

통합홍수관리를 위한 금호강유역 사례연구

A Case Study of Geumho River Basin for Integrated Flood Management

고진석* · 최은혁** · 금도훈*** · 지홍기****

Jin Seok Ko, Eun Hyuk Choi, Do Hun Keum, Hong Kee Jee

요 지

전 세계에서 홍수로 인한 인명손실과 재산적 피해의 기록을 살펴보면 최근 몇 년 동안 꾸준히 증가하고 있다. 이로 인해서 홍수를 방어하기 위한 노력은 증가하게 되었다. 이로 인해 홍수터에서 인구집중과 개발로 인해 홍수방어를 위해서 막대한 투자가 필요하다.

이와 동시에 지속가능하고 효과적인 수자원 관리는 전체적인 접근방법이 요구되며, 사회와 경제발전과 생태계 보호 및 토지이용과 수자원 이용의 적절한 관리와 연결된 개념이 필요하다. 유역은 육지와 수계 사이의 많은 상호작용이 있는 동적인 시스템이다. 이러한 관점에서 유역을 간단한 고정된 지역적인 문제라고 생각하는 것보다 전체로서의 유역 기능을 개선하는데 노력이 필요하고 시도되어야 할 것이다.

통합홍수관리(IFM : Integrated Flood Management)는 홍수의 긍정적인 측면과 부정적인 측면을 고려한 새로운 접근방법이며, 홍수가 자원적 가치를 지닌 것이라고 생각하는 개념이다. 통합홍수관리의 특징은 홍수조절 대책의 적절한 혼합, 대책의 목적 및 형태(구조적 및 비구조적 대책), 단기간 및 장기간 대책 등의 대책들을 통합하는 것이다. 여기에는 전유역의 수문순환 관리, 통합토지이용 및 수자원 관리, 최적 혼합대책의 적용 및 통합재해관리 적용 등이 있다.

홍수는 자연적인 수문학적 체계의 중요한 요소이며, 주요 수자원이기도 하다. 그리고 빈번한 홍수로 인해 제방을 넘어 홍수터를 점령한다. 이 결과로 상습 홍수범람지역은 점점 더 인구가 밀집되고 있고 홍수에 더 취약하게 된다.

그러므로 금호강유역에 발생한 홍수의 개요, 원인 및 결과에 대해서 살펴보고, 홍수관리대책과 실효성에 대해서 조사·분석하였다. 그리고 홍수가 발생한 후 홍수관리대책과 관리기술의 변화를 통합홍수관리의 개념에서 분석하였다.

핵심용어 : 통합홍수관리, 홍수관리대책

1. 서론

전 세계에서 홍수로 인한 인명손실과 재산적 피해의 기록을 살펴보면 최근 몇 년 동안 꾸준히 증가하고 있다. 이로 인해서 홍수를 방어하기 위한 노력은 증가하게 되었다. 이로 인해 홍수터에서 인구집중과 개발로 인해 홍수방어를 위해서 막대한 투자가 필요하다.

이와 동시에 지속가능하고 효과적인 수자원 관리는 전체적인 접근방법이 요구되며, 사회와 경제발전과 생태계 보호 및 토지이용과 수자원 이용의 적절한 관리와 연결된 개념이 필요하다. 유역은 육지와 수계 사이의 많은 상호작용이 있는 동적인 시스템이다. 이러한 관점에서 유역을 간단한 고정된 지역적인 문제라고 생각하는 것보다 전체로서의 유역 기능을 개선하는데 노력이 필요하고 시도되어야 할 것이다.

* 정희원 · 영남대학교 건설환경공학부 · 박사과정 · E-mail : springtime@yumail.ac.kr

** 정희원 · 영남대학교 건설환경공학부 · 박사과정 · E-mail : hyuk1102@nate.com

*** 정희원 · 영남대학교 건설환경공학부 · 석사과정 · E-mail : jesuseo@hanmail.net

**** 정희원 · 영남대학교 건설환경공학부 · 교수 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

2. 유역특성

2.1 유역의 지형학적 및 수문학적 특성

금호강의 유역면적은 2,087.9km²로서 낙동강 전 유역면적의 9%를 차지하고 있으며, 동경 128°28'~129°23', 북위 35°42'~36°17' 사이에 위치하고 있다. 금호강의 수원은 포항시 북구 죽장면에서 발원하여 서쪽으로 유하하면서 영천시내를 관류하고, 제 1지류인 신령천과 합류한 다음 대구광역시를 관류하면서 남천, 율하천, 방촌천, 신천, 동화천, 팔거천, 달서천, 이언천, 하빈천과 합류한후 달성군 다사면 죽곡리지점에서 낙동강 본류와 합류한다.

기온과 강우량의 관계를 살펴보면 기온이 높은 여름철에 강우가 집중되는 형상을 그림 2에서 알 수 있다. 그리고 2002년 8월과 2006년 7월에 많은 강우가 발생했음을 볼 수 있다.

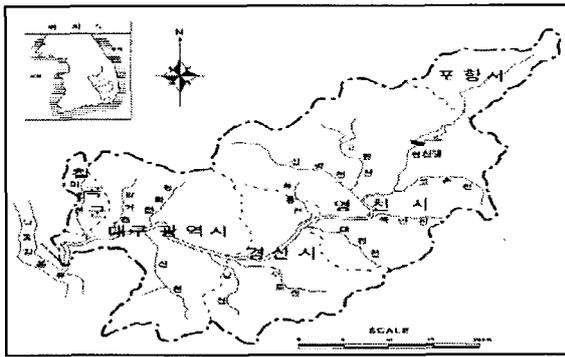


그림 1. 금호강 유역도

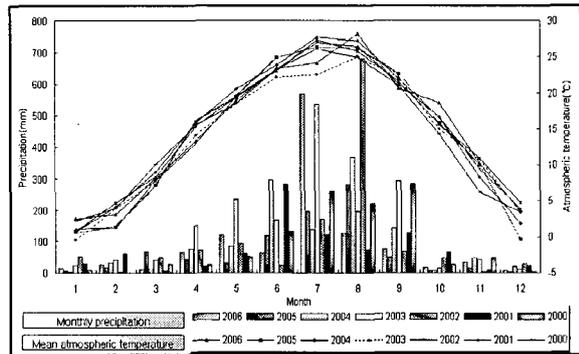


그림 2. 금호강유역 평균기온 및 월별 강우량

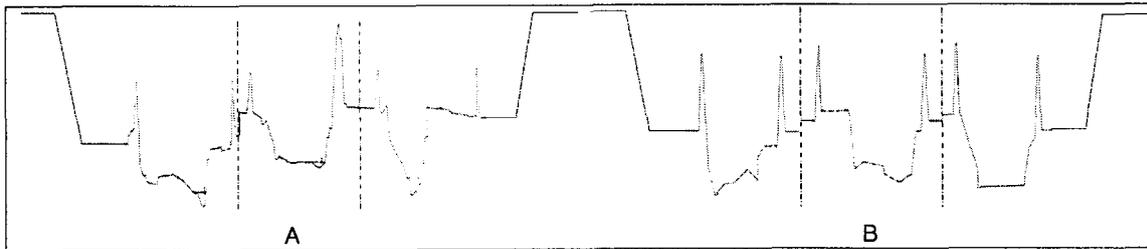


그림 3. 낙동강 및 금호강 하천 형상(A:낙동강, B:금호강, 각각 왼쪽 하류, 오른쪽 상류)

그림 3은 제방으로 보호받고 있는 곳은 홍수위보다 낮다는 것을 보여주고 있으며, 재산이 집중된 이곳에 범람이 발생된다면, 심각한 홍수피해가 발생할 수 있음을 짐작할 수 있다.

2.2 유역의 토지이용 특성

금호강 유역 전체의 토지이용 비율은 시가화 지역이 9%, 농경지가 22% 및 임야가 64%를 차지하고 있으며, 유역내 대구지역의 토지이용 비율은 각각 22%, 14% 및 55%를 차지하고 있다. 그림 5는 유역내 대구의 최근 10년간 농경지 면적이 14.3% 감소하였음을 나타내며, 그림 6은 최근 40여년간 대구지역의 농경지면적과 시가화지역의 면적을 인구증가와 함께 나타내어 인구증가와 이를 위해서 활용하고자 하는 면적이 증가함을 볼 수 있다. 그림 7은 47%의 인구와 67%의 재산이 15%의 홍수범람가능지역에 집중되어 있음을 보여주고 있다.

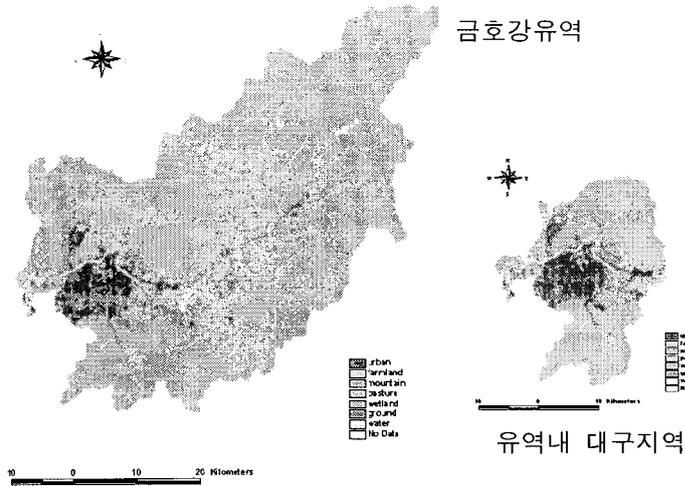


그림 4. 낙동강 유역 토지이용도

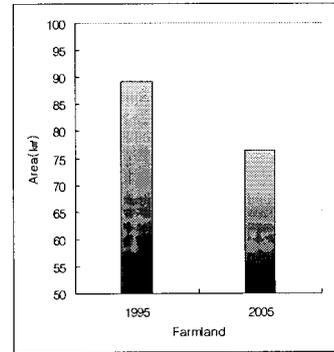


그림 5. 대구지역 최근

10년간 농경지 면적변화

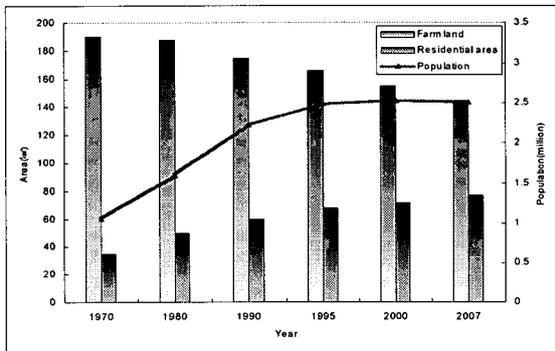


그림 6. 대구지역 시가화 및 농경지 면적 변화

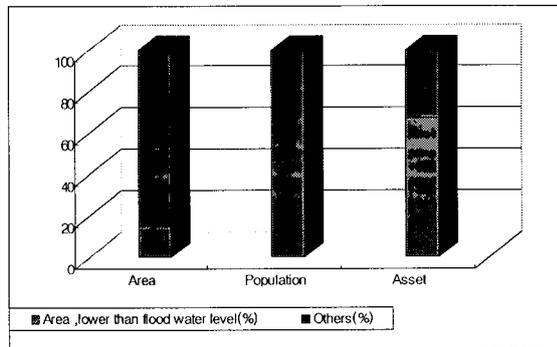


그림 7. 대구지역 토지이용 변화

표1. 년도별 수해현황

년도	피해 총액 백만원	침수 면적 (ha)	건물 피해 동수	건물 피해액 백만원	농경지 피해액 백만원	농작물 피해액 백만원	공공, 사유시설 피해액 백만원	년도	피해 총액 백만원	침수 면적 (ha)	건물 피해 동수	건물 피해액 백만원	농경지 피해액 백만원	농작물 피해액 백만원	공공, 사유시설 피해액 백만원
2005	6	-	-	-	-	-	6	1992	-	-	-	-	-	-	0
2004	1,710	223	14	10	-	-	1700	1991	1,179	-	139	53	3	-	1123
2003	71,750	181	2,711	676	464	-	70605	1990	-	-	-	-	-	-	0
2002	4,306	403	100	23	8	-	4275	1989	21	-	6	5	-	-	16
2000	543	175	20	42	-	-	501	1988	4	-	2	3	-	-	0
1999	2,716	262	46	-	-	-	2716	1987	305	-	19	32	1	-	272
1998	8,784	519	424	193	12	-	8579	1986	473	-	15	11	-	177	285
1997	2	194	-	-	-	-	2	1985	910	-	5	1	4	793	112
1996	-	193	-	-	-	-	0	1984	565	-	430	4	-	480	81
1995	357	-	-	-	-	-	357	1983	72	15	3	1	-	-	70
1994	-	-	-	-	-	-	0	1982	84	105	11	14	1	-	69
1993	21	-	1	-	-	-	21	1981	797	553	1,480	61	35	361	339

3 홍수 개요 및 조절대책

3.1 홍수피해 상황 및 원인

우리나라의 수해발생은 여름철 6월~9월 사이에 집중호우 및 태풍 등에 의해서 발생한다. 표 1에는 유역내 대구광역시 수해현황을 조사하였다. 총 피해액 중 건물 피해액은 약 1.9%, 및 농경지 피해액은 약 0.6%, 농작물 피해액은 1.9% 및 공공시설 피해액은 88.4% 및 사유시설 피해액은

0.8%로 나타났다. 유역에서 농경지 및 농작물의 피해가 적은 반면에 도시지역내 공공 및 사유시설의 피해가 많이 나타났다.

이를 통해 홍수피해 저감을 위한 대책이 주로 제방공사 치중했음을 보여주고 있으며, 홍수피해의 원인은 집중호우로 인한 내수배제 불량과 시내를 흐르는 주요 지천에서 홍수의 매설된 관을 통한 역류가 주요한 원인으로 조사되었다. 현장조사를 통해서 알 수 있었던 사실은 지표면의 토지이용 상태의 관리 미흡과 우수배제시설의 관리 미흡이 내수배제 불량에 가장 큰 영향을 미친 것으로 조사되었다. 그리고 홍수의 역류현상은 홍수방벽 아래로 수많은 우수 및 오수관거가 매설되어 있어서 홍수가 발생하면 역류하여 시가지에 많은 피해를 주고 있었다.

3.2 홍수조절대책

제방과 둑 너머의 사람과 사회는 안전하다는 인식으로 인해 홍수터는 급속하게 발달되었으며, 높은 인구밀도는 홍수취약성을 커지게 만들었다. 강 유역에서의 수문학적 변화는 개수된 하천에서 홍수가 발생하는 동안 많은 양의 물이 빠르게 도달하게 된다. 홍수조절 구조물들은 확률홍수량과 건설비용과의 균형을 통해서 설계되었다. 경제적 어려움 때문에 구조물설계 보다 더 큰 홍수가 발생한다면 구조적대책 전보다 더 큰 피해가 발생할 수 있다. 그리고 하류를 보호하기 위한 댐과 둑은 상류에 홍수를 가두는 역할을 하기 때문에 오히려 상류에 피해를 입힐 우려가 높다. 그러므로 과거 홍수조절 건축물은 상류와 하류사회간의 충돌을 일으킬 수 있다. 이러한 구조물을 유지하기 위해서는 엄청난 규모의 유지비용이 요구된다.

또한 강의 가장자리를 따라 건설된 둑이나 제방은 아주 효과적으로 수문학적 시스템으로부터 홍수터를 단절시킨다. 이러한 홍수터는 건조해지면서 자연적인 습지와 수변 생태계가 사라지게 된다. 그리고 댐으로 인해서 일시적 또는 영구적으로 물에 잠기면 철저히 변하게 된다. 게다가 수중 시스템은 흐르는 물에서 사는 생물에서 정수성 생물체로 변하게 된다.

홍수터에서의 구조적 홍수조절대책의 실행으로 인한 변화를 변화된 수문학적 체계로서 설명할 수 있다. 홍수가 발생했을 경우 변화되지 않은 강에서의 홍수터의 범람은 홍수가 공간적 시간적으로 넓게 퍼져나가게 되나, 둑이나 제방과 같은 구조적인 홍수조절대책으로 인해 변화된 강은 퍼져나갈 수가 없을 것이다. 더 많은 양의 홍수가 하류로 집중하게 된다. 더욱 빠르게 움직이는 홍수는 하상세굴을 일으키고 강에서 큰 바위도 움직이게 한다. 이러한 변화는 강의 형태학적인 면에 영향을 주게 되며, 차례로 서식지와 종의 구성의 변화를 가져오게 된다. 그리고 증가된 흐름의 에너지는 많은 양의 유사를 이송시키게 된다. 그리고 더욱 커진 침투홍수량은 강제방을 따라 심각한 침식을 일으키고 이러한 강한 홍수흐름은 제방붕괴를 일으키기도 하며, 이러한 영향으로 수변서식지와 지가에 영향을 미치게 된다.

표 2. 통합홍수관리를 위한 구조적 및 비구조적대책

구조적대책	금호강유역	비구조적대책	금호강유역
댐, 저수지	○	토지이용 조절 및 구역화	×
작은 댐, 보	○	토지매입 및 재분배	×
저류지	×	비상상황 홍수복구	○
제방	○	지표면침식 조절	×
전환	×	홍수감시소 설치	×
내수배제 펌프장	○	홍수 조기경보	△
집수구역 홍수방지 시스템 설계	×	홍수보험	×
홍수방지공	×	일반시민 교육	△

따라서 홍수조절대책에 있어서 홍수를 방어하고자 하는 노력을 통한 정책결정과 홍수피해로 인한 손실과의 균형을 이루어야 한다. 홍수조절대책에는 구조적 대책과 비구조적대책이 있으며, 지금 현재 이러한 대책들의 조합이 통합홍수관리를 위한 홍수조절대책으로 여겨지고 있다. 이러한 대책들의 조합은 i)홍수의 형태와 발생원인, ii)토지이용 상태, iii)활용할 수 있는 정부나 지방자치단체의 기금에 따라 결정된다고 할 수 있다.

표 2에는 통합홍수관리를 위한 세계 다른 나라에서 적용하고 있는 구조적 및 비구조적대책을 조사하였으며, 현재 금호강 유역에 적용된 대책을 표시하였다. 주로 댐, 저수지 및 제방 등의 구조적대책 위주로 홍수대책을 세우고 있으며, 비구조적 대책으로는 수위국과 강우국에 의한 홍수예경보와 홍수시 응급대처와 복구가 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 금호강유역에 발생한 홍수의 개요, 원인 및 결과에 대해서 살펴보고 홍수관리대책과 실효성에 대해서 조사·분석하였으며, 홍수가 발생한 후 홍수관리대책과 관리기술의 변화를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 금호강유역에서 농경지 및 농작물의 피해가 적은 반면에 도시지역내 공공 및 사유시설의 피해가 많이 나타났으며, 이는 홍수대책이 주로 제방공사 치중했음을 보여주고 있었다. 그리고 유역내 대구지역 홍수피해의 원인은 집중호우로 인한 내수배제 불량과 시내를 흐르는 주요 지천에서 홍수의 매설된 관을 통한 역류가 주요한 원인으로 조사되었다.

2) 통합홍수관리를 위한 세계 다른 나라에서 적용하고 있는 구조적 및 비구조적대책을 조사하였으며, 현재 금호강 유역에 적용된 대책을 조사한 결과 주로 댐, 저수지 및 제방 등의 구조적대책 위주로 홍수대책을 세우고 있으며, 비구조적 대책으로는 수위국과 강우국에 의한 홍수예경보와 홍수시 응급대처와 복구가 있었다.

3) 홍수저감을 위한 구조적 및 비구조적 대책에 대한 적절성을 평가하기 위해서는 현재 홍수 대책과 비구조적(자연적) 홍수조절을 위해서 이용가능한 정책 및 기법을 통해 실행된 홍수조절대책의 철저한 분석이 있어야 할 것이며, 통합홍수관리 접근법을 위해서는 이를 바탕으로 홍수피해 비용과 홍수범람원 개발과의 경제적 균형을 위한 계획과 설계, 유지관리, 모니터링 및 평가기법이 필요하다.

참 고 문 헌

1. Stephenson, D., & Paling(1992), A Hazard-Risk Index for Urban Flooding, IAHR Congress, Beijing.
2. 건설교통부(1997), 금호강 하천정비기본계획(보완)
3. Tamsin Sara Lyle(1998), Non-Structural Flood Management Solutions for The Lower Fraser Valley, Research Project in University of London.
4. Zbigniew W. Kundzewicz(2002), Non-structural Flood Protection and Sustainability, International Water Resources Association Water International, Volume 27, No.1, pp3~13
5. Stephenson(2002), Integrated flood plain management strategy for the Vaal, Urban Water 4, pp425~430
6. Jos Van Alphen & Quirijn Lodder(2006), Integrated Flood Management : Experiences of 13 Countries With Their Implementation and Day-To Day Management, Irrigation and Drainage Volume 55, Issue S1, pp159~171