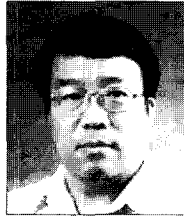


유역별 특성을 고려한 종합재해방지 시스템 구축



김 훈 | 한국시설안전기술공단 공학박사

1. 개요

최근에 주간조선에 발표된 홍수재해와 관련된 기사 가운데 우리가 관심을 가져할 내용들을 정리하여 보았다. 세계의 기상학자들의 관심이 동아시아 지역의 온도가 가장 가파르게 뛰면서 불안정한 대기의 움직임이 보이고 있는데, 우리나라는 대기온도와 해수 온도의 상승 속도가 가장 빠른 북서태평양 연안의 중고위도 지역에 위치해 있다. 미 해양대기국(NOAA) 인공위성의 관측에 의하면 동해의 수온은 최근 17년간 1.5도 올라 세계 바닷물 평균 수온 상승치의 6배를 기록했다고 발표했다. 해수온도가 오르면 대기 중의 포화 수증기량은 증가하고 수증기가 증가할수록 대류권은 불안정해진다.

우리나라 상공에는 세계에서 가장 강한 편서풍이 불고 있으며, 고도에 따른 풍속의 차이가 크다. 더구나 여름철 한반도는 수분을 잔뜩 머금은 북태평양 기단이 저온건조한 시베리아·티베트 산지의 기단과 충돌하는 경계에 위치해 있다. 가히 '기상의 화약고'로 부를 만한 여건이다.

2003년 매미(9월 12~13일), 2002년 루사(8월 31일~9월 1일), 2000년 프라피룬(8월 23일~9월 1일)과

사오마이(9월 3~16일), 1998년 예니(9월 26일~10월 1일), 1981년 애그니스(9월 1~4일), 1959년 사라(9월 15~18일) 태풍에서 볼 수 있듯이 기록적 피해를 안긴 태풍은 대부분 여름의 막바지에 내습했다. 또한 서울, 경기, 강원, 충북 등 중부지방에 사상 최악의 홍수를 일으켜 소양강댐이 홍수위를 넘어서고 총 352명이 수마에 희생된 1990년과 1984년의 집중호우도 각각 9월 9~12일, 8월 31일~9월 4일에 발생했다.

문제는 PMP 지도에 나와 있듯이 진도-순천-사천-마산의 남해안이 990mm, 연천-파주-서울-안산이 930mm, 소양강댐이 위치한 양구-화천-홍천이 강릉과 같은 840mm 등우선에 걸쳐 있다. 지도에 따르면 강원도 내륙과 경북 북부를 제외하면 우리나라 전역이 800mm 이상의 집중호우 가능지역이다.

1960년대 이전까지 하루 100mm 이상의 폭우는 연간 2.7회에 불과했으나, 지난 50년간 남부지방의 강우량 관측에 따르면, 연 강수일수는 14% 감소했지만 연 강수량은 7% 증가해 '강수강도', 즉 집중호우의 확률은 18%나 증가했다.

건설교통부의 '역대 홍수별 피해 순위'를 봐도 상위 65%가 최근 10년 사이에 발생했다. 1위는 2002년의 태풍 루사로 246명의 목숨과 5조1,479억원의

재산을 앗아갔다. 2위는 1998년 619mm가 내린 강
화도(324명 사망, 1억2,468억원 손실), 3위는 1999
년 587mm가 내린 파주(67명 사망, 1억700만원 손
실)이다. 홍수보다는 해일 피해가 컸던 2003년 태풍
매미도 4조7,800억원의 엄청난 손실을 입혔다. 1~5
위가 최근 7년 사이에 집중됐으며, 1998년 이후 수마
가 비껴간 해는 2000년, 2001년, 2004년뿐이다.

또한, 간과해서는 안되는 재해의 요인은 지진으로
일반 시설물의 경우는 1970년대말부터 내진설계 기
준을 마련하여 시행하였으나, 1995년 일본의 고베
지진을 계기로 기존의 기준인 리히터 규모 4.5~5.0
을 규모 5.0~7.0으로 상향 조정되었다. 세부기준을
보면, 에 관한 규칙 댐의 경우는 『댐시설기준(93)』
에 의해 규모(M) 5.4~6.3, 수문·배수펌프장의 경우
는 『하천설계기준(00.4)』에 의해 규모(M) 5.7~6.1
을 적용하고 있으나, 1995년 이전에 축조된 시설물
의 대부분은 지진규모를 고려하지 않고 축조된 것이
대부분으로 많은 시설물이 지진에 매우 취약한 실정
이다.

2. 수리시설물 현황

홍수재해하면, 가장 먼저 떠오르는 것이 수확기 가
까워진 들판의 벼농사 피해에 대한 염려와 도시지역
와 농촌지역의 제방범람으로 인한 수해 피해인 것이
다. 그러면 이들 지역에 산재해 있는 시설물들의 상
태는 어떠한가? 대표적인 댐과 펌프장 및 제방에 대
하여 살펴보기로 한다.

댐의 경우 2003년 기준으로 전국에 17,913개소가
설치되어 있으나, 1969년 이전에 설치된 것이
15,895개소로 전체의 약 89%를 차지하고 있으며,
이 중 홍수조절을 할 수 있는 수문식 물넘이는 44개
소로 전체의 0.2% 수준으로 설계기준을 초과하는 홍
수량이 발생할 경우에는 홍수량 배제 능력 부족에 따

라 월류 및 사면 유실, 여수로 옹벽 파손, 제체 접속
부 세굴에 의해 붕괴될 위험이 있다. 1969년도에 제
정된 설계기준에 의해 1982년 이전까지는 100년 빈
도의 홍수량, 1982년 개정에 의해 200년 빈도와 기
왕최대 1일 강우량 중 큰 값을 적용한 홍수량을 배제
하도록 되어 있다(단, 흙댐의 경우 홍수량의 20% 가
산). 2002년 8월 31일 18:00부터 9월 1일 15:00에
발생한 루사 태풍에 의한 1일 강우량은 898.0mm
로, 2000년에 건설교통부에서 발행한 댐 설계기준은
설계 홍수량으로 PMP(Probable Maximum
Precipitation : 가능최대강수량)에 의해 산출되는
PMF(Probable Maximum Flood : 가능최대홍수
량)를 발전용댐, 다목적댐 및 용수전용댐에 적용토록
하고 있다. 건설교통 안전관리 개선방안(2003. 7)에
의하면 최근 이상기후로 인하여 강수량이 급격히 증
가함에 따라 15개 다목적댐과 10개 용수전용댐에 대
하여 2001년 12월 가능최대강수량을 재산정한 결과
댐 설계당시보다 약 30% 정도 증가한 것으로 분석되
었다.

배수장의 경우 1970년도에 제정된 설계기준에 의
하면 10년 빈도 홍수량을 72시간 이내에 배제하는 것
에서 1979년 이후에는 48시간 이내에 배제하는 것으
로 변경되었으며, 1983년 개정에 의해서는 20년 빈
도 홍수량의 24시간 이내 배제(담수심 30cm 고려)를
기준으로 하고 있으나, 설계기준을 초과하는 강우 발
생시에는 배제량 부족과 시설의 노후화에 의한 기능
저하로 인하여 침수피해가 발생하고 있다.

하천의 경우 행정자치부에서 관리하고 있는 상류
유역 소하천은 30년~50년 빈도 홍수량을 적용하고,
농림부에서 관리하고 있는 중류유역 배수기준은 20
년 빈도 홍수량을 24시간 내에 배제하는 설계기준을
적용하고 있으며, 건설교통부에서 관리하고 있는 하
류유역 지방 하천은 50년~200년 빈도 홍수량을 적
용하고 있는 실정이다.

3. 사례에 의한 유역별 종합재해시스템 구축의 필요성

재해·재난을 줄이는 방안으로 홍수재해가 발생한 화포천 사례, 강릉지역 사례를 통하여 유역별 종합재해시스템 구축의 필요성을 제시하고자 한다.

3.1 화포천 사례

2002년 8월 4일부터 10일 사이의 집중호우로 인해 특별재해지역('02. 9. 13 행정자치부 훈령 제88호 : 전국단위 총 재산피해액 1조 5천억원 이상이거나 이재민수가 3만명 이상, 시도단위 총 재산피해액 5천억원 이상이거나 이재민수가 1.5만명 이상, 시·군·구 단위 총 재산피해액 1천억원)으로 선포된 김해시 한림면이 위치하고 있는 화포천 유역으로, 면 지역이 침수되어 재난지역으로 선포된 곳으로 인명피해는 이재민이 1,193세대에 3,334명이며, 재산피해는 2,431억원으로 이중 공공시설 피해는 353건에 613억원(이중 수리시설 196건 333억원)이며, 사유시설 피해는 1,812억원이다. 주택피해는 588가구, 상가피해는 151가구, 기업체는 피해 9개소 56억원이며, 이 중 농경지 피해는 831ha로 이의 원인은 2002년 8월 6일부터 8월 10일까지 낙동강 주변에 집중호우가 발생하여(누계강우량 498mm, 최대시우량 56mm), 계속되는 집중호우로 인하여 화포천 유역의 배수장을 전부 가동하였으나, 2002년 8월 10일 06시 16분경에 수위가 계획홍수위 EL. 8.3m이상으로 상승하면서 제방이 낮은 부위로 월류하고, 유역 말단부에 위치한 바닥 표고가 EL. 7.0m인 한림배수장의 전기시설이 침수되어 기능을 상실하였다.

화포천 유역은 2개읍(진례읍, 진영읍)과 2개면(한림면, 생림면)으로 구성되어 있으며, 가구수 10,164, 인구 33,542인, 면적 134.42km²(임야 65.67km² 48.9%, 전 11.45km² 8.5%, 답 33.29km² 24.8%,

대지 2.82km² 2%, 기타 21.19km² 15.8%)이다. 화포천 시점은 김해시 진례면 신안리이며, 종점은 김해시 한림면 금곡리(낙동강 합류점)로 유로연장은 21.20km이고, 유역면적이 134.42km² 인 낙동강 제 1 지류인 지방2급 하천으로 본류 외에 8개 법정하천(준용하천) 및 2개의 제 2 지류하천이 유입되고 있다.

■ 배수장

화포천 유역은 낙동강 연안에 위치하여 우수지가 넓게 형성되었던 지역으로 1957년 사라호 태풍시 한림면 일대가 침수되었으며, 주민 거주는 1970년대부터 본격화됨과 동시에 식량 증산정책 일환으로 화포천 유역내 우수지를 11개 지역으로 구분하여 농지를 조성하면서 1975년에 유역 홍수량을 배제하는 시설규모 31.6m³/s(총 3,580HP : (전) 470HP×1,300mm×4대, 300HP×950mm×4대, 250HP×950mm×2대)로 배수장이 건립되었다.

배수장 바닥 표고는 EL 7.0m이며, 종축펌프가 설치되어 홍수유량의 32% 이상이 저류된 내수위 4.5m 정도에서 가동된다. 1976년도 이후 농경지로 567ha 감소한 것을 시작으로 1989년에는 화포천 상류지역의 담암리 지역에 제방을 설치하여 기존 우수지 역할을 하던 지역이 50ha 정도 감소하였으며, 1992년에는 화포천 상류지역의 병동리 지역에 빙그레 공장 등이 들어서면서 기존 우수지 역할을 하던 지역이 30ha 정도 감소되었고, 1993년부터 2001년 사이에는 장방리 토정지구에 공장지대가 형성되어 26개 업체(99,073m²) 입주에 따른 우수지 10ha 정도가 감소되는 등 공장지대 형성, 주택단지 조성 및 우수지내 도로 건설 등으로 2002년까지 942ha가 감소되었다. 화포천 유역내 농경지 구성에 의해 건립된 16개 지역별 배수장 현황은 1970년 이전에 축조된 것이 2개소, 1979년 이전에 축조된 것이 12개소, 1983년 이후에 축조된 것이 2개소로 대부분의 배수장이 설계홍수량이 적으며, 바닥 표고가 제방 홍수위보다 낮아 침수

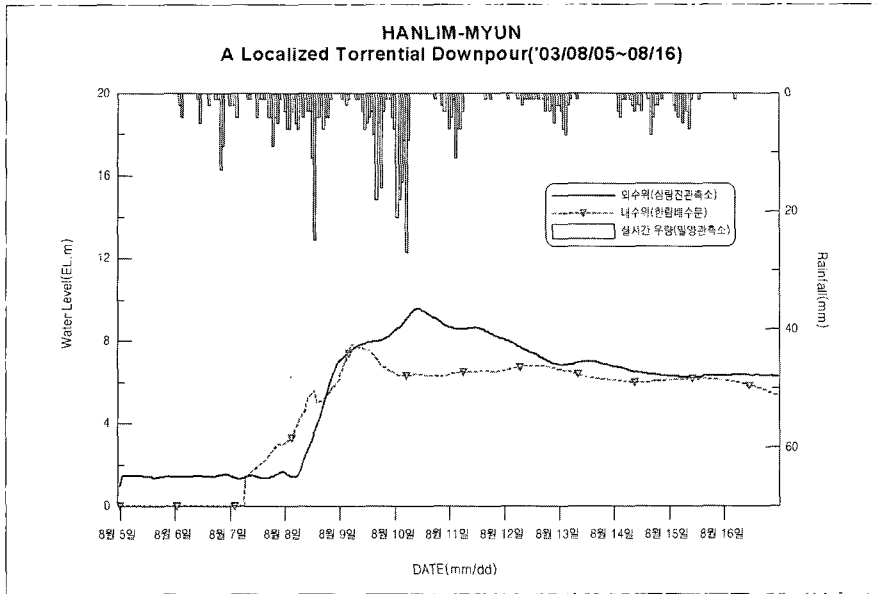


그림 2. 집중호우 발생시와 태풍 루사시의 낙동강 외수위와 화포천 내수위

과 가동 수위에 대한 적정성 등으로 평상시 자료구축과 더불어 이에 대한 분석이 되어야 한다.

재해가 발생한 2002년 8월 5일부터 8월 13일까지 집중호우 발생시와 태풍 루사시의 낙동강 외수위(낙동강 제방 표고 EL. 12.40m, 홍수위 100년 빈도 표고 EL. 11.60m, 홍수위 80년 빈도 표고 EL. 11.36m)와 화포천 내수위는 그림 2와 같으며 7일 정도 내수위보다 외수위가 높았다.

한림면 재해는 2002년 8월 6일부터 8월 10일까지 낙동강 주변에 집중호우가 발생하여(누계강우량 498mm, 최대시우량 56mm), 계속되는 집중호우로 인하여 화포천 유역의 배수장을 풀가동하였으나, 2002년 8월 10일 06시 16분경에 수위가 계획홍수위 EL. 8.3m 이상으로 상승하면서 제방이 낮은 부위로 월류하고, 바닥 표고가 EL. 7.0m인 한림배수장이 침수되면서 면 지역이 침수되었다

■ 재해복구

재해복구사업으로 기존의 한림배수장 인근에 우리

나라에서 2번째로 큰 배수장(우리나라 1위 : 배수설계기준 50년, 서울 구로 개봉1 배수펌프장 배수능력 157.0m³/s)을 신설하였다. 이는 2003년 3월에 착공하여 배수능력 112.0m³/s(총 16,320HP : 전동기 1,360HP×2,000mm×12대, 설계기준 80년 빈도 2일 연속강우)를 배제하는 규모이다.

기존의 한림배수장 배제능력을 기존의 31.6m³/s에서 112m³/s로 확장하고, 전기실 바닥 표고를 제방 홍수위보다 높게 하고, 한전 예비선로 12,000kw를 2중 선로에 의하여 일부 구간은 지중화하고 유수지내 관통도로 통수단면을 증대하여 하천을 정비하는 사업이 병행 추진되었다.

3.2 강릉지역 사례

태풍 루사는 2002년 8월 23일 오전 9시경 관서동북동쪽 약 1,800km 상에서 발생해 8월 31일 오후 3시경 고흥반도를 상륙할 때 중심기압 950hPa에 중심풍속 30~50m의 강풍과 일최고강수량 871.0mm

라는 경이적인 기록을 세우며, 전국을 초토화시켰다.

강릉지역은 태풍이 북상하면서 북태평양 고기압의 가장자리에 위치한 강원도 영동지방으로 저온다습한 동풍이 습윤대가 형성되어 1.5km 상공의 찬 공기와 태풍이 몰고온 열대해상의 더운 공기가 강릉상공에서 만나 집중적인 비를 뿌린 곳으로 분석되었다. 지속시간별 최대강우량 발생시간과 최대강우량은 지속기간 12시간인 경우 8월 31일 12시부터 24시 까지 576.0mm, 지속시간 24시간인 경우 8월 31일 1시부터 9월 1일 1시 까지 880.0mm, 지속시간 48시간인 경우 8월 30일 5시부터 9월 1일 5시까지 897.5mm 였다.

2002년 8월 31일, 태풍 루사가 폭우를 쏟아부은 강릉시에서 장현저수지와 동막저수지가 붕괴됐다. 230만톤의 물이 터져나온 장현지 하류는 가옥 50여 채가 흔적도 없이 사라졌고, 110만톤이 쏟아진 동막지 하류는 가옥 3동과 농경지 130ha가 쓸려가 버렸

다. 또한 1,400만톤의 물을 저장한 오봉댐(강릉댐)도 50m 높이의 제방을 겨우 20cm 남긴 지점까지 물이 차올라 11만명의 강릉시민이 밤중에 대피하였다. 붕괴된 3개의 댐사례는 표 2와 같다.

3.3 유역별 특성을 고려한 종합재해방지 시스템 구축

재해가 발생되면 이의 원인을 대부분 시설물의 홍수배제능력 부족, 노후화 등을 들고 있다. 물론 시설물에 대한 지속적으로 상향 조정되는 설계기준에 따라 시설물의 개량사업이 이루어져야 하지만, 이는 장기간으로 경제성을 감안하여 시행하는 하는 어려움은 상시로 존재하는 것이다. 그러나 의외로 재해가 발생한 많은 요인들은 관심과 예방적관리에 의해 미연에 방지할 수 있는 것이 사실이다.

표 2. 루사 피해에 의해 붕괴된 3개 댐의 사례

댐명	장현	동막	경포(지번)
위 치	강릉 장현동	강릉 구정면 어단리	강릉 죽현동
높이(m)	14.8	22.0	17.3
길이(m)	170.0	230.0	115
댐형식	토언제 균일형	토언제 균일형	토언제 균일형
총저수량	2,360천톤	1,138천톤	1,127천톤
유효저수량	2,176천톤	1,138천톤	1,127천톤
준공년도	1947	1961	1972
피해내용	댐체 유실 110m 여수로 전체 유실	댐체 슬라이딩 230m 여수로 전체 유실	댐체 유실 17m 여수로 유실 90m
붕괴사진			
보수공사	댐체 재축조 (L=206m, H=16.06m) 여수로 신설(L=100m) 홍수량설계기준 200년빈도1.2배 2004. 12 준공	댐체 재축조 (L=420m, H=24.15m) 여수로신설 홍수량설계기준 200년빈도1.2배 2004. 12 준공	댐체 보수 여수로 신설(L=75m) 홍수량설계기준 200년빈도1.2배 2003. 7 준공

화포천 유역의 경우는 종합적으로 검토되었어야 할 내용은 다음과 같으며, 이 지역의 사례는 우리나라의 다른 지역에서도 적용될 수 있는 좋은 사례이다.

- 하천 제방표고를 비롯한 침식·침투에 대한 안정성에 대한 이상유무
- 한림배수장을 비롯한 다른 배수장의 정상적 가동 여부
- 하천제방이 승상됨에 따라 당연히 배수장의 바다 표고를 높였어야 하는점
- 전력공급장치가 침수되지 않도록 했어야 하는 점
- 상류지역의 다양한 토지이용 변화에 따른 유수지 감소에 따른 저류지를 활용한 대체 저류시설을 설치하는 방안
- 지역특성상 낙동강 외수위를 고려한 종합적인 배수장 운영관리 시스템 구비과 유역의 홍수량 산정과 배수장을 통해 배출되는 방류량에 대한 자료 구축 등
- 기존 배수장을 활용하는 방안
- 경제성을 고려한 장기적인 유지관리 System 구축 등

상기, 사항들이 화포천 유역에서 종합적으로 검토되었어야 할 사항 들이다. 재해발생 이후 1~2년 내에 세계에서도 사례가 드문 전력공급선 12,000kw를 2중선으로 매설함과 동시에 배수관로는 낙동강 제방을 횡단하는 배수량이 우리나라에서 2번째로 큰 배수장을 설치하는 것으로 이 지역의 적절한 재해예방대책이 되었다고 판단하기에는 어렵다.

강릉 유역의 경우는 종합적으로 검토되었어야 할 내용은 다음과 같다.

- 이상강우량을 저류할 수 있는 강릉댐에 대한 보강의 타당성 여부
- 이상강우시 댐운영 지침 마련
- 상류지역 저류기능 부족시 방수로 설치 등과 같은 Network System에 의한 저류 또는 방류 분

산체계 구축

- 하천제방에 대한 안정성 증진(여유고 확보, 세굴, 침투)
- 하천에 대한 직강계획 보다는 자연하도 계획의 도입
- 지체저류량이 많은 하류지역은 저류지를 활용하는 방안 등

상기, 사항들이 화포천 유역에서 종합적으로 검토되었어야 할 사항 들이다. 요약하면, PMF 규모의 이상강우에 의해 수리시설물의 저류능력, 방류능력 부족으로 많은 시설물들이 붕괴되었는데도 불구하고, 상기와 같은 종합적인 대책없이 단기적으로 장현댐을 비롯한 재해예방대책은 홍수량설계기준 200년 빈도 1.2배 규모의 방류능력을 가진 댐을 재축조하는 하였는데, 이는 향후 기존의 루사 태풍시의 강우량이 온다면 또 다시 붕괴될 수 밖에 없는 것으로 항구적인 피해를 줄일 수 있는 방안이 유역별로 종합적으로 검토되어야 하는 것이다.

4. 맺는말

수리시설물의 재해를 줄이는 방안은 유역별 특성에 따라 다르게 나타나는 화포천 사례와 강릉지역의 사례를 통해 분석하였다.

유역에는 댐·배수장·제방·하천시설물·교량·철도·도로 등 다양한 수리시설물이 산재해있다. 이들의 설계기준도 소관별 중앙부처 관리 시설물에 따라, 규모에 따라, 위치에 따라, 목적에 따라 다르며, 이들 시설물의 관리주체도 중앙부처, 지자체, 공공관리주체 그리고 민간관리주체 등 복잡하여, 유역에서 하는 추진하는 사업이 각각 관리주체의 이기주의에 의해 종합적이고 합리적인 방안이 수립되지 못함으로 인하여 예산낭비를 초래함과 동시에 효율적인 재해예방 대책을 세우지 못하고 있는 것이 사실이다.

미국의 경우는 홍수관련 스탠포드법(Stafford Act ; 1988)에 의해 연방정부, 주정부, 지방정부 그리고 민간단체 등의 통합기능이 마련되었으며, 일본의 경우는 정부 차원의 매뉴얼 작성 보급, 정기적인 점검에 대한 확인 그리고 다른 계획(개발계획, 투자 계획)에 대해 방재 차원에서 확인을 한다. 또한 『안전의 구축』이라는 연구영역을 설정하여 집중적으로 시설물에 대한 재해예방 차원의 연구를 시행하고 있다.

유역에 이상강우가 내리고 있다고 할 때, 각 관리주체에서 대처하는 방안이 무엇인지를 분석해 보고 이의 취약점을 보완하는 것도 중요하지만, 관리하고 있는 시설물에 대해 사전에 충분한 점검과 진단을 통한 안전조치가 이루어졌다면 재해를 예방하는데 많은 기여를 할 것으로 보인다. 그러나 이러한 대처방안과 안전조치가 관리주체 개별로 이루어지고 있고, 관리주체의 개별사업에 대한 종합적인 확인장치가 없는 것이 현실이다.

제도적인 이행상태를 확인하고, 중요한 기술적인 현안을 사전에 검증하고 이를 이행하는 것만으로 많은 재해를 예방할 수 있으므로, 이에 대한 방안으로 재난관리기금을 재해복구 사업에만 활용할 것이 아니라, 재해를 유발할 수 있는 유역을 대상으로 시설물 재해대비 관리실태, 재해 대처방안 및 안전조치를 종합적으로 확인하기 위한 제도적인 방안 마련과 더불어 연구 또는 기술개발을 하는데 기금을 활용할 수 있도록 하여야 하여, 재난및안전관리기본법에 재난관리책임기관임과 동시에 『시설물의안전관리에관한 특별법』은 재난과 재해의 예방이 목적이므로 이의 업무를 수행하기 위해 설립된 『한국시설안전기술공단』을 활용할 경우에는 적은 예산을 가지고, 시설물의 재해예방에 많은 도움이 될 것이라고 제안하고자 한다. 이외에도 도시지역의 재해예방, 고밀도화가 진행중인 광역시지역의 재해예방에도 적용되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 한국시설안전기술공단(2002), 댐 위험도 분석과 대책방안(I)
2. 행정자치부(2002), 제2회 재해관리기술세미나
3. 김 훈(2004), 지역빈도 강우자료와 HEC-RAS를 이용한 농지침수지역 추정, 서울대박사학위논문.
4. 허만갑(2005), 뜨거워진 한반도 대홍수가 다가온다, 주간조선