

우리나라 호우특성과 홍수피해와의 상관관계

박 두 호* / 안 재 현** / 최 용 준***†

Correlation between Storm Characteristics and Flood Damage

Dooho Park* / Jaehyun Ahn** / Yongjoon Choi***†

요약 : 본 연구는 강우특성과 홍수피해액과의 관계를 히스토그램분석을 이용해 분석하였다. 분석대상의 공간적 범위는 전국 및 16개의 광역자치단체로 하였으며 시간적 범위는 1994년에서 2009년까지 16개년도의 홍수피해 자료를 이용하였다. 분석결과, 홍수로 인한 총 피해액은 대부분 발생횟수가 높은 중소규모 호우사상에 의한 피해 비중이 가장 높게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 또한 국내 16개 광역자치체별 홍수피해액을 비교한 결과 도(道)에 비해 광역시의 방재능력이 우수한 것으로 나타났으며, 각 지자체별로 총 피해액이 최대로 발생하는 강우 특성들이 상이하게 나타났다. 따라서 국가에서 집중해야 할 치수대책 수립 시 위의 결과들을 고려하여 대상 규모를 결정하여야 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 홍수피해액, 호우특성, 시간최대강우량

Abstract : In this study, Correlation analysis for relationship between storm characteristics and flood damage cost was carried out using histogram analysis. The spatial range of flood damage cost data was the whole country and 16 provinces in the Korea, and period range was 16 years, from 1994 to 2009. According to the results of this analysis, most of total flood damage cost was highest in small-middle scale rainfall events of high frequency. Based on the results of comparison among 16 provinces, the ability to prevent flood damage of metropolitan was better than that of provinces. And the storm characteristics of causing maximum flood damage cost was different from each provinces. Therefore, the construction size in flood defence measures has to be determined when flood defence measures considering the results of this study as an useful guideline.

Keywords : Flood Damage, Storm Characteristics, Hourly Maximum Rainfall

1. 서 론

국가 및 지방자치단체의 치수방재노력에도 불구하고 홍수로 인한 인명과 재산피해는 매년 지속적으로 발생하고 있다. 인명피해의 경우, 1970, 80년대 연간 300명 규모에서 2000년대에는 150명 가량으로 줄었으나 재산상의 피해는 매년 증가하고 있는 실정이다. 이는 도시화에 따른 인구 및 자산 집중의 심화로 침수면적이 줄어들었음에

도 불구하고 홍수피해 규모가 급증하고 있는 것으로 보이며, 향후 본격적인 노령화 사회 도래로 인한 홍수피해 취약 인구층의 증대, 국가 GDP (Gross Domestic Product)의 증가 및 지속적인 자산밀도의 증가로 경제적 피해 가능성은 더욱 증가 할 것으로 예상된다(건설교통부, 2006). 홍수와 관련된 기상재해를 원인별로 살펴보면 태풍이나 호우에 의한 피해가 대부분을 차지하고 있다. 2000년에서 2009년까지 최근 10년간 홍수와

† Corresponding Author : ace_choi@kwater.or.kr

* 정희원 · 한국수자원공사 K-water 연구원 · 책임연구원 · E-mail : dhpark@kwater.or.kr

** 서경대학교 토목공학과 · 교수 · E-mail : wrr@skuniv.ac.kr

*** 한국수자원공사 K-water 연구원 · 연구원 · E-mail : ace_choi@kwater.or.kr

관련된 자연재해의 총 피해액 20.48조 원 중 태풍 및 호우로 인한 총 피해액은 17.99조원으로 전체 피해액 중 약 88%를 차지하고 있다(소방방재청, 2009). 이러한 태풍 및 호우에 의한 홍수피해의 주된 원인은 강우이며 이는 주로 집중호우에 의한 내수침수로, 호우 기간 동안의 강우특성(강우강도 또는 총강우량 등)과 밀접한 관계를 가진다는 것을 유추할 수 있다. 물론 홍수피해와 수문학적 요소들 사이의 정확한 상관관계를 위해서는 지표면의 습윤 상태, 지하수위 및 증발량 등의 영향을 고려하여야 하겠지만 현실적으로 모든 수문학적 요소를 정확하게 고려하여 이러한 상관관계를 규명한다는 것은 불가능 하다. 따라서 본 연구에서는 여러 수문학적 인자(因子) 중 호우사상의 강우특성과 피해액의 상관관계에 대한 분석으로 연구범위를 한정하였다.

홍수재해는 넓은 의미에서 유형(tangible)의 피해와 무형(intangible)의 피해로 나눌 수 있다. 유형의 피해는 홍수의 직접, 간접 피해로 농작물피해, 토지피해, 공공시설물 피해, 교통통신피해, 가구피해 등 피해물량에 대해 금전적으로 쉽게 표시할 수 있는 것이며, 간접유형피해는 자산피해, 공작물의 내구성악화 등 그 피해내용을 금전적으로 표시할 수 있으나 홍수현상으로부터 직접 입은 피해가 아닌 홍수 후의 영향이 잔재되어 일어나는 간접적인 피해를 의미한다. 무형의 피해는 금전적으로 쉽게 그 피해내용을 나타낼 수 없는 홍수피해로, 직접무형피해와 간접무형피해로 나눌 수 있다. 직접무형피해에는 인명피해, 교통통신의 마비로 인한 인간의 사회활동 장애 및 상품과 그 유통과정의 장애 등이 있으며, 간접무형피해로는 질병 발생, 지역사회개발의 지연 등 인간의 복지생활에 커다란 장애를 초래하는 것이다(심순보, 1972). 이러한 유형, 무형의 직·간접적인피해는 그 종류와 상관없이 막대한 사회문제를 일으켜 피해 절감을 위한 부단한 노력이 이어지고 있다. 그러나 홍수 피해는 그 발생 특성 상 피해가 단기간에 발생하며 비교적 짧은 시간 내에 복구가 이루어지므로 이로 인한 간접피해액을 산정한다는 것은 매우 어

려운 일이다. 따라서 본 연구에서는 유형의 직접 피해를 중심으로 분석을 실시하고자 하였다.

또한 최근 10년간 우리나라 홍수피해액과 복구비 지출변화 추이를 살펴보면 매년 홍수피해액 보다 많은 복구비를 지출하고 있는 실정으로 향후 국가 수자원관리의 외생변수로 작용하게 될 기후변화(climate change)가 홍수피해액 증가에 큰 영향을 미칠 것이며 이러한 홍수피해액의 증가는 고스란히 복구액의 증가로 전이(轉移)될 것으로 예상된다. 물론 4대강을 중심으로 대하천의 경우에는 지속적인 투자로 홍수방어능력이 강화되었지만 아직 정비가 이루어지지 않은 소하천의 경우 이러한 피해액의 증가는 고스란히 복구비의 증가로 이어질 것으로 예상된다. 그러나 이러한 우리나라의 상황과는 다르게 가까운 일본에서는 홍수 피해 방지를 위한 지속적인 사전적 투자로 복구비가 홍수피해액에 비해 매우 낮은 비율로 지출되고 있는 실정이다(박두호와 김선영, 2011). 따라서 현재 기후변화 대응(adaptation) 및 완화(mitigation)를 준비해야 하는 우리나라 또한 일본과 같은 치수방재를 위한 사전적 투자가 필요한 시점이다. 그러나 이러한 공공 투자 계획은 경제적 분석이 선행되어야 하며 이를 위해서는 과거자료의 정확한 분석이 이루어져야 한다. 이러한 사례로 과거 홍수피해 자료에 대한 빈도분석(국토연구원, 2005)이 있으나 이는 과거자료의 정상성(stationary)을 기반으로 한 것으로 비정상(non-stationary)을 기반으로 한 기후변화의 적용에는 한계가 지적된다. 권현한(2011)은 통계학적 모수(母數) 접근법을 기반으로 과거 홍수피해액을 분석하였으나, 신뢰도 면에서 지역적으로 큰 차이를 나타냈다. 이렇듯 아직까지 우리나라의 과거 홍수피해액에 대한 분석연구는 미비한 실정이다.

일반적으로 발생한 호우의 크기가 클수록 그로 인한 재산피해액은 증가하게 된다. 그러나 투자에 대한 경제성을 고려해 볼 때 특정지역에서 일어난 전체 피해액 중 극심한 호우로 인한 피해가 가장 큰 비중을 차지하는 것은 아닐 수도 있다. 오히려 규모가 작은 강우량으로 인한 피해가 지속적으로

누적될 경우 전체 피해액에서 차지하는 비중은 더 커질 수도 있을 것이다. 또한 강우에 의한 피해는 지역적인 특성이나 발생양상에 따라 많은 차이를 보이고 있으나 아직까지 이에 대한 구체적인 분석은 미흡한 실정이다. 따라서 지역별로 강우 사상의 특성과 피해액 발생 양상의 관계를 정량적으로 연계할 수 있다면 강우 사상의 특성에 의한 피해액을 추정할 수 있을 것이며, 지역 간의 특성에 대한 비교 평가도 가능할 것이다. 또한 이를 통해 합리적인 치수대책이나 복구대책을 수립하는데 큰 도움이 될 수 있을 것이다. 즉 강우사상의 크기, 특성, 발생빈도 등을 종합적으로 고려한 피해액과의 비교 평가에 대한 연구가 필요하며, 또한 지역 간 홍수피해 특성을 상대적으로 고려한 체계적 판단기준을 토대로 과거의 강우사상 특성에 따른 피해액 분석 또한 필요한 실정이다. 미국의 경우에도 2002년, 기존의 방대한 홍수피해액 자료를 재분석한 바 있다(Pielke et al.).

따라서 본 연구에서는 이상에서 언급된 연구제한 사항들을 바탕으로 전국 및 광역지자체별 강우사상의 특성에 따른 홍수피해액 양상을 종합적으로 분석하고자 하였다.

2. 자료 및 방법

우리나라에서 강우특성에 따른 재산피해액 자료를 체계적으로 정리하여 보관하는 곳은 국가안전관리정보시스템(National Disaster Management System, NDMS)이 있다. 재난 발생 시 각 시군구에서는 피해액 자료를 종합하여 NDMS에 업로드 하는데, 본 연구에서는 피해액 자료에 대한 공신력 확보를 위해 이 자료를 이용하였다. 대상기간은 1994~2009년까지의 자료를 사용하였으며 각각의 연도의 자료는 조사 당시의 금액으로, 본 연구에서는 최근 기준(2009년)의 물가에 맞춰 가치를 현재화하여 사용하였다. 이를 위해 사용된 물가환산지수는 Table 1과 같다(소방방재청, 2009).

대상기간에 대해 현재 가치화된 홍수피해액 자료는 Fig. 1과 Table 2와 같다. 1994~2009년 동안 가장 큰 홍수피해가 발생한 해는 2002년이었으며, 무려 7조5천억원에 해당하는 피해가 발생한 것으로 조사되었다. 2002년은 기록적인 호우를 동반했던 태풍 ‘루사’가 발생한 해로, 이 당시의 피해는 다른 해에 비해 압도적으로 큰 값을

Table 1. Based on 2009's Conversion Factor of Value of Money

Year	Price Index of Manufacturer	Conversion Factor of Value of Money	Year	Price Index of Manufacturer	Conversion Factor of Value of Money
1994년	72.32	1.5335	2002년	90.30	1.2281
1995년	75.70	1.4650	2003년	92.30	1.2015
1996년	78.20	1.4182	2004년	97.90	1.1328
1997년	81.20	1.3658	2005년	100.00	1.1090
1998년	91.10	1.2173	2006년	100.90	1.0991
1999년	89.20	1.2433	2007년	102.30	1.0841
2000년	91.00	1.2187	2008년	111.10	0.9982
2001년	90.60	1.2241	2009년	110.90	1.0000

나타내고 있다. 두 번째로 큰 피해가 발생한 해는 2003년으로 약 5조3천억원의 피해액을 기록하였다. 2003년은 2002년의 태풍 ‘루사’에 못지않은 태풍 ‘매미’가 발생한 해로서 2002년에 버금가는 피해를 발생시켰다. 세 번째의 피해가 발생한 해는 2006년으로 앞선 경우와 동일하게 태풍이 주된 이유였다. 2006년의 경우 태풍 ‘에위니아’ 등으로 인해 많은 피해가 발생했으며 약 2조원의 피해액을 기록하였다. 이처럼 1994~2009년 동안 전국적으로 큰 피해가 발생한 해는 초대형 태풍으로 인해 대규모 피해가 발생했던 해와 일치하는 경향을 보여주고 있으며, 이는 우리나라 홍수피해의 많은 부분이 호우를 동반한 태풍으로 인한 것임을 짐작하게 해주는 결과이다.

지역별 피해액 분석도 이와 유사한 결과가 도출되었다. 1994~2009년 동안 가장 큰 피해가 발생했던 지역은 강원도이며, 두 번째는 경상북도, 세 번째는 경상남도도 나타났다. 2002년 태풍 ‘루사’로 인한 피해가 가장 크게 발생했던 곳은 강릉을 중심으로 한 강원도 지역이며, 2003년 태풍 ‘매미’ 때는 김천 등을 중심으로 한 경상북도가 가장 큰 피해를 입은 바 있다. 또한 2006년 태풍 ‘에위니아’ 등은 경상남도에 큰 피해를 발생시킨 것으로 기록되어 있다. 그러나 이러한 결과가 전체 피해액에서 대형 호우 등이 발생한 경우가 가장 큰 비중을 차지하고 있다는 것을 정확히 보여주는 결과는 아니며, 각 발생 상황에 대한 세부적인 분석을 통해 이를 입증하는 것이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 발생한 강우사상의 특성과 해당 피해액의 상관관계 분석을 실시하였다.

장옥재와 김영오(2005)는 서울지역의 홍수피해 함수를 유도하기 위해 다음 식 (1)의 growth function을 이용한 바 있으며, 이 식의 독립변수에 시간최대강우와 임의 지속시간에 대한 누적강우량을 적용한 바 있다.

$$Y = \frac{c}{1 + \exp[a + b_1 \cdot (P_{>\alpha}) + b_2 \cdot (P_{peak \beta hr})]} \quad (1)$$

여기서, Y 는 홍수피해액, $P_{>\alpha}$ 는 α mm 이상 강우량(시강우량이 α mm를 초과하는 강우량의 합)을 나타내며, 물리적으로는 매 시간 자연적으로 침투되는 우량을 제외한 초과우량(excessive rainfall)을 나타낸다. 또한 $P_{peak \beta hr}$ 는 β 시간 침투강우량(시강우량이 침투인 지점을 기준으로 β 시간 동안의 강우량)을 나타내며, 물리적으로는 한 호우사상에서 가장 큰 강우강도를 의미한다. 또한 a, b, c 는 회귀계수(coefficient of regression)로 대상지역의 인문, 사회 및 경제학적 취약성(vulnerability) 인자를 포함하고 있다.

따라서 본 연구에서는 이와 유사하게 홍수피해액과의 관계분석을 위한 독립변수로서 호우사상 기간 동안의 시간 최대강우량과 호우사상 기간 동안의 누적강우량으로 선정하였다.

시간 최대강우량의 크기가 피해액과 깊은 연관이 있을 것으로 예상하여 25mm 간격의 구간으로 분리하였다. 즉, 0~25mm, 25~50mm, 50~75mm, 75~100mm, 100~125mm로 구간을 나눈 후, 각 구간별 발생횟수와 피해양상을 비교 평가하였다. 누적강우량도 시간 최대강우량과 마찬가지로 피해액과 깊은 연관이 있을 것으로 예상하여 200mm 간격의 구간으로 분리하여 피해양상을 비교 평가하였다.

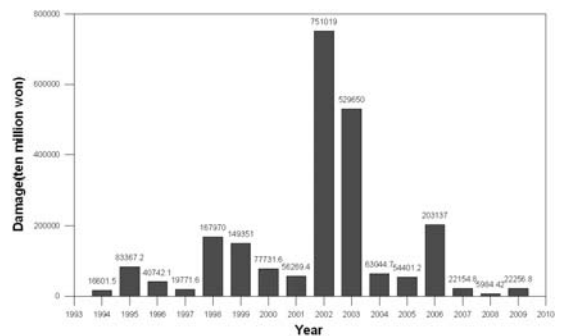


Fig. 1. Flood Damage by Year in The Korea

Table 2. Flood Damage by Year, in Relate to Metropolitan City (Ten Million Won)

Metropolitan	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Average Damage
Korea	16,602	83,367	40,742	19,772	167,970	149,351	77,732	56,269	751,019	529,650	63,045	54,401	203,137	22,155	5,984	22,257	266,289
Gangwon	1,487	11,752	38,078	200	8,246	35,143	2,599	26,025	337,666	96,920	10,912	1,434	144,712	1,815	665	3,350	45,063
Gyeonggi	1,046	5,064	1,238	691	56,039	47,819	23,641	13,207	10,538	1,212	697	967	6,339	146	620	347	10,601
Gyeongnam	270	10,678	51	2,909	16,131	13,474	13,809	2,091	139,128	229,621	3,891	5,003	24,459	2,392	115	4,794	29,301
Gyeongbuk	2,074	4,222	194	1,104	36,376	14,241	9,028	4,715	115,075	85,280	11,022	8,059	6,285	701	3,420	210	18,875
Gwangju	0	27	0	348	113	1,440	107	58	699	113	1,114	3	21	12	0	204	266
Daegu	0	52	0	0	1,066	338	66	0	529	8,621	194	40	81	9	0	0	687
Daejeon	0	642	52	1,548	1,056	228	54	0	88	556	136	4	8	31	0	0	275
Busan	623	646	78	453	41	1,086	576	1	2,262	38,769	179	831	975	0	77	778	2,961
Seoul	0	632	5	63	6,256	1,307	107	5,748	923	227	5	11	630	0	4	0	995
Ulsan	17	37	3	90	604	19	105	0	1,694	12,567	215	3,385	2,155	40	295	0	1,327
Incheon	57	0	269	250	3,337	1,365	1,751	906	358	51	17	10	78	25	17	23	532
Jeonnam	429	2,939	33	1,963	9,198	14,721	12,566	166	54,092	33,460	14,346	13	4,849	7,099	0	5,372	10,078
Jeonbuk	361	2,078	199	943	2,420	3,439	3,590	1,701	39,378	5,380	2,835	31,761	209	120	10	2,617	6,065
Jeju	175	75	0	700	100	2,678	1,779	0	7,417	5,792	1,055	84	229	8,661	0	421	1,823
Chungnam	333	33,604	253	3,074	10,469	9,978	5,915	1,143	9,313	4,702	1,382	1,779	1,677	464	27	2,213	5,395
Chungbuk	9,728	10,919	288	5,437	16,517	2,076	2,039	509	31,859	6,382	15,044	1,018	10,429	640	734	1,929	7,222

3. 적용 결과

3.1 전국 홍수피해 분석

전체 시군구별 피해자료의 횡수는 4,154회이며 각각의 피해가 발생했던 1시간 최대강우량과의 관계를 분석하였다. 전국에 대한 분석결과는 Table 3과 Figs. 2~4의 (a)와 같다. 분석 결과 자료에서 볼 수 있듯이 발생빈도 측면에서 홍수피해는 1시간 최대강우량이 0~25mm일 경우에 총 2,107회 발생하였으며, 전체 홍수빈도의 50.7%를 차지하였다. 또한 구간별 발생횟수의 두 번째를 차지하는 것은 25~50mm의 1,573회로 37.9%를 차지하였다. 반면 50~75mm는 384회로 9.2%, 100~125mm를 넘는 경우는 7회로서 전체 발생빈도에 불과 0.2%를 차지하고 있다. 즉, 빈도적인

측면에서 볼 때 우리나라의 홍수피해 발생은 1시간 최대강우량이 50mm 이하 일 경우에 절대적으로 빈번하게 발생하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 평균피해액은 발생횟수와는 전혀 다른 양상을 보여주고 있다. 평균피해액은 1회의 해당 강우사상이 발생했을 경우 각 시군구별로 발생했던 평균적인 피해액을 의미하는 것으로서 강우사상이 클수록 큰 값을 나타내고 있다. 가장 큰 평균피해액은 75~100mm 구간에서 나타났으며, 발생했던 시군구별로 각각 평균 292억원의 피해가 발생한 것으로 조사되었다. 이 구간의 발생횟수는 총 83회이며, 이를 평균피해액에 곱하면 구간의 전체 피해액을 산정할 수 있다. 산정된 피해액은 2조4천 억원으로 나타났다. 두 번째 평균피해액이 나타난 구간은 100~125mm이며 273억원으로 나타났으며, 전체 피해액은 약 1,900억원으로 산정되었다.

본 연구에서 흥미로운 점은 발생횟수와 평균피해액을 함께 고려한 전체 피해액 산정결과이다. Table 3의 (5)란에서 볼 수 있듯이 낮은 강우간도인 25~50mm 구간의 총 피해액을 산정한 결과 9조5천5백 억원으로 총 피해액의 약 42% 정도를 차지하며 이것이 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 또한 0~25mm 구간의 전체 피해액은 6조5천8백 억원으로 총 피해액 중 29%로서 두 번째 높은 비중을 나타냈다. 반면 평균피해액이 가장 큰 75~100mm 구간이 차지하는 비중은 10%에 불과하며, 100~125mm 구간은 1%에도 못 미치는

0.8%였다.

이러한 분석을 통해 무조건 강우강도가 큰 호우사상(1시간 최대강우량)이 피해의 가장 많은 비중을 차지하는 것이 아님을 알 수 있다. 물론 큰 사상이 한번 발생했을 경우의 피해액 자체는 크지만 그 발생횟수가 많지 않기 때문에 전체 피해액에서 차지하는 비중이 높지 않다는 것이다. 오히려 50mm이하의 1시간 최대강우량으로 인한 피해가 전체 피해액의 약 70%를 차지함으로써 아주 크지 않은 호우로 인한 피해가 누적되어 전체에서 높은 비중을 이루고 있음을 보여주고 있다.

Table 3. Relation between 1-Hr Maximum Rainfall and Flood Damage in The Korea (Ten Million Won)

1-Hr Maximum Rainfall (mm)	Occurrence Region		Average Damage	Total Damage	
	Number	Portion(%)		Damage	Portion(%)
0~25	2107	50.7	312	658,207	29.1
25~50	1573	37.9	607	955,312	42.2
50~75	384	9.2	1,014	389,228	17.2
75~100	83	2.0	2,923	242,604	10.7
100~125	7	0.2	2,733	19,130	0.8
Sum	4154	100.0	7,589	2,264,481	100.0

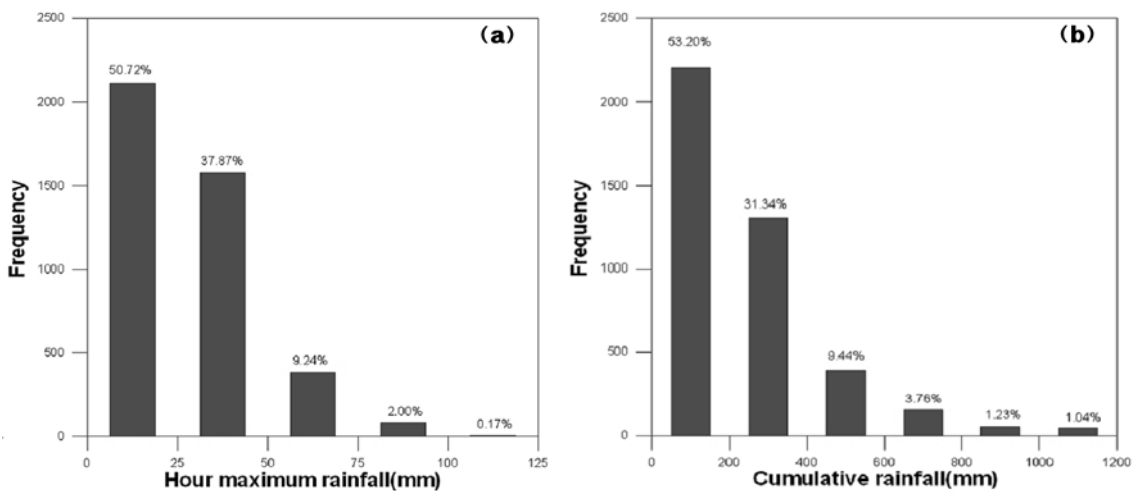


Fig. 2. Relation between Maximum Rainfall and Frequency of Flood Damage Occurrence
 (a) Hour Maximum Rainfall, (b) Cumulative Rainfall

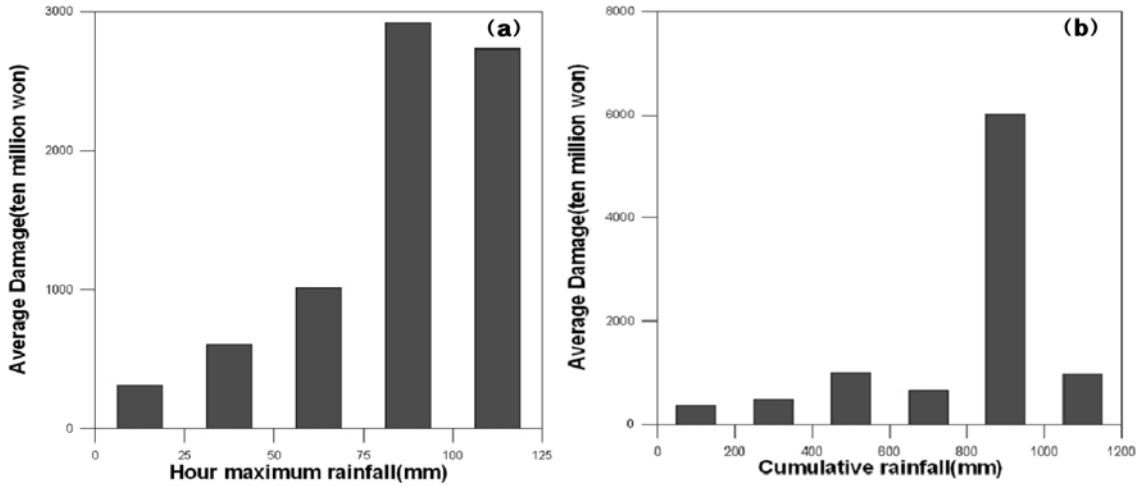


Fig. 3. Relation between Maximum Rainfall and Average Flood Damage
(a) Hour Maximum Rainfall, (b) Cumulative Rainfall

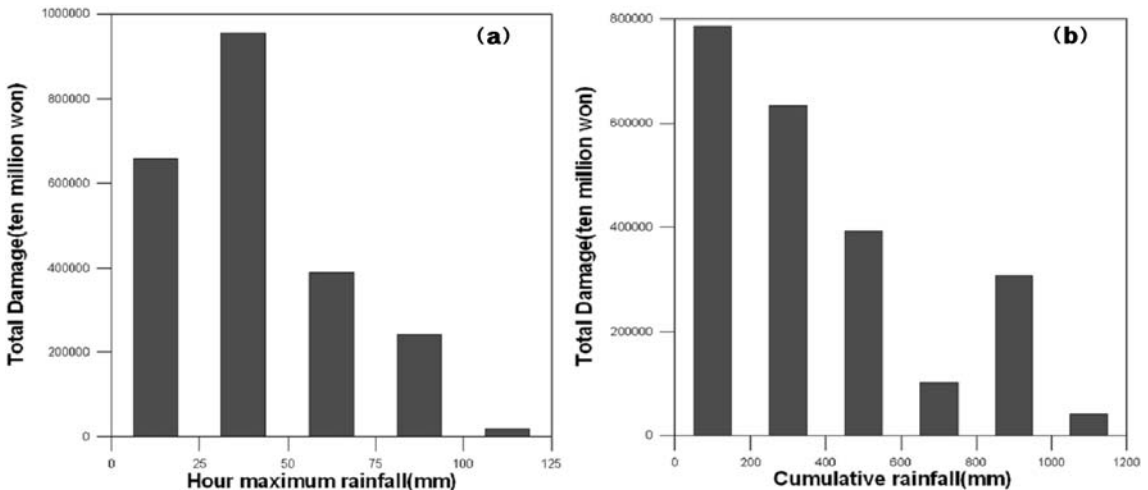


Fig. 4. Relation between Maximum Rainfall and Total Flood Damage
(a) Hour Maximum Rainfall, (b) Cumulative Rainfall

호우기간 중 누적강우량별 홍수피해 분포는 Table 4와 Figs. 2~4의 (b)와 같다. 전체 누적강우량 중 0~200mm 구간에 해당되는 것은 총 2,210회로 전체의 53.2%를 차지하였다. 구간별 발생횟수의 두 번째를 차지하는 것은 200~400mm의 1,302회로 31.3%를 차지하였으며, 세 번째는 400~600mm의 392회로서 9.4%였다. 600mm를 초과하는 경우는 총 250회로서 6.0%에 불과하였다. 이러한 결과로부터 시군구별 홍수피해가 발생한

경우 중 누적강우량이 400mm 미만이었는 경우가 무려 85%를 차지한다는 것을 알 수 있었으며, 통상적인 의미에서 대부분의 호우 피해는 빈도적인 측면에서 볼 때 누적강우량이 400mm 이내의 사례인 것을 알 수 있었다.

Table 4의 (4)란과 같이 발생구간별 평균피해액은 1시간 최대강우량과 마찬가지로 발생횟수와는 다른 양상을 보여주고 있다. 누적강우량의 발생횟수가 가장 많았던 0~200mm 구간의 경우 평

균피해액은 가장 작은 36억원에 불과했으며, 두 번째로 발생횟수가 많은 200~400mm 구간도 평균 피해액은 47억인 것으로 나타났다. 또한 세 번째였던 600~800mm 구간은 66억원으로 분석되었다. 그러나 발생횟수와 평균피해액을 함께 고려한 전체 피해액 산정결과와는 또 다른 양상의 결과를 보여주었다. 즉, 발생횟수는 가장 많지만, 평균피해액은 반대로 가장 작은 0~200mm 구간의 전체 피해액은 7조9천억원으로 총 피해액의 35%에 해당하는 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 또한 200~400mm 구간의 전체 피해액이 6조3천억원으로 총 피해액 중 28%로서 두 번째 높은

비중을 보여주었다. 평균피해액이 가장 큰 800~1000mm 구간이 차지하는 비중은 14%에 불과하며, 1000~1200mm 구간은 2%에도 못 미치는 1.9%였다. 즉 1시간 최대 강우량에 의한 홍수피해분석과 마찬가지로 호우기간 중의 누적강우량 역시 큰 사상이 한번 발생했을 경우의 피해액 자체는 크지만 그 발생횟수가 많지 않기 때문에 전체 피해액에서 차지하는 비중이 높지 않다는 것이다. 오히려 400mm이하의 누적강우량으로 인한 피해가 전체 피해액의 절반 이상인 약 63%를 차지할 수 있었다.

Table 4. Relation between Cumulative Rainfall and Flood Damage in The Korea (Ten Million Won)

Cumulative Rainfall (mm)	Occurrence Region		Average Damage	Total Damage	
	Number	Portion (%)		Damage	Portion (%)
0~200	2,210	53.2	356	787,504	34.8
200~400	1,302	31.4	486	632,416	27.9
400~600	392	9.4	1,001	392,532	17.3
600~800	156	3.8	655	102,142	4.5
800~1000	51	1.2	6,020	307,000	13.6
1000~1200	43	1.0	973	41,859	1.9
Sum	4,154	100.0	9,491	2,263,453	100.0

3.2 광역자치단체별 홍수피해 분석

앞 절에서 보았듯이 우리나라 홍수로 인한 총 피해액의 대부분은 비교적 규모가 작은 홍수에 의해 발생함을 알 수 있었다. 따라서 평균 피해액 보다는 총 피해액에 대한 분석을 통한 치수구조물의 경제적 설계가 바람직 할 것으로 판단되며, 이에 대한 분석이 의미가 있을 것으로 판단되어 본 절에서는 우리나라 16개 광역자치단체별로 홍수

로 인한 총피해액을 분석하였다.

Tables 5 and 6은 각각 광역단체별 1시간 최대 강우량과 호우기간 중의 누적강우량에 따른 홍수피해액을 정리한 것이다. Table 5에서 볼 수 있듯이 비교적 짧은 시간 최대강우량에 의해 홍수피해가 발생하는 광역지자체는 경상북도, 광주 및 부산지역임을 알 수 있었으며, 또한 경상북도는 이러한 홍수사상에 대한 총피해액도 매우 높게 발생했음을 알 수 있다. 따라서 이 지역은 시간 최

대강우량이 0~25mm인 홍수사상에 초점을 맞추어 초기 우수배제시설 확충에 대한 재원 투자가 필요할 것으로 판단된다. 또한 경상남도의 경우에는 시간 최대강우량이 25~50mm인 홍수사상을 대비한 설비계획 수립이 시급한 것으로 판단된다. 마찬가지로 강원도의 경우는 50~75mm의 홍수사상에 대한 방지책을 수립하여야 할 것이며, 또한 지자체별 홍수피해액을 비교한 결과 도(道)에 비해 비교적 특별시나 광역시가 시간 최대강우량별 홍수피해에 안전한 것으로 나타났으나, 부산의 경우에는 초기 우수배제시설의 확충이 가장 시급한 것으로 판단된다.

Table 6의 결과를 보면 서울, 인천, 강원도 및 경기도를 제외한 광역지자체는 대규모 우수배제 시설 또는 우수저류지 등의 우수지체시설에 대한 시설이 필요할 것으로 판단된다. 특히 총피해액 결과를 보면 경상남도과 경상북도의 피해가 큼을 알 수 있으며, 이에 대한 대책이 시급한 것으로 판단된다. 시간 최대강우량과 마찬가지로 호우 사상기간동안의 누적강우량에 대한 방재능력 역시 도(道)에 비해 비교적 특별시나 광역시가 우수한 것으로 판단된다. 마찬가지로 광역시 중에서는 부산광역시의 방재능력이 다른 도시보다 낮은 것으로 나타났다.

Table 5. Flood Damage by 1-Hr Maximum Rainfall, in Relate to Metropolitan City (Ten Million Won)

1-Hr Maximum Rainfall (mm)	0~25	25~50	50~75	75~100	100~125
Gangwon	133,937	230,801	235,550	120,718	0
Gyeonggi	13,013	81,577	23,047	41,803	10,168
Gyeongnam	136,473	255,913	43,816	32,612	0
Gyeongbuk	196,244	88,147	3,107	14,508	0
Gwangju	2,605	147	1,509	0	0
Daegu	654	10,340	0	0	0
Daejeon	300	1,186	2,916	0	0
Busan	43,893	3,022	14	444	0
Seoul	139	3,087	7,309	5,383	0
Ulsan	1,528	19,697	0	0	0
Incheon	216	3,767	1,188	195	3,148
Jeonnam	49,472	80,893	14,362	14,667	1,852
Jeonbuk	18,514	74,393	3,136	998	0
Jeju	7,701	15,079	6,343	44	0
Chungnam	16,341	33,390	33,661	0	2,933
Chungbuk	37,175	53,872	13,268	11,232	0

Table 6. Flood Damage by Cumulative Rainfall, in Relate to Metropolitan City (Ten Million Won)

Cumulative Rainfall (mm)	0~200	200~400	400~600	600~800	800~1000	1000~1200
Gangwon	78,598	213,556	183,840	18,705	218,658	7,650
Gyeonggi	10,546	36,553	13,795	19,336	69,189	20,189
Gyeongnam	215,063	151,279	98,242	1,443	2,788	0
Gyeongbuk	208,862	54,637	22,337	16,170	0	0
Gwangju	2,446	1,756	59	0	0	0
Daegu	9,290	1,623	81	0	0	0
Daejeon	918	1,779	649	1,056	0	0
Busan	45,346	305	1,723	0	0	0
Seoul	274	6,058	853	1,847	630	6,256
Ulsan	13,985	5,088	2,152	0	0	0
Incheon	217	1,487	2,246	1,417	0	3,148
Jeonnam	64,497	69,971	25,074	1,704	0	0
Jeonbuk	69,873	24,999	659	1,510	0	0
Jeju	11,414	10,689	5,163	1,901	0	0
Chungnam	20,402	14,550	20,300	26,573	4,502	0
Chungbuk	35,772	38,086	15,360	10,481	11,232	4,616

4. 결 론

국가에서 방재대책을 수립할 경우 어느 정도 규모의 호우에 대책을 집중할 것인가라는 정책적 판단이 요구된다. 큰 호우가 발생할 경우 그 당시의 피해액은 당연히 클 수밖에 없으며 이에 대한 대책수립에 들어가는 비용 역시 클 수밖에 없다. 즉, 대형 호우에 대비하는 구조물을 설계 및 시공해야함으로 대규모의 예산이 소요되게 된다. 그러나 본 연구의 분석 결과, 홍수로 인한 총 피해액 대부분은 발생횟수가 높은 비교적 중·소규모 호우사상에 의한 피해의 비중이 가장 높게 나타나고

있음을 알 수 있었다. 따라서 국가에서 집중해야 할 치수대책 수립 시 대상 규모도 고려해야 할 사항인 것이다. 즉, 최근 들어 기후변화에 따른 재난양상의 대형화로 각종 설계기준을 상향하려는 움직임이 많아지고 있으나, 본 연구의 결과로 판단해볼 때 무조건 큰 규모에 대한 대비책을 수립하는 것이 가장 효과적이지 않을 수 있으며, 실제 가장 큰 피해를 유발하는 적정 규모에 대한 대책에 집중하는 것이 더욱 효율적일 수 있음을 알 수 있었다. 물론 국가 방재 정책수립을 위해서는 세분화된 지역에 대해 보다 정밀한 조사가 필요하겠지만 국내 16개 광역지자체별 홍수피해액을 비교

한 결과 비교적 도(道)에 비해 광역시의 방재능력이 우수한 것으로 나타났으며, 도(道)의 경우에는 경상북도가, 광역시의 경우에는 부산광역시의 홍수대응능력의 확충이 필요한 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 한국건설교통평가원의 2009건설기술혁신사업인 ‘기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망’ 과제에 의해 지원되었습니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 2006수자원장기종합계획, 2006.
2. 국토연구원, 홍수피해특성 분석 및 홍수피해지표 개발에 관한 연구, 2005.
3. 권현한, 2010년 분과위원회 연구과업 보고서 - 극치강수의 비정상성 빈도해석, 2011.
4. 박두호, 김선영, “Panel Data 분석을 통한 홍

- 수피해와 복구비 관계분석”, 한국수자원학회논문집, 제44권, 제1호, pp. 1-8, 2011.
5. 소방방재청, 2009재해연보, 2009.
6. 심순보, “頻度分析法에 의한 洪水被害算定에 관하여”, 대한토목학회논문집, 제20권, 제4호, pp. 106-119, 1972.
7. 장옥재, 김영오, “지역회귀분석을 이용한 홍수피해위험도 산정”, 한국방재학회논문집, 제9권, 제4호, pp. 71-80, 2009.
8. Pielke, R.A., Downton, M.W., and Miller, J.Z.B., *Flood Damage in the United States, 1926-2000: A Reanalysis of National Weather Service Estimates*, Environmental and Societal Impacts Group, 2002.

- 논문접수일 : 2011년 04월 22일
- 심사의뢰일 : 2011년 04월 23일
- 심사완료일 : 2011년 06월 28일