

자연재해저감을 위한 한반도 피해 취약성 분석 : 공공시설피해를 중심으로

박종길 · 정우식* · 최효진*

인제대학교 환경공학부/대기환경정보연구센터

*인제대학교 대기환경정보공학과/대기환경정보연구센터

(2007년 12월 24일 접수; 2008년 1월 15일 채택)

An Analysis of the Korean Peninsula Damages Vulnerabilities for a Natural Disaster Mitigation : Focus on Public Facilities Damages

Jong-Kil Park, Woo-Sik Jung* and Hyo-Jin Choi*

*School of Environmental Sciences Engineering, Atmospheric Environment Information Research
Center, Inje University, Gyeongnam 621-749, Korea*

**Department of Atmospheric Environment Information Engineering, Graduate school, Atmospheric Environment
Information Research Center, Inje University, Gyeongnam 621-749, Korea*

(Manuscript received 24 December, 2007; accepted 15 January, 2008)

Abstract

This study aims to find out a state of the damages and vulnerable areas from natural disasters in the Korean peninsula using the prevention meteorological database information made by Park(2007b). Through the correlation analysis between damage elements and total property losses, we investigate the damages of public facilities, which have high correlation coefficient, and the cause of disasters and want to propose the basic information to set up the disaster prevention measures in advance. As a result, because most of the total property losses is the damages of public facilities, we can reduce the damages of natural disasters if we can predict the damages of public facilities or carry out the prevention activities in advance. The most vulnerable area for the natural disasters are Gangwon-do and Gyeongsangnam-do provinces. The vulnerable areas for the damages of public facilities by typhoon are Daegu metropolitan city, Gangwon-do, and Gyeongsangbuk-do provinces. These vulnerable areas will take place more frequently due to the climate change including Gyeongsangnam-do province so that we need to set up the disaster prevention measures and natural disaster mitigation plan. Also, we think that it has effect on reducing the damages of natural disasters to predict the damage scale and strongly perform the prevention activities in advance according to typhoon track and intensity.

Key Words : Disaster Prevention, Vulnerable Area, Natural Disaster Mitigation Plan, Public Facilities

1. 서 론

최근 들어 전 세계는 기후변화로 인한 기상이변으로 국지성 집중호우, 사막화 현상, 태풍 등이 지속적으로 증가하고 그 피해 규모도 점점 대형화되는

추세이다. 우리나라의 경우도 과거 강우기록의 최대치를 갱신하는 집중호우가 지속적으로 발생하고 있으며, 2000년대 들어 자연재해에 대한 피해 규모가 수조원에 달한다¹⁾. 자연재해에 의한 피해는 재해 대응단계에서 가장 중요한 초기 대응마련이 미흡한 데 그 주된 이유가 있으며, 이로 인한 직접적인 피해보다 준비 부족으로 발생하는 2차적 피해가 점점 더 커지고 있는 실정이므로, 재해 발생 이전에 합리적인 사전 예방활동을 통하여 피해를 최소화하는 것이 가장 경제적이고 효율적인 방안이 될 수 있다. 일본의 경우에는 2004년을 기준으로 이미 방재예산 중 90% 이상이 예방방재에 투입되고 있으나, 우리나라는 50%대에 머물고 있는 현실이다²⁾.

자연재해로부터 야기되는 피해를 줄이고 자연재해저감활동을 전개하기 위해서는 기상정보와 재해 자료에 근거한 정확한 예보와 방재활동이 요구된다. 또한 사전 방재활동을 위해서는 방재기상정보의 생산과 활용이 필요하며³⁾, 재해 원인에 대한 지식과 피해를 입을 개연성이 있는 지역사회에 관한 제반사항을 연구함으로써 재해발생에 대한 사전지식을 획득하는 재해분석 과정이 필요하다^{4,5)}.

따라서 본 연구에서는 한반도에서 발생한 자연재해의 원인과 피해 항목, 피해액에 대한 방재기상 DB를 활용하여 한반도 자연재해 피해현황과 재해 취약지역을 파악하고, 사전 방재활동을 효과적으로 운영할 수 있도록 총 피해액과의 상관성 분석을 통해 가장 크게 기여하는 공공시설의 피해실태와 재해 원인을 파악하여 국가와 취약지역별 사전 방재 대책 수립의 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 자료 및 방법

현재 제공되고 있는 국내 자연재해 피해자료 조

사를 통하여 행정자치부에서 발행한 통계연보⁶⁾와 소방방재청 등에서 발행한 재해연보⁷⁻¹⁰⁾, 중앙재난안전대책본부에서 제공하는 최근 10년간 자연재해 피해 현황¹¹⁾, 기상청에서 발행하는 기상연보를¹²⁾ 대상으로 Table 1과 같이 제공 기간, 피해액 단위, 지역 구분, 피해 항목 등 피해 자료를 비교·분석하였다. 그 결과 기상연보가 자연재해의 원인을 가장 자세히 분류하였으며, 재해연보가 피해 항목과 지역구분에 있어 가장 구체적이었다.

따라서 본 연구에서는 1987-2004년까지 총 18년간의 기상연보를 이용하여 한반도 주요 자연재해 원인을 선정하였으며, 1985-2004년까지 재해연보를 이용하여 구축한 database¹³⁾에 2005년도 자료를 추가하여, 총 21년간 한반도 자연재해 피해 현황과 중심지역을 대상으로 피해 원인과 피해 항목, 특히 공공시설과의 관계를 피어슨 상관분석을 이용하여 분석하였다.

3. 한반도 자연재해 피해 현황

3.1. 전체 피해 현황

방재기상 DB 정보에¹³⁾ 의하면 한반도에서 발생하는 자연재해의 주요 원인은 “호우, 호우·태풍, 태풍, 폭풍, 폭풍설(대설 포함), 낙뢰, 우박, 해일, 기타”의 9가지로 나누고 각각의 원인에 따른 피해 항목을 10가지로 선정하고 있다. 아울러 지역구분은 2004년도의 행정구역을 중심으로 재정리되어 우리나라 자연재해 원인과 그에 따른 피해 실태를 정확히 파악할 수 있다.

이와 같이 구축된 DB를 이용하여 한반도 자연재해 피해 현황을 분석한 결과, 지난 21년간 한반도의 자연재해 피해는 Table 2와 같으며 연평균 184명의 사망자와 1조 590억 원의 피해를 입었다. 기록적인 피해를 입힌 태풍 루사(5조 148억 원)와 매미(4조

Table 1. A comparative for the contents of each natural disaster datum¹³⁾

A class of data	Statistical yearbook	Recently 10 years for natural disaster damage	Annual climatological report	Statistical yearbook of calamities
Period of Analysis	1980-2004	1993-2002	1987-2003	1985-2005
Unit(won)	1,000,000	1,000	1,000	1,000
Division of area	city, do, gun	city, do	city, do	city, do, gun, gu
A note	not detail the damage elements	a short survey period	It describes the cause of meteorological disasters	It describes the damage elements and areas.

Table 2. The amount of damage on each damage factor of natural disaster occurred in Korea

Items Year	Deaths (person)	Injury (person)	Victims (person)	Building (thousand)	Vessel (thousand)	Public Facilities (thousand)	Cultivated Land (ha)	Cultivated Land (thousand)	Others (thousand)	Total Property Losses (thousand)
1985	240	85	72,332	1,181,029	5,206,499	43,227,709	965.21	1,545,976	13,436,161	134,648,913
1986	156	631	99,018	1,912,916	2,376,639	39,650,448	707.06	1,636,846	16,128,305	233,761,797
1987	1,075	619	273,378	13,545,398	19,169,249	535,735,919	24,491.00	66,853,384	192,985,176	1,056,259,010
1988	134	22	5,058	585,423	1,482,018	81,382,768	3,489.09	10,467,780	11,689,428	119,017,856
1989	274	90	92,535	6,452,270	5,367,731	204,198,807	6,467.54	14,567,484	90,467,819	550,288,148
1990	248	47	203,315	9,247,155	3,024,305	273,922,919	8,813.82	44,730,973	166,199,065	643,292,546
1991	242	183	29,906	4,951,103	2,224,758	298,790,674	5,953.94	38,370,228	45,101,820	389,438,583
1992	39	2	955	97,218	1,087,218	15,032,816	198.77	1,390,093	6,453,632	24,060,977
1993	66	42	13,771	1,183,919	10,605,929	154,067,756	1,523.19	10,068,677	21,764,469	197,690,750
1994	73	43	10,951	557,972	4,406,030	86,614,627	1,297.68	10,900,034	49,110,556	160,911,935
1995	159	264	30,408	4,994,113	6,924,910	434,340,024	6,944.74	61,032,833	93,898,685	600,527,556
1996	67	18	18,686	14,981,744	841,615	334,512,140	5,671.75	54,086,615	79,301,268	483,723,382
1997	27	5	6,154	1,900,255	2,767,416	146,049,250	2,202.15	11,080,927	28,821,551	190,872,602
1998	380	294	30,306	38,661,494	1,316,397	1,230,743,453	8,987.06	105,579,713	239,748,814	1,616,712,880
1999	89	73	26,548	40,258,278	2,217,879	945,118,466	30,348.27	24,182,827	206,461,160	1,219,082,492
2000	37	81	3,142	9,234,215	7,964,732	431,828,244	3,243.00	6,032,519	57,704,744	512,764,454
2001	78	130	4,169	10,813,131	998,704	381,832,003	1,085.12	10,335,528	851,826,194	1,255,805,560
2002	272	1,682	69,589	115,731,916	4,761,589	4,972,312,505	19,839.74	436,873,057	636,742,307	6,166,421,374
2003	145	386	63,735	96,402,088	32,367,364	3,097,979,893	5,434.30	116,925,581	1,070,915,965	4,414,590,891
2004	12	43	30,373	7,904,171	473,165	519,323,100	8,663.01	20,638,716	684,649,050	1,229,988,202
2005	51	32	9,907	14,982,675	971,287	446,963,556	2,089.39	28,029,000	559,395,758	1,049,718,726
Total	3,864	4,772	1,094,236	395,578,483	116,555,434	14,673,627,077	148,415.83	1,075,328,791	5,122,801,927	22,239,663,634
Mean	184	227	52,106	18,837,071	5,553,227	698,744,147	7,067.00	51,206,133	243,800,092	1,059,031,502
Rate*	-	-	-	1.78%	0.52%	65.98%	-	4.84%	23.02%	100%

Statistics except for typhoon Rusa and Maemi

2002	24	3	8,137	5,858,020	158,432	784,970,697	158,432	14,741,345	212,751,962	1,018,480,456
2003	17	7	1,910	4,144,639	18,103	158,834,301	18,103	18,721,680	3,987,867	185,706,590

* Rate = (Damage Factor Losses / Total Property Losses) × 100

231억 원)를 제외하면 인명피해는 매년 줄어드는 경향을 나타내어 거대한 태풍이 내습할 경우 피해는 크게 달라질 수 있음을 보인다. 재해의 발생빈도는 감소하고 있으나 피해 규모는 증가하는 경향을 보여 자연재해의 규모가 점점 대형화됨을 알 수 있다¹⁾. 또한 피해 항목 중에서 공공시설이 총 피해액의 약 66%를 차지할 만큼 가장 많은 피해를 입어, 피해 항목 가운데 공공시설이 특히 취약하다고 해석할 수 있으므로, 총 피해액을 줄이기 위해서는 공공시설 피해를 줄이는 것이 가장 시급하다고 할 수 있다. Fig. 1에서 다른 색으로 구분한 것은 태풍 루사와 매미에 의한 피해액을 나타낸 것이다.

월별로는 하계에 총 185회로 전체 중 46%의 자연재해가 발생하였고 총 피해액의 87%가 이 시기에

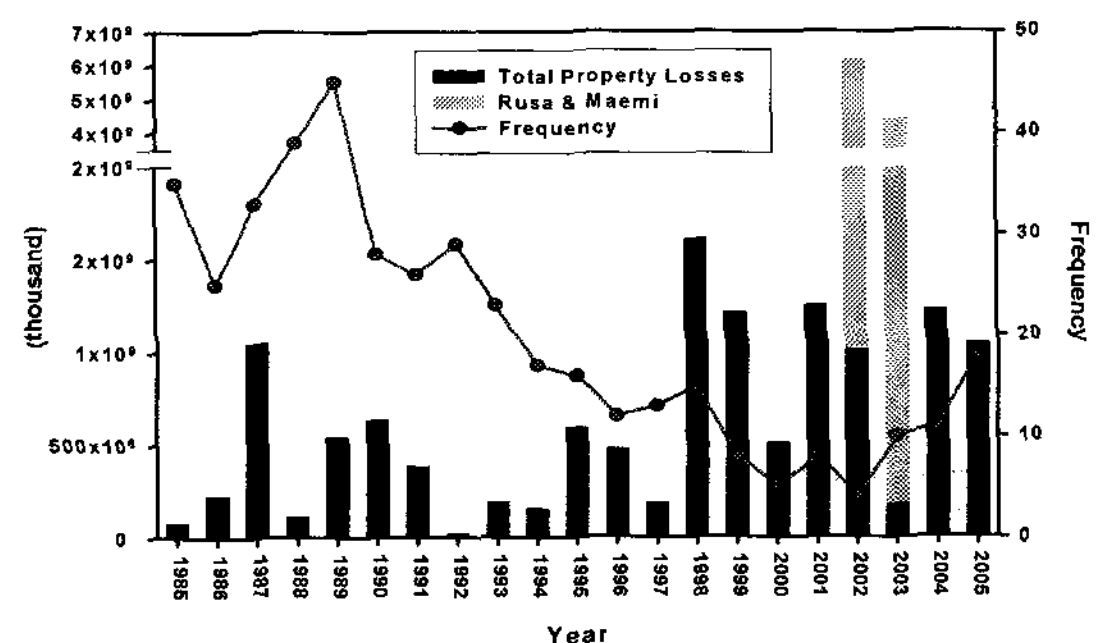


Fig. 1. Annual total property losses and frequency of natural disasters in Korea.

집중되었다. 이에 비해 4월과 11월은 자연재해의 발생빈도가 가장 적은 월로 나타났으며, 그 피해액도

상대적으로 적게 나타났다(Fig. 2). Table 3에는 월별 총 피해액에 대한 공공시설의 피해액이 차지하는 비율을 나타내었는데, 8월이 79.11%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 6월부터 9월까지 50%이상이 공공시설의 피해가 주를 이루고 있다. 이에 비해 동계에는 총 피해액 가운데 공공시설의 피해가 차지하는 비율이 낮게 나타나 재해 원인이 다를 수 있다.

피해는 일반적으로 hazard의 강도가 크고 그 지역의 취약성이 높을 때 발생하는 것으로 총 피해를 줄이기 위해서는 그 지역의 취약성을 줄여야 하며, 피해 현황에서 제시 되었듯이 집중적인 피해 항목에 대한 검토와 이에 대한 대책수립이 요구된다.

공공시설의 피해액 비율이 높은 하계는 우리나라에 태풍과 호우 등 자연재해가 집중 발생하는 시기로 국가와 각 지자체가 공공시설에 대한 피해를 우선적으로 줄일 수 있도록 효과적으로 사전 방재계획을 수립하고 실천한다면 자연재해에 의한 피해를 크게 줄일 수 있을 것이다(Table 3). 이는 방재정책 수립입장에서 공공시설이 우선적인 사업수행이 용이하고 예산투입이 우선시되므로 공공시설에 대한 방재사업수행이 총 피해액을 낮출 수 있는 우선적인 업무가 됨을 나타낸다. 아울러 항구적으로 피해를 줄이기 위한 구조적 예방사업도 병행되어야 한다.

3.2. 재해 취약지역

지난 21년 동안 한반도 내에서 자연재해에 가장 취약한 지역을 알아보하고자 16개 시·도에 대하여 피해 현황을 분석하였다. 지역별로 객관적인 피해 비교를 위하여 대도시와 광역자치단체의 인구와 면적규모의 차이가 크기 때문에 피해액을 해당지역의 인구와 면적으로 나누어 피해 밀도를 구하였다. Fig. 3과 같이 피해 밀도를 구한 결과, 단위 면적당 피해 밀도는 부산광역시, 경상남도, 강원도, 서울특별시 순으로 나타났으며, 인구 1인당 피해 밀도는 강원도, 경상남도, 경상북도 순으로 나타났다.

따라서 한반도 내 16개 시·도 가운데 인구 및 면

적대비 피해 밀도가 높은 지역은 강원도와 경상남도도 자연재해에 가장 취약한 지역이라 할 수 있으므로 이들 지역의 취약성을 확인하고 대책을 세우기 위하여 지형과 구조적인 요소 및 자연과학적인 요소들, 인구통계학적, 고용과 산업, 수송 등에 관한 사회과학적인 요소들에 대한 조사와 분석을 통하여 그에 따른 사전 재해저감계획을 수립할 수 있도록 미국 등 선진 여러 나라에서 실시하고 있는 국가 및 지자체 차원의 자연재해저감계획을^{14,15)} 수립할 수 있는 법적 근거를 마련하여 시행하여야 할 것으로 사료된다.

미국에서 자연재해저감계획이 비교적 잘 구축되어 있는 McClain County에서는¹⁴⁾ 각종 재해 영향을

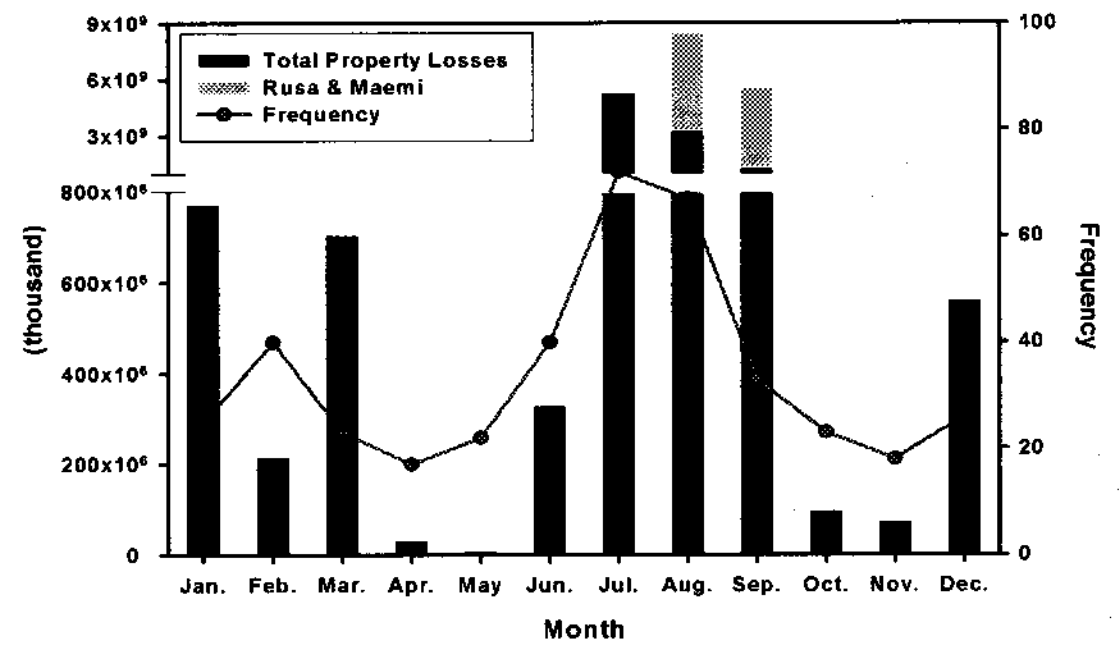


Fig. 2. Monthly total property losses and frequency of natural disasters in Korea.

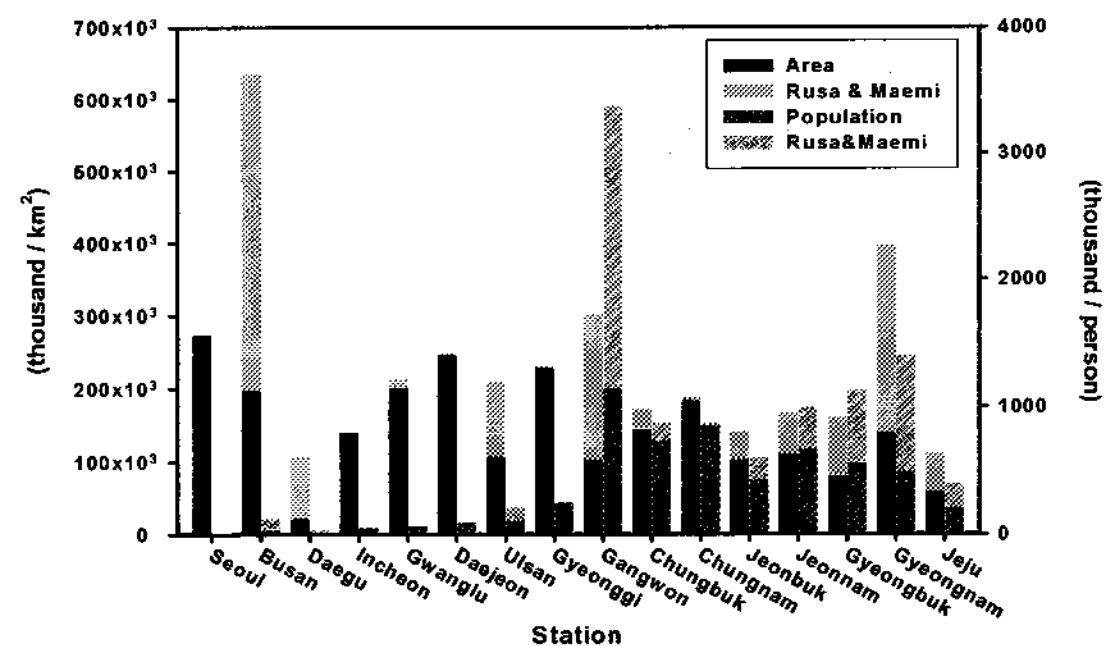


Fig. 3. Regionally damage density of population and area in Korea.

Table 3. Monthly public facilities rate of natural disasters in Korea

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Rate(%)*	2.83	4.94	1.94	3.31	14.93	52.10	70.68	79.11	69.59	35.64	13.55	3.34

* Rate(%) = (Public Facilities / Total Property Losses) × 100

경감시키기 위해 재해의 발생빈도, 잠재적 손실, 취약성에 대한 조치 비용 등을 고려하여 재해에 순응, 변형, 피하거나 비켜갈 수 있는 실질적이고 구체적인 방법을 제시하고 있다. Douglas County의¹⁵⁾ 재해저감계획은 재해원인에 대한 지역의 취약성을 확인하고 대책을 세우기 위하여 해당 지역의 취약성을 강, 기후, 광물과 토양 등 지형적인 요소들과 인구와 지역, 연도 인종별 인구통계학적 분석과 토지와 개발, 주택건설과 지역개발, 고용과 산업, 수송과 통학 방식으로 구분하여 분석하고 있다(Table 4)¹⁶⁾.

국내의 경우 자연재해대책법 개정 이후, 시·군·구 단위에서 풍수해의 예방 및 저감을 위한 종합대책인 풍수해저감종합계획을 수립하기로 규정되었다¹⁷⁾. 한반도에서 발생하는 자연재해의 대부분이 풍수해이나 그 원인과 시기가 다르며 기상현상과 토양구조 등이 복잡하므로 재해원인별 장·단기 대책 및 효과적인 지침이 제시되어야 하나, 풍수해저감종합계획은 이러한 자연 현상과 토양·지질학적 요인을 모두 포함하고 있지 못하므로, 미국 등 방재선진국에서 시행하고 있는 자연재해저감계획과 같이 풍수해에 국한되지 않은 종합적인 방재대책 수립 및 자연재해 저감계획 수립이 요구된다.

3.3. 피해 항목과 총 피해액의 상관분석

자연재해의 발생을 인위적으로 조절할 수는 없으

나, 자연재해로 인한 피해를 줄이기 위해서는 앞 절에서 언급하였듯이 취약지역에 대한 자연과학적·사회과학적인 원인분석을 통해 사전 재해저감계획을 수립·시행하는 것이다.

그러나 현 시점에서 국가적으로 매년 반복되는 자연재해의 피해를 효과적으로 줄이기 위하여 자연재해의 총 피해액에 크게 영향을 주는 피해 항목을 알아내어 해당 항목에 대한 사전 재해저감계획을 강화해야 할 것이다. 이를 위하여 지난 21년간의 자연재해에 의한 총 피해액과 다른 피해 항목 간의 피어슨 상관분석을 실시하였다. Table을 제시하지 않았으나, 공공시설의 피해액과 총 피해액간의 상관계수가 0.95로 가장 높게 나타났고, 그 다음은 농경지 피해액 0.84, 건물 피해액 0.79 순으로 나타나 공공시설의 피해가 자연재해로 인한 전체 피해액과 밀접한 상관이 있음을 알 수 있다.

본 연구기간 동안 상관분석을 통해 가장 상관계수가 크게 나타난 공공시설의 피해액과 총 피해액과의 상관을 알아보하고자 Fig. 4와 같이 산포도를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 우리나라의 자연재해로 인한 총 피해액은 공공시설의 피해액과 거의 선형적인 관계로 나타나, 사전 방재활동으로 공공시설의 피해를 줄일 경우 직접적으로 총 피해액을 줄일 수 있음을 확인할 수 있다.

Table 4. An example of hazard vulnerability in McClain County¹⁴⁾

General hazard	Flooding	Flooding	Winter storms	Extreme heat
Specific Hazard	General Rain Flooding	Flash Flood	Ice Accumulation	Heat Wave
How bad can it get?	500 year flood	Water covering roads and flooding buildings	Ice accumulation of 2 in...	30 consecutive days of 100+ degree high temperatures
Expected Event	100 year flood	water covering roads and flooding buildings	Ice accumulation of 0.5 in...	10 consecutive days of 100+ degree high temperatures
Where can it occur?	Along rivers	Along any stream or drainage channel	Anywhere in the county	Anywhere in the county
How often is it likely to occur?	Once in 100 years	Once each year	Once in 2 years	Once in 5 years
What is the speed of onset?	Hours and days	Minutes and hours	Hours and days	Days
Harm to Persons	People evacuated	Drowning of motorist	Death or injury in highway accident	Frail persons who live alone die
Harm to Structures	Extensive property damage	Damage to flooded buildings	Electric lines down	None
Other affects	Emergency response units unable to reach emergency scene	Emergency response units unable to reach emergency scene	Power outages for days	

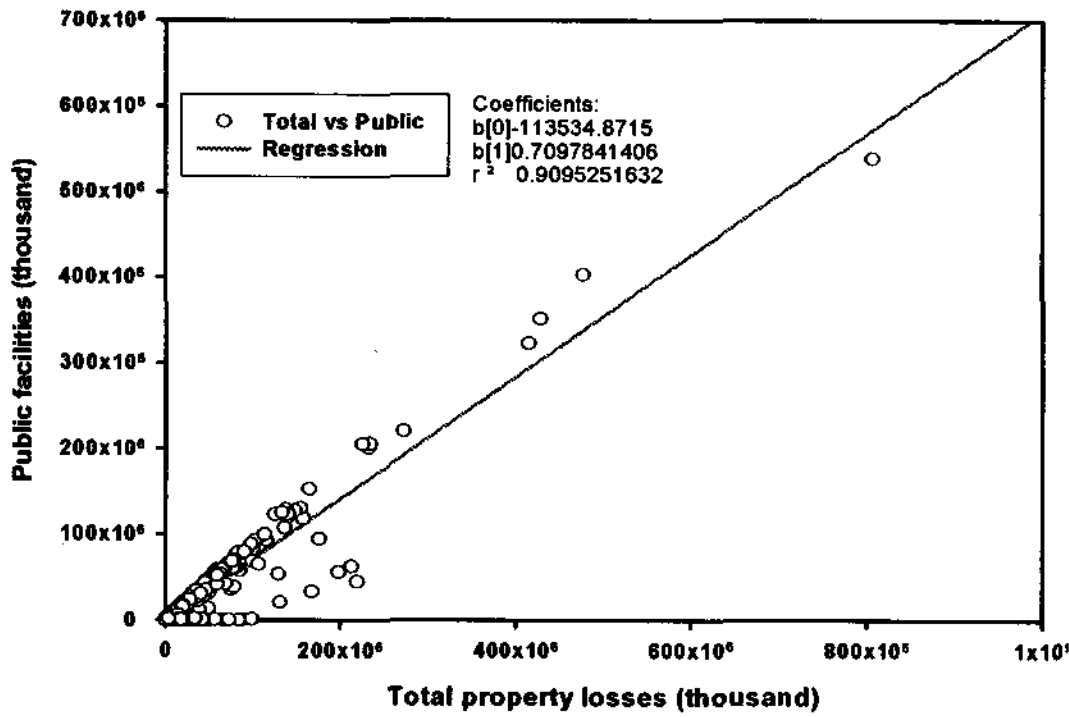


Fig. 4. The scatter-diagram between public facilities and total property losses.

Table 2에 제시한 피해 항목 가운데, 기타 피해가 공공시설 다음으로 많은 피해를 나타내었지만, 상관계수는 공공시설에 비해 낮게 나타났을 뿐만 아니라, 피해액의 대부분은 사유시설에 대한 것으로 지자체별로 그 피해를 줄이고자 할 경우 공공시설에 비해 적극적인 방재 활동을 수행하기 어렵다. 또한 사유시설의 경우 동산과 부동산에 대한 정확한 피해액이 합산되지 못하는 부분이 많아 정확성이 다소 결여되므로 피해액 산정 시 공공시설의 피해액이 보다 객관적이고 정확하다고 할 수 있으므로, 공공시설에 대한 피해액을 추정하여 방재대책을 수립할 수 있다면 총 피해액의 규모를 상당히 저감시킬 수 있을 것이라 생각한다.

4. 공공시설에 취약한 지역과 원인 규명

자연재해에 의한 총 피해액의 상당부분이 공공시설의 피해에 해당하므로 자연재해로부터 공공시설에 대한 취약지역과 재해의 주요 원인을 알아보고

자, 한반도의 16개 시·도를 대상으로 Table 5와 같이 총 피해액에 대한 공공시설 피해액 비율과 상관계수를 조사하였다.

그 결과 절반이 넘는 9개 시·도가 전체 피해액 가운데 공공시설의 피해가 차지하는 비율이 50%를 상회하였으며, 나머지 시·도 역시 최소 21.20%(광주) 이상으로 나타나 Table 2에서 제시한 9가지 피해 항목 가운데 공공시설에 대한 피해가 가장 많았음을 알 수 있다. 또한 대전을 제외하고 전국이 총 피해액에 대한 공공시설 피해액과 상관성이 높게 나타났다. 이들 가운데 상관계수가 0.99 이상의 밀접한 상관을 나타낸 지역이 대구광역시, 강원도, 경상북도 지역으로 이들 세 지역이 공공시설의 피해에 가장 취약한 지역임을 알 수 있다. 아울러 앞 절에서 재해 취약지역으로 구분되었던 강원도는 0.99, 경상남도 0.87로 여전히 높은 상관을 나타내었다.

이 결과를 바탕으로 공공시설의 피해에 특히 취약한 세 지역에 대하여 총 피해액과 공공시설의 피해액을 자연재해 원인별로 상관계수를 구하여 Table 6에 나타내었는데, 한반도 전체는 호우·태풍에 의한 경우가 가장 상관성이 높았으며, 그 다음이 태풍, 호우, 폭풍 순으로 나타났다. 지역별로 대구시는 태풍과 호우가 상관성이 높게 나타났고 그 외 원인은 상관성이 낮거나 피해 발생이 없었다. 강원도의 경우 호우·태풍이 가장 상관성이 높았으며, 태풍과 호우 역시 높은 상관을 나타내었다. 다른 지역에서는 나타나지 않는 폭풍설도 0.82로 비교적 높은 상관을 나타내었다. 경상북도의 경우 호우가 가장 상관성이 높게 나타났으며 태풍, 호우·태풍, 폭풍 순으로 높게 나타났다. 기타의 경우 여러 원인이 결합되어 나타난 것으로 한 두 원인으로 정의할 수 없다.

Table 5. Relationship of public facilities and total property losses by region

Region	Rate*(%)	Coefficient	Region	Rate*(%)	Coefficient
Seoul	56.96	0.88	Gangwon	82.17	0.99
Busan	42.56	0.91	Chungbuk	64.89	0.87
Daegu	87.14	0.99	Chungnam	42.36	0.62
Incheon	40.30	0.82	Jeonbuk	62.05	0.90
Gwangju	21.21	0.60	Jeonnam	49.30	0.82
Daejeon	36.61	0.36	Gyeongbuk	81.29	0.99
Ulsan	42.00	0.701	Gyeongnam	67.00	0.88
Gyeonggi	55.28	0.91	Jeju	56.55	0.94

* Rate (%) = (Public facilities / Total property losses) × 100

P<.0001

Table 6. A coefficient of correlation between public facilities and total property losses by region

Event	Daegu	Gangwon	Gyeongbuk
Heavy Rain	0.92	0.99	0.99
Heavy rain · Typhoon	#	0.99	0.99
Typhoon	0.99	0.99	0.99
Storm	-	0.78	0.98
Storm Snow	-	0.82	#
Thunderbolt	-	-	-
Hail	-	-	-
Surge	-	-	-
Others	-	0.95	0.9

are not statistically significant.

P<.0001

따라서 지역에 따라 조금 차이가 있지만 태풍에 의한 것이 공통적으로 높은 상관관을 보여, 자연재해 중 태풍이 공공시설에 가장 많은 영향을 미친다고 할 수 있다.

5. 태풍에 의한 공공시설의 피해 현황

공공시설에 많은 피해를 초래하는 재해원인은 지역별로 차이는 있으나 태풍에 의한 경우가 공통적으로 나타나 태풍에 의해 공공시설의 피해가 차지하는 비율과 상관관을 조사하였다(Table 7).

Table 7에서 알 수 있듯이 태풍에 의한 총 피해액과 태풍에 의한 공공시설의 피해액과의 상관관이 최소 0.67에서 최대 0.99로 나타나 밀접한 상관관이 있음을 알 수 있으며, 태풍에 의한 피해액 가운데 공공시설의 피해액이 차지하는 비율은 울산광역시 가장 적은 42.18%를 차지한 반면 대구광역시는 92.17%로 가장 많은 비율을 차지하였다. 또한 태풍에 의한 공공시설의 피해에 취약한 지자체는 대구광역시, 충

청북도, 경상북도, 전라북도, 강원도 순으로 0.99 이상의 높은 상관관을 보였으며, 공공시설의 피해가 차지하는 비율도 78%에서 92%로 나타나 태풍에 의한 공공시설의 피해가 한반도 자연재해 피해의 대부분임을 알 수 있다.

Fig. 5에는 태풍에 의해 나타난 총 피해액의 분포와 그에 따른 공공시설의 피해액 분포를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 피해규모에 차이가 있을 뿐 지역적 분포가 일치하고 있음을 알 수 있다.

그러므로 태풍에 의한 공공시설의 피해가 우리나라 주요 자연재해 피해의 대부분이므로 이에 대한 대책 마련이 필요하며, 특히 이에 취약한 대구광역시, 충청북도, 경상북도, 전라북도, 강원도는 자연재해를 줄이기 위한 다각적인 연구와 노력이 요구된다고 할 수 있다. 또한 태풍에 의한 피해는 태풍의 규모나 강도에 따라 달라지므로 태풍의 강도에 따른 공공시설의 피해 정도를 예측할 수 있다면 예상되는 태풍에 대한 총 피해액도 추정이 가능하다.

Table 7. Relationship of public facilities and total property losses by region in typhoon case

Region	Rate* (%)	Coefficient	Region	Rate* (%)	Coefficient
Seoul	56.25	0.68	Gangwon	81.19	0.99
Busan	45.23	0.92	Chungbuk	88.76	0.99
Daegu	92.17	0.99	Chungnam	62.24	0.89
Incheon	62.47	0.96	Jeonbuk	79.72	0.99
Gwangju	53.54	0.71	Jeonnam	63.55	0.87
Daejeon	71.13	0.95	Gyeongbuk	85.23	0.99
Ulsan	42.18	0.68	Gyeongnam	69.44	0.901
Gyeonggi	49.51	0.84	Jeju	66.14	0.95

* Rate (%) = (Public facilities / Total property losses) × 100

P<.0001

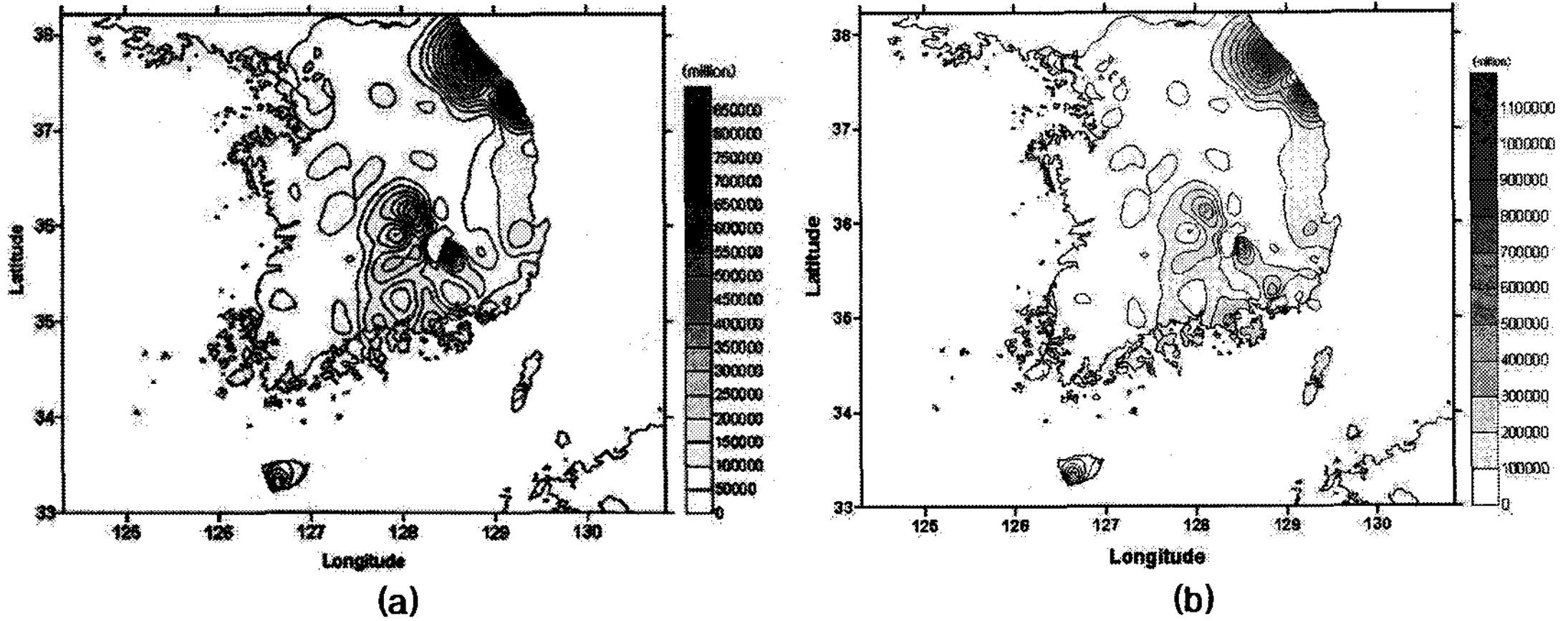


Fig. 5. Distribution of public facilities(a) and total property losses(b) by typhoon in Korea.

5.1. 태풍 등급에 의한 공공시설 피해

지난 21년간 한반도에 영향을 미친 태풍과 공공시설 피해와의 상관성을 알아보았다. 한반도에 영향을 미친 태풍은 Park¹⁸⁾이 1985년부터 2003년 사이의 태풍을 분류한 기준을 이용하였으며, 2004년과 2005년은 이 논문을 바탕으로 분석하여 추가하였다. 이렇게 분류된 총 77개의 태풍 가운데 재해연보에 공공시설의 피해가 나와 있는 태풍 38개를 대상으로 하여 한반도에 상륙하는 시점의 중심기압을 이용하였다. 자료는 일본 Regional Specialized Meteorological Center(RSMC)-Tokyo¹⁹⁾에서 제공하는 태풍 중심기압 자료를 이용하였으며, 이 중심기압을 Saffir-Simpson Hurricane Scale에²⁰⁾ 따라 태풍 등급을 구분한 뒤, 태풍의 강도와 공공시설 피해와의 상관관계를 분석하였다.

그 결과 3 등급 모두 높은 상관성을 보였으며, 등급 1의 태풍이 가장 많이 발생하였다(Table 8). 그러나 태풍 1개당 공공시설의 평균 피해액은 등급 3이 가장 높게 나타났으며, 전체적으로 태풍 등급에 따라

공공시설 피해액이 증가함을 알 수 있다.

5.2. 태풍 등급에 의한 공공시설 피해 분포

태풍 등급에 따른 지역별 공공시설 피해 분포는 Park¹⁹⁾의 한반도에 영향을 미친 태풍의 진로 유형과 함께 설명할 수 있다. 등급 1의 태풍은 주로 남해안으로 상륙하여 서해와 남동해안에 피해를 입히는 유형 2의 경향을 띄며, 등급 1은 진로 상에서 한반도에 직접 상륙하는 경우가 대부분이므로 태풍의 강도가 약하더라도 일정 규모 이상의 피해가 입을 수 있다(Fig. 6a). 등급 2의 태풍은 서해로 북상·상륙하는 유형이 대부분으로, 경기도와 강원도에 많은 피해를 주며 서해로 북상하면서 남해안에도 태풍의 영향을 미친다(Fig. 6b). 등급 3은 한반도 남동해안으로 상륙 또는 비껴가는 경우로 일본을 거치면서 한반도에 영향을 주는 유형 7에 해당한다. 이 경우에 공공시설과 총 피해액간의 상관관계가 가장 높으면서 주로 강원도에 피해를 주었다. 등급 3 중에서는 특히 태풍 루사, 매미와 같이 한반도 내륙에

Table 8. Relationship of public facilities and total property losses by typhoon grade

Typhoon		Public VS Total Coefficient	Public Facilities (thousand)		Central Pressure Mean
Grade	Frequency		Total	Mean	
1	21	0.97	987,130,935	47,006,235	987.95
2	9	0.96	1,493,817,843	165,979,760	973.33
3	8	0.985	7,328,803,749	916,100,469	953.13
3 (except Rusa and Maemi)	6	0.95	202,316,348	33,719,391	951.67

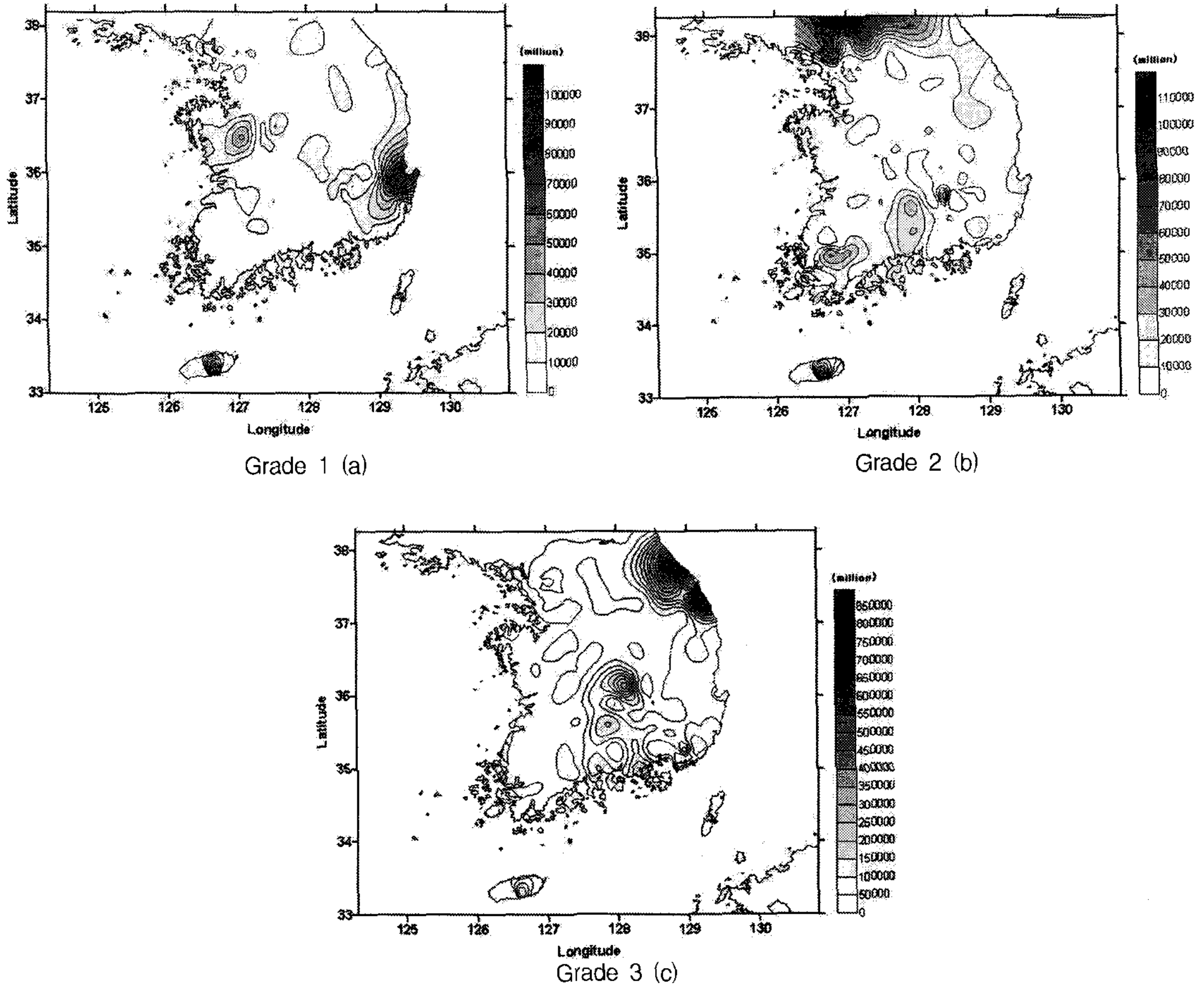


Fig. 6. Public facilities damage due to grade of typhoon affecting Korea.

직접 상륙하는 경우에도 막대한 피해를 줄 수 있다 (Fig. 6c).

그러나 Park¹⁹⁾에 따르면, 유형 2는 강도가 약한 태풍보다 강도가 강한 태풍의 발생 빈도수가 더 높으며 최근 들어 유형 2와 유형 7의 발생 빈도가 계속 증가하는 경향을 나타낸다고 하므로 유형 2가 증가한다면 등급 1에 해당하는 태풍의 발생 빈도가 증가할 수 있으며, 태풍 루사와 매미와 같이 등급 3에 해당하는 거대한 태풍이 발생할 빈도 또한 높아질 것으로 예상된다. 유형 7에 해당하는 등급 3의 경우에는 주로 한반도 내륙에 직접 상륙하지는 않지만, 이 유형에 해당하는 태풍의 발생 빈도가 증가하고 태풍의 강도도 점차 증가한다면 지금까지 겪었던 피해 보다 훨씬 막대한 영향을 줄 가능성이 높다.

6. 결 론

본 연구에서는 기후변화에 따라 빈발해지는 한반도의 자연재해 피해를 줄이기 위해 구축되어진 방재기상 DB정보를 활용하여 한반도 자연재해 피해 현황을 파악하고 가장 많은 피해를 나타낸 공공시설과의 상관성을 분석하여 그 원인과 취약 특성을 분석한 결과, 본 연구기간(1985-2005)동안 한반도 주요 자연재해 원인은 호우, 호우·태풍, 폭풍, 폭풍설이라고 할 수 있으며, 지난 21년간 한반도 내에서 자연재해에 가장 취약한 지역은 강원도와 경상남도로 나타났다.

또한 자연재해로 나타난 피해 항목을 총 피해액과의 상관을 조사한 결과 공공시설의 피해가 총 피해액의 대부분을 차지하여 공공시설의 피해를 예측

하거나 피해를 줄이기 위한 사전 방재활용을 강화할 경우 직접적으로 자연재해로 인한 피해 규모를 상당히 줄일 수 있는 것으로 사료되며, 태풍에 의한 공공시설의 피해에 취약한 지자체는 대구광역시, 강원도, 경상북도로 나타나 재해 취약지역인 경상남도과 함께 방재대책수립 및 자연재해저감계획 수립이 요구된다.

그리고 공공시설에 많은 피해를 유발하는 재해는 태풍에 의한 경우로 태풍의 강도와 진로에 관련이 깊으므로 기상청은 정확한 태풍의 진로를 예측하는 것이 무엇보다 중요하며, 소방방재청과 각 지자체에서는 태풍의 진로와 강도에 따른 피해규모를 예측하여 공공시설에 대한 사전 방재활동을 강화하는 것이 자연재해로 인한 피해를 줄일 수 있는 효과적인 방법이라 생각된다.

이와 같이 재해 종류에 대한 지식과 취약한 지역에 관한 제반사항에 대한 연구를 통하여 재해 발생에 대한 사전지식을 획득하고, 사전 대비활동과 도시계획 수립에 있어 재해 취약성 저감을 위한 사전 조사 자료로 활용할 수 있다.

감사의 글

이 연구는 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2006-3303)의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- 1) Park J. K., Jang E. S., Choi H. J., 2005a, An Analysis of Meteorological Disasters occurred in the Korean Peninsula, J. of the Environmental Sciences, 14(6), 613-619.
- 2) 송재우, 2005, 21세기 수자원과 재해 대책, 춘천 물포럼 논문집, 45-63.
- 3) Park J. K., Jung W. S., Choi H. J., 2007a, Pilot Study on the Typhoon for the Meteorological Information Application and Disaster Prevention, J. of the Korean Society of Hazard Mitigation, 7(1), 21-28.
- 4) Park J. K., Jang E. S., Choi H. J., 2005b, Investigation of Characteristics and States of Natural Disasters for Water Resources Disasters Control in Gyeongsangnam-do, J. of the Environmental Sciences, 14(6), 621-627.
- 5) 장태현, 2004, 한국 재난통합관리체제에 관한 연구, 석사학위논문, 행정대학원, 인하대학교.
- 6) 행정자치부, 1980-2004, 통계연보.
- 7) 건설부, 1985-1990, 재해연보.
- 8) 내무부, 1991-1996, 재해연보.
- 9) 행정자치부, 1997-2003, 재해연보.
- 10) 소방방재청, 2004-2005, 재해연보.
- 11) 중앙재난안전대책본부, 1993-2002, 최근 10년간 자연재해 피해.
- 12) 기상청, 1987-2004, 기상연보.
- 13) Park J. K., Jung W. S., Choi H. J., 2007b, Prevention Meteorological Database Information for the Assessment of Natural Disaster, J. of the Korean Society of Hazard Mitigation, 7(3), 41-49.
- 14) McClain County Emergency Management, 2003, Natural Hazard Mitigation Plan.
- 15) Douglas County Emergency Management and The Douglas County Planning Department, 2003, Natural Hazard Mitigation Plan.
- 16) 최효진, 2007, 자연재해 저감을 위한 방재기상정보 활용과 재해평가 모형 검토, 석사학위논문, 대기환경정보공학과, 인제대학교.
- 17) 행정자치부, 자연재해대책법(법률 제4993호).
- 18) Park J. K., Kim B. S., Jung W. S., Kim E. B., Lee D. G., 2006, Change in Statistical Characteristics of Typhoon Affecting the Korean Peninsula, Atmosphere, 16(1), 1-17.
- 19) The Regional Specialized Meteorological Center Tokyo-Typhoon Center, 2004, Best Track data.
- 20) Simpson R. H., Riehl H., 1981, The Hurricane and Its Impact, Louisiana State University Press, Baton Rouge, LA, 398pp.