

地震砂防

日本工営株式会社コンサルタント国内事業本部* 井上 公夫

Earthquake induced Debris Disasters and their Erosion Control

Kimio INOUE

Nippon Koei Co., Ltd., 5-4 Kojimachi Chiyoda-ku
Tokyo, 102-8539 Japan

1. はじめに

平成7年(1995)1月17日に発生した兵庫県南部地震(マグニチュード 7.2, 以下 M7.2)は, 死者6394人(平成9年調べ), 被害総額約10兆円にも達するもので, 関東地震(1923, M7.9)以来の大きな被害となった。地震被害は都市部のみならず, 六甲山系でも山腹崩壊, 亀裂, 落石などが約600箇所が発生し, その後の豪雨による土砂流出が懸念されたことは記憶に新しい。また, 長野県西部地震(1984, M6.8)では, 御岳山南麓で伝上崩れ(3400万 m^3)と呼ばれる大規模崩壊が発生し, これに起因した土石流は伝上川と濁川を10km流下し, 王滝川に多量の土砂を堆積させ, 王滝川を堰き止めた。

このように, 極めて大きなエネルギーを持った地震動により生ずる土砂災害は, 日本だけでなく世界各地で発生しており(建設省砂防部, 1995), 降雨災害による土砂災害とは違った特徴を持っている。

地震に伴って発生する土砂災害を軽減するためには, 土砂移動の発生場所と規模の予測を的確に行う必要がある。しかも地震による強震動は, 豪雨に比べ広範囲に影響するので, 地震動の強さと流域の特徴を考慮し, 土砂移動の発生ケースを想定しておく必要がある。ただし, 現状においては, 砂防が対象とする小流域単位での地震動と斜面の強さに関する具体的な予測手段は持ち得ていない。したがって, 過去の事例を積み重ね, 崩壊面積率に

より起こりうる土砂生産量を予測することが, 災害の減少に向けての基礎的な情報の一つと考えられる。

このような状況を受けて, 平成7年度から社団法人砂防学会では, 地震砂防研究会(代表・中村浩之東京農工大教授)を設置し, 3年間にわたり地震による土砂災害に関する研究を実施してきた。この成果は平成12年1月に『地震砂防』(古今書院, 2000)として出版された。

2. 火山砂防と地震砂防

ところで, 砂防事業の中に「火山砂防」・「活火山砂防」という用語はあるが, 「地震砂防」という用語はない。火山砂防事業は, 昭和58年度(1983)より火山等緊急対策砂防事業として開始され, 平成元年度(1989)より火山砂防事業として独立し, 現在では砂防事業の中でも重要な位置を占めている。

それに対して, 地震に起因した土砂災害対策のための砂防事業は, 地震発生後の荒廃した地域に対して, 事後対策として実施されているに過ぎない。関東地震(1923)後の相模川流域や兵庫県南部地震(1995)後の六甲山地のように多くの砂防事業が行われたが, 「地震砂防事業」という言葉は使われなかった。

平野部を中心として, 活断層調査や地震対策・地震予知対策には, 多くの予算が使われている。しかし, 大規模な地震では, 平野部の被害と並行して, 山地部でも大規模な土砂

〒102-8539 東京都千代田区麹町 5-4
電子メール: a1362@n-koei.co.jp

移動によって、大きな被害が発生する筈である。地震被害のリスクマネジメントにしても、平野部の被害と山地部の被害を重ね合わせた考察が必要であろう。

火山砂防事業も噴火後対策が主であるが、平成4年度(1992)より実施されている火山噴火警戒避難対策事業のように、今後の噴火現象に備えて、事前の対策を検討している事業もある。これに対して、将来襲ってくる大規模地震による土砂災害に対する予防対策はほとんど実施されていない。勿論、降雨に対応した砂防事業が地震後の土砂移動の抑止に役立つ側面もあるが、降雨対策としての砂防事業とは別に、地震砂防計画が必要であろう。

大規模地震は必ずやってくる。ここで紹介する地震に起因した土砂移動の事例を考察することにより、「地震砂防事業」を早急に立ち上げる必要があると考えている。

3. 地震による土砂移動現象の特徴

建設省土木研究所(1995)は、宇佐美龍夫著(1987)『新編日本被害地震総覧』などをもとに、地震による大規模土砂移動現象と土砂災害の実態を整理した。

対象とした大規模土砂移動は、地震を直接・間接の誘因として発生したもので、少なくとも2.5万分の1地形図上で、土砂移動の発生地点が特定できるものを選定した。土砂移動の規模としては原則として、江戸時代以前のもは100万 m^3 以上、明治以降のもは10万 m^3 以上の現象を抽出した。その結果、図-1に示したように、大規模土砂移動を引き起こした地震は37事例で、抽出した大規模土砂移動は105箇所である。

地震による土砂移動現象の特徴を把握するため、日本列島で最も地震被害の多い日本列島中央部で発生した地震による土砂災害の特

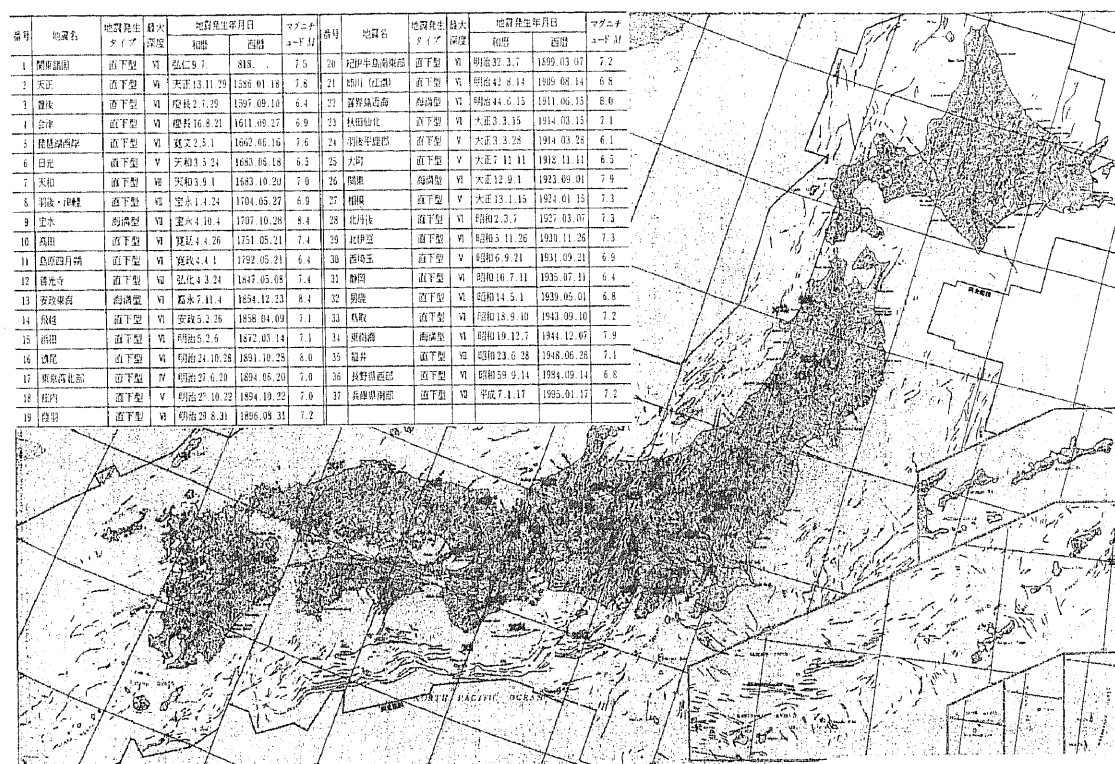


図-1 大規模土砂災害を伴った地震の分布図(井上,2000)

Fig.1 Distribution Map of Earthquake Induced Debris Disasters in Japan

徴を整理した(砂防学会,1998)。図-2 は、日本列島中央部の活断層と起震断層の分布で、活断層研究会(1991)「新編日本の活断層」と松田(1995)をもとに作成したものである。本図に示したように、日本列島中央部には非常に多くの活断層と起震断層があり、他の地域に比べてそれらの密度は極めて高い。

表-1 は、日本列島中央部で土砂災害を発生させた地震災害の履歴と分類(砂防学会,1998)である。

日本列島中央部には、数多くの大地震を引き起こす可能性のある活断層が存在し、そのいくつかは過去に活動して大規模な直下型地震が、また、海溝部ではプレートの沈み込みによって海溝型巨大地震が起こり、大きな地震災害をもたらしている。

このように、被害地震は直下型地震と海溝

型地震に分類できるが、そのうち、直下型地震をそのエネルギーの規模や被害範囲や被害状況等の違いから、さらに M7.0 前後と M7.4 ~ 8.0 の地震に分類した。

3.1 直下型地震(M7.0 前後)

日本列島中央部は、内陸部・海洋部を問わず活断層が集中している区域である。これらの活断層は、活動度・確実度とも高い断層が多く、これらの活断層によって引き起こされる地震は、兵庫県南部地震(1995, M7.2)のようにマグニチュード M7.0 前後のものが多く、個々の活断層の活動間隔は、数百年から数千年に一度の活動であるが、日本列島中央部にはこのような活断層の数が非常に多いので、日本列島中央部で M7.0 前後の地震の発生確率は、数十年に一回程度と考えられる。

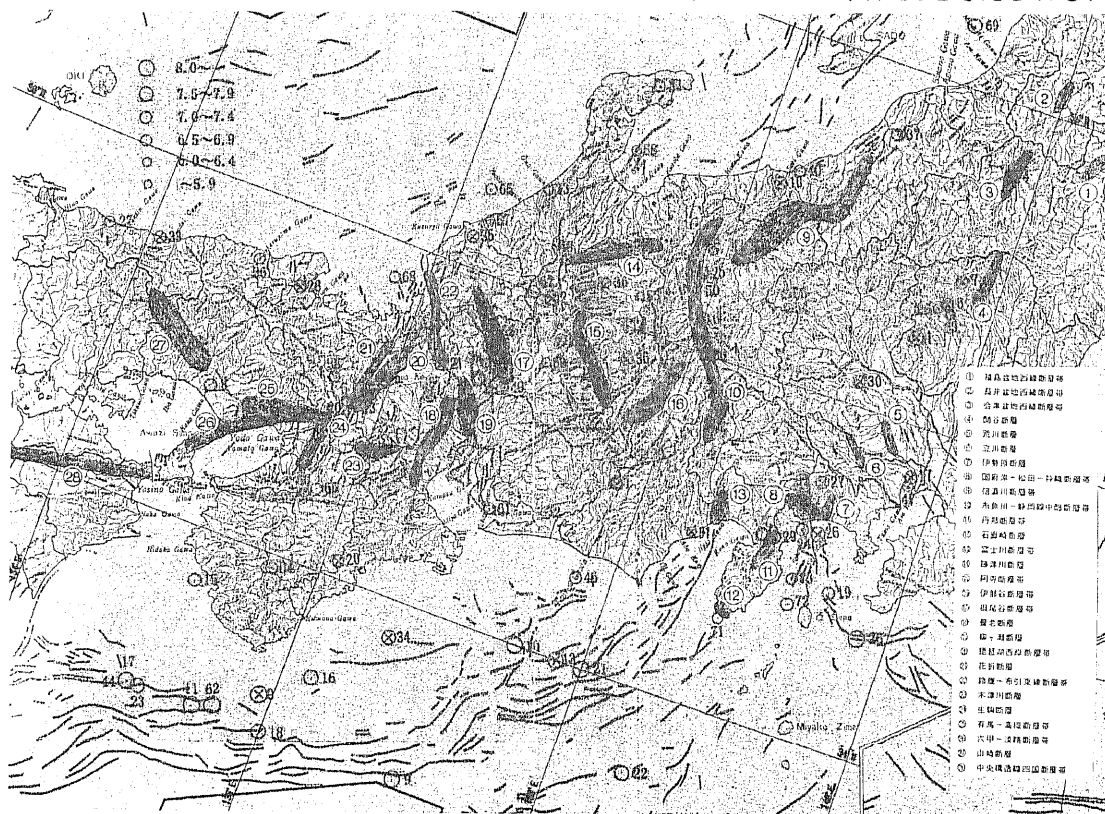


図-2 日本列島中央部の活断層と起震断層の分布図(砂防学会,1998)

Fig.2 Distribution Map of Active Faults and Earthquake Source Fault in Central Japan

表 -1 日本列島中央部の地震災害の履歴と分類 (砂防学会(1998)を一部修正)

Tab.1 History and Classification of Disasters induced by Earthquake in Central Japan

地震のタイプ	直下型地震								海溝型巨大地震			
規模	M7.0前後				M=7.4~8.0前後				M=8.0~8.5前後			
E;地震波として出されたエネルギー(erg)	(M7.0の場合) 2.00×10^{11}				(M=7.5の場合) (M=8.0の場合) 1.12×10^{11} 6.30×10^{11}				(M=8.5の場合) 3.55×10^{11}			
被害の範囲 (震度V以上の範囲)	県単位以下で影響を受ける 半径40~50km				中部圏の大部分が影響を受ける 半径70~150km				関東地方から四国地方までの沿岸部 半径250~300km			
回帰パターン	数十年間隔				数百年間隔				数百年間隔 数日から数年以内に別の震源で連続して発生			
中部圏に影響を及ぼした過去の主な被害地震	地震名	発生年月日	M	被害(死者)	地震名	発生年月日	M	被害(死者)	地震名	発生年月日	M	被害(死者)
	通江・三河	1686.10.3	6.5-7.0	死者あり	天正	1586.1.18	7.8	多数圧死	元禄	1703.12.31	7.9-8.2	約6,700
	三河・伊那	1718.8.22	7.0	64余	(震源が2箇所の双発地震)				宝永	1707.10.28	8.4	20,000以上
	高田	1751.5.21	7.0-7.4	2000余	琵琶湖西岸	1662.6.16	7.25-7.6	827余	安政東海	1854.12.23	8.4	2~3,000
	伊勢・美濃・近江	1819.8.2	7.0-7.5	75	普光寺	1847.5.8	7.4	8,304	安政南海	1854.12.24	8.4	約8,150
	伊賀・伊勢・大和	1854.7.9	7.0-7.5	1,700以上	濃尾	1891.10.28	8.0	7,273	東南海	1944.12.7	7.9	998
	紀伊半島東南部	1899.3.7	7.0	7								
	江濃(姉川)	1909.8.14	6.8	41								
	北伊豆	1930.11.26	7.0	272								
	三河	1945.1.13	6.8	1,961								
	福井	1948.6.28	7.1	3,769								
	伊豆大島近海	1978.1.14	7.0	25								
	長野県西部	1984.9.14	6.8	11								
	兵庫県南部	1995.1.17	7.2	6,300	関東	1923.9.1	7.9	140,000				

E:地震波として出されたエネルギー(単位は erg)

$\log E = 11.8 + 1.5M$ (Gutenberg-Richter)

データ出典)新編 日本被害地震総覧,宇佐美龍夫,東京大学出版会

普光寺地震については小林(1995)のデータを使用

この規模の地震では、震度Ⅵ・Ⅶの範囲は活断層に沿って現れ、被害の範囲は震源から半径 40 ~ 50km 程度と考えられる。沖積低地や埋め立て地などの軟弱地盤地帯では、震度Ⅴ以上の震動によって地盤の液状化現象の危険が生じ、震度Ⅵ以上になると地形変状が現れ、建造物の倒壊が起こる。

また、山地部でも震度Ⅴ以上にみまわれた場合には、局所的に表層崩壊のような土砂災害の起きる恐れが生じる。

さらに、土砂による直接被害の「一次災害」のほかに、流下した土砂が河川を閉塞させて天然ダム(landslide dam)を形成し、上流部は次第に湛水する。このようにしてできた天然ダムが決壊すると、下流は洪水となるなどの「二次災害」の恐れもある。ただし、震度Ⅴ程度の震動による崩壊の規模は大きいものではなく、形成される天然ダムもそれに伴って規模は小さい。しかし、山地部が震度Ⅵ・Ⅶの震動にみまわれた場合、地質的に脆弱なところでは表層崩壊が頻発し、土砂は土石流となって流下する恐れがある。また、前後の降雨状況によっては、表層崩壊より大規模な地すべり性の崩壊が発生する可能性が高い。その場合には、河川を閉塞させる天然ダムも大規

模となる。日本列島中央部の大河川沿いには重要な交通網が整備されている場合が多く、このような場所で天然ダムが形成された場合には、これら重要な施設への危険性も大きい。

3.2 大規模直下型地震(M7.4 ~ 8.0)

各活断層は一連となって断層帯を形成しており、地震を引き起こす可能性の高い活断層(断層帯)を、松田(1995)は起震断層と呼んでいる。これらの起震断層の中で、長い断層帯が活動すると、その地震の規模も大きくなり、天正地震(1586, M7.8)や濃尾地震(1891, M8.0)のように M8.0 前後の大規模地震が起こり、被害も極めて大きい(田畑・原・井上, 1999,建設省越美山系工事事務所,1999)。

M8.0 の地震とは、地震波の振幅(ゆれの大きさ)が兵庫県南部地震(M7.2)の 10 倍程度であり、波動エネルギーは 30 倍になる。

このような地震は、一つの断層帯(起震断層)については、数千年に一回の割合でしか発生しない。しかし、日本列島中央部にはこのような断層帯(起震断層)が多く存在しているため、地震の回数は他の地域と比較してかなり多い。

すなわち、図-2 に示したように、北から

⑨信濃川断層帯，⑩糸魚川－静岡線中部断層帯，⑪跡津川断層帯，⑫阿寺断層帯，⑬伊那谷断層帯，⑭富士川断層帯，⑮根尾谷断層帯，⑯養老断層帯と，広範囲に断層帯(起震断層)が分布しているので，日本列島中央部での大規模直下型地震の発生確率は数百年に一回程度と考えられる。

大規模直下型大地震(M7.4 ～ 8.0)は，M7級の直下型地震の時より震度Ⅵ・Ⅶの地域も広く，被害は極めて甚大なものとなる．震度Ⅶの地域は，断層に沿った弱線の部分から軟弱地盤地帯へと広がって現れる．震度Ⅵの範囲は断層の周囲に広がるが，大規模な構造線や山脈に規制される形で現れる．被害の範囲は震源から半径 70 ～ 150km 程度と考えられる．沖積低地や埋め立て地などの軟弱地盤地帯では，震度Ⅴ以上の震動から地盤の液化化現象の危険が生じ，震度Ⅵ以上になると地形変状が現れ，建造物の倒壊が起こる．

また，山地部でも震度Ⅴ以上にみまわれた場合には，局所的に表層崩壊のような土砂災害の起きる恐れが生ずる．土砂移動による「一次災害」のほかに，流下した土砂が河川を閉塞して，天然ダムを形成し，上流部を湛水させる．規模の大きな土砂移動の場合には，大規模な天然ダムが形成される．善光寺地震(1848, M7.4)時の岩倉山や飛越地震(1858, M7.1)時の斎崩れ(田畑・水山・井上・杉山, 2000)のように，大規模な天然ダムが決壊すると，下流域は極めて甚大な洪水となり，「二次災害」が発生する．

震度Ⅴ程度の震動による崩壊の規模は，大きいものではなく，形成される天然ダムもそれに伴って規模は小さい．しかし，震度Ⅵ・Ⅶの範囲は M 7 級の地震時より広いので，地質的に脆弱なところでは広範囲にわたって表層崩壊が頻発し，土砂は土石流となって流下する恐れがある．

3.3 海溝型巨大地震(M8.0 ～ 8.5)

日本列島中央部では，フィリピン海プレートが東南方向から潜り込んでいるため，南海トラフ沿いで，M8.0 ～ 8.5 の巨大地震(M8.5で兵庫県南部地震の 50 倍程度の波動エネルギー)が発生する危険性が高い．この地域で

の巨大地震は，元禄地震(1703, M7.9-8.2)と宝永地震(1707, M 8.4)や，安政東海地震(1854, M8.4)と安政南海地震(1854, M8.4)のように連続して起こる可能性も高い．また，これらの大規模地震の後に，富士山などの活火山が噴火する可能性がある．宝永地震(1707.10.28)後には，宝永の大噴火と呼ばれる富士山の噴火(1707.12.16)が発生しており，火山灰が厚く堆積した富士山の東側(御殿場付近や酒匂川流域)では多大の被害を蒙った．

海溝型巨大地震では，震源は陸地から比較的離れていることもあって，震度Ⅶの地域は地盤の弱い沖積地など，海岸線沿いにわずかに現れるか，ほとんど現れない場合も多い．しかし，震度Ⅴ・Ⅵの範囲は中部地方だけにとどまらないため，被害地域も極めて広範囲となる可能性がある．特に，南海トラフが震源のような海溝性の巨大地震では，太平洋の海岸線に沿って津波災害(波高 5-10 m)の起こる可能性が高い．この場合，海拔標高 10 m 以下と主要河川沿いに甚大な被害が発生する危険性が高い．また，震度ⅤとⅥの境界付近あたりから土砂災害の危険性が出てくる．

内陸部では土砂移動による直接の被害である「一次災害」のほかに，流下した土砂が河川を閉塞させて天然ダムを形成し，上流部を湛水させたりする．また，このようにできた天然ダムが決壊して，下流は大洪水となるなどの「二次災害」の恐れもある．

また，海岸線や内陸部における沖積地などの軟弱地盤地帯では，液化化現象の起こる可能性がある．さらに，太平洋岸の海岸線沿いには重要な交通網が整備されているため，津波災害とともに土砂災害や地盤の液化化現象などによって，交通網が遮断され，社会経済的に重大な影響を与える可能性が大きい．

4. 地震による土砂災害の発生要因

4.1 地震による土砂移動

今まで地震災害といえば，被害の大きな平野部の変状(砂地盤の液化化や地震の震動による変形)が注目されてきた．しかし，山国である日本では，地震に伴う山地の土砂災害も多く発生している．地震による土砂移動は，山体の一部や山地斜面の表土の一部が震動に

より直接崩落したり、崩落した土砂が土石流や山津波となって流下する場合が多い。また、その後の降雨をきっかけに弛んだ斜面が崩壊したり、土石流が発生する場合もある。関東地震時のように、前日からの降雨(80 ~ 100 mm)で斜面が飽和状態となり、非常に強い震動によって、山地斜面の 20 %にも及ぶ範囲が崩壊した事例もある(井上,2001)。1995年の兵庫県南部地震では、平野部の大被害に比較して、山地部での土砂災害は比較的少なかった。これは、地震の起きた季節が冬季の乾燥した時期であったことが幸いしているのかもしれない。これらの崩壊地は 1000 m^3 (50 m プール一杯分)以下の表層崩落型崩壊が多いのだが、中には 1000 万 m^3 (東京ドームの 10 杯分)以上の大規模崩壊も含まれている。

4.2 地震による崩壊の発生メカニズム

地震発生による崩壊は、豪雨に伴う崩壊と同じように、崩壊の規模によって発生のメカニズムが異なると考えられている。小規模な表層崩壊は、地震時に重力以外の加速度が加わることによって表土が激しく震動され、土層を構成している粒子間の摩擦抵抗が減少して発生するものである。特に、活断層が地表地震断層となって地表面に現れた場合には、断層沿いに崩壊が多く発生している。一方、大規模崩壊は、地質や岩盤構造、地下水の挙動など複雑な要因により、不安定化していた山体が震動のショックで一気に崩壊するものと考えられる。

4.3 地震の規模と土砂災害

過去の地震による大規模土砂災害を見ると、直下型地震では、M5.8 以上で土砂災害が発生し始めており、M6.8 から 7.3 までの間に集中する(井上,2000)。海溝型地震では、M 8 近くにならないと、大規模な土砂災害は発生しない。

この違いは地震が発生する場所の違いによって、地表面の震動の仕方が異なることを示している。つまり、直下型の地震では、規模が小さくても震源の深さが浅く、土砂災害発生地点までの距離が短いので、震度が大きい

(縦揺れも激しい)ため土砂災害が発生しやすいと考えられる。これに対して、海溝型の地震では、一般に規模が大きくても震源距離が長いので、土砂災害は比較的少ない。

震度別にみると(井上,2000)、震度 V から土砂災害が発生し始め、震度 VI, VII の地域で土砂災害が多く発生している。

4.4 天然ダムの形成・決壊による土砂災害

地震や火山活動、集中豪雨などを誘因として、大規模で急激な土砂移動が発生し、河谷が堰き止められ、河川水が背後に貯留され、一時的に天然ダムが形成される場合がある。堰止めた土砂が背後に貯留された水に対してかなり多ければ、関東地震(1923)時の震生湖のように、決壊せずに現在でも残っている場合もある。しかし、一般にこれらの天然ダムは、堰止め土砂と貯留水との関係によって、ある時間後には決壊し、いわゆる鉄砲水や山津波となって流下し、下流域に大きな被害を与えた事例が多く残っている。

急峻な大河川沿いの河谷には、国道や鉄道など重要な交通路が通っていることが多く、このようなところに天然ダムが形成されると、堰止め土砂と貯留水やその後の天然ダムの決壊によって、大きな被害が発生する危険性がある。天然ダムの形成とその決壊はその地点に重大な被害をもたらすだけでなく、下流域や交通ネットワークの切断によって、非常に広い範囲に様々な影響を与えることになる。

大規模な地震や集中豪雨などが発生した場合、土砂移動による「一次災害」を防止することはほとんど不可能である。しかし、天然ダムが決壊して、下流域に被害を与えるという「二次災害」を防止することは、時間的に多少の余裕があるため、状況によっては可能である。このためには、形成された天然ダムが決壊するか・しないかの見通しを速やかに検討する必要がある。

天然ダムの発生件数は、発生規模の大小を制限せずに捉えるならば、非常に大きな割合になる。

天然ダムの発生件数は、調査した事例 105 箇所のうち 39 箇所になり、全体の約 37 %を

占める。この表の中で特徴的なのは、一つ
の地震で複数の天然ダムが形成されている例
が多いことである。地震に起因した天然ダムの
継続時間が明らかな事例は 13 例しかない。
継続時間はバラツキが大きく、複数の要因に
より左右される。土砂崩壊による天然ダムは、
本来形成後速やかに背後の水流により侵食さ
れ、除去されるものであるが、条件によっては
大規模な洪水を引き起こす危険性がある。

このような天然ダムによる災害事例と、あ
る時期に突発的に形成された天然ダムの形状
を比較することにより、天然ダムが決壊する
か否かの推定が可能となり、二次災害の防止
に役立てることが出来ると考える(井上、
2000)。

4.5 大規模土砂移動発生地点の地震加速度

日本で用いられている気象庁震度階級によ
れば、山崩れが起き始め、地割れが生じる地
震は、震度Ⅵの烈震からで、地震の加速度が
250 ガルから 400 ガルの範囲であるとされ
ている(理科年表,1995)。大規模土砂移動の起
因地震の最大震度分布(井上、2000)では、震
度Ⅵ以上が 31 地震と大部分を占める(全体の
84 %)が、震度ⅤやⅣでも土砂災害が発生し
ている(全体に対して震度Ⅴは 16 %、震度Ⅳ
は 5 %)。崩壊発生地点での推定震度をみても
震度Ⅴの範囲にあたる崩壊地点が少なくない。

4.6 土砂災害を発生させた地震と土砂災害地点との関係

震央から大規模土砂移動箇所までの距離の
頻度分布(井上、2000)では、震央から 50km
までの区間に約 93 %が集まっている。特に、
5km ~ 30km の区間に集中する傾向にある。

地震断層から大規模土砂移動箇所までの距
離の頻度分布(井上、2000)によれば、大規模
土砂移動の分布は、地震断層から 30km まで
の範囲内にとどまっている。距離 5km まで
のほぼ断層に近接する箇所がピークで、徐々
に頻度を減じる傾向にある。距離 10km まで
が全体の約 70 %を占めている。

斜面形状の分類(井上、2000)でみると、水
平断面が尾根型、垂直断面が直線斜面形の直

線尾根型斜面上で最も発生頻度が大きく 14
箇所、全体の約 38 %を占める。その他、凸
型斜面と尾根型斜面、直線斜面が合成して形
成される斜面に発生率が高い。

4.7 崩壊面積率による予測

ある規模の地震が発生した時に(地震後の
降雨によるものを含めて)、どの程度の崩壊
が発生し、生産土砂量が増加するかを想定で
きれば、砂防計画上大変役に立つ。

表-2 は、主な地震の崩壊面積率(大村・戸
塚・都築,1980)を一部改定)である。調査方法
や精度が異なるため、厳密な比較はできない
が、地震後の崩壊面積率を比較すると、関東

表-2 主な地震の崩壊面積率(大村・戸塚・都築,1980)

Table-2 Area Ratio of Collapses Induced by Earthquake

地震名	発生年	マグニチュード	崩壊面積率
関東地震	1923	M 7.9	30.0%
濃尾地震	1891	M 8.0	10.9%
北伊豆地震	1930	M 7.3	7.0%
伊豆半島沖地震	1974	M 6.9	1.0%
北海道南西沖地震	1993	M 7.8	0.7%
福井地震	1948	M 7.1	0.7%
伊豆大島近海地震	1978	M 7.0	0.6%
新潟地震	1964	M 7.5	0.3%

表-3 崩壊面積率別の生産土砂量(砂防学会,1998)

Table-3 Amount of Sediment Yield versus Area Ratio of Collapses

崩壊面積率	崩壊深を 1 m と仮定した時の単位面積 当たり生産土砂量
1%	1 万 m ³ /km ²
5%	5 万 m ³ /km ²
10%	10 万 m ³ /km ²
30%	30 万 m ³ /km ²

表-4 地質別計画流出土砂量(建設省河川局,1997)

Tab.4 Amount of Runoff Sediment in planning versus Geological Area

地質	1 洪水当たりの流出土砂量
花崗岩地帯	5~15 万 m ³ /km ² /1 洪水
火山噴出物地帯	8~20 万 m ³ /km ² /1 洪水
第三紀層地帯	4~10 万 m ³ /km ² /1 洪水
破砕帯地帯	10~20 万 m ³ /km ² /1 洪水
その他の地帯	3~8 万 m ³ /km ² /1 洪水

(地すべり型大規模崩壊の発生が予想されない場合)

地震(1923)と北伊豆地震(1930)を除いて、いずれも崩壊面積率は1%以下となっている。

仮に、崩壊深を1mと仮定すると、1km²当たりの生産土砂量は、表-3のようになる。

建設省河川局監修(1997)の「改訂建設省河川砂防基準(案)計画編」の2.4 計画で扱う土砂量によれば、計画流出土砂量は、土石流区域(標準面積1km²)の場合、表-4とされている。

従って、大規模崩壊や地すべりが発生せず、地震による新規崩壊地の面積率が1%以下であれば、生産土砂量の増加率は10%以下であろう。しかし、崩壊面積率が1%以上の地震では、崩壊面積率が高いだけでなく、大規模崩壊も各地で発生しているので、個別にきちんとした検討が必要である。

5. 姫川流域の地形分類と天然ダムの痕跡

姫川は、長野県北安曇郡白馬村にその源を発し、北流して小谷村・新潟県糸魚川市を経て、日本海に注ぐ幹川長60km、流域面積722km²、平均河床勾配1/80の急流河川である。また、姫川はフォッサマグナ西縁の糸魚川―静岡構造線付近を流れている。松川合流点より上流の姫川は、扇状地が発達する比較的緩やかな河床勾配を示すが、図-3に示した中流域はV字谷を示す急流河川となり、多くの崩壊地形や地すべり地形が認められる。また、500年位前の真那板山の大崩壊や1911年の稗田山崩れ、1971年の小土山地すべりなどによって多くの天然ダムが形成され、決壊して大洪水が下流域を襲った地域でもある。地形分類図から判断するとそれ以外にも多くの崩壊地や地すべり地が存在し、天然ダムが形成されていたことが想定される。

小崎・石井(1996)は、姫川流域には、青木湖を堰止めている佐野坂や稗田山などの大規模崩壊をはじめとして数多くの大規模崩壊地分布しており、真那板山付近でも500年前(?)に大規模崩壊により天然ダムが形成されたことを指摘している。真那板山の対岸には、斜辺が800mの直角三角形の台地状の高まり(葛葉峠、姫川との比高170m)が存在する。全体が複雑に砕かれた乱雑な堆積物であるこ

とから、真那板山西側の急斜面から一挙にすべり落ちたものと判断される。この大規模崩壊によって、姫川は堰止められ天然ダムが形成された。湖面標高を崩壊土砂の堆積面高度から450mとすれば、水深120m、最大の湛水量は1.2億m³となる(上流部の来馬河原は1911年の稗田山崩れによって、河床が上昇しているので湛水量はもっと大きい)。葛葉峠上流の蒲原沢には崩壊堆積物を覆う湖成堆積物があり、最上部の粘土層中の木片から410±90年(Gak-1893)という放射性炭素年代値が得られた(小崎・石井,1996)。この大規模崩壊がいつ何が誘因で発生したかは分っていないが、古谷(1996)は『越佐史料』(高橋,1971)から1502年(文亀元年)1月28日の地震「越後の地大ニ振フ、死者多シ」を上げている。現地調査によれば、きちんとした記録は残っていないが、『北安曇郡郷土誌稿』(口碑伝説編,1930)などに天然ダムに関する多くの言い伝えが記録されている。

6. むすび

地震と土砂災害の関係は、多くの研究者が今までにも研究しているが、砂防(土砂災害防止)の面から言うと、「火山砂防事業」のように組織だった対応策は取られていない。事後対策として、土砂移動のあった場所に砂防施設が建設されてきたに過ぎない。

また、今まで降雨により発生したと言われている十津川水害(1889)や有田川水害(1953)なども、地震との関連を無視しては語れないのではないだろうか(田畑・井上・早川・佐野,2001)。今後は、地震予知と並行して、なるべく早く「地震砂防事業」を立ち上げるべきであろう。

参考・引用文献

- 古谷尊彦・奥西一夫・石井孝行・藤田崇・奥田節夫, 1984, 地震に伴う歴史的な崩壊の地形解析, 京大防災研年報, 27-B, 387-396.
- 原義文・田島靖久・井上公夫, 1998, 越美地域における濃尾地震以降に発生した大規模土砂移動(2)―特に、石灰岩地帯の大規模崩壊について―, 平成10年度砂防学会研究発表会講演集, 224-225.
- 井上公夫, 1993, 地形発達史からみた大規模土砂移動に

- 関する研究,京都大学農学部学位論文,235pp.
- 井上公夫, 1995, 関東地震と土砂災害,砂防と治水,104号,14-20.
- 井上公夫, 1998, 過去の地震災害事例からみた土砂移動現象と生産土砂量,平成 10 年度砂防学会研究発表会講演集,22-23.
- 井上公夫, 1999, 1792 年の島原四月朔地震と島原大変後の地形変化,砂防学会誌,52 巻 4 号,45-54.
- 井上公夫, 2000, 地震による土砂移動の予測, 中村浩之・土屋智・井上公夫・石川芳治編,地震砂防,古今書院, 第 5 章,102-120.
- Inoue,K., 2000, Shimabara-Shigatsusaku earthquakes and Topographic changes by Shimabara Catastrophe in 1792, Geographical Reports, of Tokyo Metropolitan University, No.35, 59-69.
- 井上公夫, 2001, 関東地震と土砂災害, 月刊地球,23 巻 2 号,147-154.
- 井上公夫・南哲行・安江朝光, 1986, 天然ダムによる被災事例の収集と統計的分析,昭和 62 年度砂防学会研究発表会講演集, 238-241.
- Inoue,K.,& Inagaki,Y., 1995, Shimabara-Shigatsusaku earthquakes and Shimabara Catastrophe, INTER-NATIONAL SABO Symposium Tour, 1-11.
- 井上公夫・石川芳治・他 7 名, 1996, 地震に起因した大規模土砂移動の事例調査,平成 8 年度砂防学会研究発表会講演集, 277-278.
- 井上公夫・今村隆正, 1997, 島原四月朔地震(1792)と島原大変, 歴史地震,13 号,99-112.
- 井上公夫・今村隆正, 1998, 島原四月朔地震(1792)と島原大変, 平成 10 年度砂防学会研究発表会講演集,90-91.
- 井上公夫・今村隆正, 1998, 中部地方の歴史地震と土砂災害, 一主に天正地震, 1586, 濃尾地震(1891)時に発生した大規模土砂移動について, 歴史地震,14 号, 57-68.
- 井上公夫・今村隆正, 1999, 高田地震(1751)と上越海岸の土砂災害,平成 11 年度砂防学会研究発表会講演集, 291-292.
- 井上公夫・今村隆正, 1999, 高田地震(1751)と伊賀上野地震(1854)による土砂移動,歴史地震,15 号,107-116.
- 活断層研究会編,1991, 新編日本の活断層,一分布図と資料, 東京大学出版会,437p.
- 建設省河川局監修・社団法人日本河川協会編, 1986,97, 改定新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説計画編, 第 4 章砂防計画の基本,山海堂,47-52.
- 建設省河川局砂防部, 1995, 地震と土砂災害,砂防広報センター, 61p.
- 建設省中部地方建設局, 1987, 昭和 61 年度震後対策調査検討業務,天然ダムによる被災事例調査(事例資料の統計的分析), (財)砂防地すべり技術センター,145p.
- 建設省中部地方建設局河川計画課, 1987, 天然ダムによる調査事例集,119p.
- 建設省土木研究所, 1995, 平成 6 年度地震時の土砂災害防止技術に関する調査業務報告書(その 3)-地震による土砂生産, 災害及び対策の検討一,第 2 編 大規模土砂移動編,108p.
- 建設省土木研究所, 1997, 地震による大規模土砂移動現象と土砂災害の実態に関する研究報告書,土木研究所資料,3501 号, 261p.
- 建設省越美山系砂防工事事務所, 1999, 越美山系の地震と土砂災害-濃尾地震(M8.0 とその後の土砂移動), 28p.
- 小林計一郎,1995,善光寺大地震のまとめ,長野,182 号, 49-60.
- 国立天文台編, 1995, 理科年表,平成 7 年版,丸善
- 松田時彦, 1990, 最大地震規模による日本列島の地震分帯図,地震研彙報,65 号,289-319.
- 松田時彦, 1995, 陸上活断層の最新活動期の表,活断層研究研究, 13 号,1-13.
- 松田時彦, 1996, 「要注意断層」の再検討,活断層研究,14 号,1-8.
- 松下忠洋, 1995, 山地は砂防で/活断層調査を進めよう, 砂防と治水,104 号,10.
- 大村寛・戸塚達哉・都筑賢治, 1980, 駿河湾で巨大地震が発生した場合の山地崩壊面積の推定方法に関する一試論,新砂防,32 巻,4 号,9-17.
- 砂防学会, 1998, 平成 9 年度地震による伊豆半島の土砂災害調査業務委託報告書,251p.
- 田畑茂清・原義文・井上公夫, 1999, 濃尾地震(1891)に起因した土砂移動の実態,砂防学会誌,52 巻 3 号,24-33.
- 田畑茂清・永山高久・井上公夫・杉山実, 2000, 轟崩れ(飛越地震, 1858)による天然ダムの形成と決壊に伴う土砂移動の実態, 砂防学会誌,53 巻 1 号,59-70.
- 田畑茂清・井上公夫・早川智也・佐野史織, 2001 投稿中, 降雨により群発した天然ダムの形成と決壊に関する事例研究, 一土津川災害(1889)と有田川災害(1953)の比較一,砂防学会誌,54 巻 2 号
- 宇佐美龍夫, 1987,96, 「新編日本被害地震総覧」,及び[増補改定版 416-1995],東京大学出版会,434p.

