

長野県西部地震による被害と地形・地質の関係

Disasters due to the Naganoken-seibu Earthquake and their relationships
with topography and geology

た が なお つね* こ ばやし たけ ひこ
多 賀 直 恒* 小 林 武 彦**
こ ちよう たけ ひこ
古 長 孟 彦***

1. ま え が き

1984年9月14日に発生した長野県西部地震の大きな特徴は、内陸山間部に位置する御岳山の南麓において、堆積年代の新しい御岳火山噴出物に覆われた斜面地形が、衝撃エネルギーが大きく、直下に発生した地震を受けたことにより、小～大規模な斜面崩壊を多くの場所で生じたことである。一方、斜面地形に付随して造られた土木・建築構造物等にも被害は生じているが、これらについては斜面地形における切土・盛土地盤の人工的造成が影響しているほか、前述の斜面崩壊の影響を直接・間接的に受けているものも多く見受けられる。

地震とともに火山国としても知られる我が国には、今回の被災地に類似したところが数多くあるので、これらの地域で長野県西部地震と同じような災害を二度と繰り返さないためにも、これらの地域に対する耐震性の評価と対応は緊急の課題である。そのためには、今回の長野県西部地震による被害が、地形・地質とどのような関係にあったかを追究・把握しておくことが、問題解決の糸口を探る第一歩であり、加えて今後の対策にその成果を生かすのに、極めて大切なことである。

本報告は、この主旨に基づき、1) 地震前・後における現地の地形・地質踏査、2) 航空写真解析、3) 地震後における現地被害調査、4) 室内土質試験等の調査・研究の結

果から、図-1に示す御岳高原スキー場入口付近（十二権現付近）の斜面崩壊と、王滝村中心部の道路や建造物を対象とする被害状況と地形・地質の関係について検討・考察を加えたものである。

2. 地形・地質概要

今回の地震で発生した斜面崩壊は、いずれも御岳火山噴出物とそれらの二次堆積物を含む第四紀層の崩壊に端を発したものであった。一方、斜面崩壊以外の災害も、御岳山の火山活動が形成した山岳地形の斜面に、生活の場を求めて造られた宅地、住宅、道路等に数多く生じている。このような災害の発生状況から、今回の地震による災害は「火山・地震災害」としてとらえることもできよう。

ここでは、この「火山・地震災害」に大きな影響を及ぼした地形・地質を、概括的に理解するため、以下に御岳火山の活動史と地質の関係について、筆者の一人が地震発生以前から続けていた調査・研究の結果に基づきその概要を説明する。

—御岳火山の活動史と地質概要—

御岳火山は、およそ15～20万年前より活動期と静穏期を交互に2回ずつ繰り返して現在に至っている。マグマに直接由来する火山噴出物を放出し、火山体を築いた2回の活動期を「古期御岳」、「新期御岳」と呼ぶ¹⁾が、長野県西部地震による主な崩壊は、すべて新期御岳の火山噴出物に関係して発生した（表-1）。

古期御岳火山は、現在の御岳山より大きな成層火山を造ったが、後の火山活動で破壊され現在は失われている。この山体の山腹～山麓部は、静穏期に著しく侵食・開析され、現在は急崖に縁どられて丘陵化している。これらの急崖に露出する節理の発達した古期御岳溶岩においては、今回の地震で小規模な崩壊・崩落が多くの場所で生じた。

新期御岳の火山活動は、約8万年前から始まり、その後約5万年間継続した。その間大量のテフラ^{注1)}粒子を放出してカルデラを形成し、現在の御岳山山体の中央部を造るとともに、長野県南部～中部地域に広くこのテフラ層を堆積させた。新期御岳火山前期の活動は、流紋岩質軽石の激しい噴出により火山体中央部を吹き飛ばしてカルデラを造

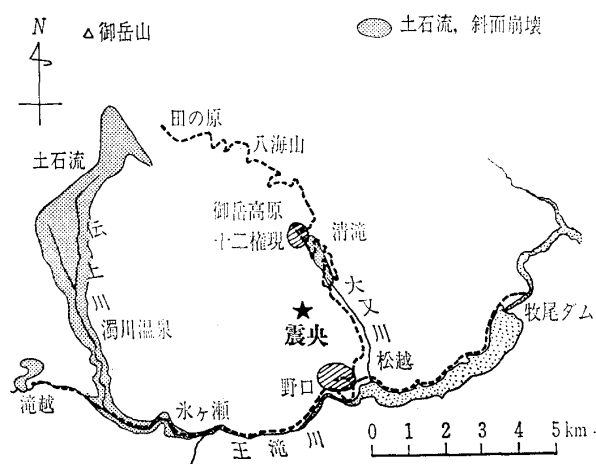


図-1 王滝村概要図、被害分布図

*名古屋大学教授 工学部建築学科

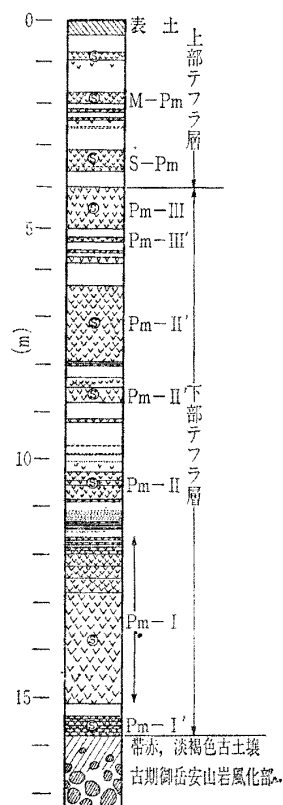
**富山大学助教授 教養部地学教室

***基礎地盤コンサルタンツ(株) 名古屋支社社長

注 1) 噴火の際に火口から放出され、空中を飛行して地表面に堆積した火山砕屑物の総称²⁾。

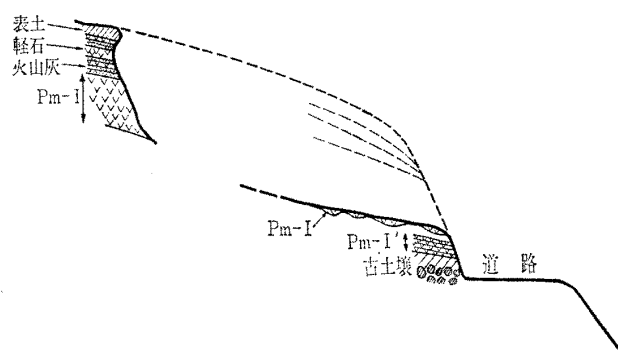
表一 御岳火山の活動史

活動史区分	噴出物	主な活動	地形	テフラ層		年代指示層	年代 ($\times 10^4$ 年)
				区分	主な層		
静穏期		1979年水蒸気爆発 水蒸気爆発(4回以上) 水蒸気爆発				アカホヤ 火山灰 AT火山灰	0.6 2.3
新期	後安山岩	成層火山群形成 (IV期) (III期)	火口地形が残る 三ノ池 四ノ池 継子岳 二ノ池 一ノ池	上部テフラ層	Y-Pm M-Pm S-Pm	木曾川泥流 DKP	2.8 ≥ 4.5
			田ノ原 摩利支天 奥の院				
御岳	前期(II期)	デーサイトー流紋岩	溶岩円頂丘群の形成と降下軽石・火砕流の活動	下部テフラ層	Pm-III Pm-III' Pm-II' Pm-II Pm-I Pm-I'		7~9
			多量の降下軽石と火砕流の噴出およびカルデラの形成				
静穏期		?					
古期御岳(I期)	後期	安山岩	単一の成層火山の形成				
	中期	安山玄武岩					
	前期	デーサイトー安山岩玄武岩					



図一 御岳高原B崩壊地のテフラ層柱状断面図

ったが、引続く活動は、降下軽石層や溶岩円頂丘、火砕流堆積物などで、カルデラをほとんど埋めつくして、カルデラ内に約2900mの高度を有する新しい火山体を築いた。新期御岳下部テフラ層は、白色～黄色の軽石と、灰色～淡褐色の火山灰で構成されている。御岳高原の黒石原では、この下部テフラ層が10mを越す厚さで堆積しており、今回の地震によって崩壊を起こした(図一2, 3)。なお、この時期の火山活動は、多量の火砕物を木曾川流域の河川に供給し、火山性碎屑物に富む河成堆積物を分布させた。灰色の火山灰や火山岩礫、軽石礫を多く含むこの時期の河成堆積物は、木曾谷層と呼ばれており、王滝川沿いでも滝越の崩壊地や濁川合流点付近、松



図一 御岳高原A崩壊地の模式断面図

越の崩壊地などに露出している。

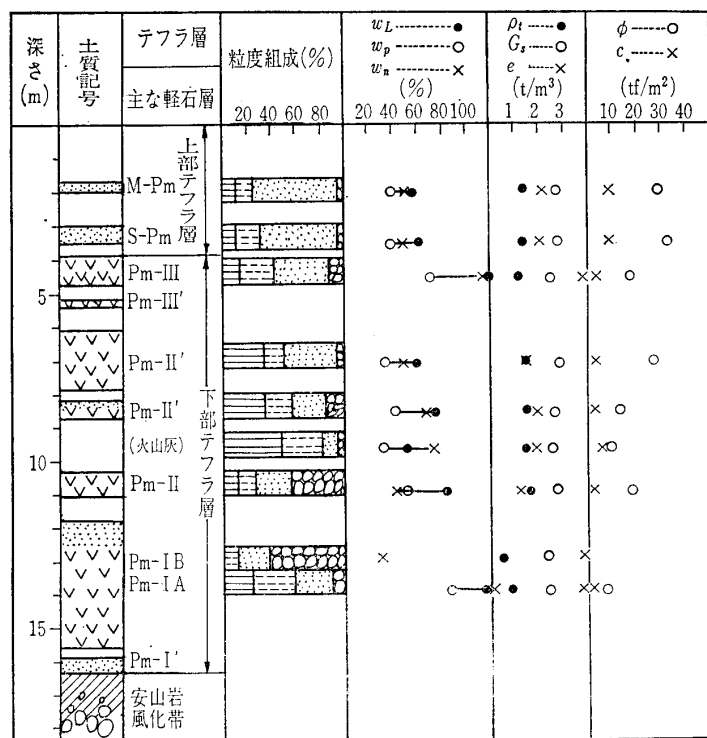
後期の活動は、前期の活動に引続いて5～6万年前に始まり、2～3万年間継続した。この時期には、安山岩質の火砕岩、溶岩が多次にわたって噴出し、前期の火山体を覆って成層火山群を形成した。既存の山体を刻む急峻で、狭い谷に流れ込んだ溶岩や火砕流には、しばしば長い距離にわたって流下したのが見られ、谷中に平坦面を造っている。濁川右岸の台地もそのようにして形成されたもので、その延長は今回の地震で崩壊した滝越の尾根を造り、王滝川右岸にも台地を残している。なお、新期御岳火山の山体頂部には、幾つもの大規模崩壊地形が残っており、また御岳北東麓の開田村から木曾川下流に分布が見られる岩砕流堆積物(木曾川泥流)も知られており、新期御岳後期から現在に至る静穏期の間に、大規模な崩壊が繰り返されたことを示している。

3. 崩壊地盤の土質工学的特性

御岳高原では5か所の斜面崩壊が生じた。このうちの3か所は、道路に沿って位置し、いずれも標高1350～1400m間に形成された比較的緩やかな尾根状地形を呈したところとなっている。3か所のうち、2か所の崩壊(B崩壊地、C崩壊地と呼ぶ)は、尾根とほぼ平行して切土によって造られた道路側へ、ほかの1か所(A崩壊地と呼ぶ)は、別の尾根を横切るようにして、やはり切土によって造られた道路側へすべり出している。ほかの大規模崩壊地と異なり、これらの3か所における崩壊前の地表面勾配は、 14° ～ 19° と比較的緩い。3か所の崩壊は、いずれも新期御岳火山活動によってもたらされた下部テフラ層中のPm-I層注2)が主要なすべり面となっている。図一2はB崩壊地のすべり面に表れた層序構成であり、ここには新期御岳火山活動による各層が模式的に堆積している。一方、図一3はA崩壊地の断面図であるが、ここではPm-II層より新しいテフラ層は、これまでの永い間に削り取られ、現在は載っていない。

今回の調査では、堆積年代の異なるテフラ層の工学的特

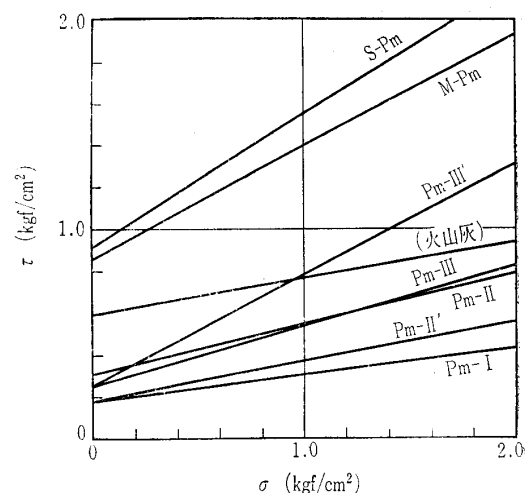
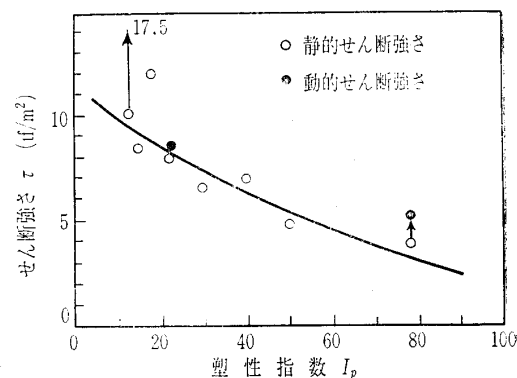
注 2) 新期御岳火山活動によって形成されたテフラの名称で、表一1のよう



図—4 土質柱状図および土性図

性を把握する目的で、B崩壊地において、崩壊面背後ですべりの影響を受けていない部分より、各層のブロックサンプリングを行い、物理試験一式と三軸圧縮試験(CU条件)および動的強度試験を実施した。動的強度試験は、3つの層(Pm—I, Pm—II', M—Pm)を対象に、中空ねじりせん断試験機を用い、斜面地形を考慮して、供試体に初期せん断力を加えたケースも実施した($\tau_s/\tau_f=0.8$, τ_s : 初期せん断強度, τ_f : 静的強度)。

図—4は、B崩壊地の土質柱状断面図(図—2)に、今回の土質試験結果をまとめた土性図である。ただし、図中のPm—I_Aは、A崩壊地のPm—I層の試料である。この図から明らかなように、粒度組成はPm—I層、およびPm—II層を除けば、堆積年代の新しい層から古い層へとシルト分以下の細粒土分が増加する傾向が見られる。Pm—I層は、全体的に粒径3cm程度の発泡性の良い白色の軽石層でできており、深成岩、濃飛流紋岩、安山岩などの岩片を多量に含んでいるため、粗粒土分が卓越した粒度組成となっている。しかし、同じPm—I層でも、A崩壊地のそれは、風化の進行による粘土化作用を受けてか、細粒土分の方が多くなっている。自然含水比は概ね50~70%の範囲にあるが、Pm—III層の145%、A崩壊地のPm—I層の253%が高く、逆にB崩壊地のPm—I層は発泡性が良く、ポーラスな状態であるところから、40%と低い値を示している。なお、自然含水比が液性限界とほぼ同じ、あるいは大きく不安定な状態にある層としては、A崩壊地のPm—I層、Pm—II層とPm—II'層に挟まれた火山灰層、Pm—III層、およびM—Pm層がある。湿潤密度は、大部分の層が1.5 t/m³前後であるが、自然含水比の高いA崩壊地

図—5 τ - σ の関係図—6 τ - I_p の関係

のPm—I層、およびPm—III層は、それぞれ0.94 t/m³、1.09 t/m³と小さい。以上の特性値との相関性から、間隙比は、A崩壊地のPm—I層で8.35、Pm—III層で4.84と大きく、ほかは1.4~2.0の範囲にある。A、B両崩壊地のPm—I層の粒度組成、および自然含水比は大きく異なるが、これについては噴出、堆積直後から、テフラのこれらの特性が異なっていたのか、あるいは堆積後の風化作用の進行の相違が影響しているのか定かではない。

図—5は、各層の三軸圧縮試験結果のモールの包絡線をまとめたものである。全体的に若干のばらつきはあるものの、古い層から新しい層へと、せん断強度が大きくなる傾向が見られる。一方、図—6は、塑性指数と各層の土被り圧を考慮したせん断強度の関係であり、この図の中に3つの層で実施した動的強度試験結果による動的せん断強度もプロットしている。図で明らかなように、塑性指数と静的せん断強度の間には、多少のばらつきはあるものの、比較的良好な相関性が読みとれる。塑性指数とせん断強度の相関性については、地すべりの分野で積極的に試みられているようであり³⁾、例えば塑性指数と残留強度の間に、有意な相関性が見い出されている。これらの研究成果によれば、残留強度は鉱物組成や化学結合に左右されるようであり、このことはテフラ層の堆積年代と強度の相関性を見出すための、一つのヒントを示唆しているとも言えよう。なお、

図-6の動的強度については、試験個数も少なく断言し難いが、塑性指数との間にある相関性を有しているようである。そして、静的せん断強度に対する動的せん断強度の増加率は、堆積年代の新しい層ほど大きくなるようである。

4. 被害状況と地形・地質の関係

御岳高原スキー場付近の斜面崩壊と、王滝村中心部を主体とした人間生活に直接かかわる道路や建物等の被害状況調査、および被害が発生した場所の立地条件に関する調査に基づき、その規模、分布状況、類形化等について検討し、被害状況と被災地の地形、地質環境および御岳高原の崩壊地盤の土質工学的特性との因果関係を追究して、被害の主たる状況と原因について考察する。

4.1 被害の一般的特徴

山岳地帯に今回発生したマグニチュード6.8の地震による被害の一般的特徴を、以下に列記する。

- ① 激甚な被災領域（震度V～VI程度）は、10 km×12 km程度と比較的局所的であった。
- ② 地震と同時に発生した大規模な土石流および斜面崩壊により、大量の土砂が河川を埋没・堆積し、道路、橋梁、トンネルを埋めた。
- ③ 地震により発生した大規模な斜面崩壊は、いずれも新期御岳火山噴出物の崩壊に端を発している。
- ④ 斜面を切盛造成して構築された道路・擁壁、家屋等が至る所で崩壊し、その結果、擁壁は崩落、道路は遮断され、家屋は不同沈下・傾斜等が生じた。
- ⑤ 人間の社会活動は、地形的に緩い斜面と段丘の比較的平坦地の多い所に構造物や住宅を構築して営まれており、地形ないし地盤条件の劣悪な所で被害が発生した。
- ⑥ 斜面崩壊等に伴う土砂の流出・埋没・堆積による被害を除外すると、地震動による構造的な被害は比較的軽微であった。
- ⑦ 一般木造家屋の被害状況を総括すると、広域的には山岳地形の斜面形状により特異な個所に被害が発生している（図-7）。狭域的には、家屋の立地している地盤の形状、家屋との取付け、造成の形態等が図-8⁴⁾に示すように関係している。すなわち、被害を受けた大部分の家屋は、斜面地形に位置しており、このため、地盤条件は強度の弱い二次堆積の崖錐層、火山灰層、あるいは軽石層であることが多く、地震に対する斜面地形の不安定さに加え、造成地盤、支持地盤としての不適格さが、これらの一般木造家屋の被害を大きくした。

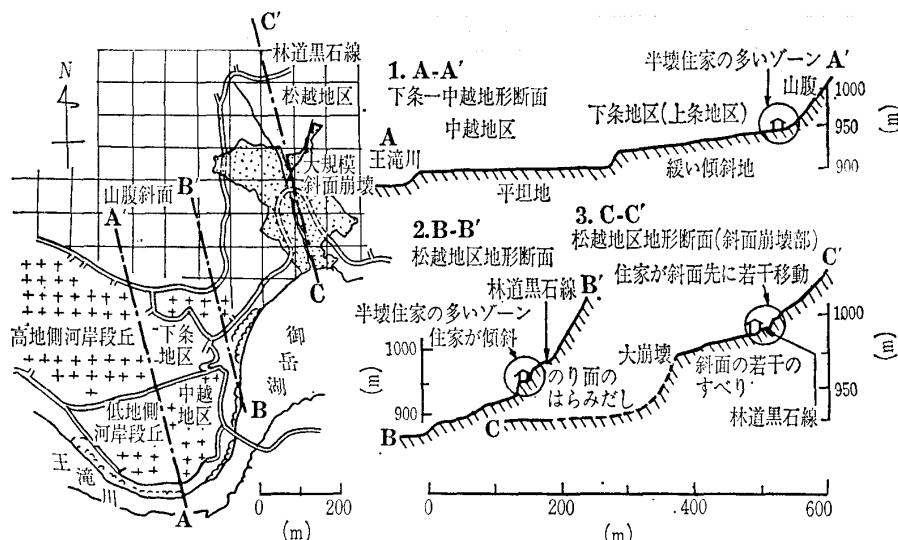


図-7 木造家屋の被害の局所性と地形条件

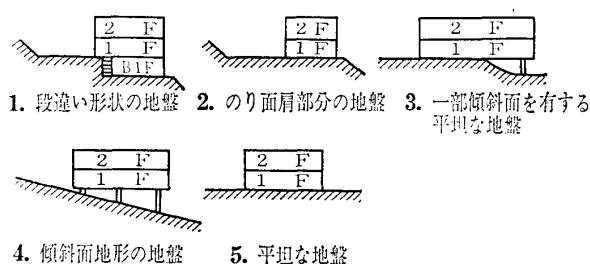


図-8 地形条件と構造物の形状

- ⑧ 家屋に現れた被害現象、例えば屋根瓦の滑落、内外装材・壁面の剝離、窓・閉合戸の脱落、ふすま・障子の脱落・転倒、基礎と上部構造とのずれ等は、いずれも地形および地盤条件に関係して生じている。

4.2 被災対象と地形・土質条件

地震によって被害を受けた構造物は、多かれ少なかれそれが置かれた立地条件の影響を受けている。例えば、王滝村の家屋被害の全壊・半壊の分布状況を見ると、比較的急傾斜の山腹から、斜面が段丘状に緩やかに変化する境界部での被害が特に顕著である（図-9）。前述のように、この原因としては、斜面の幾何学的な形状変化の影響と、表層部を構成する地盤の工学的特性の影響によるもの、構造物を構築するために人工的に造成された擁壁等の崩壊によるもの、傾斜地形に設置された基礎構造の不整合性に起因するもの等が考えられる。このほかにも、旧地形の湖沼や水田を埋めた軟弱地盤や過去にすべりや亀裂が発生した斜面、あるいは段丘状地形の肩部といった場所で崩壊した例がある。

御岳高原の斜面崩壊は、標高1350m～1400mの小起伏状の丘陵を覆う新期御岳テフラ層に属するPm-I軽石層で起こった（図-3）。崩壊か所は御岳高原スキー場入口付近に5か所あり、そのうち3か所は、いずれも切土して造られた道路側へPm-I層をすべり層として崩壊した。最も大きな崩壊か所は、幅約120m、奥行き約100mで、すべりの深さは平均して5～6m程度と、崩壊面積の規模に

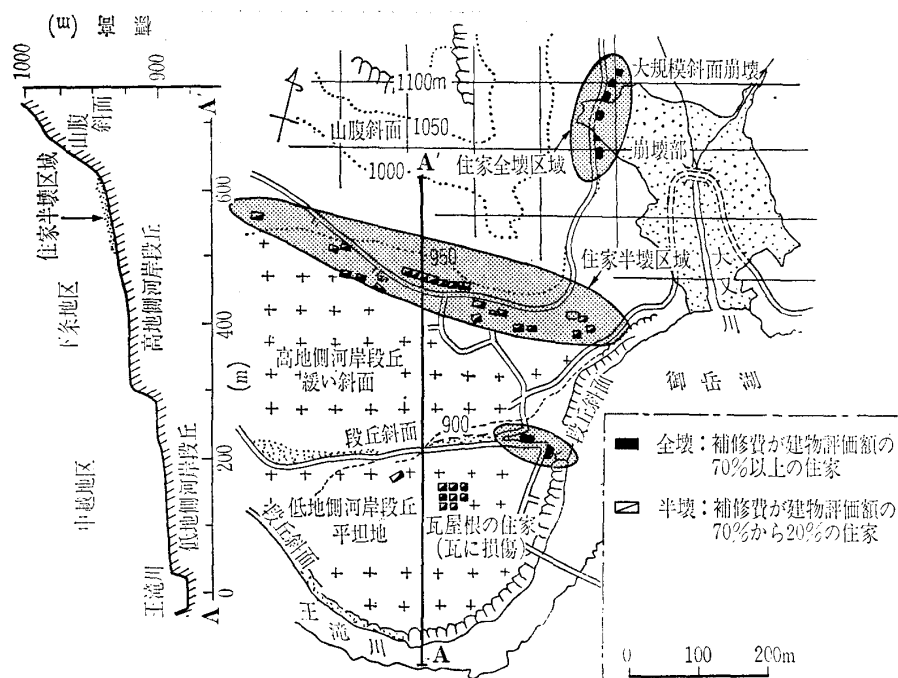


図-9 住家被害分布と地形条件

対しては浅い。Pm—I層の工学的特性は、 $\rho_t=0.70\sim0.94$ t/m³, $c_{cu}=1.94$ tf/m², $\phi_{cu}=7^\circ$ であり、初期せん断力を考慮した場合の動的強度は $c_a=2.9$ tf/m², $\phi_a=7^\circ$ で、 c 要素が静的強度に較べて約5割強く得られている。目で見ただけでは、あるいは手で触った感じは極めてばさばさしており、脆弱で透水性の良い層である。これに対し、すべり層の下位に分布するPm—I'層は、風化によって軽石粒がつぶれ、レンズ状を呈する白色軽石粒と火山灰とが細かく成層しており、上部はほとんど火山灰から成っている³⁾。今回の調査では残念ながら詳細な安定計算を行うまでに至らなかったが、粘土化の進んだ不透水性のPm—I'層の上位に、脆弱で透水性の高いPm—I層が、厚く重なっていたことから、崩壊前の降雨量(9/1~9/14の連続降雨量205mm)の影響をまともに受け、たっぷり水を含んだ状態で塊のまますべり出したものと考えられる。

一方、構造物に生じた地震被害の概要を通観して地形・地質等の立地条件に関係したものを大別すると、次の4つに分類できる。

- ① 土砂の崩壊により流失ないしは埋没したもの。
- ② 自然斜面や崖地の崩壊あるいはすべりによるもの。
- ③ 斜面を造成した擁壁の破壊に起因するもの。
- ④ 立地条件に合致した基礎構造の耐震的配慮の欠如によるもの。

4.3 家屋の被害

地形・地質条件を主因として生じた家屋の被害状況を分類すると以下のようなものである。

- ① 濁川、滝越、松越等の土砂崩壊による家屋の流失。
- ② 氷ヶ瀬等の流出した土砂の家屋への浸入による破壊。
- ③ 流出した土砂で家屋が引き裂かれたもの(松越)。

- ④ 急傾斜地の背部のすべり崩壊による家屋の傾斜。
- ⑤ 比較的規模の小さい擁壁の崩壊による家屋の被害。
- ⑥ 大きな段丘斜面における亀裂の発生による家屋の不同沈下・傾斜。
- ⑦ 擁壁の移動・回転による布基礎への亀裂発生。

これらの被害要因を分類すると次のとおりである。

- ① 大規模な土砂・斜面崩壊に起因するもの。
- ② 自然地形の崖地や斜面の崩壊・移動・亀裂によるもの。
- ③ 擁壁の崩壊や、人工的に造成した地盤の陥没・移動(図-10³⁾)。
- ④ 基礎構造の耐震的な配慮の不十分、および周囲の立地条件(地形・地質・地盤)への考慮の欠如。

崩壊した擁壁周辺の土の性質は、大部分が火山の山体表面層を覆う火山灰や、軽石まじりの土で、いずれももろく地震の衝撃で崩れやすいものである。

4.4 道路の被害

山岳地形をうがって(通常切盛)造成された道路は、王滝村をはじめ周辺の町村でも至る所で被害を受けた。これらの被害状況を挙げると次のとおりである。

- ① 舗装面に亀裂もしくは一部が沈下。
- ② 谷側の路肩がすべり、ガードレールが移動・傾斜。
- ③ 道路の盛土部分が陥没・沈下。
- ④ 山側の切土斜面が崩壊・滑落(切土斜面には図-11⁴⁾に示すように、自然斜面、切土のり面未防護、コンクリート吹付け、防護ネット張り、ブロック擁壁等の形式があり、各々に対して崩壊のパターンがある)。
- ⑤ 山側切土斜面上方の土砂・岩石・石塊等の落下。
- ⑥ 土石流の流入もしくは堆積・埋没。

次に被害形式とその程度を分類して図-12に示す。この図からは次のようなことが読みとれる。

a. 道路直上・直下の斜面崩壊によるもので、被害箇所

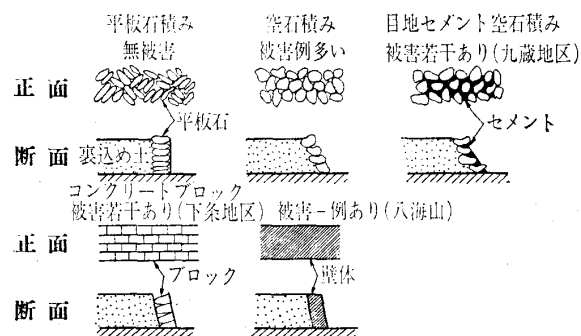
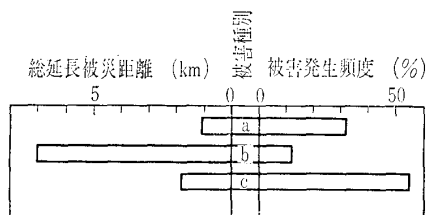


図-10 擁壁構造様式(住宅)

擁壁の種類	単体擁壁		擁壁の種類	複合擁壁	
	断面図	正面図		断面図	正面図
モルタル吹付け			間知ブロック 間知石		
コンクリート			コンクリート ネット		
防護ネット			間知ブロック 間知石		
空石擁壁			間知ブロック 間知石		

図-11 擁壁構造様式（道路）

図-12 被害発生頻度と被災総延長距離
(王滝村および周辺 164 地点の調査)

は全体の32%を占める。

- b. 斜面崩壊の土砂によって埋没・流出したもの。被害発生件数は全体の1割強であるが、被災総延長は7kmに及ぶ。著しく復旧が困難である。
- c. 盛土・切土地盤・擁壁等の道路構築体の崩壊によるもので、被害発生件数が全体の5割強と多く、また被災距離総延長が約1.8 kmにも及ぶ。

以上述べた被害の要因は、土石流による土砂の流入・堆積を除けば、地震に対して安定性が良くない斜面に人工的な切盛造成を行ったことであると考えられる。

地形条件のうち、斜面の勾配は斜面崩壊の主要な因子の一つである。道路斜面の崩壊を例にとり、被害程度と斜面勾配の関係を図-13⁴⁾に示す。図中、被害大は土石による流出・堆積で通行不能となり、復旧に多大な時間がかかるものである。被害小はほとんど復旧時間を要しないもの、被害中は両者の中間のものである。斜面勾配が30度以上になると、被害のランクは極めて高くなっている。

4.5 橋梁の被害

橋梁の被害は、長野県下で14か所、被害額は4.4億円にのぼる。被害の主要な要因は土石流によるもので、次の4つに分類できる(図-14⁴⁾)。

- ① 土石流による流出・埋没(氷ヶ瀬橋, 新大又川橋)
被害が最も大きい(図中の(a), (b))。
- ② 橋桁の流出したもの(鈴ヶ沢沿いの橋, 図中の(b))。
- ③ 土砂が橋桁の上を覆って通行不能となったが、橋梁

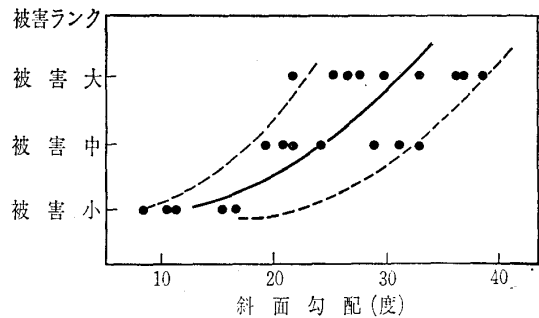


図-13 斜面勾配と被害ランクの関係

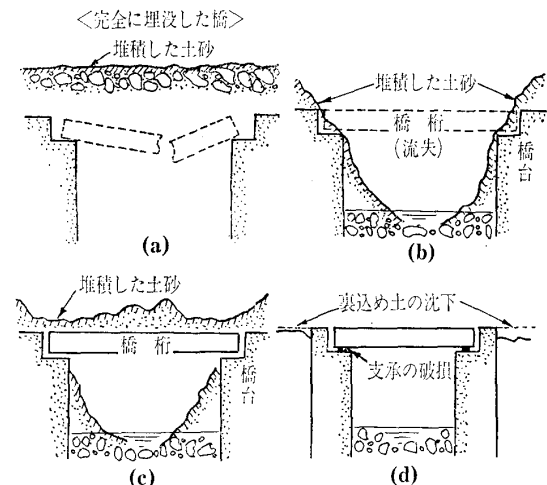


図-14 橋梁被害のパターン分類

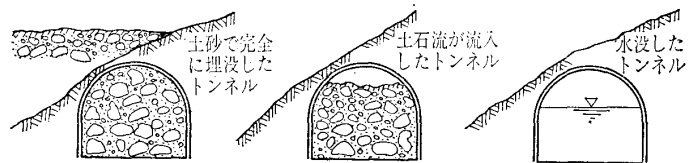


図-15 トンネル被害のパターン

構造体に被害が生じなかったもの(清滝村付近の橋, 図中の(c))。

- ④ 橋梁取付け道路の裏込め土の陥没によるもの(池ノ越の橋, 図中の(d))。

4.6 トンネルの被害

王滝村の6か所のトンネルのうち、被害を受けたのは3か所であり、いずれも土石流による土砂の堆積が主因である。被害を分類すると図-15⁴⁾のようになる。

- ① 土砂で完全に埋没(餓鬼ヶ咽トンネル)。
- ② 土石流が流入(氷ヶ瀬トンネル)。
- ③ 土石流により人造湖が貯水したことによる水没(王滝トンネル)。

道路、橋梁、トンネルは、災害復旧や生活維持のための生命線であり、交通の遮断は地域の孤立化を招く。したがって、交通路確保という面で、今後、道路整備において耐震性の向上を前面に押し出すことが不可欠の課題といえよう。

5. あとがき

長野県西部地震の被害状況を、特に地形・地質・土質工

学的な立場から検討を加え、この被害の主な要因が火山特有の地形・地質および山岳地に形成された人工的な造成ならびに構造物の関連で特徴づけられることを指摘した。今回の地震を教訓とし、日本国内に数多く存在する火山性山岳地域の災害を予知して防止軽減するためには、被災原因を除去するか、被災対象の抵抗を増強することである。

上に挙げた主要因についての対策を以下に述べる。

- ① 歴史的に過去の地形・地盤に関する破壊状況を十分に調査し、特に崩落やすべり破壊の原因となりやすい特徴を抽出して防災の見地から、崩壊の危険地域を指定して崩壊防止対策を施工するか、土地利用の面からの規制を強化する。
- ② 地震ないし豪雨による崩壊危険度が高く、規模の大きな急傾斜地・崖地を総点検し、工学的対策を立てる。さらに、社会活動が必要とするものでも、災害の際にそれが重大な影響を及ぼすような場合には、その利用・活用を制限する等の処置が必要である。
- ③ 斜面地形の有効な利用のために、階段状に擁壁を造成することが行われるが、擁壁の設置法、特に裏込め盛土部と切土の境界部や壁体そのものの倒壊等に起因した被害の発生するケースが多発している。擁壁の設

計・施工に当たっては、地震時の挙動を十分に考慮した対策が必要である。

- ④ 今回の被災地のような地形・地盤条件に対する構造物の基礎については、その周辺の状況と上部構造を十分に考慮し、通常の平坦地とは異なった配慮をする必要がある。
- ⑤ ①～④を具体的に実行するためにも、テフラ層の全国における分布状況、およびその工学的特性の把握が急務である。

参 考 文 献

- 1) Kobayashi, T.: The Petrochemical Characteristics of Ontake Volcano, Jour. Coll. Lib. Arts, Toyama Univ., Vol. 7, pp. 71~85, 1974.
- 2) 地団研地学事典編集委員会編：地学事典（第4版，第5刷），pp. 742, 1977.
- 3) Voight, B.: Correlation between Atterberg Plasticity Limits and Residual Shear Strength of Natural Soils, Géotechnique, Vol. 23, pp. 265~267, 1972.
- 4) 正木和明・古長孟彦・多賀直恒：1984年長野県西部地震被害報告，土質工学会中部支部，1984年11月。
- 5) 小林武彦：長野県西部地震による崩壊と御岳火山の地質，昭和59年度災害科学総合研究，河川分科会シンポジウム，pp. 8~10, 1985.

（原稿受理 1985.8.17）

技術手帳

等値換算係数

な 雲 さだ お
南 雲 貞 夫*

アスファルト舗装の構造設計に用いられる、材料の強度特性に関する係数値であって、アスファルト舗装を構成する表層、基層、路盤などの各層に適用される材料の単位厚さが、強度や耐久性の観点から比較して、表層基層用加熱アスファルト混合物のどれだけの厚さに相当するかを示す値。例えば、粒度調整碎石の等値換算係数値（以下、係数値という）がアスファルト舗装要綱（以下、要綱という）に示すように0.35であると言うことは、厚さ20cmの粒調路盤が $20 \times 0.35 = 7$ cm厚の加熱アスファルト混合物層に強度と耐久性において匹敵する効果を持つことを意味している。

要綱によれば、アスファルト舗装の構造は全体の厚さとともに T_A が目標値を満足するように設計されなければならない。 T_A は舗装の各層厚と各層の材料工法に規定する係数値の積の累計として求められ、舗装全層をこれと強度的に等しい表層基層用加熱アスファルト混合物の厚さに換算したときの値であると言える。

要綱で規定している各種材料と工法に対する係数値は単純な室内強度試験などによって決められたものでなく、基本的にはAASHO道路試験の成果にもとづいており、これにその後わが国で行われた試験舗装の長期間の観測結果などから推測した係数値を取入れるなどしている。

1962年に発表されたAASHO道路試験では、通常の施工法と通常の車両を用いて広範囲な軸重の相対的な破壊効果を探り、種々の構造要因を組合わせた舗装構成が同一路床上で異なる軸荷重の通過に対しどのような供用性を示すかなどを明らかにすることが主目的のひとつであった。その結果サービス指数、舗装要因および交通荷重の関係を示す式が得られ、その中で舗装要因は舗装厚指数 D で表現された。 D は分散分析の結果次式で表される。

$$D = 0.44 D_1 + 0.14 D_2 + 0.11 D_3$$

ここに、 D ：舗装厚指数

D_1 ：表層厚（in）（加熱アスファルト混合物）

D_2 ：上層路盤厚（in）（粒調碎石）

D_3 ：下層路盤厚（in）（砂まじり砂利）

*熊谷道路舗 取締役技術研究所長