

呉市における降雨による斜面災害の特徴と降雨特性の関係

呉工業高等専門学校 正会員 ○森脇 武夫
広島県（元呉工業高等専門学校） 山田 良子

1. はじめに

呉市は長崎市や神戸市などとともに代表的な斜面災害地域であり、戦後だけでも昭和20年、昭和42年、昭和47年、昭和60年、平成11年の豪雨によって大きな被害を出している。さらに、平成13年芸予地震によって石積み擁壁を中心に多くの斜面崩壊が起こるとともに、崩壊しなかった斜面においても少なからぬダメージを受け、その後の降雨によって多くの斜面崩壊が発生し、崩壊が起こり易くなっていることが指摘されている。このように呉市では現在も降雨による斜面崩壊の危険度は高く、少なくとも人的被害をなくすために、雨量観測・予測に基づいて適切に警戒・避難することが求められている。そこで、呉市における警戒・避難のための雨量指標を明らかにすることを目的として、近年に呉市で降雨によって発生した斜面災害の実態を調査するとともに、斜面崩壊をもたらした降雨特性を検討し、斜面崩壊との関係を明らかにする。特に、平成13年芸予地震の前後で斜面崩壊をもたらす降雨特性がどのように変化したかを検討する。

2. 呉市における降雨による斜面災害の特徴

調査対象は、1991年（平成3年）から2003年（平成15年）までに一連の降雨によって呉市で10件以上の被害が報告された斜面災害で、各災害の発生時刻、発生場所、被害区分、被害種別、被害規模を呉市消防局の被害個表から調査した。表1は今回の調査対象となった災害の概要をまとめたものである。なお、1999年6月の豪雨災害については、6月29日までにも多くの被害が報告されていたため、6月24日から27日に起こった災害と6月29日に起こった災害とを分けて整理した。また、2001年（平成13年）の芸予地震以降は、一連の降雨によって複数の被害が報告された2002年8月の災害も含めて検討した。

表1に示すように、1991年以降の13年間で、一連の降雨によって10件以上の被害が報告された災害が11件、崩壊箇所が1,715箇所にも上っており、毎年のように降雨による斜面災害が繰り返されていることが分かる。また、一連の降雨によって10件以上の被害が報告された災害が起こる降雨条件として、1時間雨量は13mm/h以上、24時間雨量は65mm以上、1週間雨量は149mm以上となっているが、個々の条件だけでは被害の発生を予測できないことがわかる。降雨条件と被害発生との関係については次節で詳しく述べる。

紙面の都合で図は省略するが、斜面崩壊の多かった地域は昭和20年災害と昭和42年災害の調査結果と同様に、阿賀、警固屋、宮原と休山周辺に多く、休山周辺で斜面崩壊が多発していることを示す結果となった。また、被害形態としては、芸予地震前後を通じてほとんど変化はなく、全体の約80%は崖崩れの形態を取っていた（これ以外に山崩れ16%、地すべり2%）。また、斜面崩壊が起こった場所としては、芸予地震までは土砂崖が約75%と大部分を占めていたが、芸予地震後は石崖が約60%を占め、被害の起こる場所が変化した。これは、芸予地震によって斜面はダメージを受け、その影響は土砂崖より石崖に強く現れ、2002年にもその影響は残っていたものと考えられる。なお、表1には示さなかったが、2003年3月から9月までの間に合計5件の斜面崩壊が起こり、そのうち4件は石崖であり、現在も芸予地震のダメージは石崖に残っていると考えられる。

3. 呉市に斜面崩壊をもたらす降雨特性

各災害が発生したときの降雨特性を佐々木ら¹⁾が提案した

表1 呉市における1991年以降の斜面災害

No.	年	月日	発生 件数 (件)	最大1時 間雨量 (mm)	最大24時 間雨量 (mm)	最大1週間 累積雨量 (mm)
1	1991	7/1-7/5	95	21	119	249
2	1992	8/8	19	38	147	149
3	1993	6/30-7/4	19	13	101	251
4	1993	7/27-8/2	142	23	154	367
5	1995	7/2-7/6	211	38	155	345
6	1996	6/20-6/28	12	24	65	179
7	1997	7/8-7/13	49	38	121	281
8	1998	10/17	12	30	130	157
9	1999	6/24-6/27	22	26	107	208
10	1999	6/29	1,089	70	186	394
11	2001	6/19-6/24	41	17	112	216
12	2002	8/10-8/11	4	34	64	64

合計 1,715

キーワード 斜面崩壊、降雨、被害形態、限界雨量曲線、2001年芸予地震

連絡先 〒737-8506 呉市阿賀南2-2-11 呉工業高等専門学校 環境都市工学科 Tel. & Fax.: 0823-73-8478

雨量指標 R_f を用いて整理し、斜面崩壊をもたらす降雨条件について検討する。ここで用いた雨量指標 R_f は、 $R_f = \sqrt{(R_1 - R)^2 + a^2(r_1 - r)^2}$ によって定義され、 R はその時までの一週間累積雨量 (mm)、 r はその時の時間雨量 (mm/h)、 $R_1 = 600$ (mm)、 $r_1 = 100$ (mm/h)、 a は重み係数で $a = 5$ である。 R_f の持つ意味は、瀬尾・船崎²⁾の限界雨量曲線を円弧近似するための係数 a を導入し、 $a \times r \sim R$ 平面上の円弧の中心 ($a \times r_1, R_1$) からの半径 R_f でその観測地点での観測時刻における降雨特性を表現したものであり、 R_f が小さくなるほど崩壊危険度が大きくなる。

図1は表1で示した各災害における一連の降雨で R_f が最小になったときの時間雨量 r と一週間累積雨量 R の関係を示したものである。2002年災害での斜面崩壊発生件数は4であることを考慮すると、斜面崩壊が10件以上起こるような降雨条件として、 $R_f < 600$ が見出せる。また、 $R_{f \min}$ と斜面崩壊発生件数との関係を表したものが図2であり、 $R_{f \min}$ が小さくなるほど斜面崩壊発生件数の増える関係が認められ、 $R_{f \min}$ が550以下になると100件以上の斜面崩壊が発生する可能性の高いことが分かる。

図3は各災害において斜面崩壊が発生した時刻の R_f の値を示したものである。この図には2003年3月から9月の間に発生した斜面崩壊時の R_f の値も示してある。表1に示した各災害の斜面崩壊発生件数を考慮すると、斜面崩壊が発生し始める時の R_f は災害の規模にあまり関係していないと言える。また、斜面崩壊が発生するときの R_f は、1995年7月2日～6日災害を除き、芸予地震前には700以下（平均値は680）であるが、芸予地震後には700以上（平均値は720）になっており、芸予地震後は少ない降雨によって斜面崩壊が起っていることが分かる。この R_f の差は、前述した R_f の定義式に依れば、時間雨量に換算して約15mm、累積雨量に換算して約50mmに相当している。

4. まとめ

呉市において1991年以降に降雨によって発生した斜面災害の特徴と、これらの災害をもたらした降雨特性を調査した結果、呉市における限界雨量曲線として図4が得られた。

<参考文献>

1) 佐々木康, 森脇武夫, 加納誠二, 白石芳樹: 1999年の広島県斜面災害をもたらした降雨特性と警戒・避難のための雨量指標, 地盤工学会誌, 第49巻, 第7号, pp. 16-18, 2001.

2) 瀬尾勝美・船崎昌雄: 土砂害（主に土石的被害）と降雨量について, 新砂防, Vol. 26, No2, pp. 22-28, 1973.

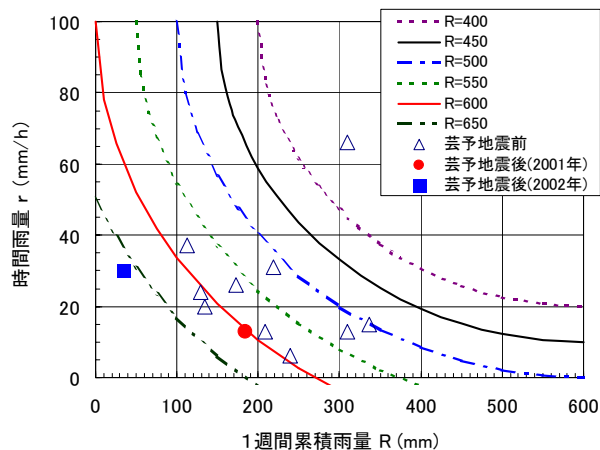


図1 最小 R_f 出現時の降雨条件

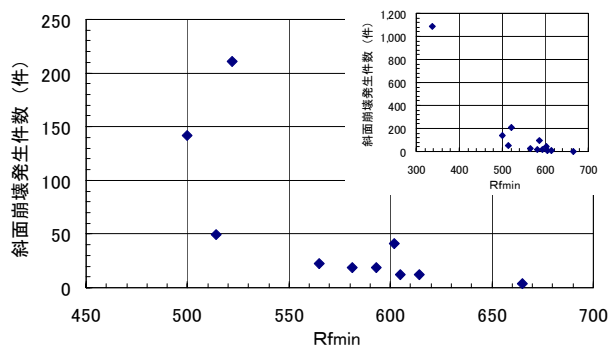


図2 $R_{f \min}$ と斜面崩壊件数の関係

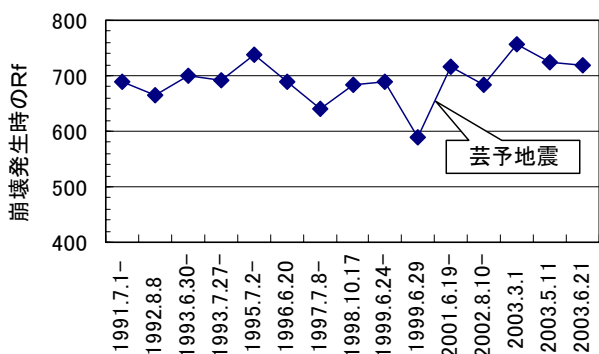


図3 斜面崩壊発生時の R_f

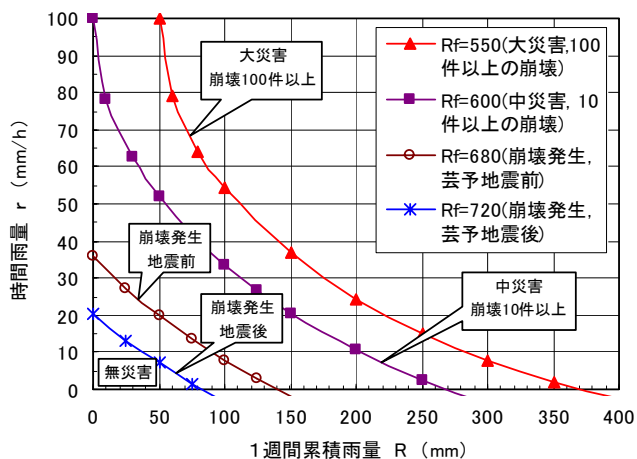


図4 呉市における限界雨量曲線