

集中豪雨による山地斜面災害調査

An Investigation Report on the Slope Failures Induced by Torrential Rain

清水 泰弘 (しみず やすひろ)

名城大学助教授 理工学部建設システム工学科

岡田 富士夫 (おかだ ふじお)

名城大学講師 理工学部建設システム工学科

釜井 俊孝 (かまい としたか)

京都大学助教授 防災研究所地盤防災部門

1. はじめに

2000年9月11日に口絵写真—1に示すように秋雨前線と台風14号から暖かく湿った空気が流れ込んだ影響がもたらした集中豪雨により、東海地方において大水害が発生した。12日未明には名古屋市西区を流れる、新川の堤防が約100 mにわたって決壊し、市内の床上浸水は一万戸、床下浸水は一万四千戸を超える甚大な被害が出た。一方、愛知県東加茂郡、岐阜県恵那郡および長野県下伊那郡などの3県境にまたがり多大な被害が発生した。

特に、土石流を伴った沢ぬけ、斜面崩壊といった土砂災害が多発し、県道や市道が寸断され一時的に多数の村落が孤立状態になった。被害の集中した岐阜県上矢作町およびその付近では、橋の流失と取付け部の破損を含め15橋、家屋の全壊10戸、国道を含め道路路側帯欠壊および流失が63箇所、護岸決壊が数 kmにも及んだ。ここでは、今回直接調査した多くの調査結果に基づいて被害事例を挙げて考察する。

2. 災害調査

上矢作町周辺方の地質は領家帯の新期花崗岩類の伊奈川、武節花崗岩あるいは古期花崗岩類の天竜峡、三都橋花崗岩が基岩を成しており、地表面は岩質によって異なるが風化が進み節理が多い岩盤と花崗岩の強風化層のまさ土に分かれる。このたびの集中豪雨による斜面崩壊では、このまさ土の地域で多く発生していた。斜面崩壊の調査範囲を矢作水系の矢作ダムより上流とし、山地斜面崩壊の状況、倒木および流木量、地形、地質、植林について調査を行った。

災害現場の調査では、ノンプリズムレーザー距離計やウォーキングメジャー等を用いて地形形状、断面、勾配等を測量し、倒木の本数および周辺の樹木(主に植林樹)の種類、太さ、長さ、密集度を調査した。また、土質調査のため崩落地最上部の残土を採取した。調査結果を表—1に示す。同表に示す集水面積は5 000分の1の地図より算出した。植生状態は植林の未伐採を密、間伐済み疎と表記したが、崩壊地の植樹林はほとんどが幼齢林であり、未間伐を斜面崩壊の理由に挙げることは困難である。植林樹は年数が増すにつれ数回の間伐を行うこと

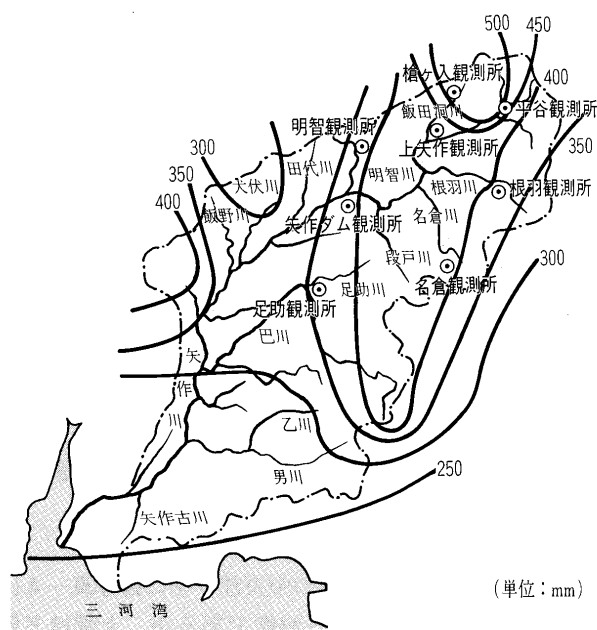
から、20～30年頃までは下草が繁殖する程度の間隔にならず、多くの未崩壊地でも密や疎にかかわらず下草は無く表土が露出していたり、枝打ちの枯れ枝や落ち葉などが堆積していた。

3. 降雨特性

9月10日午後8時の降り始めから12日午前11時までの岐阜県内の国土交通省雨量観測所の位置と等累積雨量線を図—1に示す。また、口絵写真—2に9月11日23時から12日6時までの1時間ごとの時間雨量の変化について上矢作地区付近の国土交通省雨量観測所である上矢作および槍ヶ入の時間雨量(図中、棒グラフ)と累積雨量(図中、折れ線グラフ)を示す。今回の豪雨ではどの観測所も記録的な雨量を記録しているが、これらの雨量は国土交通省の記録によれば、500年に1度の異常降雨であるとされている。

4. 倒木災害

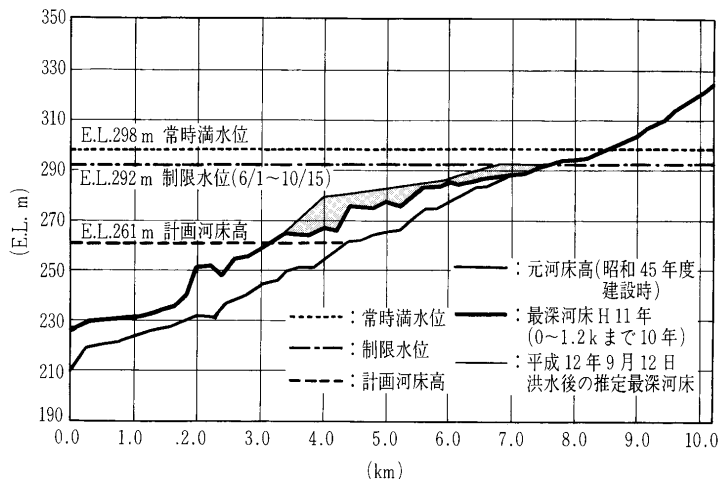
今回の集中豪雨による災害の中でも倒木によって引き起こされた被害の割合は非常に高い。上流部における斜面崩壊、沢ぬけあるいは土石流により倒木が大量に発生し、矢作ダムのダム貯水池内に過去2箇年平均(約600



図—1 雨量観測所と等累積雨量図²⁾

表—1 上矢作水系の斜面崩壊調査結果

No.		市町村	地点	地質	集水面積 ×10 ⁴ (m ²)	斜面勾配(度)	崩壊規模			素因	表面水の有無	植生	植生状態
							長さ(m)	幅(m)	厚さ(m)				
A	1	上矢作町	中島	花崗岩	2.5	31~47	130	7~17	1.0~2.5	その他	無	檜	密
	2	上矢作町	横道	花崗岩	14.3	41	28	3~6	0.5~1.0	集水地形	有	檜	密
	3	上矢作町	達原	変成岩	77.5	38	30	4~20	0.5~2.0	集水地形	有	杉、檜	密
	4	上矢作町	達原	変成岩	0.5	47	27	6~18	0.5~1.5	集水地形	無	杉、檜	密
	5	上矢作町	達原	花崗岩	13.1	35	52	4~20	0.5~0.7	集水地形	無	杉	密
	6	上矢作町	達原	花崗岩	0.7	28~38	172	16~20	0.5~1.5	節理	無	杉	疎
	7	上矢作町	達原	花崗岩	1.2	47	28	3~6	0.3~0.5	集水地形	有	杉	密
	8	上矢作町	達原	花崗岩	3.0	33~44	101	6~7	1.0~1.5	集水地形	有	杉、檜	疎
	9	上矢作町	達原	花崗岩	3.7	17~47	154	5~13	1.0~3.0	集水地形	有	杉、檜	疎
	10	上矢作町	達原	花崗岩	6.2	18~39	522	8~40	0.5~3.5	集水地形	有	杉	密
	11	上矢作町	達原	花崗岩	9.6	23~36	592	4.5~17	0.5~3.0	集水地形	有	杉、檜	疎
C	1	上矢作町	阿寺	まさ土	2.5	16~38	337	19~23	0.5~3.0	その他	無	杉、檜	疎
D	1	上矢作町	本郷	まさ土	11.0	1~37	479	11~60	0.3~1.0	その他	有	杉、檜	疎
E	1	稲武町	小田子	腐食土	1.0	11~35	123	12~14	0.3~0.5	集水地形	無	杉	密
F	1	稲武町	漆瀬	花崗岩	2.0	1~40	146	6~19	0.5~1.5	その他	無	杉、檜	疎
	2	稲武町	漆瀬	花崗岩	24.5	2~33	77	15~30	0.5~3.0	集水地形	無	杉、檜	密
J	6	串原村	ダム	花崗岩	70.1	7~14	523	17~30	0.3~1.5	集水地形	有	杉、檜	疎
K	2	上矢作町	山越	花崗岩	6.4	19~33	334	15~22	0.3~1.0	集水地形	無	杉、檜	疎

図—2 矢作ダム湖の堆砂量図²⁾

m^3) の70倍近い約4万 m^3 の流木が流入した。口絵写真—3に豪雨直後の矢作ダム湖上流部に堆積した流木を示す。なお、副次的にはダムが多量の流木を貯留したことで、下流河川への被害の拡大防止が図られたものと推測される。また、同様にダム貯水池に多量の土砂が流入し堆積した。その堆砂量は、約110万 m^3 で、年平均(8万 m^3) の12倍以上と推定された。矢作ダム湖の上流部における堆砂曲線図を図—2に示す。

5. 山地斜面崩壊

岐阜県恵那郡上矢作地区において沢ぬけ、斜面崩壊などは無数に発生したが、中でも200 m以上の長さにわたって崩壊した大崩壊地は、確認できただけでも7箇所あった。今回の豪雨による斜面崩壊は、全体として比較的数字は少ないが、長大なものが多いことが特徴と考えられる。幾つかの崩壊の内で地形および地質等に特徴的な斜面崩壊事例を次に示す。

5.1 林道が誘因となった斜面崩壊

上矢作町阿寺の斜面崩壊の中央部分を口絵写真—4に示す。この斜面は勾配16~38度であるが、上部ほど急傾斜である。この崩壊地には上下両端部に林道が接して

いるが、その崩壊の斜長は上下の林道間で296 m、幅が19~23 mで崩壊面積は $5.0 \times 10^3 \text{ m}^2$ 崩壊の厚さ0.5~3.0 mである。表土は花崗岩の風化土であるまさ土と腐植土が混合したもので、崩壊地中央にはほぼ全長にわたって深いガリを発生させていた。なお、この崩壊断面はU形で崩壊前には全面植林されていた斜面であり、崩土の堆積状態から表層谷型崩壊と考えられる。

この斜面崩壊の誘因としては、崩壊地の最上端部に接している幅員6.0 mの林道の存在が考えられる。最上端部に接する林道がそれより高地の約200 mの範囲の流域に降った雨水の水路となり、屈曲部であるこの地点に集水した。林道は山側に傾斜する片勾配で側溝を有する構造であり、一定間隔に林道を横断する排水施設はあるが土砂で埋没していてその効果は無かった。また、林道沿いに雑草が轍の影響で列状に茂り、林道をより水路化させたものと考えられる。林道によって増加した集水面積は約 $8.6 \times 10^3 \text{ m}^2$ であり、同崩壊地の集水面積の34%もの増加となった。林道からの流入がない隣接地形では崩壊が発生していないことから以上のことが崩壊の誘因であると推測された。また、このような崩壊現象は同地内の各所で見られた。

5.2 急傾斜が誘因となった斜面崩壊

上矢作町達原の急傾斜地で発生した幾つかの斜面崩壊は、上村川沿いの国道418号を破壊し、上流の地域を孤立させた。その一例を口絵写真—5に示す。この崩壊斜面は、斜長が592 m、幅は4.5~17 mと狭く、崩壊面積は $7.0 \times 10^3 \text{ m}^2$ であり、23~36度の急な傾斜角である。崩壊後の斜面は全面に岩盤が露出しており表面は節理が発達し、約80度の流れ盤で沢形状はV字型をなし節理の方向から、くさび破壊も確認された。

この斜面の集水面積は $9.6 \times 10^4 \text{ m}^2$ で最上部に接している林道の側溝から雨水が流入する構造で、崩壊前地形はもともと浅い谷地形で植林された状態であったが、降雨時には狭い幅の水路が出現していた。この斜面崩壊の特徴は崩壊土砂に岩石ブロックが多かったことからプロ

ック型崩壊であるといえる。この斜面の中上部付近では節理面に沿った傾斜に数十 cm の小段層が連続し、下部では幅と高さが数 m の階段状に岩盤が連続していた。

5.3 緩傾斜が誘因となった斜面崩壊

この斜面は上矢作町本郷で発生したもので斜長が479 m、最先端部の29 mの間が最大勾配45度、幅は60 mですり鉢状をなしていた。それより下流は幅が平均20 mで、平均勾配が5度程度と非常に緩い傾斜で、崩壊面積は $9.2 \times 10^3 \text{ m}^2$ あった。この崩壊前地形は水田であったが、30年前に植林を行ったとのことである。最上部は崩壊の先端より尾根までの面積は少なく、他の領域より集水したとは考えられないが集水面積が $3.2 \times 10^5 \text{ m}^2$ と広く、降雨により土砂流の浸食による二次的な崩壊や、下流への速い土砂流に伴って大量の倒木が発生し流下した。この斜面崩壊の最上部の状況を口絵写真—6に示す。

5.4 幼齡林が誘因となった斜面崩壊

長野県下伊那郡地方では今回の豪雨で広範囲に沢ぬけと斜面崩壊が生じた。特に根羽村小戸名の北部では集中的に斜面崩壊が発生した。その崩壊地の一例を口絵写真—7に示す。周辺にはこのような崩壊が無数に点在するが、斜面崩壊地のすべてが10～15年ほどの檜、杉の幼齡林であることが特徴である。本崩壊も幼齡林で発生しており、隣接する20～30年以上の植林地では崩壊が生じていないことが写真からも明らかである。この場所は、海拔1000～1200mで集水面積が $8.7 \times 10^5 \text{ m}^2$ 、平均傾斜は15度で、15年前までは樹齡50年の檜林であった。

針葉樹は伐採すると、残された切り株や根は枯れ、空洞化し、地盤を緩める原因となり、今回の崩落の誘因にもなった。この現象は口絵写真—7でも明らかのように南西向きの斜面で崩壊が発生し北東斜面では崩壊が発生していない。皆伐によって残された根が日照による腐食の進行条件の違いにより北向き斜面より早く地盤を緩めたものと考えられる。

6. 昭和47年西三河災害との比較

調査地域の南に隣接する愛知県西三河地区では、昭和47年7月12日夜から13日にかけて集中豪雨があり、総雨量300 mm、最大時間雨量86 mmを記録した小原村を中心とする地域で多数の斜面崩壊が発生した。その多くは、花崗岩類で構成される山地で発生したが、斜面を構成する岩石の微妙な違いによって崩壊の発生数(密度)が大きく異なっていた。すなわち、小原花崗閃緑岩と呼ばれる角閃石黒雲母花崗閃緑岩の分布地域での崩壊は比較的少なく、伊奈川花崗岩と呼ばれる含角閃石黒雲母アダムロ岩の分布域では崩壊の発生密度が高かった。これは、中性の小原花崗閃緑岩と酸性の伊奈川花崗岩とでは、風化形態に大きな違いがあり、伊奈川花崗岩の風化帯では崩壊の発生しやすい条件が整っていたためと考えられている。今回の調査地域(上矢作町周辺)と同様、伊奈川花崗岩の風化帯にはしばしば明瞭な風化の不連続面があり、崩壊のすべり面として利用された。また、節理・断層系の発達が著しくすべりの境界や地下水路が形成さ

れていた³⁾。

昭和47年の小原村における災害では、崩壊の密度は極めて高く、150箇所/ km^2 であった。しかし、今回の災害では、崩壊の密度は小さい。同じ伊奈川花崗岩が分布する阿岳本谷上流部の崩壊集中域においても、崩壊密度は、約12箇所/ km^2 であり、昭和47年の小原村に比べて大きな相違があった。今回、調査地域における降雨は総雨量で400～600 mm、最大時間雨量で80 mmと推定されるので、最大時間雨量は昭和47年災害時の小原村と同程度、総雨量では小原村のケースを上回っていたと考えられる。さらに、小原村周辺の山地(標高500～600 m)に比べて今回の調査地域(上矢作町周辺)の標高は500～1000 mと高い。すなわち、斜面は小原村地域に比べて相対的に急傾斜であり、斜面長は長い。この様に、今回の調査地域は、昭和47年の小原村の状況に比べて、同じ地質(伊奈川花崗岩)で構成される相対的に急傾斜な斜面に、ほぼ同様な強い降雨を受けたと推定される。しかし、実際の崩壊発生密度はこうした降雨・地形条件から予想される結果と逆であり、崩壊の発生に及ぼす他の要因の影響が想定される。ここではその要因の一つとして、植生の影響をあげることができる。

今回の災害においても顕著に現れた様に、花崗岩山地の崩壊は、皆伐後の樹齡20年以前の杉、檜の幼齡林において多く発生する傾向がある。昭和52年以降、国有林における皆伐は、抑制される傾向にあるが、それ以前には広く行われていた。民有林においても同様の傾向であったと考えられる。一方、今回においては阿岳の南側斜面等、降雨強度が強かった地域の大部分が国有林であり、20年間にわたり皆伐抑制・複層林の森林管理の方針転換が徹底されていた。したがって、森林の根系の状態は、昭和47年の小原村の状況に比べて今回の上矢作町周辺の方が良好に保たれていた可能性が指摘できる。

7. おわりに

本調査は、文部科学省突発災害研究「2000年9月東海豪雨災害に関する調査・研究」で実施した調査結果をまとめたものである。本調査研究に関して、名古屋大学大学院工学研究科地圏環境工学専攻辻本哲郎教授、同研究室の諸氏に多くの助言をいただいた。さらに、国土交通省中部地方整備局をはじめとして岐阜県恵那郡上矢作町、愛知県北設楽郡稲武町、恵南森林組合、愛知県設楽事務所、長野県飯田建設事務所、長野県下伊那郡地方事務所(林務課)に多くの資料を提供していただいたことに深謝します。

参考文献

- 1) 中日新聞社：中日新聞2000年9月12日刊
- 2) 建設省豊橋工事事務所：東海豪雨緊急調査報告書2000.
- 3) 入 健二・諏訪兼位・増岡康男：47・7豪雨に伴う山崩れ—愛知県加茂郡小原村、藤岡村の災害—、昭和47年7月豪雨災害の調査と防災研究、昭和47年度文部省科研費自然災害科学の総合的研究報告書(研究代表者：矢野勝正)、pp. 92～101, 1973.

(原稿受理 2001.4.9)