

<Technical Report>

1999-2011년 동안 국내 경사지 붕괴 시간 현황

김성욱¹ · 정수정¹ · 최은경^{1,*} · 김상현² · 이길하³ · 오정림⁴ · 박덕근⁴

¹주식회사 지아이 부설 지반정보연구소

²부산대학교 사회환경시스템공학부

³대구대학교 토목공학과

⁴국립재난안전연구원 방재연구실

요 약

경사지의 붕괴는 지형, 지질, 토질 등의 내부적 요인이 다양함에도 불구하고 강우 시 발생빈도가 증가한다. 태풍이나 집중호우와 같이 강우에 관계되는 자연재해의 피해를 저감하기 위한 조기경보시스템의 구축과 붕괴를 예측하기 위한 연구가 다양한 기관에서 수행되고 있다. 예경보시스템의 신뢰도를 검증하기 위해서는 비탈면의 붕괴와 강우의 상관관계가 규명되어야 하며, 특히 붕괴 발생 시간과 강우 자료가 필요하다. 이 연구는 1999년부터 2011년까지 국내에서 발생한 경사지 붕괴 현장에 대한 문헌정보와 피해 지역을 답사하여 정확한 붕괴 시간에 대한 조사를 수행하였다. 제시된 자료들은 자연재해 저감 연구에 필수적으로 요구되는 재해발생 지점의 공간적 위치와 재해 발생 시점의 누적강우량을 포함하고 있으며, 경사지 재해 위험지역의 효과적인 예방대책을 수립하기 위한 자료를 활용 될 수 있다.

주요어: 경사지, 강우, 붕괴, 시간, 신뢰도

Sung-Wook Kim, Soo-Jung Jung, Eun-Kyeong Choi, Sang-Hyun Kim, Khil-Ha Lee, Jeong-Lim Oh and Dug-Guen Park, 2013, Time Status of Slope Collapse for 1999-2011, in Korea. Journal of the Geological Society of Korea. v. 49, no. 6, p. 669-681

ABSTRACT: Collapse of slopes tends to occur more frequently during rainfall event despite a variety of internal factors such as topography, geological features and soil texture. Studies on building early warning system and forecasting collapse of slopes are now under way by various institutions, which is intended to reduce natural disaster in association with heavy rainfall or typhoon. The correlation between collapses of slopes and rainfall event needs to be clarified to guarantee the reliability of warning system, and the collapse timing and rainfall data are required to do this. This study focuses on collecting the reliable collapse timing of slopes during 1999 to 2011 on the basis of the literature review and nationwide site examination. The study presents the geographical points of collapse and the concurrent accumulated rainfall that may be essential for analyzing disaster reduction, and the information given in this study will be a basis for effective disaster prevention.

Key words: Slope, Rainfall, Collapse, Timing, Reliability

(Sung-Wook Kim, Soo-Jung Jung and Eun-Kyeong Choi, Gi Co. Ltd., Geo-Information Institute, Busan 611-839, Korea; Sang-Hyun Kim, Department of Civil and Environmental Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea; Khil-Ha Lee, Department of Civil Engineering, Daegu University, Gyeongbuk 712-714, Korea; Jeong-Lim Oh and Dug-Guen Park, National Disaster Management Institute, Seoul 121-719, Korea)

1. 서 론

우리나라에서 주기적으로 발생하는 자연재해 중

산사태와 토석류 등의 비탈면 관련 재해는 태풍과 집중호우의 빈도가 높은 7~9월에 빈도가 증가한다 (Park, 2008). 이는 비탈면의 지질이나 지형 및 토질조

* Corresponding author: +82-51-506-9261, E-mail: choiek@naver.com

건 등이 지역에 따라 다름에도 불구하고, 외부요인인 강우조건이 국내 경사지 붕괴의 가장 주요한 직접적인 요인으로 작용하기 때문이다(Yoo *et al.*, 2012). 국내에서는 매년 반복되는 산사태와 토석류에 의한 인명 손실과 경제적 피해를 저감하기 위한 방재기술 개발을 위해 1980년대 말부터 강우에 수반된 산사태 예경보 시스템 구축을 위한 연구가 꾸준히 수행되고 있다(Woo, 1985; Hong, 1990; Forest Service, 1993; National Disaster Management Institute, 2011a, 2011b). 강우시 발생하는 경사지 붕괴위험에 대한 정확한 예경보를 위해서는 강우량과 붕괴 사이의 상관관계가 명확히 규명되어야 한다. 산사태를 유발하는 강우자료의 분석을 위해서 붕괴가 발생한 시점의 선행강우, 강우강도, 누적강우 등의 정보가 요구된다. 또한 강우자료를 토대로 초단기 내지 실시간 조기경보시스템의 신뢰성을 검증하기 위한 가장 효과적인 방법으로 재해 발생이력과 비교분석이 가장 효과적인 수단이 된다.

일반적으로 경사지 재해이력 조사는 각 시군구에서 제작된 재해관련 보고서와 신문, 방송, 통신, 인터넷 포털 등의 미디어 자료를 통해 수집된다. 그러나 이러한 자료들은 조사기관마다 붕괴지점과 시간이 일치하지 않는 경우가 많고, 보고가 된 후 사실 확인을 위한 현장 조사가 수행된 경우는 매우 드물다.

본 연구에서는 소방방재청의 실시간 강우자료 분석을 통한 경사지 붕괴 예경보시스템 구축을 위한 연구의 하나로 최근('99년~'11년) 13년간 국내에서 발생한 경사지 재해현장 중 인명과 물적 피해를 수반한 붕괴지점을 현장 답사하고 정확한 붕괴 시간을 획득하기 위해 피해지역에 대한 전수조사를 실시하였다. 연구에서 제시된 자료들은 경사지 재해경감을 위한 예경보기준 및 신뢰성 검증에 필수적으로 요구되는 재해 발생지점의 공간좌표와 재해 발생 시점의 누적강우량 자료 제공을 목적으로 한다. 신뢰성 있는 재해 인벤토리에 대한 자료는 향후 경사지 재해 위험지역의 효과적인 예방대책을 수립하기 위한 기초자료를 활용 될 것이다.

2. 조사방법

2.1 자료수집

국내 경사지 재해이력 현장조사를 위해 1999년부터 2011년까지 13년간 전국에서 발생한 재해 자료를

수집하였다. 자료 수집은 재해관련보고서와 미디어 자료 검색을 통해 수집된 비탈면 재해이력을 붕괴 당시 재해 현황 기록의 신뢰성이 높은 재해연보/재난연감/오늘의 재난종합상황일지의 자료를 통해 2차적으로 수집된 정보를 이용하여 교차검증을 하였다. 미디어자료의 경우, 붕괴 장소 및 시간을 가장 쉽게 파악할 수 있으나 초기에 잘못 기재된 자료를 선택적으로 선별해 내기가 어려워 자칫 오류를 범할 위험이 크다. 이와 같은 취득된 자료의 오류를 방지하고, 신뢰성을 높이기 위해 재해연보/재난연감/오늘의 재난종합상황일지 자료와의 교차 비교를 통해 과거 자료를 축적하였다. 이와 같은 방법으로 검증된 과거 붕괴이력자료를 기초로, 각 현장지점들을 직접 방문하여 전수조사를 실시하였다. 현장조사시, 경사면 붕괴발생 시작 지점의 GPS 공간좌표를 취득하고 자료에 명시된 붕괴일시와 재해 피해자 및 이웃 주민, 그리고 지자체 담당자의 증언을 비교하여 정확한 재해이력 데이터베이스를 구축하였다(그림 1).

2.2 루트맵을 이용한 현장조사

이 연구에서는 전국에 걸쳐 다발적으로 분포되어 있는 경사지 재해현장의 현장조사를 효율적으로 진행하기 위해 재해발생지점과 위성영상을 통한 재해 발생 예상지점을 연결하는 루트맵을 설정하여 조사

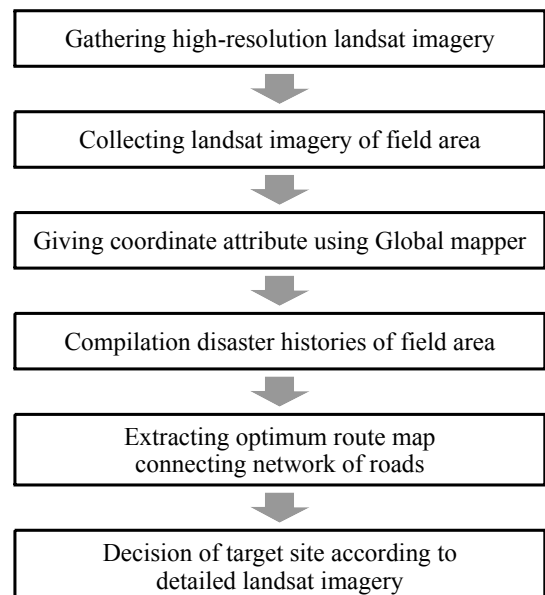


Fig. 1. Flow chart to make route map for field investigation.

를 실시하였다. 루트맵은 문헌조사와 미디어 자료 분석으로 수집된 재해이력과 고해상의 영상자료를 통해 판독한 재해 발생 지점들을 통과하도록 작성하였다. 위성영상의 경우 수치지형과 달리 정사보정이 되어 있지 않은 비트맵 형식의 그림 자료로써 직접적인 위치 비교가 어려운 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 현장조사에 이용한 영상자료를 수치화하여 각 붕괴지점별로 좌표속성을 부여하여 수치지형과 부합하는 영상자료로 재구성하였다. 고해상도의 위성영상을 수집하여 글로벌 매퍼(Global Mapper) 프로그램의 지도 정치 기능을 이용하여 기존 발간된 수치지형도에 위성영상을 정치시켜 정사보정을 실시하였다(National Disaster Management Institute, 2009). 그림 2는 상기의 방법으로 보정된 도면과 도로망을 검토하여 붕괴지점을 통과하는 조사지역의 최적의 루트맵을 나타낸다.

이와 같은 과정을 통해 900여개 지점에 대한 정보를 수집하였고, 현장조사를 통해 13년간의 경사지 재해이력 중 재해 발생 시간에서 10분 단위의 정밀도를 가지는 238개소의 재해이력자료가 수집되었다. 이 연구에서 집계된 경사지 재해는 주거지 인근 용벽 및 축대붕괴, 자연사면에서의 산사태, 그리고 국도 및 고속도로 상의 절개지 붕괴 등과 같은 다양한 자연 및 인공 비탈면에서 발생하는 재해를 모두 종합하였고, 붕괴지점에서 인접한 자동강우관측

(AWS; Automatic Weather System) 지점의 강우 자료를 이용하여 재해발생 당시의 시간우량 및 누적 강우량을 계산하여 수록하였다(표 1).

3. 경사지 재해 발생현황

그림 3은 지난 13년간의 900여개소의 전국 경사지 재해현장 자료 중 현장 검증을 통해 확인된 715개소의 자료이며, 검증된 재해이력자료 중 집중호우로 인한 하천 범람과 같은 경사지의 붕괴와 직접적으로 관련이 없거나 명확한 원인이 분류되지 않고 지역적으로 중복되는 지점의 자료를 제외한 427개소가 경사지에 의한 재해발생으로 분류되었으며, 이 중 정확한 붕괴발생시기를 알 수 있는 238개의 재해이력 자료는 표 1에 정리하였다. 재해이력은 붕괴 시간과 붕괴 시작지점의 행정구역, 경위도를 나타냈다. 또한 각 재해현장별 가장 가까이 위치한 AWS의 강우 데이터를 이용하여 재해발생 당일 및 지난 30일간의 누적 강우량을 함께 정리하였다.

3.1 지역별 경사지 재해현황

1999년부터 2011년까지 발생한 경사지 재해의 지역별 발생현황은 그림 4와 같다. 강원도에서의 재해 발생건수가 총 125건으로 전체 재해건수 427건의 약 29.3%를 차지하고 있다. 이는 산악지형이 발달한 지

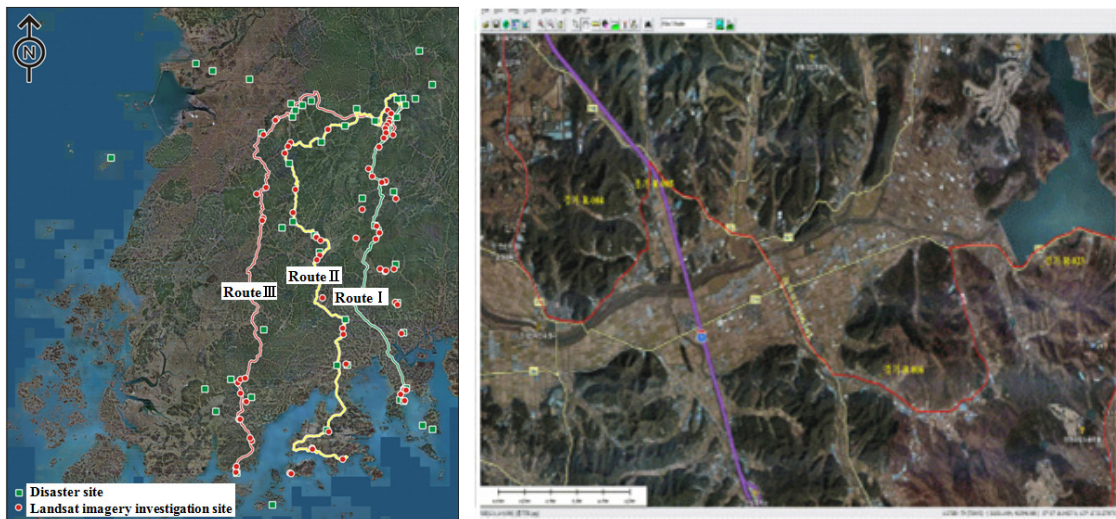


Fig. 2. Field investigation course by route map.

Table 1. Location of the collapse points and Accumulation rainfall data.

No.	Date				Administrative district				Position		Accumulation rainfall (ml)	
	Y	M	D	Time	Province/City	District/Town			Longitude	Latitude	1 day	30 day
1	2002	8	31	9:50	Gangwon-do	Gangneung-si	Gangdong-myeon	Eonbyeol-ri	128.919	37.666	870.5	1137.0
2	2002	8	31	11:00	Gangwon-do	Gangneung-si	Gangdong-myeon	Imgok 2-ri	128.949	37.669	870.5	1137.0
3	2004	8	18	10:30	Gangwon-do	Gangneung-si	Gangdong-myeon	Aninjin-ri	129.005	37.717	90.5	313.9
4	2002	8	31	22:00	Gangwon-do	Gangneung-si	Seongsan-myeon	Eoheul-ri	128.775	37.716	712.5	1236.4
5	2002	8	31	17:00	Gangwon-do	Gangneung-si	Seongsan-myeon	Eoheul-ri	128.775	37.716	712.5	1236.4
6	2003	9	12	23:25	Gangwon-do	Gangneung-si	Seongsan-myeon	Obong-ri	128.812	37.690	216.0	713.8
7	2002	8	31	9:00	Gangwon-do	Gangneung-si	Wangsan-myeon	Daegi-ri	128.855	37.581	712.5	1236.4
8	2002	8	31	23:20	Gangwon-do	Goseong-gun	Geojin-eup	Geojin-ri	128.453	37.452	295.5	531.2
9	2003	9	13	3:30	Gangwon-do	Donghae-si	-	Dongho-dong san 251	129.099	37.542	89.0	549.8
10	2003	9	13	2:50	Gangwon-do	Donghae-si	-	Balhan-dong	129.098	37.554	89.0	549.8
11	2003	9	13	0:25	Gangwon-do	Donghae-si	-	Iro-dong	129.050	37.499	89.0	549.8
12	1999	9	20	22:40	Gangwon-do	Donghae-si	-	Mangsang-dong	129.106	37.583	199.7	392.6
13	2002	9	1	7:30	Gangwon-do	Samcheok-si	Miro-myeon	Sadun 1-ri	129.114	37.420	15.0	704.0
14	2003	9	13	6:00	Gangwon-do	Samcheok-si	-	Obun-dong	129.187	37.427	89.0	549.8
15	2003	9	13	1:00	Gangwon-do	Samcheok-si	Wondeok-eup	Nogok 2-ri	129.342	37.201	89.0	549.8
16	2000	9	14	12:30	Gangwon-do	Samcheok-si	Hajang-myeon	Galjeon-ri	128.886	37.393	147.4	466.5
17	2007	8	9	23:30	Gangwon-do	Yanggu-gun	Nam-myeon	Won-ri	128.048	38.064	103.0	316.5
18	2007	8	9	23:50	Gangwon-do	Yanggu-gun	Nam-myeon	Gaojak-ri	128.077	38.138	103.0	316.5
19	2007	8	10	1:35	Gangwon-do	Yanggu-gun	Dong-myeon	Pallang-ri	128.086	38.231	24.0	311.5
20	1999	8	2	14:30	Gangwon-do	Yanggu-gun	Yanggu-eup	Gullyang-ri	127.966	38.161	216.5	647.6
21	2002	8	31	23:20	Gangwon-do	Yangyang-gun	Yangyang-eup	Cheonggok 1-ri	128.617	38.087	295.5	531.2
22	2002	8	31	20:30	Gangwon-do	Yangyang-gun	Hyeonnam-myeon	In-gu-ri	128.763	37.965	295.5	531.2
23	2006	7	16	6:00	Gangwon-do	Yeongwol-gun	Buk-myeon	Macha 2-ri	128.455	37.255	168.0	494.6
24	2010	9	22	22:17	Gangwon-do	Yeongwol-gun	Buk-myeon	Mun-gok-ri	128.418	37.214	3.5	491.8
25	2010	9	22	21:50	Gangwon-do	Yeongwol-gun	Buk-myeon	Macha-ri	128.487	37.284	3.5	491.8
26	2008	7	20	20:00	Gangwon-do	Wonju-si	Sillim-myeon	Seongnam 1-ri	128.114	37.253	11.5	178.3
27	2010	9	21	20:00	Gangwon-do	Wonju-si	-	Taejang-dong	127.956	37.382	209.0	630.1
28	2002	8	7	7:00	Gangwon-do	Wonju-si	-	Ilsan-dong	128.298	36.963	305.0	593.5
29	2006	7	15	11:30	Gangwon-do	Inje-gun	Girin-myeon	Buk 3-ri	128.287	37.993	202.0	639.0
30	2006	7	15	12:05	Gangwon-do	Inje-gun	Nam-myeon	Namjeon-ri	128.156	38.014	202.0	639.0
31	2006	7	15	11:10	Gangwon-do	Inje-gun	Nam-myeon	Bupyeong-ri	128.150	37.977	202.0	639.0
32	2010	9	11	7:00	Gangwon-do	Inje-gun	Nam-myeon	Bupyeong-ri	128.112	37.998	57.0	626.0
33	2010	9	10	19:20	Gangwon-do	Inje-gun	Nam-myeon	Bupyeong-ri	128.117	37.983	127.0	571.0
34	2001	7	23	2:30	Gangwon-do	Inje-gun	Nam-myeon	Eoron-ri	128.059	37.917	15.5	283.5
35	2001	7	23	4:00	Gangwon-do	Inje-gun	Sangnam-myeon	Sangnam-ri	128.264	37.882	15.5	283.5
36	2002	8	31	21:00	Gangwon-do	Inje-gun	Buk-myeon	Yongdae-ri	128.368	38.221	43.0	507.5
37	2002	8	31	21:00	Gangwon-do	Inje-gun	Buk-myeon	Yongdae-ri	128.263	38.158	43.0	507.5
38	2006	7	15	7:00	Gangwon-do	Inje-gun	Inje-eup	Deoksan-ri	128.208	38.090	202.0	639.0
39	2001	7	23	6:00	Gangwon-do	Inje-gun	Sangnam-myeon	Sangnam-ri	128.082	37.922	15.5	283.5
40	1999	9	20	0:30	Gangwon-do	Inje-gun	Seohwa-myeon	Seohwa-ri	128.200	38.263	105.0	263.8

Table 1. continued.

No.	Date				Administrative district				Position		Accumulation rainfall (ml)	
	Y	M	D	Time	Province/City		District/Town		Longitude	Latitude	1 day	30 day
41	2006	7	15	15:00	Gangwon-do	Inje-gun	Inje-eup	Deoksan-ri	128.211	38.084	202.0	639.0
42	2006	7	15	10:00	Gangwon-do	Inje-gun	Inje-eup	Deokjeok-ri	128.211	38.084	202.0	639.0
43	2006	7	17	11:00	Gangwon-do	Jeongseon-gun	Bukpyeong-myeon	Najeon-ri	128.575	37.489	38.5	533.1
44	2002	8	31	9:00	Gangwon-do	Gangneung-si	Wangsan-myeon	Godan-ri	128.847	37.536	137.0	677.4
45	2007	8	18	11:00	Gangwon-do	Jeongseon-gun	Imgye-myeon	Songgye-ri	128.834	37.501	1.0	460.5
46	2003	8	23	6:00	Gangwon-do	Cheorwon-gun	Geunnam-myeon	Yukdan-ri	127.474	38.227	156.0	599.5
47	1999	8	1	21:30	Gangwon-do	Cheorwon-gun	Seo-myeon	Jadeung 2-ri	127.418	38.170	280.3	762.9
48	2010	8	15	0:40	Gangwon-do	Cheorwon-gun	Cheorwon-eup	Daema-ri	127.153	38.233	66.0	557.7
49	2002	8	6	1:55	Gangwon-do	Chuncheon-si	Buksan-myeon	Chugok 2-ri	127.877	38.034	81.5	354.5
50	2004	8	19	1:50	Gangwon-do	Chuncheon-si	Seo-myeon	Hyeonam-ri	127.677	37.871	40.5	225.4
51	1999	9	20	2:40	Gangwon-do	Chuncheon-si	Sinbuk-eup	Yongsan 2-ri	127.698	37.952	109.7	326.1
52	2000	9	15	13:05	Gangwon-do	Chuncheon-si	Sinbuk-eup	Yupo-ri	127.788	37.971	57.6	550.3
53	2010	9	22	5:00	Gangwon-do	Taeback-si	-	Wondong	128.963	37.264	23.0	442.3
54	2006	7	16	6:00	Gangwon-do	Pyeongchang-gun	Yongpyeong-myeon	Jangpyeong-ri	128.324	37.596	168.0	494.6
55	2004	6	21	3:00	Gangwon-do	Pyeongchang-gun	Pyeongchang-eup	Maji-ri	128.362	37.325	63.5	328.5
56	2001	7	23	4:00	Gangwon-do	Hongcheon-gun	Duchon-myeon	Cheoljeong-ri	128.001	37.821	156.0	521.5
57	2001	7	23	1:50	Gangwon-do	Hongcheon-gun	Hwachon-myeon	Pungcheon 1-ri	127.961	37.547	156.0	521.5
58	1999	8	2	10:30	Gangwon-do	Hwacheon-gun	Sanae-myeon	Samil 1-ri	127.513	38.036	215.9	978.8
59	2008	7	20	6:33	Gangwon-do	Hwacheon-gun	Hanam-myeon	Georye-ri	127.705	38.047	95.0	279.1
60	1999	8	1	2:45	Gangwon-do	Hwacheon-gun	Hwacheon-eup	Dongchon 2-ri	127.822	38.127	280.3	762.9
61	2007	7	17	17:10	Gangwon-do	Hwacheon-gun	Hwacheon-eup	Ha-ri	127.692	38.098	0.0	232.6
62	2006	7	15	10:00	Gyeonggi-do	Gapyeong-gun	Gapyeong-eup	Eupnae 4-ri	127.491	37.829	130.0	519.1
63	2006	7	16	7:00	Gyeonggi-do	Gapyeong-gun	Seorak-myeon	Eomso-ri	127.517	37.636	147.5	666.6
64	2001	7	29	17:00	Gyeonggi-do	Guri-si	-	Galmae-dong San 69	127.115	37.633	60.5	485.0
65	2001	7	15	3:00	Gyeonggi-do	Guri-si	-	Galmae-dong	127.120	37.629	142.0	332.5
66	2008	7	20	0:40	Gyeonggi-do	Namyangju-si	Sudong-myeon	Ipseok-ri	127.342	37.714	126.5	358.2
67	2000	8	27	4:45	Gyeonggi-do	Namyangju-si	Wabu-eup	Wolmun-ri	127.264	37.621	28.5	341.5
68	2000	8	27	4:45	Gyeonggi-do	Namyangju-si	Wabu-eup	Wolmun-ri	127.266	37.620	28.5	341.5
69	2010	9	14	22:30	Gyeonggi-do	Seongnam-si	Bundang-gu	Seohyeon-dong	127.122	37.386	0.0	457.9
70	2006	7	29	16:30	Gyeonggi-do	Anseong-si	Daedeok-myeon	Bodong-ri	127.209	37.008	37.5	769.2
71	2000	8	26	11:30	Gyeonggi-do	Yeoju-si	Jeomdong-myeon	Samhap-ri	127.735	37.197	67.0	357.0
72	2001	7	30	6:20	Gyeonggi-do	Yeoncheon-gun	Cheongsan-myeon	Daejeon-ri	127.096	37.999	102.8	512.6
73	1999	9	21	3:50	Gyeonggi-do	Osan-si	-	Seo-dong	127.032	37.162	49.0	388.7
74	2000	7	22	19:00	Gyeonggi-do	Yongin-si	Namsa-myeon	Wonam-ri	127.152	37.093	333.2	468.4
75	2008	7	24	11:00	Gyeonggi-do	Uiwang-si	-	Ojeon-dong	126.974	37.357	121.0	499.5
76	1999	8	1	7:20	Gyeonggi-do	Yangju-si	Jangheung-myeon	Seokhyeon-ri	126.966	37.749	377.5	654.3
77	1999	8	1	3:20	Gyeonggi-do	Paju-si	Jeokseong-myeon	Sikhyeon 1-ri	126.896	37.952	377.5	654.3
78	1999	8	1	0:20	Gyeonggi-do	Paju-si	Jeokseong-myeon	Gueup-ri	126.922	37.959	377.5	654.3
79	2000	7	22	23:00	Gyeonggi-do	Pyeongtaek-si	Jinwi-myeon	Gagok 2-ri	127.090	37.113	333.2	468.4
80	2000	7	22	22:10	Gyeonggi-do	Pyeongtaek-si	Jinwi-myeon	Dongcheon 1-ri	127.106	37.115	333.2	468.4

Table 1. continued.

No.	Date				Administrative district				Position		Accumulation rainfall (ml)	
	Y	M	D	Time	Province/City		District/Town		Longitude	Latitude	1 day	30 day
81	2006	7	22	1:00	Gyeonggi-do	Hwaseong-si	-	Namyang-dong	126.827	37.215	4.5	447.8
82	1999	7	2	5:10	Gyeongsangnam-do	Geoje-si	-	Okpo-dong	128.688	34.893	170.5	561.5
83	2002	7	5	19:30	Gyeongsangnam-do	Geochang-gun	Namsang-myeon	Cheonjeon-ri	127.715	35.767	158.0	242.5
84	2004	8	18	20:40	Gyeongsangnam-do	Geochang-gun	Namha-myeon	Mureung-ri	127.950	35.671	253.0	339.5
85	2002	7	5	19:00	Gyeongsangnam-do	Geochang-gun	Buksang-myeon	Wolseong-ri	129.001	35.671	158.0	242.5
86	2006	7	18	18:30	Gyeongsangnam-do	Geochang-gun	Sinwon-myeon	Oryetown	127.890	35.570	69.5	573.0
87	2000	9	16	7:00	Gyeongsangnam-do	Goseong-gun	Maam-myeon	Dojeon-ri	128.333	35.044	79.1	402.2
88	2002	8	12	21:00	Gyeongsangnam-do	Goseong-gun	Sangni-myeon	Bupo-ri	128.252	34.987	58.5	560.5
89	2000	7	14	23:00	Gyeongsangnam-do	Gimhae-si	Saengnim-myeon	Najeon-ri	128.880	35.288	107.5	298.4
90	2002	8	10	10:30	Gyeongsangnam-do	Gimhae-si	Juchon-myeon	Naesang-ri	128.808	35.236	22.5	514.3
91	1999	9	10	5:30	Gyeongsangnam-do	Masan-si	Jinjeon-myeon	Jeonggok-ri	128.429	35.060	115.7	520.0
92	2003	9	12	14:00	Gyeongsangnam-do	Miryang-si	Cheongdo-myeon	Dugok-ri	128.609	35.567	177.0	409.5
93	2001	6	24	18:00	Gyeongsangnam-do	Sacheon-si	Jeongdong-myeon	Hakchon-ri	128.163	35.034	0.0	336.0
94	2005	8	8	11:42	Gyeongsangnam-do	Sacheon-si	-	Ihol-dong	128.132	34.965	131.0	252.6
95	2002	8	10	9:00	Gyeongsangnam-do	Yangsan-si	Mulgeum-eup	Jeungsan-ri	128.994	35.302	22.5	514.3
96	2002	8	10	9:30	Gyeongsangnam-do	Yangsan-si	Wondong-myeon	Yeongpo-ri	128.953	35.436	22.5	514.3
97	2007	8	7	20:00	Gyeongsangnam-do	Uiryeong-gun	Daeui-myeon	Sinjeon-ri	128.202	35.388	62.5	145.5
98	2006	7	9	6:40	Gyeongsangnam-do	Jinhae-si	-	Taebaek-dong	128.680	35.166	30.5	317.1
99	2003	9	12	22:10	Gyeongsangnam-do	Changnyeong-gun	Changnyeong-eup	Songhyeon-ri	128.521	35.543	186.0	477.0
100	2010	8	11	11:00	Gyeongsangnam-do	Changwon-si	Euichang-gu	Dong-eup	128.682	35.284	105.5	401.5
101	1999	7	30	2:00	Gyeongsangnam-do	Tongyeong-si	-	Seoho-dong	128.420	34.844	231.5	793.5
102	2001	6	24	17:00	Gyeongsangnam-do	Haman-gun	Buk-myeon	Myeonggwang-ri	128.339	35.236	0.0	403.0
103	2002	8	31	19:00	Gyeongsangnam-do	Hamyang-gun	Macheon-myeon	Gaheung-ri	127.662	35.399	285.0	854.5
104	2002	8	31	19:00	Gyeongsangnam-do	Hamyang-gun	Macheon-myeon	Gaheung-ri	127.675	35.402	285.0	854.5
105	2002	8	31	17:45	Gyeongsangnam-do	Hamyang-gun	Macheon-myeon	Guyang-ri	127.687	35.409	285.0	854.5
106	2006	7	18	19:20	Gyeongsangnam-do	Hamyang-gun	Byeonggok-myeon	Wonsan-ri	127.678	35.569	47.0	647.5
107	2010	8	11	11:00	Gyeongsangnam-do	Hamyang-gun	Seoha-myeon	Ungok-ri	127.672	35.602	145.5	650.0
108	2006	7	19	3:00	Gyeongsangnam-do	Hamyang-gun	Sudong-myeon	Juksan-ri	127.842	35.569	33.0	680.5
109	2006	7	19	0:00	Gyeongsangnam-do	Hamyang-gun	Anui-myeon	Sinan-ri	127.807	35.645	33.0	680.5
110	2004	8	18	19:00	Gyeongsangnam-do	Hamyang-gun	Seosang-myeon	Sangnam-ri	127.674	35.714	307.5	326.5
111	2010	8	11	11:00	Gyeongsangnam-do	Hapcheon-gun	Gaya-myeon	Yacheon-ri	128.139	35.763	99.0	510.1
112	2003	9	8	21:00	Gyeongsangnam-do	Hapcheon-gun	Daeyang-myeon	Osan-ri	128.229	35.496	3.0	279.0
113	2003	9	12	20:20	Gyeongsangnam-do	Hapcheon-gun	Yongju-myeon	Jangjeon-ri	128.116	35.521	186.0	477.0
114	1999	9	24	16:00	Gyeongsangnam-do	Hapcheon-gun	Cheongdeok-myeon	Yangjin-ri	128.356	35.518	0.0	355.0
115	2000	9	14	10:00	Gyeongsangnam-do	Hapcheon-gun	Ssangbaek-myeon	Jangjeon-ri	128.154	35.488	56.5	455.5
116	2006	7	9	14:50	Gyeongsangbuk-do	Gyeongsan-si	-	Sangbang-dong	128.741	35.808	122.0	255.1
117	2005	9	6	14:00	Gyeongsangbuk-do	Gyeongju-si	Yangbuk-myeon	Janghang 1-ri	129.430	35.801	265.0	574.2
118	2002	8	10	9:00	Gyeongsangbuk-do	Gyeongju-si	Oedong-eup	Gueo-ri	129.312	35.703	65.0	294.9
119	2006	4	11	12:45	Gyeongsangbuk-do	Gyeongju-si	Oedong-eup	Naengcheon-ri	129.289	35.703	0.0	96.9
120	2010	7	17	5:00	Gyeongsangbuk-do	Goryeong-gun	Unsu-myeon	Hwaam-ri	128.280	35.773	41.0	388.5

Table 1. continued.

No.	Date				Administrative district				Position		Accumulation rainfall (ml)	
	Y	M	D	Time	Province/City	District/Town			Longitude	Latitude	1 day	30 day
121	2010	8	11	11:00	Gyeongsangbuk-do	Gimcheon-si	Daehang-myeon	Unsu-ri	128.002	36.104	64.0	186.5
122	2002	8	31	16:30	Gyeongsangbuk-do	Gimcheon-si	Jirye-myeon	Sinpyeong-ri	128.070	35.971	132.0	604.5
123	2002	8	31	18:00	Gyeongsangbuk-do	Gimcheon-si	-	Hwangeum-dong	128.121	36.113	132.0	604.5
124	1999	8	3	9:40	Gyeongsangbuk-do	Mungyeong-si	Sanbuk-myeon	Geosan-ri	128.246	36.725	48.5	405.5
125	2008	7	25	15:30	Gyeongsangbuk-do	Bonghwa-gun	Chunyang-myeon	Seobyeok 4-ri 395	128.833	37.012	198.5	396.1
126	2008	7	25	12:10	Gyeongsangbuk-do	Bonghwa-gun	Chunyang-myeon	Uiyang 1-ri 442-24	128.912	36.936	198.5	396.1
127	2008	7	25	12:10	Gyeongsangbuk-do	Bonghwa-gun	Chunyang-myeon	Aedang-ri	128.858	36.994	198.5	396.1
128	2010	8	11	8:30	Gyeongsangbuk-do	Seongju-gun	Suryun-myeon	Sinpa-ri	128.171	35.820	111.5	315.5
129	2010	9	8	10:00	Gyeongsangbuk-do	Andong-si	-	Sinan-dong	128.734	36.574	0.0	470.2
130	2010	8	13	23:59	Gyeongsangbuk-do	Andong-si	Iljik-myeon	Gangyeon-ri	128.674	36.454	86.5	234.5
131	2002	8	10	1:00	Gyeongsangbuk-do	Yeongyang-gun	Irwol-myeon	Seomchon-ri	129.146	36.711	8.5	706.0
132	2003	9	13	10:00	Gyeongsangbuk-do	Uljin-gun	Uljin-eup	Sillim-ri	129.343	37.006	36.0	577.6
133	2002	7	5	23:30	Gyeongsangbuk-do	Cheongdo-gun	Unmun-myeon	Sinwon-ri	129.028	35.650	58.5	84.3
134	2010	7	17	4:10	Gyeongsangbuk-do	Chilgok-gun	Jicheon-myeon	Sin-ri	128.488	35.964	9.0	148.8
135	2005	9	6	15:00	Gyeongsangbuk-do	Pohang-si	Donghae-myeon	Seok-ri	129.472	35.987	265.0	574.2
136	2006	7	9	14:56	Daegu	Dalseong-gun	Okpo-myeon	Bolli-ri	128.467	35.789	122.0	255.1
137	2003	7	9	18:00	Daejeon	-	Jung-gu	Daesa-dong	127.428	36.312	154.5	424.5
138	2004	7	17	17:00	Daejeon	-	Daedeok-gu	Samjeong-dong	127.455	36.449	53.5	722.4
139	2005	9	6	20:00	Busan	Gijang-gun	Jeonggwan-myeon	Yongsu-ri 3-2	129.185	35.334	161.5	267.8
140	2000	7	14	21:20	Busan	Gijang-gun	Cheolma-myeon	Anpyeong-ri	129.182	35.249	107.5	298.4
141	1999	7	2	6:30	Busan	Gijang-gun	Gijang-eup	Seoksan-ri	129.212	35.201	135.8	401.8
142	2002	8	10	7:40	Busan	Gijang-gun	Jeonggwan-myeon	Dalsan-ri 985-4	129.170	35.307	22.5	514.3
143	2002	8	9	13:00	Busan	Gijang-gun	Gijang-eup	-	129.205	35.253	152.0	491.8
144	1999	9	10	11:55	Busan	-	Nam-gu	Daeyeon 3-dong	129.099	35.145	99.8	538.5
145	1999	10	17	12:19	Busan	-	Nam-gu	Daeyeon 3-dong	129.098	35.145	0.0	237.1
146	2000	1	22	8:50	Busan	-	Nam-gu	Daeyeon 3-dong	129.098	35.145	0.9	20.2
147	2006	7	9	14:30	Busan	-	Buk-gu	Mandeok-dong	129.037	35.207	86.5	390.5
148	2006	7	10	13:50	Busan	-	Buk-gu	Deokcheon-dong	129.006	35.215	139.5	526.5
149	2006	7	9	0:45	Busan	-	Saha-gu	Dadae 1-dong	128.968	35.059	86.5	390.5
150	2002	8	9	9:30	Busan	-	Yeongdo-gu	Cheonghak 1-dong	129.059	35.096	152.0	491.8
151	2004	9	7	11:40	Ulsan	-	Buk-gu	Daeam-dong	129.424	35.649	108.5	364.9
152	2005	9	6	17:40	Ulsan	-	Buk-gu	Sinhyeon-dong	129.414	35.589	327.5	524.5
153	2005	9	6	14:00	Ulsan	-	Buk-gu	Yeonam-dong	129.384	35.577	327.5	524.5
154	2005	9	6	15:00	Ulsan	Ulju-gun	Onyang-eup	Unhwa-ri	129.278	35.412	327.5	524.5
155	1999	8	2	7:50	Incheon	-	Jung-gu	Nambuk-dong 244	126.413	37.446	255.6	639.0
156	2007	3	5	3:20	Jeollanam-do	Gangjin-gun	Jakcheon-myeon	Pyeonggi-ri	126.786	34.680	10.0	58.5
157	2006	7	10	13:30	Jeollanam-do	Gokseong-gun	Gokseong-eup	Wolbong-ri	127.258	35.267	57.5	303.0
158	2006	7	10	11:15	Jeollanam-do	Gwangyang-si	Gwangyang-eup	Sagok-ri	127.639	34.965	164.5	598.7
159	2002	8	31	18:00	Jeollanam-do	Gwangyang-si	Ongnyong-myeon	Donggok-ri	127.612	35.074	128.1	451.2
160	2000	7	15	7:40	Jeollanam-do	Gurye-gun	Toji-myeon	Oegok-ri	127.605	35.219	178.5	526.0

Table 1. continued.

No.	Date				Administrative district				Position		Accumulation rainfall (ml)	
	Y	M	D	Time	Province/City	District/Town			Longitude	Latitude	1 day	30 day
161	2010	7	17	3:07	Jeollanam-do	Mokpo-si	-	Yeonsan-dong	126.383	34.816	64.5	249.0
162	2007	9	16	18:30	Jeollanam-do	Boseong-gun	Beolgyo-eup	Beolgyo-ri	127.336	34.844	51.0	355.1
163	2010	7	16	11:56	Jeollanam-do	Yeosu-si	-	Deokchung-dong	127.750	34.760	288.0	496.2
164	2000	7	14	20:00	Jeollanam-do	Yeosu-si	Dolsan-eup	Gunnai-ri	127.722	34.618	54.4	300.1
165	2003	9	11	20:10	Jeollanam-do	Yeosu-si	Hwayang-myeon	Yongju-ri	127.636	34.710	42.5	348.9
166	2003	9	12	23:00	Jeollanam-do	Yeosu-si	-	Ansan-dong	127.651	34.757	216.0	564.9
167	2007	9	16	16:30	Jeollanam-do	Jangheung-gun	Daedeok-eup	Ongam-ri	126.882	34.442	100.5	714.5
168	2002	8	31	16:40	Jeollanam-do	Jangheung-gun	Yuchi-myeon	Songjeong-ri	126.854	34.792	190.5	809.0
169	2004	8	18	15:30	Jeollanam-do	Hwasun-gun	Hancheon-myeon	O-eum 1-ri	127.027	34.958	322.5	430.0
170	2005	8	3	5:30	Jeollabuk-do	Gimje-si	Geumsan-myeon	Wonpyeong-ri	126.993	35.713	49.0	338.2
171	2004	8	18	19:00	Jeollabuk-do	Namwon-si	Sandong-myeon	Mokdong-ri	127.454	35.468	218.0	284.0
172	2002	8	31	18:00	Jeollabuk-do	Namwon-si	Ayeong-myeon	Galgye-ri	127.597	35.491	170.5	768.0
173	2005	8	3	8:00	Jeollabuk-do	Muju-gun	Anseong-myeon	Gongjin-ri	127.621	35.838	77.5	307.0
174	2005	8	3	6:00	Jeollabuk-do	Muju-gun	Anseong-myeon	Jukcheon-ri	127.642	35.839	77.5	307.0
175	2004	8	18	14:00	Jeollabuk-do	Sunchang-gun	Sunchang-eup	Baeksan-ri	127.107	35.373	99.5	169.0
176	2010	8	14	4:00	Jeollabuk-do	Wanju-gun	Bibong-myeon	Ijeon-ri	127.204	36.007	0.5	442.4
177	2004	8	18	17:00	Jeollabuk-do	Imsil-gun	Unam-myeon	Unam-ri	127.120	35.598	197.5	225.0
178	2005	8	3	5:37	Jeollabuk-do	Jangsu-gun	Gyebuk-myeon	Nongso-ri	127.614	35.769	77.5	307.0
179	2005	8	3	8:50	Jeollabuk-do	Muju-gun	Anseong-myeon	Gongjin-ri	127.643	35.818	77.5	307.0
180	2005	8	3	3:00	Jeollabuk-do	Jeonju-si	Deokjin-gu	Ua-dong	127.182	35.816	249.5	479.1
181	2005	8	3	10:00	Jeollabuk-do	Jinan-gun	Jinan-eup	Ocheon-ri	127.514	35.756	77.5	307.0
182	2010	8	14	9:45	Chungcheongnam-do	Gongju-si	-	Wolmi-dong	127.111	36.486	47.5	354.4
183	2003	7	9	3:00	Chungcheongnam-do	Geumsan-gun	Jewon-myeon	Cheonnae 2-ri	127.589	36.115	60.5	352.0
184	2004	7	17	9:35	Chungcheongnam-do	Geumsan-gun	Chubu-myeon	Jangdae-ri	127.485	36.188	151.5	666.5
185	2000	8	26	9:00	Chungcheongnam-do	Seocheon-gun	Munsan-myeon	Geumbok-ri	126.729	36.171	171.5	524.0
186	2005	9	17	19:00	Chungcheongnam-do	Cheonan-si	Ipjang-myeon	Yangdae-ri	127.268	36.889	162.0	266.0
187	2002	8	7	2:00	Chungcheongbuk-do	Danyang-gun	Danseong-myeon	Gasam-ri	128.311	37.046	275.5	576.5
188	2002	8	7	2:00	Chungcheongbuk-do	Danyang-gun	Danyang-eup	Gosu-ri	128.391	37.002	275.5	576.5
189	2003	9	13	0:43	Chungcheongbuk-do	Danyang-gun	Danyang-eup	Deoksang-ri	128.333	36.947	26.0	549.5
190	1999	9	24	4:00	Chungcheongbuk-do	Danyang-gun	Daegang-myeon	Yongbuwon-ri	128.425	36.909	28.5	332.5
191	2003	7	9	1:00	Chungcheongbuk-do	Yeongdong-gun	Yongsan-myeon	Guchon-ri	127.839	36.265	70.5	348.7
192	1999	9	23	15:00	Chungcheongbuk-do	Okcheon-gun	Dongi-myeon	Geumam-ri	127.648	36.292	81.2	385.7
193	2008	7	25	7:20	Chungcheongbuk-do	Jecheon-si	Susan-myeon	Gyeran-ri 177-1	128.229	36.925	32.5	282.2
194	2006	7	28	13:00	Chungcheongbuk-do	Jecheon-gun	Iwol-myeon	Sin-gye-ri	127.399	36.951	136.5	566.1
195	2006	7	16	16:00	Chungcheongbuk-do	Jecheon-gun	Jecheon-eup	Saseok-ri	127.417	36.845	137.5	318.0
196	2002	8	7	11:00	Chungcheongbuk-do	Chungju-si	Gageum-myeon	Haguam-ri	127.833	37.043	227.0	485.4
197	1999	8	2	23:30	Chungcheongbuk-do	Chungju-si	Noeun-myeon	Suryong-ri	127.804	37.044	170.0	279.2
198	2002	8	7	5:20	Chungcheongbuk-do	Chungju-si	Dongnyang-myeon	Jodong-ri	128.026	37.032	227.0	485.4
199	2002	9	1	4:40	Chungcheongbuk-do	Chungju-si	Suanbo-myeon	Suhoe-ri	127.958	36.884	33.0	686.0
200	2011	6	25	8:00	Gangwon-do	Yeongwol-gun	Satgat myeon	Jinbyeol-ri	128.533	37.144	77.0	305.5

Table 1. continued.

No.	Date				Administrative district				Position		Accumulation rainfall (ml)	
	Y	M	D	Time	Province/City		District/Town		Longitude	Latitude	1 day	30 day
201	2011	6	26	13:18	Gangwon-do	Taeback-si	-	Hwangji-dong	128.994	37.145	122.0	449.0
202	2011	7	27	0:08	Gangwon-do	Chuncheon-si	Sinbuk-eup	Cheonjeon-ri	127.794	37.933	113.5	857.5
203	2011	6	29	8:30	Gyeonggi-do	Gapyeong-gun	Cheongpyeong-myeon	Hacheon-ri	127.435	37.757	213.5	378.0
204	2011	6	29	7:00	Gyeonggi-do	Gapyeong-gun	Cheongpyeong-myeon	Hacheon-ri	127.439	37.750	213.5	378.0
205	2011	7	1	16:00	Gyeonggi-do	Yangpyeong-gun	Cheongun-myeon	Garun-ri	127.778	37.540	0.0	197.5
206	2011	7	3	10:10	Gyeonggi-do	Gwangmyeong-si	-	Haan-dong	126.850	37.454	161.5	479.0
207	2011	7	10	2:15	Gyeonggi-do	Yeoncheon-gun	Jeongok-eup	Sindap-ri	127.104	38.036	0.0	309.5
208	2011	7	27	13:30	Gyeonggi-do	Gwangju-si	Chowol-eup	-	127.287	37.419	273.0	1109.0
209	2011	7	27	18:30	Gyeonggi-do	Paju-si	Tanhyeon-myeon	Geumsan-ri	126.702	37.803	277.0	1041.0
210	2011	7	27	21:02	Gyeonggi-do	Pocheon-si	Sinbuk-myeon	Geumdong-ri	127.116	37.951	377.0	1029.0
211	2011	7	27	21:55	Gyeonggi-do	Pocheon-si	Sinbuk-myeon	Simgok-ri	127.170	37.923	377.0	1029.0
212	2011	7	27	23:30	Gyeonggi-do	Pocheon-si	Ildong-myeon	Gisan-ri	127.323	37.956	330.0	967.0
213	2011	7	27	13:05	Gyeonggi-do	Yongin-si	Pogok-eup	Geumeo-ri	127.254	37.283	0.0	789.7
214	2011	7	28	10:02	Gyeonggi-do	Dongducheon-si	-	Sangbongam-dong Dosolam	127.024	37.930	109.5	1028.5
215	2011	7	9	0:40	Gyeongsangnam-do	Miryang-si	Sangdong-myeon	Sin-gok-ri	128.831	35.582	210.0	486.0
216	2011	7	11	7:37	Gyeongsangnam-do	Hadong-gun	Okjong-myeon	Hoesin-ri	127.828	35.184	0.5	777.5
217	2011	6	29	13:30	Seoul	-	Nowon-gu	Wolgye-dong Choansan	127.057	37.638	172.5	356.5
218	2011	6	30	11:43	Seoul	-	Yangcheon-gu	Sinjeong 3-dong	126.848	37.515	32.0	308.0
219	2011	7	27	8:45	Seoul	-	Seocho-gu	Bangbae-dong	126.993	37.468	281.0	867.0
220	2011	7	27	8:45	Seoul	-	Seocho-gu	Bangbae-dong	127.007	37.475	281.0	867.0
221	2011	7	27	8:45	Seoul	-	Seocho-gu	Yangjae-dong	127.025	37.478	281.0	867.0
222	2011	7	27	8:45	Seoul	-	Seocho-gu	Bangbae-dong	126.998	37.470	281.0	867.0
223	2011	7	27	8:45	Seoul	-	Seocho-gu	Bangbae 3-dong	126.994	37.471	281.0	867.0
224	2011	7	29	0:44	Seoul	-	Seodaemun-gu	Bugahyeon-dong	126.958	37.563	7.5	1020.0
225	2011	7	10	9:08	Jeollanam-do	Boseong-gun	Hoecheon-myeon	Hwajuk-ri	127.119	34.725	25.0	494.5
226	2011	7	10	16:00	Jeollanam-do	Suncheon-si	Hwangjeon-myeon	Jungnae-ri	127.431	35.111	245.5	770.0
227	2011	7	10	17:00	Jeollabuk-do	Gunsan-si	Okdo-myeon	Gaeyado-ri	126.554	36.039	308.5	660.0
228	2011	8	9	18:40	Jeollabuk-do	Jeongeup-si	Iham-myeon	Jiseon-ri	126.791	35.533	420.0	717.5
229	2011	8	9	14:40	Jeollabuk-do	Imsil-gun	Seongsu-myeon	Wangbang-ri	127.407	35.638	234.0	538.5
230	2011	6	25	1:00	Chungcheongnam-do	Geumsan-gun	Jinsan-myeon	-	127.374	36.098	53.5	211.0
231	2011	7	10	16:10	Chungcheongnam-do	Seocheon-gun	Janghang-eup	Wonsu-ri	126.723	36.002	245.0	618.5
232	2011	7	10	16:08	Chungcheongnam-do	Seocheon-gun	Janghang-eup	Wonsu-ri	126.712	36.014	245.0	618.5
233	2011	6	30	11:00	Chungcheongbuk-do	Cheongwon-gun	Munui-myeon	-	127.492	36.505	0.5	318.0
234	2011	7	2	20:13	Chungcheongbuk-do	Chungju-si	Gageum-myeon	Changdong-ri	127.873	36.990	0.0	418.5
235	2011	7	2	22:23	Chungcheongbuk-do	Chungju-si	Dongnyang-myeon	Daejeon-ri	127.938	37.032	0.0	418.5
236	2011	7	2	22:28	Chungcheongbuk-do	Chungju-si	-	Yongtan-dong san3-2	127.965	37.015	0.0	418.5
237	2011	7	2	22:26	Chungcheongbuk-do	Chungju-si	-	Yongtan-dong	127.956	37.012	0.0	418.5
238	2011	7	3	19:30	Chungcheongbuk-do	Chungju-si	Sinni-myeon	Munsung-ri	127.712	37.007	118.5	537.0

형적 여건에 의한 국지성 호우 및 이에 기인한 산사태 발생이 피해를 가중시킨 것으로 판단된다. 광주·경주 유일하게 최근 13년간 경사지 비탈면 재해 발생건수는 집계된 바가 없는 것으로 나타났다. 2000년 초반까지 대도시의 급경사재 재해 발생 빈도가 낮은 반면 최근 들어 도심지의 경사지 붕괴 빈도가 증가하는 추세에 있다(Kim *et al.*, 2013).

강원도는 태풍에 수반된 집중호수에 의해 경사지 붕괴 빈도수가 급증했던 2006년 이후로 경사지 재해

의 발생빈도가 급격히 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 양상은 부산과 전라북도 지역에서도 관찰되며, 경사지 재해발생 빈도가 감소하는 추세를 보인다. 그러나 충청남도, 경상북도, 전라남도, 서울과 경기도는 지속적으로 재해발생빈도가 점차 증가하는 양상을 보인다. 특히, 서울과 경기도는 2010년과 2011년에 재해발생빈도가 급격히 상승하였다. 이는 2010년과 2011년에 집중호우로 인해 빈번히 발생했던 도심지 산사태에 기인한 것으로 판단된다(Kim *et al.*, 2013).

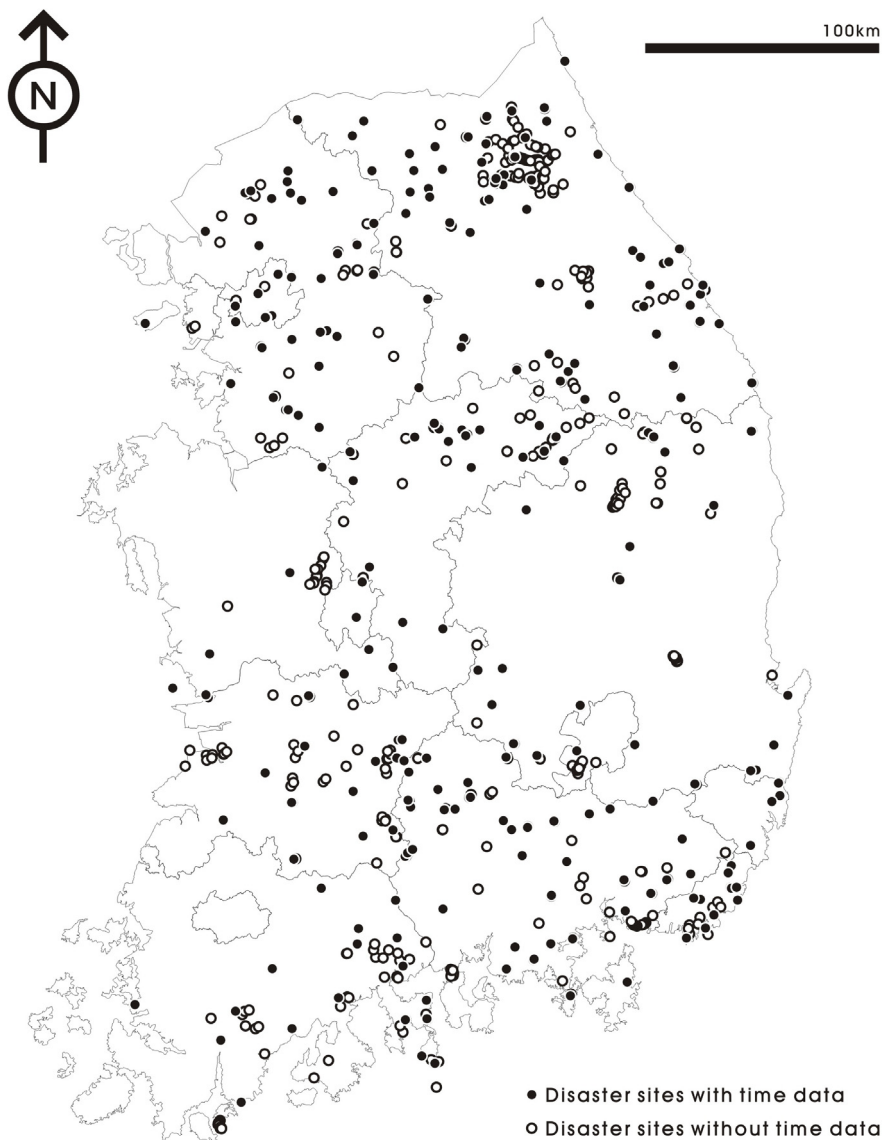
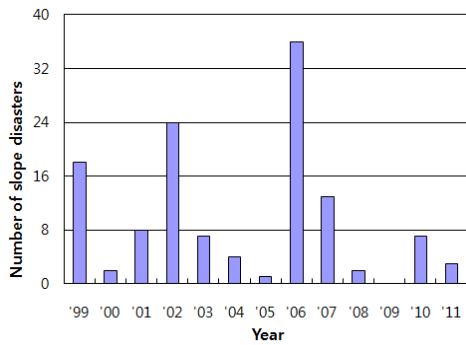
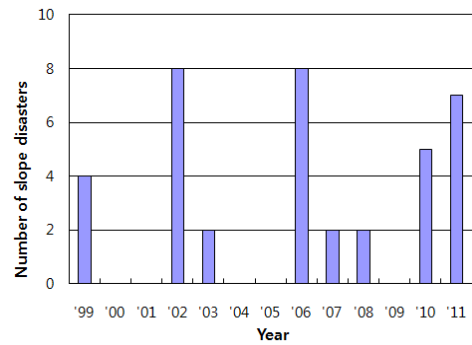


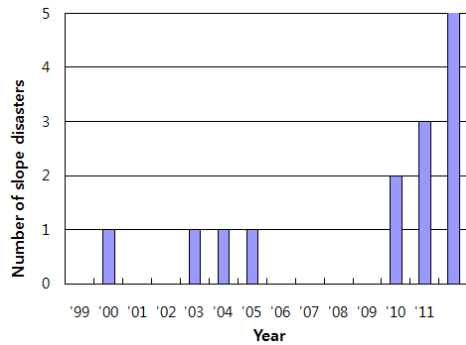
Fig. 3. Distribution of slope disasters.



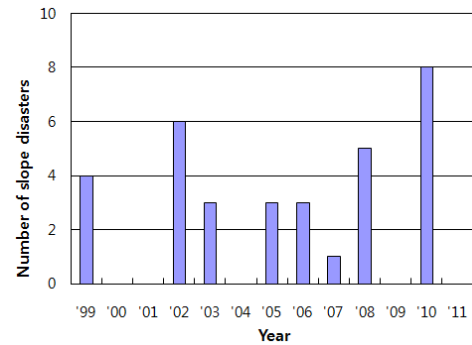
(a) Gangwon-do



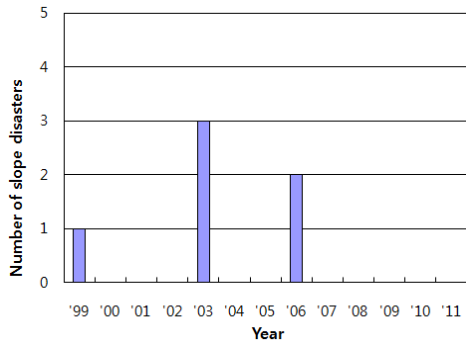
(b) Chungcheongbuk-do



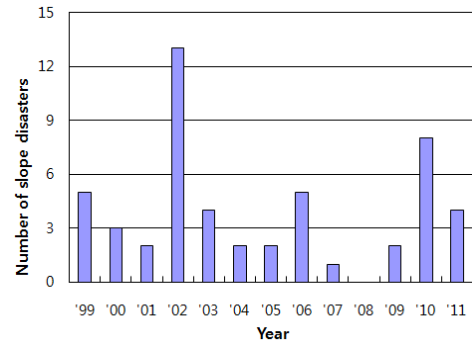
(c) Chungcheongnam-do



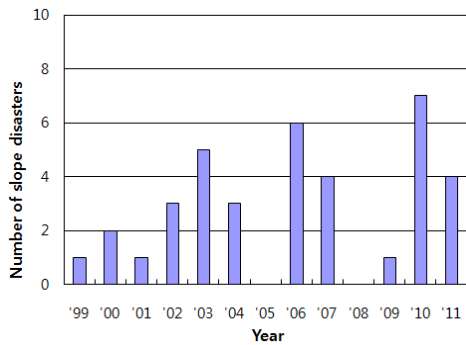
(d) Gyeongsangbuk-do



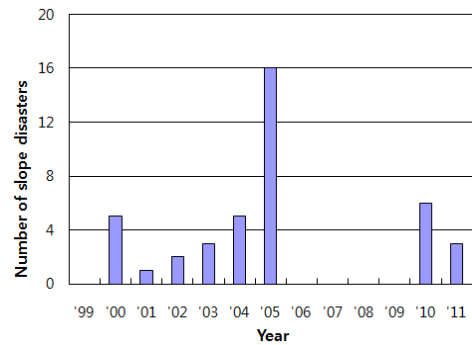
(e) Daegu



(f) Gyeongsangnam-do



(g) Jeollanam-do



(h) Jeollabuk-do

Fig. 4. Regional slope disasters by year.

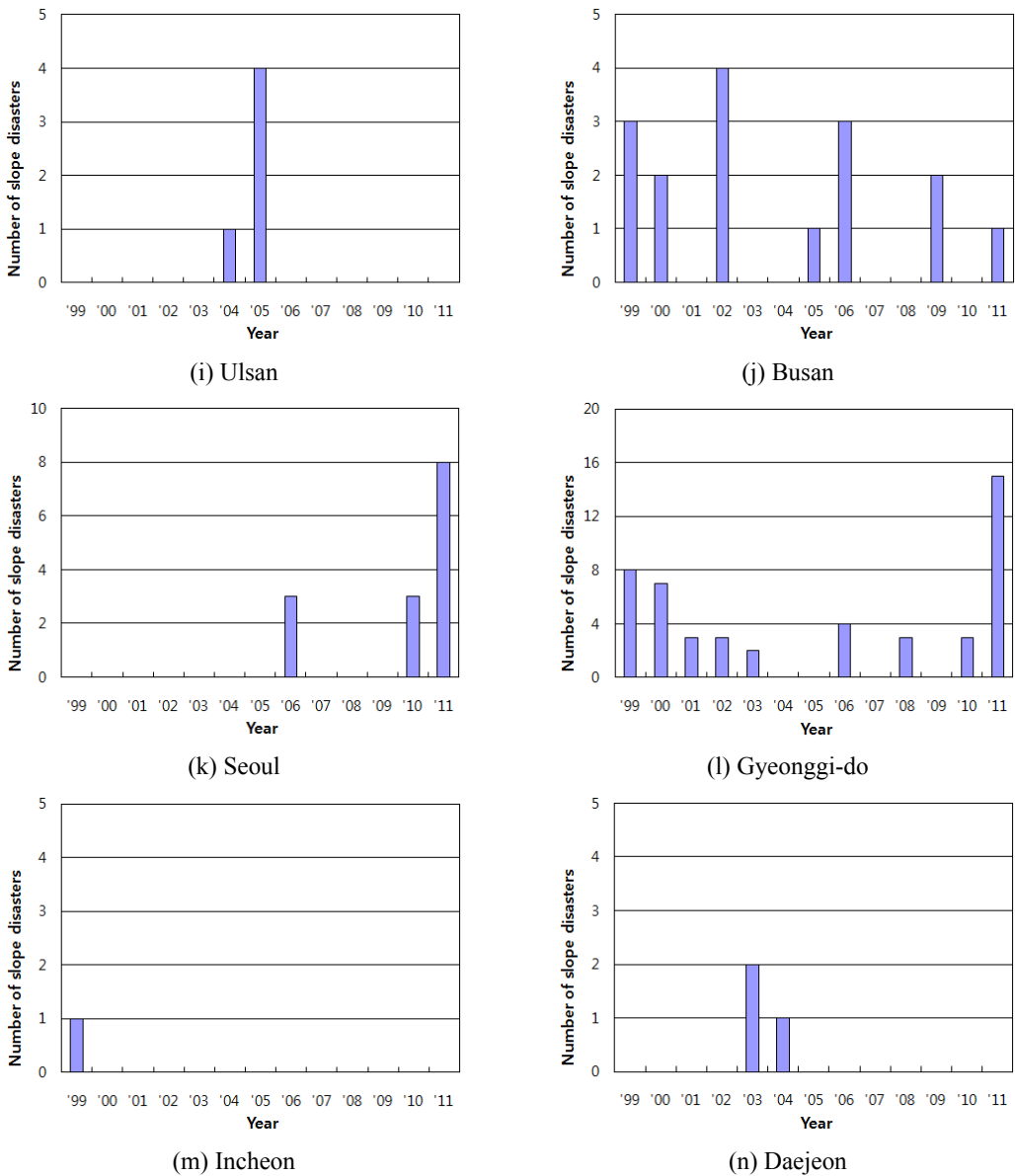


Fig. 4. continued.

3.2 우기/건기에 따른 재해현황

조사된 자료를 토대로 지난 13년간 전국에서 발생한 비탈면 재해를 우리나라의 집중 강우기간인 6~9월 사이의 재해발생건수와 그 외의 기간인 10~5월 사이의 재해발생건수를 구분하여 비교하였다(그림 5). 그림 5에 나타난 바와 같이 10~5월 사이 발생한 비탈면 재해는 매년 5% 이내(1건 이내)로 거의 대부분의 재해가 우리나라 강우기간인

6~9월 사이 집중적으로 발생하는 것으로 집계되었다. 이는 우리나라가 기후적으로 온대몬순지역에 위치하고 있어 6~8월(3개월) 사이에 전체의 2/3에 해당하는 강우량이 장마와 태풍에 의해 집중되고 있기 때문이다(Hwang, 2007). 이는 산사태 및 절개지 붕괴와 같은 경사지 재해의 직접적인 주된 요인이 강우라는 것을 확인시켜주는 결과이다.

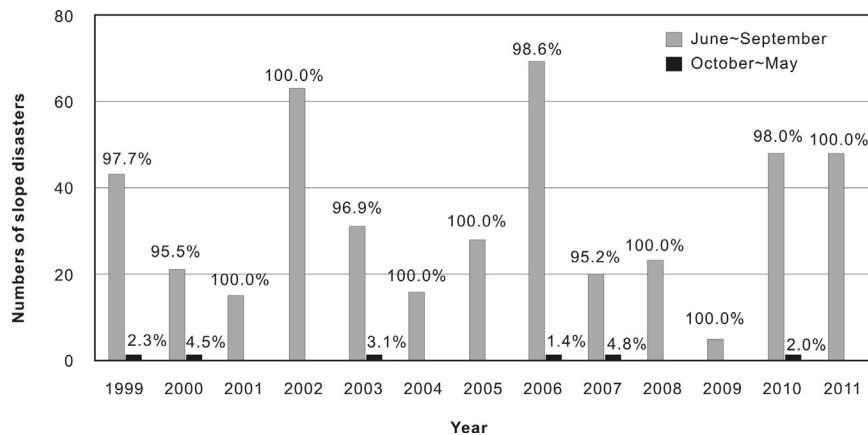


Fig. 5. National slope disasters by dry/rainy season.

4. 결 론

강우시 발생하는 경사지 붕괴위험에 대한 정확한 예정보를 위해서는 강우량과 비탈면 붕괴 사이의 상관관계가 명확히 규명되어야 한다. 이를 위해서는 과거 재해지점과 강우자료 분석을 위해 붕괴 당시의 정확한 시간 정보가 필요하다. 연구를 통해 지난 13년간 국내에서 발생한 238개소의 비탈면 재해현장을 직접 답사하여 정확한 붕괴 일시를 전수조사 하였고 붕괴 발생 시간에 대한 10분 단위의 자료를 구축하였다. 제시된 자료는 경사지 재해경감을 위한 예정보시스템의 구축과 산사태의 유발 및 비유발 강우 모형, 그리고 구축된 시스템의 신뢰성 검증에 필수적으로 요구되는 재해 발생지점의 공간좌표와 재해 발생 시점의 누적강우량 자료 제공한다. 신뢰성 있는 재해 인벤토리 구축 자료는 향후 경사지 재해 위험지역의 효과적인 예방대책을 수립하기 위한 다양한 분야의 연구에 중요한 정보를 제공하게 될 것이다.

REFERENCES

- Forest Service, 1993, The Judgement method of landslide hazard area investigation. Report of Forest Service, 25-41 (in Korean with English abstract).
- Hong, W.P., Kim, Y.I., Kim, S.K., Han, J.K. and Kim, M., 1990, Prediction of rainfall-triggered landslides in Korea. Korean Geotechnical Society, Vol. 6, No. 2, 55-63 (in Korean with English abstract).
- Hwang, Y.C., 2007, Recent landslide damage and prevention. Journal of Korean Geo-Environmental Society, 8(3),

11-17 (in Korean).

- Kim, S.W., Jung, S.J., Choi, E.K., Kim, S.H., Lee, K.H. and Park, D.G., 2013, An analysis of the current status of disasters occurring on the steep slopes in Korea. Journal of Environmental Science International, 22(12), 15-23 (in Korean with English abstract).
- National Disaster Management Institute, 2009, Real-time rainfall data analysis and visualization module development of the steep slope analysis system, 240 (in Korean with English abstract).
- National Disaster Management Institute, 2011a, Assessment of Disaster Characteristics in steep-slope using the numerical analysis, 119 (in Korean with English abstract).
- National Disaster Management Institute, 2011b, Establishment of failure warning & evacuation criteria for steep slope, 155 (in Korean with English abstract).
- Park, N.S., 2008, A study on characteristics of landslide of debris flow in Gangwon-do. Master's Thesis, Kangwon National University, 27-40 (in Korean with English abstract).
- Woo, B.M. and Kang, W.P., 1985, Studies on the landslide disasters occurred in Munhyon-dong on July 5, 1985. Korean Forest Society, Vol. 70, No. 1, 77-83 (in Korean with English abstract).
- Yoo, N.J., Yoon, D.H., Um, J.K., Kim, D.G. and Park, B.S., 2012, Analysis of rainfall characteristics and landslides at the west side area of Gangwon province. Korean Geotechnical Society, Vol. 13, No. 9, 75-82 (in Korean with English abstract).

투 고 일 : 2013년 11월 29일

심 사 일 : 2013년 12월 10일

심사완료일 : 2013년 12월 27일