

금강유역 홍수조사

권오현*, 유주환**, 김정엽***,
고재용****

1. 연구 목적 및 개요

유역내 발생한 홍수를 체계적으로 조사, 분석하는 것은 치수사업의 기본방향을 세우는데 기본 자료가 된다. 홍수조사의 여러 요소 중 특히 수위 대 홍수피해 관계의 설정은 다목적댐이나 제방 등에 의한 홍수조절 효과를 평가하고 최적의 치수 계획을 수립하는데 매우 중요하다. 그러나 금강유역의 경우에 기존 조사^{1),2),3)}에서 이에 관한 종합적 분석이 수행되지 않았다. 본연구에서는 금강유역내 발생한 과거 12년간(1981-92)의 홍수사상을 대상으로 유역내 구간별 지표수위표(index station)에 대하여 수위-홍수피해 곡선을 완성하였다. 이에 더불어 홍수사상별 수문기상학적 특성, 구간별 배수 현황, 시군별 또는 구간별 피해 밀도 등도 부대적으로 조사, 분석하였다.

2. 연구 내용

2.1 접근 방법

수위 대 홍수 피해 관계를 분석하기 위한 直接計算 방법으로 우선 본류 및 지류의 구간과 지표수위표(index stage station)를 설정하고 지표수위표의 수위별, 구간별 침수면적내 물량을 조사하고, 침수 피해율과 물가를 적용하여 수위 대 피해액 관계를 도출한다. 여기서 구간 설정은 수위표 위치와 하안의 피해집중도, 주거시설, 농경지 등을 고려, 결정한다. 무제방 구간의 침수 물량은 수위에 따른 침수면적내 피해물량을 조사, 산정한다. 제방이 있는 경우 피해물량 산정은 수위가 제방보다 높거나 낮은 두 경우로 대별된다. 첫째 경우에는 무제방 구간과 동일하게 선정한다. 두번째 경우에는 水衝, 세굴 또는 파이핑 때문에 제방이 파괴되는 경우, 배수문의 수밀성이 좋지 않아 외수가 제내지로 유입되는 경우, 溜水池 또는 펌프 용량이 부족한 경우의 내수피해 등으로서 이러한 상황을 고려하여 산정해야 한다. 이와 같은 접근법은 외수위 수문곡선과 제내지 유역의 호우강도 및 지속시간, 호우분포, 배수망 계통의 수리 및 구조특성 등의 복합적 상황을 고려해야 하므로 시간과 비용이 많이 들고 기술적으로 너무 복잡적이므로 실용성이 없다.

따라서 본 연구에서는 수해 통계 자료를 분석하여 수위 대 홍수피해 곡선을 작성하였다.

1) 구간설정과 지표수위표

홍수피해의 잠재성, 피해 통계 자료 분석 등을 고려하여 표 1 및 그림 2 와 같이 총 7개 구간으로 금강유역을 분할하고 각 구간내 지표수위표를 설정하였다.

2) 수위 대 홍수피해

수위는 홍수 수문곡선의 첨두홍수위 중 最大值이다. 홍수 피해물량은 과거의 홍수피해 통계자료 중 금강유역내의 시군별 홍수 피해물량이다. 피해물량에는 이재민, 인명피해, 침수면적, 건물 및 선박, 농경지 파손, 농작물 및 축산물 피해, 공공시설 피해 등이 포함된다.

구간별 수위 대 피해물량으로 수위 대 침수면적을 그림 3~6과 같이 작성하였다. 여기서 침수면적은 재해통계 실적자료로 홍수 피해규모를 가장 잘 대표할 수 있고 유역내 지형, 수문, 수리, 사회, 경제 등의 홍수 피해 잠재 조건을 포괄적으로 반영한 것이라고 볼 수 있다. 그림에서 숫자는 홍수사상 발생 시작일이며 수위는 수면표고이다. 이 곡선은 홍수 통계치임을 고려할 때 비교적 분산이 적고 일정한 성향을 보여주고 대체로 평균적 상태를 나타내고 있으며, 또한 최근 상태를 반영하도록 작성하였다. 이때 도시점의 분산은 강우강도, 수방 태세 등에 따른 차이를 나타내 준다.

수위 대 피해액 곡선(stage-damage curve)은 매우 복합적인 상황을 단순하게 나타낸 것으로서

1)금강유역조사, 2)대청다목적댐 타당성 조사, 3)용담다목적댐 타당성 조사

* 충남대학교 공과대학 교수
** 충남대학교 공과대학 조교
*** 충남대학교 대학원 석사과정
**** 건국대학교 공과대학 교수

치수계획 수립의 자료로 쓰인다. 이 때 피해액은 도매물가지수로 산정한 92년 12월 현가계수를 피해액에 적용하여 92년 12월 기준으로 환산한 값이다. 그림 7~11과 같이 각 구간별 곡선은 구간별 홍수 피해 특성을 보여준다. 공주의 경우 수위 14~17m 범위에서 피해액이 지수적으로 증가되지만 그 보다 높은 수위에서는 피해 증가율이 감소되어 치명적인 손실이 이미 발생되었음을 보여준다. 이같은 양상은 용담이나 규암 구간에서도 비슷하다.

3) 기존 성과와 비교, 보완

본 연구에서는 기존의 홍수 통계를 근거로 하였으므로 확률적으로 희귀한 높은 수위에 대한 보완분석이 필요하다. 용담다목적댐 타당성 조사에서의 홍수피해액 산정 구간을 본 연구와 동일하게 하여 50, 100, 200년의 3개 빈도의 홍수 피해액을 동시에 도시한 결과 그림 9~11과 같다. 타당성 조사에서는 빈도 수위별 침수액을 평가한 것으로서 動的 被害가 포함되지 않았다. 따라서 표 2와 같이 피해액에 조정계수를 적용하여 본 연구 성과 곡선의 고수위 부분을 확장, 작성하였다. 이 곡선은 향후 적용할 경우에는 물가상승, 토지 가치상승편익, 간접편익 등을 경제성장과 연관하여 포함시켜야 한다.

2.2 그 밖의 홍수특성

1) 홍수 사상별 기상특성 분석

홍수사상별 대전, 청주 축후소자료를 분석한 결과 해면기압은 999~1014mb, 평균기온은 15.6~26.8℃, 평균 상대습도는 70.7~95.0%, 평균 및 최대 풍속은 1.0~4.2, 2.9~11.4%로 나타났다. 유역내 홍수피해를 일으키는 기상수문학적 주요원인은 타유역과 마찬가지로 선풍과 전선이다. 특히 금강유역에 선풍과 전선형이 유역내내 동시에 영향을 줄 때 그 피해 규모가 막대하였다. 홍수사상별로 주요 관측소별 1~3일 연속강우량을 산정하여 Gumbel 확률분포에 따른 재현기간을 분석한 결과 재현기간이 5년 이하일 경우는 총 홍수사상 중 70%이고 10~50년 재현기간의 홍수는 6%이었고 200~500년 강우 빈도는 2%이었다. 피해인근 관측소별 시우량을 분석한 결과 1시간 최대 강우강도는 76%정도가 20~50mm/hr에 집중되었다. 지표수위표별 침투홍수위 발생은 수계의 상·하류별로 홍수파의 전파, 지체 분석이 어렵고 홍수 발생 시간은 강수의 공간적 분포특성과 호우의 이동 방향에 매우 민감함을 알 수 있었다.

표 1 홍수 피해 조사 구간

구간	지표수위표	행정구역
I	용담	전북 무주군
II	옥천	충남 홍성군
III-1	북통	충북 괴산군
III-2	회덕	충남 천안시
IV	공주	충남 공주시
V	규암	충남 부여군
VI	강경	전북 익산시

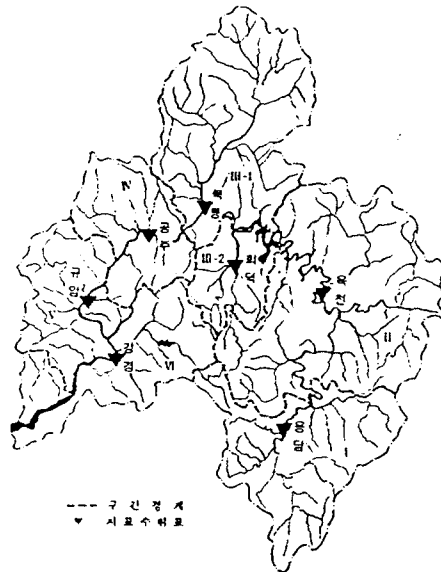


그림 2 홍수 피해 조사 구간

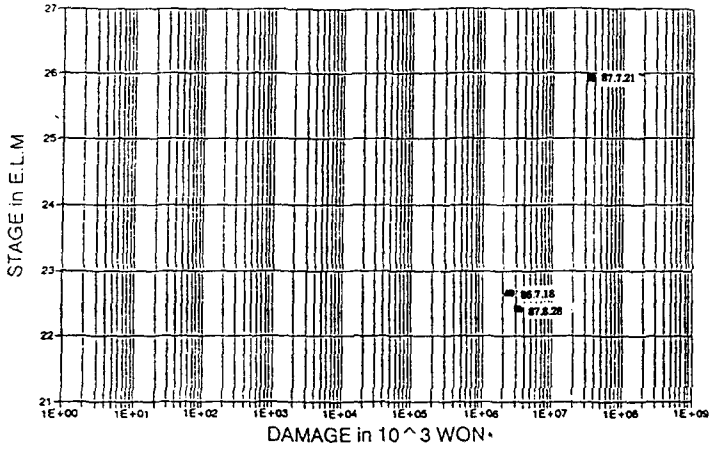


그림 8 수위대 홍수피해액(강경)

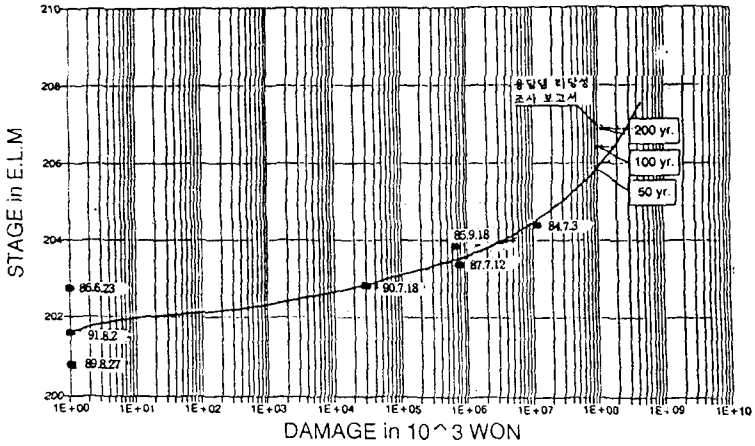


그림 9 수위대 홍수피해액(용담)

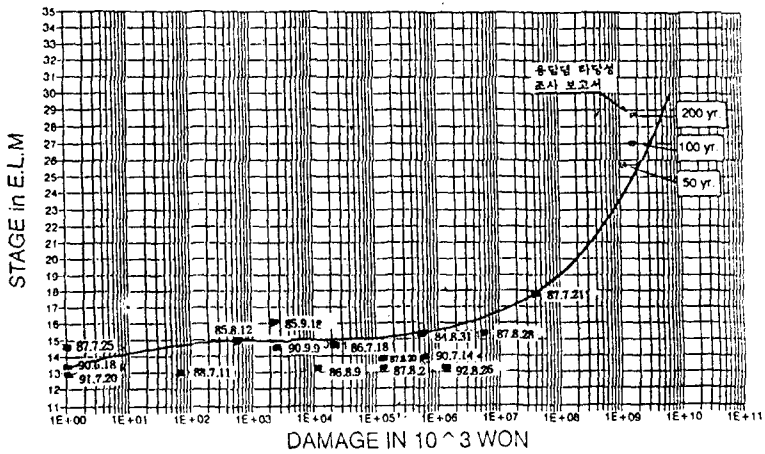


그림 10 수위대 홍수피해액(공주)

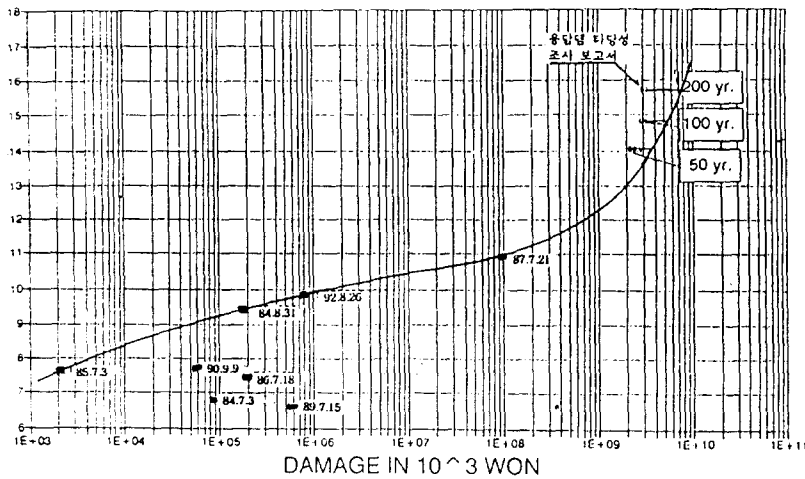


그림 11 수위대 홍수피해액(구암)

표 2 홍수피해 기준성과 조정적용

구간	빈도 (年)	수위 (E.L.M)	기준피해 (십억원)	조정	조정피해 (십억원)
I 대청댐상류 (1차구)	50	205.932	88.7	1.1	100
	100	206.416	105.2	1.7	180
	200	206.913	109.6	2.6	280
IV 대청댐하류 (4~7차구)	50	15.819	1,190.6	1.7	2,000
	100	16.134	1,594.0	1.9	3,000
	200	16.641	1,705.7	2.9	4,900
V 대청댐하류 (8~11차구)	50	14.072	2,253.1	1.6	3,600
	100	14.844	2,965.6	1.9	5,600
	200	15.732	3,115.7	2.9	9,000

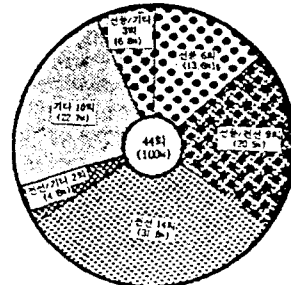


그림 12 유형별 홍수 빈도

2) 홍수 원인 분석

호우발생 원인에 따라 홍수를 분류하면 선풍형 홍수와 전선형 홍수가 있고 기타 저기압 등에 의한 집중호우로 발생하는 홍수가 있다. 이에 홍수원인을 선풍형, 전선형, 기타로 구분하여 분석한 결과 그림 12 와 같이 선풍형과 전선형 또는 그 혼합형이 78%에 달하였다.

그리고 전유역 또는 국지적으로 피해원인이 되는 경우에는 배수시설이 정상적으로 설계, 가동되었으나 특별히 제내지의 심한 호우로 인하여 내수위가 상승하여 피해를 보는 경우, 우수지 및 배수펌프 용량이 부족하거나 또는 가동상태가 불량하는 등 제내지 배수가 미비한 경우, 제방 배수문의 수밀성이 불량하여 외수가 유입되는 경우, 지역적으로 집중호우가 발생하여 배수시설의 매몰, 사태등이 발생한 경우, 강한 바람을 동반한 강우로 우수 및 우수에 강한 소류력 또는 파괴력이 발생하여 홍수피해를 내는 경우 등이 있다.

3) 홍수 피해 지역과 피해 분석

홍수 방지 대책의 기본자료로서 표 4 및 그림 13과 같이 홍수 피해액 및 단위 면적당 홍수 피해액을 산정하여 시군별 또는 구간별 피해액 순위를 결정하여 피해 취약지역을 파악하였다.

금강 상류인 금산의 피해 순위는 금강 유역 21개 시·군 중 4위를 차지하였고 중류인 청주, 대전, 연기, 청원은 10위 이내인 것은 이 지역이 내수 피해가 컸음을 보여준다. 특히 대청댐 직하류인 대전의 피해 순위가 5위로 높은 이유는 주로 지형 조건상 내배수 계통이 불량한 것을 들 수 있다. 또한 대전을 관류하는 갑천의 금강 본류에 대한 유입 각도가 과거 잘못된 제방 공사로 악화되어 背水를 증가시키는 것도 원인이 되고 있다.

부여, 공주 피해는 1위 및 3위로서 내배수 불량에 주원인이다. 구간별로 보면 5구간이 피해가 가장 컸고, 4~6구간의 피해는 전체의 68%에 달했다. 이러한 피해 순위는 하천 연변의 자산 집중도 보다는 중하류 하도경사가 완만하고 지형상 선풍호우 발생시 홍수 수문폭선이 평평하여 높은 외수의 지속기간이 길기 때문이다. 물론 제내지와 배수펌프의 용량 부족, 작동 불량과 배수

문의 수밀성 부족으로 외수가 침입하는 현상도 주요한 피해원인이 되고 있다. 그림 13은 구간별로 홍수피해도를 보여 주는데 대전, 공주, 부여, 서천 등 금강의 중하류부에 대한 치수 사업의 긴급성을 보여 준다.

표 4 시·군별 홍수 피해 순위 현황

구간	면적 (km ²)	피해액 (천원)	단위면적당 피해액 (천원/km ²)	순위
I	1952.48	32,705,335	16,750	⑥
II	2538.88	28,505,036	11,227	⑦
III-1	2194.48	45,289,661	20,638	⑤
III-2	539.27	32,220,359	59,748	④
IV	949.40	54,958,780	57,888	③
V	1137.33	104,028,703	91,467	②
VI	1710.61	130,849,295	76,493	①

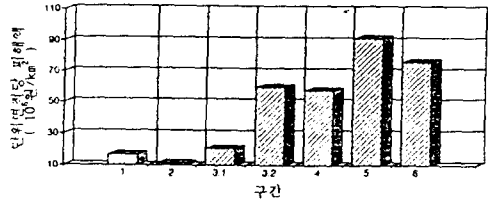


그림 13 구간별 홍수 피해 현황

3. 결론

- 1). 홍수피해조사 구간으로 금강유역을 I, II, III-1, III-2, IV, V, VI 구간 등의 7개 구간으로 분할하고 각 구간내 용담, 옥천, 북통, 회덕, 공주, 규암, 강경 등의 지표수위표를 선정하였다.
- 2). 수위대 침수면적, 수위대 피해액 관계곡선을 작성하였다.
 - ① 수위대 침수면적 곡선은 비교적 분산이 적고 일정한 성향을 보여 주었다.
 - ② 작성된 수위-피해액 곡선에서 일정수위 범위에서는 지수적으로 증가하지만 그 범위를 넘어 서면 피해율이 감소되어 홍수피해 손실이 이미 발생되었음을 보여준다.
- 3). 기존 성과와 비교한 결과, 50, 100, 200년 빈도의 기존 성과인 홍수피해액이 피해실적치 보다 과소평가되어 조정계수를 도입하여 곡선을 작성하였다.
- 4). 선풍형 또는 전선형 강우에 의한 홍수가 전체의 78%를 차지하였다.
- 5). 단위면적당 홍수피해를 유역내 21개 시군에 대하여 피해순위를 분석하면 금강상류인 금산은 4위이고 중류 부근의 청주, 대전, 연기, 청원은 10위 이내로 내수피해가 컸다. 그리고 부여, 공주는 순위상 1위, 3위로서 내배수 불량에 주원인이었다. 구간별로 피해순위를 분석하면 5구간이 가장 컸고 4~6구간의 피해는 전구간 피해액에 대하여 대략 70% 정도로 홍수피해가 금강하류 부근에 집중됨을 보여준다.

後記 : 본 연구는 한국수자원공사 발주로 한국수문학회(현 수자원학회)용역으로 실시된 조사 성과의 일부이다

▷ 참고문헌 ◁

- Σ 건설부, 금강유역조사보고서, 1978.12.
- Σ 건설부, 방재종합대책 중장기 계획 조사보고서(1-5권), 1988.12.
- Σ 건설부, 재해연보, 1981~92.
- Σ 건설부, 한국수문조사연보, 1981~92.
- Σ 건설부/NIPPON KOEI CO. LTD., DAECHONG MULTIPURPOSE DAM PROJECT, DECEMBER 1975.
- Σ 건설부/NIPPON CO. LTD., REPORT ON THE GEUM RIVER BASIN OVERALL DEVELOPMENT PROJECT, FEBRUARY 1972.
- Σ 건설부/한국수자원개발공사, NIPPON KOEI CO. LTD., 금강유역조사사업 우선개발담 기본계획조사 보고서, 1972.11
- Σ 경제기획원, 경제통계연보, 1982~93.
- Σ 권오현, 수자원공학, 도서출판, 1994.
- Σ 유신설계, 건설부/한국수자원공사, 용담다목적담 타당성조사 보고서, 1990.8.
- Σ 충남재해대책본부, 재해구호 및 복구비용부담기준(피해액 산정 기준포함), 1992.9.
- Σ 한강유역합동조사단, 건설부, 한강유역조사사업, 1967년도 성과보고서(하), 제 7장 치수주운자료, 1968.3.
- Σ 한국수자원공사, 금강유역 대형담 및 하구둑의 효율적 관리방안(이수관리), 1992.
- Σ 한국수자원공사, 금강유역 유량분석 및 홍수조사, 1994.12.
- Σ 한국수자원공사, 수문자료집, 1990, 92, 93.
- Σ 한국중양기상청, 기상자료(대전 및 청주), 1981~92.