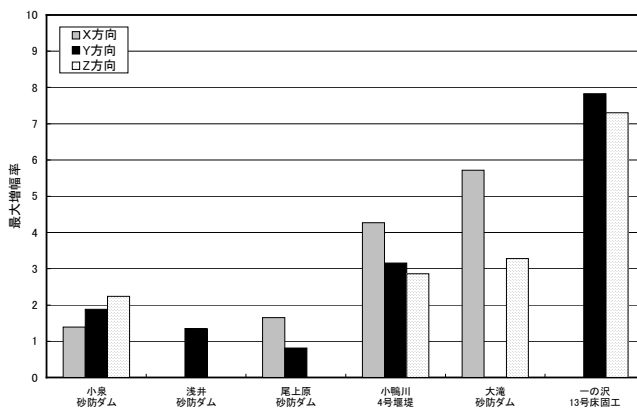
向が認められるはずである。しかし、得られた卓越周波数は予想される固有周波数より小さい値が得られている。これは、地山から入力した地震動がそのままダム本体を通過し、ダム天端で観測されている可能性、つまり、ダムが剛体振動をしているためと思われる。

### (3) 各砂防ダムの型式と伝達関数

■最大増幅率の分布は **0.7~7.8** 倍と大きなばらつきを持つ。

■他のダム形式である小鴨川、大滝、一の沢では増幅率は3  
~7.8と大きい。

ダム規模と応答比率に明瞭な相関関係が認められないことや基礎地山での加速度値の大小に関わらず、重力式コンクリートダムで増幅率が低く、他型式のダムで高いことを考慮すると、重力式コンクリートダムは、他のダム形式に比べ、応答が抑えられる構造と考えられる。



図一7 各砂防ダムにおける伝達関数の増幅率



## (2) 各砂防ダムの規模・型式と卓越周波数

図-6 ダム高とダム天端卓越周波数の関係(X方向)

68



## 5. 地震による斜面崩壊特性

鳥取県西部地震により発生した斜面崩壊は、既往調査<sup>4),5)</sup>による地震発生直後の空中写真の判読で把握されている。図-11～14に示すように調査エリアである鳥取県西部地域の約1,120km<sup>2</sup>に約750箇所の崩壊が分布する。地震動に起因する崩壊の特性、例えば分布、大きさ、深さなどの決定には、地震そのものの特性や地表付近まで伝播してきた地震動の特性ばかりでなく、崩壊地周辺の地質・地形・土質などの特性が絡んできて複雑である。この中で、崩壊発生に寄与する重要な因子として①最大加速度、②地質（基盤強度）、③斜面傾斜が挙げられる<sup>6)</sup>。

本業務では既往調査による崩壊地分布図を用いているが、縮尺が1/100,000のため崩壊位置が判明するのみである。したがって、個々の崩壊の規模が不明なことなどの制約から、以下の要因に対して崩壊の個数がどのように変化しているのか検討した。なお、上記の斜面崩壊分布をGIS上でプロットし、各種要因を重ね合わせて調査した。

### (1) 震源断層からの距離と崩壊密度の関係

図-11に示すように、震源断層からの距離を5kmごとの区域に分け、区域ごとの崩壊箇所数、面積を計算して、崩壊密度を求めた。距離別の崩壊密度を示した図-8より、次のことがわかる。

■震源断層より5km前後を境目にして、崩壊密度が著しく減少している。

■断層からの距離が15～25kmの範囲では、周囲に比べ崩壊密度は増加している。

この理由としては、エリア内には大山山頂付近に崩壊が多い他、断層の南西側では鳥取西部地震により誘発された地震域に当たることから誘発地震の影響による崩壊が多かったためと考えられる。

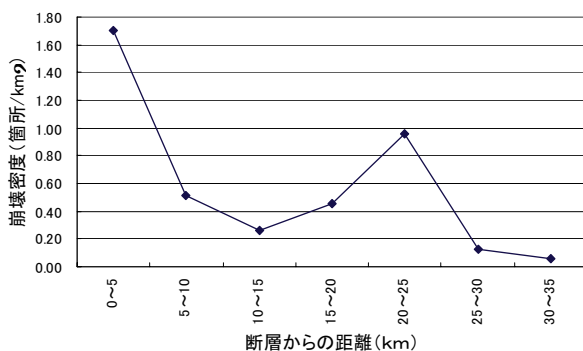


図-8 震源断層からの距離別崩壊密度

### (2) 最大加速度と崩壊密度の関係

図-12に示すように最大加速度を100galごとに区分して崩壊密度を求めた。図-9より最大加速度と崩壊密度の関係は認めにくい。この理由は、根雨観測所（自治体）の最大加速度が断層に近い他の観測所のそれよりかなり大きな値であるため、等値線の中心部が断層より7～8kmのズレを生じたことによるものである。

なお、根雨観測所の値が大きい理由としては、一般的にいわれている震源断層の破壊の進行方向での加速度の増幅が考えられる。

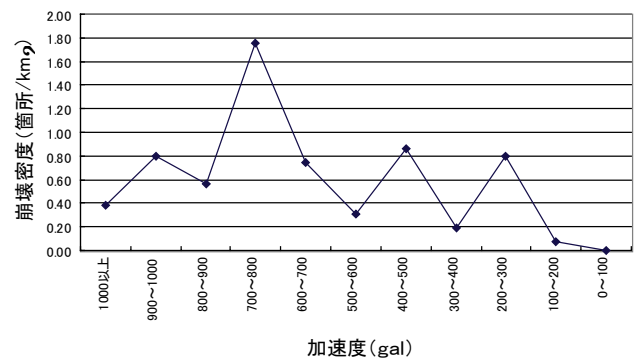


図-9 最大加速度別崩壊密度

### (3) 斜面傾斜と崩壊密度の関係

50mの数値地図より数値地形モデルを構築し、20mグリッドの最高点と最低点から図-13の傾斜区分図を作成した。斜面傾斜別に崩壊密度を見ると、図-10に示したように斜面の傾斜が急になるほど崩壊密度は増加する傾向にある。また、傾斜が45度以上で崩壊密度が突出しているのは、大山山頂部付近の急崖に崩壊が集中しているためである。

なお、地形変換点（線）との関係は50mの数値地図を用いているので不明である。

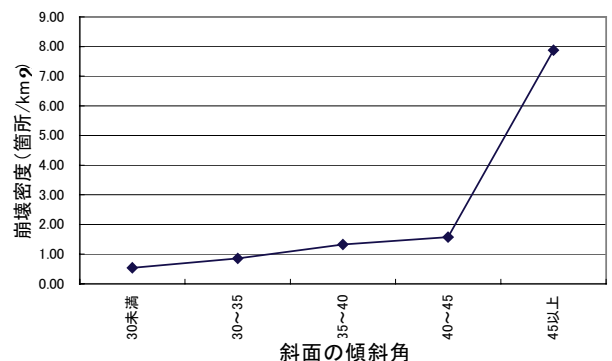


図-10 斜面傾斜別崩壊密度

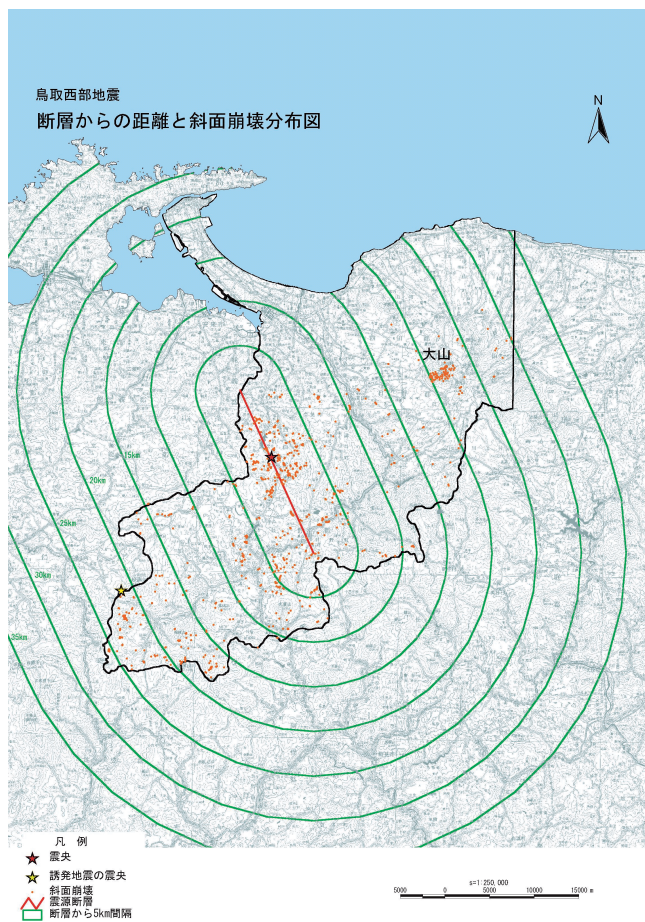
#### (4) 地質と崩壊密度の関係

図－14 のように、調査範囲の地質は大半が花崗岩類と火山砕屑物で占められる。図－15 に示すように崩壊密度の大きい地質は、大山安山岩と花崗岩である。次に、震源断層からの距離別に地質を見ていくと、図－16 より断層からの距離にかかわらず、花崗岩の分布エリアが相対的に崩壊密度が大きいことがわかる。大山安山岩は分布域が大山山頂付近の狭い範囲に限られ、そこで崩壊が多発しているの、崩壊密度が大きくなっている。

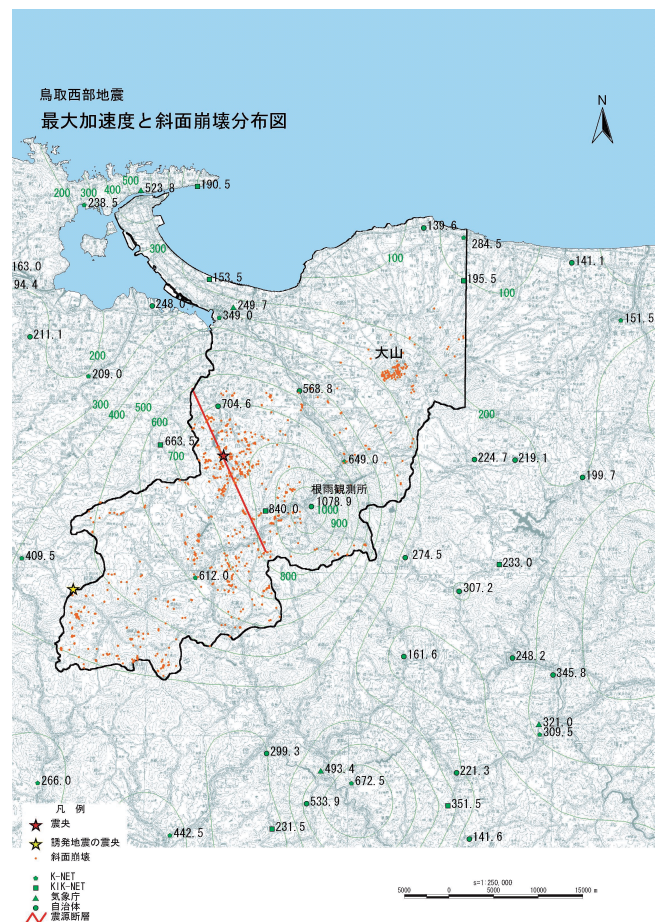
#### (5) 過去の地震事例との比較検討

鳥取県西部地震は、他の事例を参考にすると、マグニチュードおよび最大震度が大きかったにもかかわらず崩壊密度は比較的小さいといえる。

過去の地震による斜面崩壊事例を表－5 に示す。



図－11 断層からの距離と崩壊分布



図－12 最大加速度と崩壊分布



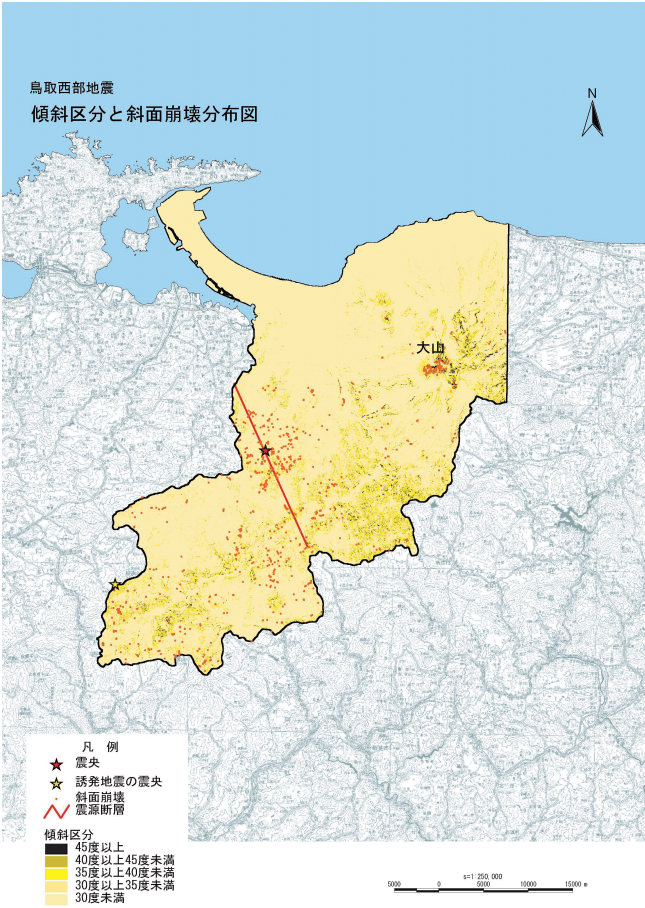


図-13 傾斜区分と崩壊分布

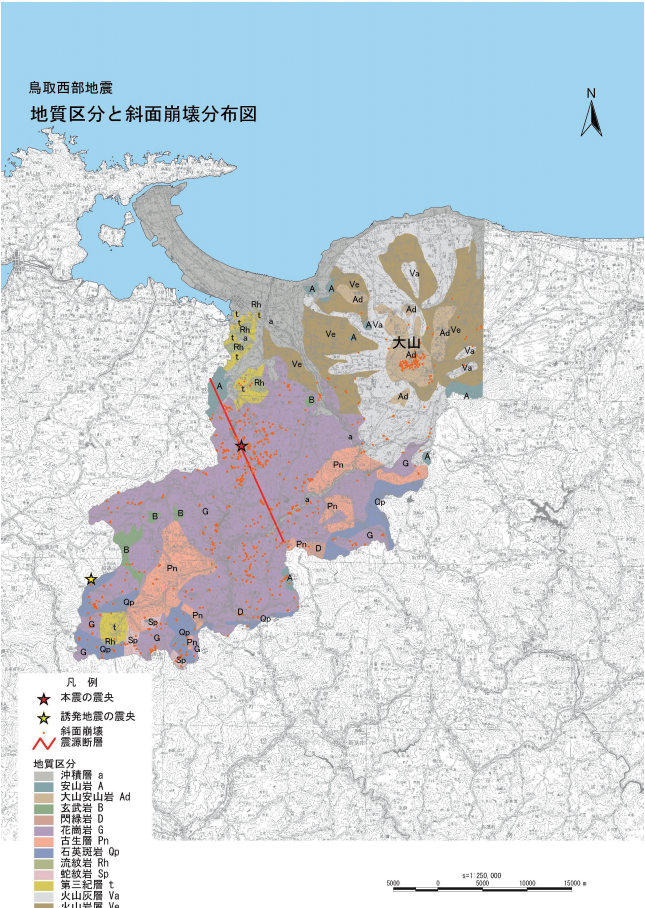


図-14 地質区分<sup>7)</sup>と崩壊分布

表-5 過去の地震による斜面崩壊事例

地震名	発生 年,月,日	本震の特徴										震源からの 調査範囲の 最大距離 (○)内は調 査面積)	崩壊 箇所数	崩壊 密度 (個 /km <sup>2</sup> )	崩壊 面積 (km <sup>2</sup> )	崩壊 面積 (%)	崩壊原因 ○:地震 △:降雨
		気象庁 マグニ チュード	震源の 深さ (km)	最大震 度	震源 位置	発震機構(地震により発生した活断層など)				応力軸 方向							
						地表面に 出現した地 震断層	震源断層 の走向方 向	震源断層 の水平成 分長さ(k m)	地震断層の 変位方向								
関東地震	1923.9.1	7.9	-	6	海溝	相模湾断層	NW	詳細不明	右横ずれ逆断層 (NE側隆起)	-	60~70km (996.3km <sup>2</sup> )	-	-	120	12.1	○△15日後大 雨	
	他	7.0以上 4回	-	-	海溝・ 直下												
北丹後地震	1927.3.7	7.3	-	6	直下	郷村断層	NNW	15前後	左横ずれ	-	30km (780.3km <sup>2</sup> )	4647	7.2	3.41	0.53	○	
今市地震	1949.12.26	6.4	-	6	直下	資料なし	資料なし	資料なし	資料なし	-	15km (199km <sup>2</sup> )	425	2.1	0.57	0.3	○	
	1949.12.26	6.7	-														
長野県西部地震	1984.9.14	6.8	2	-	直下	なし	ENE	15	右横ずれ (余震は左横ずれ)	NW圧縮						○	
兵庫県南部地震	1995.1.17	7.2	14	7	直下	野島断層	NE	10	右横ずれ逆断層 (SE側隆起)	EW圧縮	30km前後 (218.7km <sup>2</sup> )	896	6.4	0.27	0.2	○	
鹿児島県北西部 地震	1997.3.26	6.3	12	5強	直下	なし	WNW	17	左横ずれ	NE圧縮	10km (205.3km <sup>2</sup> )	1425	6.9	-	-	○	
	1997.5.13	6.3	9	6弱			WNWとNNE	10	WNW左横ずれ NNE右横ずれ								
岩手県内陸北部 地震	1999.9.21	6.1	10km 以下	6弱	直下	西根断層 系	NE	約0	逆断層 (E側隆起)	EW圧縮	-	-	-	-	-	○△地震発生 前の集中豪雨	
神津島近海地震	2000.7.1~9	6.4	10	6弱	近海	なし	EW	約15	右横ずれ	NE引張	10km以下 (18.1km <sup>2</sup> )	907	105.3	0.66	3.6	○△台風3号	
鳥取県西部地震	2000.10.6	7.3	10	6強	直下	なし	NNW	25	左横ずれ	EW圧縮	0~10km	464	1.00	-	-	○	
											0~20km	616	0.64	-	-		
											0~30km	769	0.62	-	-		
											全体35km (1282Km <sup>2</sup> )	771	0.60	-	-		

※ 本表は参考文献<sup>8)</sup>より作成

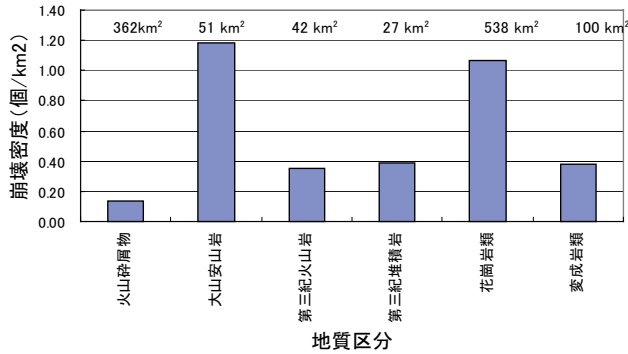


図-15 地質別崩壊密度

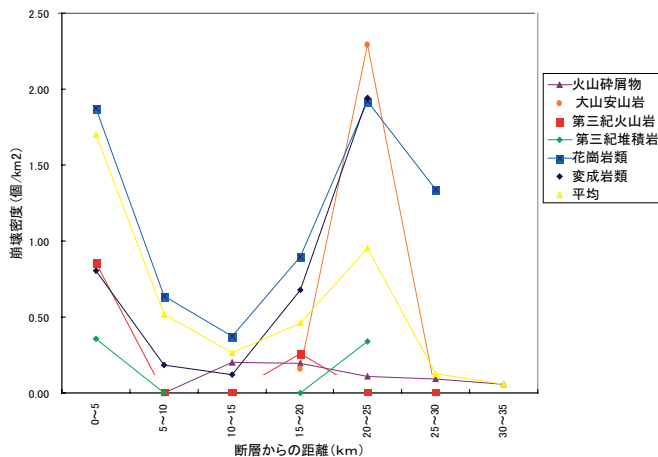


図-16 断層からの距離別・地質別崩壊密度

他の研究事例を概観すると以下の傾向が言えそうである。

■ おおむね崩壊は震源断層からの距離が大きくなるに従い、漸次減少している。

■ おおむね斜面傾斜が40～50度で、崩壊密度が最大を示している。

■ 次の地質区分の順で崩壊密度が高い。

火山噴出物(第四紀) > 花崗岩類 > 第三紀堆積岩類

鳥取県西部地震がこれらの事例の傾向と相違する点は、本調査地内の崩壊密度が相対的に花崗岩の分布エリアが高くなっており、火山噴出物では低いということである(大山安山岩は分布域が狭く、元々裸岩している箇所なので崩壊の判読の精度に確信が持てないためここでは無視した)。これは、調査地域の火山噴出物エリアが大山の裾野にあたり、斜面の傾斜が緩いことが影響しているものと思われる。

今回の地震で崩壊が少ない理由は、この火山噴出物の分布特性が影響しているのかも知れない。

## 6. 今後の課題

本業務は大きく分けると、①砂防ダムの地震動特性を把握すること、②地震動による斜面崩壊の分布特性を把握することの2つの調査目的があり、それぞれ可能な範囲で検討を行った。しかし、砂防ダムの地震動データが少ないことや入手した資料の精度の問題等により必ずしも十分な解析とはなっていない。今後の課題を以下に述べる。

### (1) 砂防ダムの地震動特性

■ 全国の直轄砂防ダムに地震計が設置されたのは、阪神・淡路大震災以後である。このため、設置期間が短く十分な地震動記録が得られていない。特に、重力式コンクリート以外の鋼製砂防ダムや15m以上のハイダムなどの記録が少ないこともあり、砂防ダムの規模や型式を考慮した地震動記録の蓄積が望まれる。

■ 重力式コンクリートダムは、他のダム型式に比べ、応答が抑えられる観測結果が得られた。地山の最大加速度が600galを超えると、ダムの最大加速度が減衰する(応答比率が小さくなる)傾向が得られた。兵庫県南部地震(M7.2、1995.1.17)以降、ダム堤体の耐震設計の荷重が増加する傾向にある。地山の最大加速度が大きくなれば、応答比率が小さくなるので設計上の低減も考慮できる可能性があり、今後他の事例でも確認できれば、耐震設計におけるコストダウンに貢献できることとなる。

### (2) 地震動による斜面崩壊の分布特性

■ 斜面崩壊の分布把握は、既往調査の空中写真判読を行っているが、地震直後の写真のみで判読されているため、地震発生の前から存在している崩壊を含んでいる可能性がある。したがって、地震前の空中写真により地震前から継続する崩壊についてチェックが必要である。

■ 鳥取県西部地震による斜面崩壊は、広い地域で震度の大きい地震であったにもかかわらず、過去の事例に比べて少なかった。この理由の解明については、地震前の降雨状況や斜面の植生状況、地震動の卓越周期などさらに詳細な調査が必要であろう。また、今後はこのような地震による崩壊調査結果をデータベース化し、各要因と崩壊分布の関係を地震ごとに蓄積することにより、地震による崩壊土砂量をさらに精度よく推定できるようにすることが望まれる。

謝辞: 本業務の遂行にあたっては、国土交通省中部地方整備局、倉吉工事事務所・日野川工事事務所の各位には貴重な資料の提供をいただき、国土交通省、土木研究所砂防部砂防研究室においては種々ご指導・ご配慮をいただきました。また、砂防ダムの振動解析においては、中央研究所総合技術開発部田中弘 参事より多くのご指導をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 財団法人地震予知総合研究振興会:2000 年 10 月 6 日鳥取県西部の地震のページ  
<http://www.adep.or.jp/shindo/index.tottori.html>
- 2) 建設省土木研究所:平成 10 年度砂防ダムにおける耐震特性に関する調査報告書、1999
- 3) 建設省:河川管理施設等構造令施工規則、建設省令第 17 号、1981
- 4) 建設省倉吉工事事務所:大山山系崩壊地調査業務報告書、2001.3
- 5) 鳥取県米子土木事務所:鳥取県西部地震撮影及び写真判読業務報告書、2001.1
- 6) (社)日本治山治水協会:地震による山地災害とその対策—兵庫県南部地震から得られたもの—、1998.5
- 7) 鳥取県:鳥取県地質図、1962
- 8) 古今書院:地震砂防、2000