

芸予地震後の斜面崩壊と危険度予測

(株)荒谷建設コンサルタント フェロー ○山下 祐一

1. はじめに

平成13年3月24日に発生した芸予地震により、斜面被害は多数発生したものの、規模の大きい斜面崩壊等は幸いにも発生しなかった。ここでは、広島県呉市の地震による被害の特徴を整理するとともに、地震後の降雨による危険度予測と斜面崩壊の関係をとりまとめる。

2. 芸予地震による住宅・斜面被害の特徴¹⁾

呉市内の地震で生じた民家の被害は、全壊57棟、半壊252棟に及び、自宅などに被害を受けた被災者は、約4万人にのぼった。呉市では1580箇所でがけ崩れが起きた。そのうち、高さ2m以上の宅地がけの被害は400箇所にとどまった。

間野²⁾は急傾斜地の住宅などに大きな被害を受けた両城地区（両城1、2丁目）について、被災状況をのり面、塀や垣根、建物の3種類に分け、被災した家を一軒一軒回って調査した。その結果、両城地区の何らかの地震被害のあった世帯は289世帯で、全世帯の467世帯の62%に及んだと報告している。このように、傾斜地の住宅地は地震により何らかの被害を受けていることから、表面に現れないで地下に潜在的な変形が進んでいるケースも考えられる。

今回、呉市の西側の傾斜地市街地である西三津田町、東愛宕町、西愛宕町、両城1丁目、2丁目にて現地調査を行った。地震発生後1年以上経過したにもかかわらず、降雨によりがけ崩れが発生した。

3. 雨量による危険度予測と斜面崩壊の実態

3.1 避難勧告基準雨量と斜面被害について

呉市では、平成13年4月2日、避難勧告を実施する基準雨量を「累積雨量が20mmを超える見込みの場合」と定めた。その後の避難勧告の実施状況と、雨量および斜面被害の関係を示したものを表-1および図-1に示す。

避難勧告は平成13年5月末までに4回実施された。地震後

の経過とともに避難勧告者が減少しているのは、復旧ならびに応急復旧工事によるものである。しかし、実際に避難した人は、3月30日が32世帯、75人、5月2日が19世帯23人、5月23日は2世帯4人にまで減少した。この間、3月30日と5月23日は斜面被害等は発生しなかった。一方、5月2日の降雨ではがけ崩れ1ヶ所、斜面崩壊1ヶ所が発生し、その時の累積降雨量は53.5mmであった。

呉市は、6月1日からは避難勧告基準雨量を「累積雨量が50mmを超えて、なお降り続く恐れのある場合」に改めた。

その後、平成13年6月19、20日に改定後初めての避難勧告が出されたものの、それから後は避難勧告は出されなかった。その後、6月23日にはがけ崩れ1ヶ所、9月15日にもがけ崩れ1ヶ所、年が変わって平成14年5月10日にもがけ崩れが1ヶ所発生した。この時の累積雨量はそれぞれ54.5mm、28.5mm、34.0mmとほぼ避難勧告基準雨量以下であった。

表-1 避難勧告・降雨・斜面被害関係表

No.	日時	避難勧告の実施	避難勧告対象者	避難者	連続雨量 (mm)	時間雨量 (mm)	斜面被害
1	2001.3.30	○	28地区 217世帯、507人	32世帯、75人	5.0	2.0	なし
2	2001.5.2	○	24地区 134世帯、284人	19世帯、23人	53.5	11.0	がけ崩れ1ヶ所 斜面崩壊1ヶ所
3	2001.5.23	○	21地区 111世帯、230人	2世帯、4人	49.5	22.0	なし
4	2001.6.19 6.20	○	19地区 83世帯、174人	22世帯、41人	88.5	17.5	なし
5	2001.6.23		(21世帯、32人)		54.5	20.0	がけ崩れ3ヶ所
6	2001.9.15		(73世帯、160人)		28.5	10.5	がけ崩れ1ヶ所
7	2002.5.10				34.0	6.5	がけ崩れ1ヶ所
8	2002.8.11		(3地区) (11世帯、19人)		64.0	52.5	がけ崩れ1ヶ所 死者1名
9	2002.9.16	○	6地区 26世帯、52人		81.0	30.5	なし

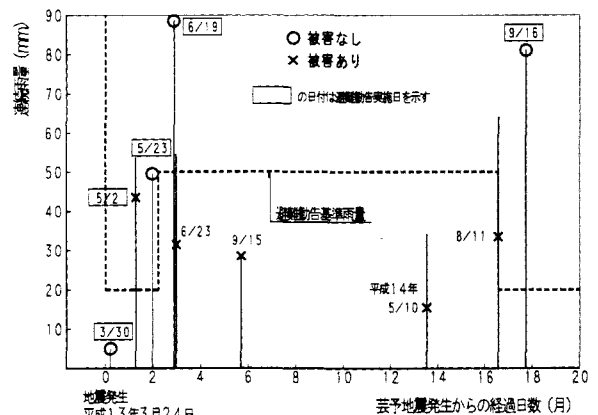


図-1 地震後の経過と斜面被害関係図

平成 14 年 8 月 10 日午後 10 時から 8 月 11 日午前 1 時にかけて、時間雨量 52.2mm、累積雨量 64mmの集中豪雨が発生した。この時、がけ崩れが 1ヶ所で発生し、がけの下の家に入れた人が死亡した。呉市で地震後初めての犠牲者となった。呉市は避難勧告対象地域を再び拡大し、避難勧告基準雨量を「20mm以上の降雨が予想される場合」に改定している。

このように、避難勧告基準雨量により避難勧告を出した時期とがけ崩れを中心とした斜面被害は必ずしも一致しないが、累積雨量が 30mm前後になると、地震が発生して 1 年半経過した時点でも、がけ崩れが発生することが示されている。

3.2 降雨量と斜面被害について

芸予地震後の降雨と、過去 10 年間の平均、および平成 11 年の広島県豪雨災害時の降雨の月別雨量を比較したものを表-2 に示す。芸予地震後の降雨は、過去 10 年間の平均月別降水量とよく似た傾向を示している。しかし、平成 14 年は月別平均降水量に比べて梅雨時期の 6 月は半分以下、台風時期の 9 月、10 月も極めて少なくなっている。

芸予地震後の日降水量 30mm 以上の呉市の降雨状況を表-3 に示す。これによると、日降水量が 30mm 以上であった日は地震後の 1 年 7 ヶ月の間に 22 回、50mm 以上であった日は 8 回である。また、時間雨量 30mm 以上は 3 回しかない。このように、芸予地震後の降雨は少ない傾向にあり、十分な降雨の履歴を経たとはいえない状況にある。

次に、過去呉市では昭和 42 年 7 月に、呉市内だけで 2,500 箇所へのぼる斜面崩壊が発生している。平成 11 年 6 月の豪雨災害も含めて、降雨と災害との関係を示したのが図-2 である。この図 ③は事前降雨量として災害発生の前日まで 2 週間の総雨量と降雨強度を示す指標として当日の雨量をとって整理した図であり、災害発生を予測するための限界雨量曲線を求めたものである。

この図に、芸予地震後の降雨により発生したがけ崩れや斜面崩壊をプロットすると、ほとんどが無災害の範囲に入ることになる。したがって、芸予地震のような地盤をかなり振動させた場合、限界雨量曲線もかなり低く設定する必要がある。今後十分な降雨履歴を経た後安定した地盤となると思われるが、それまでの期間は注意深く監視する必要がある。

4. おわりに

平成 13 年 3 月 24 日に発生した芸予地震は、広島県、愛媛県を中心として広い範囲に被害をもたらした。地震後の降雨による斜面崩壊は、地震発生後 2 年が経過したにもかかわらず、少量の降雨で斜面崩壊が発生する状況が続いている。地震によりかなり震動した地盤については、豪雨時の斜面崩壊を予知・予測する基準雨量は、低く設定し、注意深く警戒する必要がある。

[参考文献]

- 1) 呉市：平成 13 年芸予地震呉市の被害と復旧への記録、2002.7
- 2) 間野博：2000 年鳥取県西部地震災害状況報告・2001 年芸予地震災害調査報告、日本建築学会、P377～P381、2001.10
- 3) 網干寿夫：集中豪雨とマサ土斜面の崩壊、施工技術、Vol.5、No.11、P39～P46、1972

表-2 月別降水量比較表（呉市）

	平均降水量	平成11年	平成13年	平成14年
1月	51.8	28.5	82.0	47.5
2月	49.7	49.0	64.0	19.0
3月	106.8	86.5	43.5	129.5
4月	114.1	103.0	31.5	108.5
5月	149.0	157.0	188.0	180.0
6月	240.2	520.0	289.0	143.5
7月	205.9	142.5	95.0	127.0
8月	117.8	185.5	77.5	71.5
9月	142.0	266.0	109.5	93.0
10月	105.1	55.5	244.5	51.0
11月	66.5	76.0	72.5	21.5
12月	30.6	12.0	49.0	66.0
合計	1379.5	1681.5	1346.0	1058.0

表-3 地震後の 30mm/日以上 の降水量

年	月	日	降水量 (mm)	最大 1時間 降水量 (mm)	最大 10分間 降水量 (mm)
平成13年	5	2	53.5	11.0	2.5
	5	23	49.5	22.0	7.0
	5	30	30.5	7.0	2.0
	6	18	31.5	23.5	8.0
	6	19	88.5	17.5	7.5
	6	23	54.5	20.0	8.0
	7	6	49.5	12.5	6.5
	10	9	66.0	14.0	4.0
	10	16	55.0	10.0	4.0
	10	22	40.5	12.5	4.5
	11	29	32.5	8.5	3.0
	12	13	31.0	7.0	2.0
平成14年	3	5	31.5	5.5	1.5
	3	27	32.5	9.5	2.0
	4	15	35.0	7.5	2.0
	5	10	34.0	6.5	1.5
	5	15	85.0	9.5	2.0
	6	11	62.0	23.5	6.0
	7	17	32.0	12.0	4.5
	8	10	33.5	51.5	9.5
	8	11	30.5	52.0	11.0
	9	16	68.5	30.5	8.0

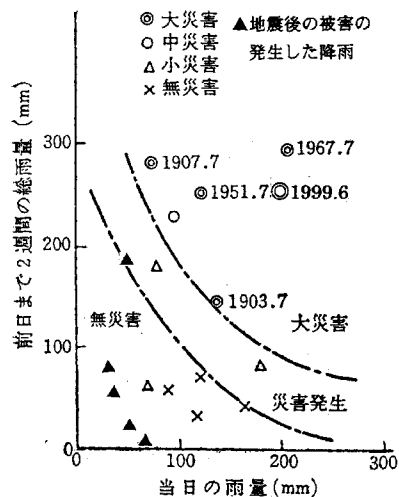


図-2 限界雨量曲線（呉市）