

홍수재해대응시스템 구축을 위한 절차 및 고려사항

Procedure and Consideration to Build Flood Disaster Prevention System

이을래*, 이승윤**, 황의호***, 이광만****

Eul Rae Lee, Seung Yoon Lee, Eui Ho Hwang, Gwang Man Lee

요 지

홍수범람 또는 피해에 의해 발생한 인명피해 및 재산손실과 이를 치유하기 위해 구호·복구에 들어가는 노력 등 손해가 가져오는 여러 가지 사회경제적 역기능은 홍수의 특성을 정확하게 이해하고 이를 예방하기 위한 적절한 계획수립 및 시행을 포함하는 과학적인 홍수분석시스템을 도입해서 홍수를 사전에 예방하거나 경감할 수 있는 수방대책을 수립하는 것이 방안이 될 수 있다. 우리나라의 하천에 대한 홍수재해특성은 체계적인 하천정비의 미비, 하천제방, 호안시설의 붕괴 및 유실 등이 있을수 있으며, 또한 저수지·소류지·보 등의 과제가 홍수시 잦은 발생을 초래하고 있다. 하천부속시설물(수문, 갑문, 방수구 등)의 기능 및 제방과의 접속부실은 최근에 많이 발생하는 하천의 피해양상이 된다. 하천유역관리 및 방제의 비구조물적인 요인으로 하천유역의 개발에 의한 유출요인의 증대가 있으며, 하천연안·저지대의 난개발로 인한 상습침수 지역조장 등이 요인이 될 수 있다. 또한 소하천, 지방하천 및 국가하천의 분리관리로 인한 일관성있는 하천관리가 미비한 점도 있다. 항상 피해가 발생한 후 원상복구에 치중하는 복구계획과 환경단체 및 방제조직 그리고 제도 및 법규의 미비도 홍수재해의 원인이 될 수 있다. 우리나라는 지역특성 및 강우특성에 따라 많은 차이를 나타내기 때문에 그 특성에 적합한 홍수재해대응시스템을 구축해야 하는 것도 충분히 고려해야 한다.

핵심용어 : 모니터링기술, 하천수위예측, 홍수범람분석, 의사결정지원시스템

1. 서론

우리나라는 대륙과 해양성 기후의 교차점에 위치해있으며, 최근 들어 기상이변에 대한 국지적 집중호우가 빈번하게 발생하고 있다. 특히 북태평양에서 발생하는 태풍내습의 영향권에 의해 매년 2~3회의 태풍이 한반도를 거쳐가기도 한다. 또한 우리나라는 국토의 2/3가 산지로 구성되어 있어서 일시에 하천으로 유입하여 큰 홍수가 발생하는 경향이 있으며 농작물 개화 및 결실기인 6월~9월에 집중호우가 발생한다. 산지 및 산림지대의 지질상태가 대부분 화강암과 편마암으로 구성되어 있고, 피복도가 낮고 보수기능이 약하여 풍화 및 침식 등에 의한 산사태가 자주 발생하게 되며, 하천 유사량증가에 의한 하상의 상승유발효과도 많이 발생하고 있다.

우리나라는 지역특성 및 강우특성에 따라 많은 차이를 나타내기 때문에 그 특성에 적합한 홍수재해대응시스템을 구축해야 하는 것도 충분히 고려해야 한다. 홍수재해관리시스템의 궁극적인 목표는 구축된 시스템을 활용하여 완벽한 방재태세 수립과 신속한 시민 지원활동 강화 등을 통해

* 정회원 · K-water연구원 책임연구원 · E-mail : erlee@kwater.or.kr
** 정회원 · K-water연구원 선임연구원 · E-mail : leesy@kwater.or.kr
*** 정회원 · K-water연구원 선임연구원 · E-mail : ehhwang@kwater.or.kr
**** 정회원 · K-water연구원 수석연구원 · E-mail : lkm@kwater.or.kr

재해없는 사회의 건설을 통한 삶의 수준향상이다. 현재 수치모형 또는 적합한 모형의 수행을 통해 최적의 분석기법이 수립되어 있더라도, 수행을 위해 실무자들이 어려운 분석을 직접 수행하기에는 어려운 점이 많을 것이다. 이를 위해 지속적인 하천상황을 파악하고 상·하류의 지자체 또는 유역의 특성을 이해해야 하며, 업무 효율성 증대를 위한 하천관리 효율증대가 필요하다. 또한 항상 준비된 재난대비 태세를 완비하고 앞선 수해예측기술을 제시하고 도시화된 지역의 재난관리에 대한 새로운 모델을 제시함으로써 재난 대비업무를 강화해야 한다. 홍수재해관리시스템은 4가지 항목으로 총괄할 수 있다. 즉 ① 수문모니터링 기술, ②하천수위예측기술, ③홍수범람분석기술, ④의사결정지원시스템이 그것이다. 각각의 재난 관련 기관에서는 이 항목들이 모두 포함되는 범위에서 합리적이고, 지역 특성에 적합한 맞춤형 홍수재해시스템의 구축이 필요할 것이다(그림 1).

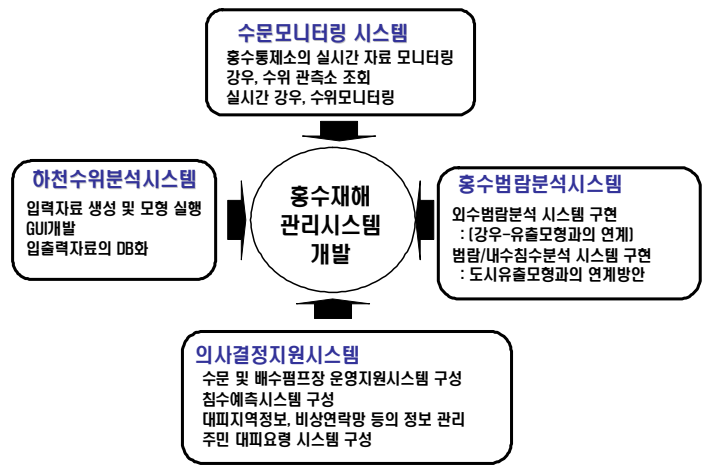


그림 1. 홍수재해대응관리시스템 구성(안)

2. 홍수재해대응시스템 필요성 및 체계구축

국민을 대상으로 하는 정부차원의 국가적 재난대응시스템 구축도 중요하지만, 각 지자체 및 특정지역에서 필요한 홍수재해대응시스템도 최근들어 수요가 증대하고 있다. 이는 최근 발생하고 있는 기상상황의 변화, 지리적 여건의 특수성, 상·하류에 위치한 홍수구조물의 홍수조절 능력의 특수성 그리고 수문관측자료의 취득 곤란 등 다양한 원인에 의해, 중앙정부 또는 지자체의 맞춤형 홍수대응시스템도 필요한 실정이다(표 1).

홍수재해시스템은 각각의 목적에 의해 지자체, 환경부, 농촌공사, 한국수자원공사, 그리고 국토해양부 등에 의해 설치된 수문관측기기 및 관측결과 제시를 위한 시스템을 통일된 시스템에서 일괄적으로 표출하여, 수문모니터링을 신속하게 수행할 수 있는 방안 모색이 필요하다.

또한 특정 강우시나리오에 따른 하천수위 등을 실시간으로 분석하여 그 결과를 운영자가 쉽게 접근하여 표출할 수 있는 방안을 모색해야 한다. 이를 위해 분석의 절차 및 분석방법은 본 연구에서 제시된 방법을 적용하고, 그 GUI를 입출력값과 연계하여 제시함으로써 운영자 및 의사결정자의 판단을 신속하고 정확하게 할 수 있도록 해야한다. 이를 위해 본 연구에서 도출된 결과 및 분석방법등을 직접적으로 활용할 수 있다.

홍수에 의해 발생할 수 있는 재해로는 특히 하천의 범람 또는 내수침수 등에 의해 최근 많이 발생하고 있다. 이를 위해 홍수범람분석기술을 도입하여 홍수의 범람등을 모의하고, 결과를 GUI에 표출해야 한다. 하천의 실시간 예측을 위해서는 1차원 수리학적 분석모형을 강우-유출모형과 연계하여 수행해야 한다. 정확한 강우자료와 상·하류의 경계조건이 확립되었을 때, 모형의 검보정을 통한 1차원모형의 구축은 하천의 실시간 현상을 분석하는데, 최적의 모형이 될 수 있다. 수위의 상승 또는 제방파제로 인한 제내지 쪽으로의 홍수범람은 다양한 시나리오 설정을 통해 사전에 분석이 완료되어야 한다. 이를 위해 홍수범람분석모형이 필요하게 되는데, 여기에 사용되는 모형은 2차원 동수역학 모형을 사용해야 한다.

표 1. 외부적 요인에 의한 홍수재해시스템의 문제점 및 개선방안

현황	문제점 및 개선방안
기상상황 변화	<ul style="list-style-type: none"> · 최근 기상이변 및 태풍의 대형화, 잦은 국지성 집중호우의 자연재해로 막대한 인명피해와 재산손실을 유발하는 홍수발생빈도 증가
지리적여건의 특수성	<ul style="list-style-type: none"> · 각 지역별, 지자체별 특수성을 반영한 홍수재해 특성 고려 · 하천의 합류점, 산사태에 의한 토사, 하도 통수능 부족, 수공구조물의 영향, 내수배제의 부족, 상류댐의 홍수조절 부족 등
상·하류홍수조절 능력 특수성	<ul style="list-style-type: none"> · 상류부에 위치한 수리구조물 및 산사태 및 외부요인에 의한 영향분석 · 지방하천의 상류에 존재하는 농업용 댐의 홍수조절 능력의 취약성에 의한 하천 수위 예측의 어려움 · 하류 조절 배수문 및 배수갑문 등의 연계부족
수문관측자료의 취득곤란	<ul style="list-style-type: none"> · 국토부 관할의 관측소, 수위관측소, 소규모저수지, 지자체 수문자료의 각 지자체 지역에서 존재하는 다양한 관측자료 수집의 한계성에 따른 즉각적 홍수상황대처의 어려움 · 홍수통제소의 자료를 지자체 특성에 맞는 자료로 활용할 수 있는 방안 필요

따라서 추후 홍수재해대응시스템 구축을 위해서는 하천의 실시간 수위분석을 위한 모형의 개발과 함께, 하천제방의 범람에 의한 피해, 제방의 특정구간 파괴에 의한 피해, 그리고 내수침수에 의한 피해를 분석할 수 있는 또 다른 모형이 개발되어야 한다.

마지막으로 의사결정 지원시스템으로서 전문화된 하천모니터링, 하천수위, 하천범람 등의 결과들을 바탕으로 하여 최종적인 침수 및 범람예측, 주민 대피 등 의사결정권자가 신속한 판단을 할 수 있는 시스템이 구축되어야 한다. 이러한 절차들이 일관된 시스템에 의해 만들어지면 중앙정부 또는 지자체 등에서 활용 가능한 홍수재해대응관리시스템이 될 것으로 판단된다.

각각에 대한 사항들을 세부적으로 표시하면 그림 2~3과 같다.

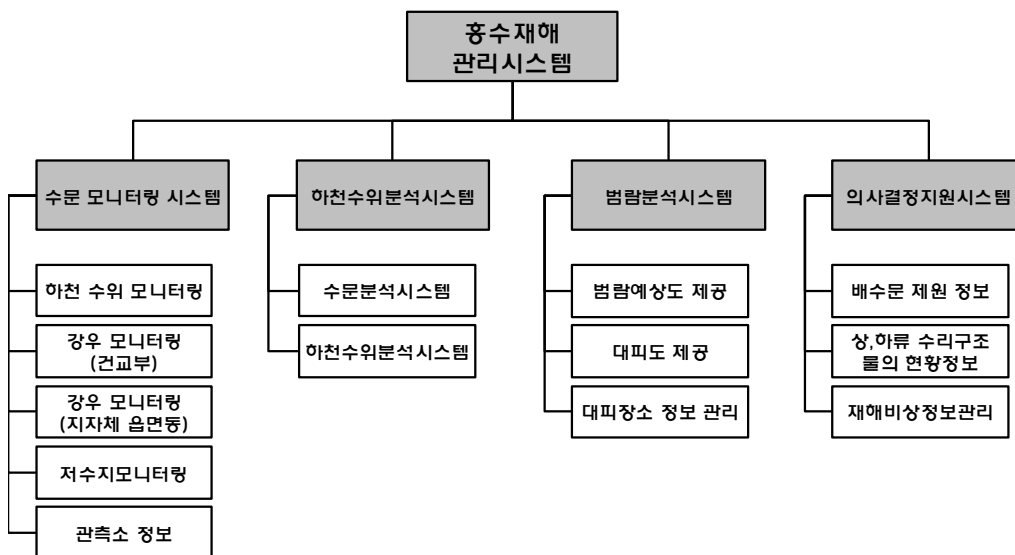


그림 2. 홍수재해관리시스템 체계도

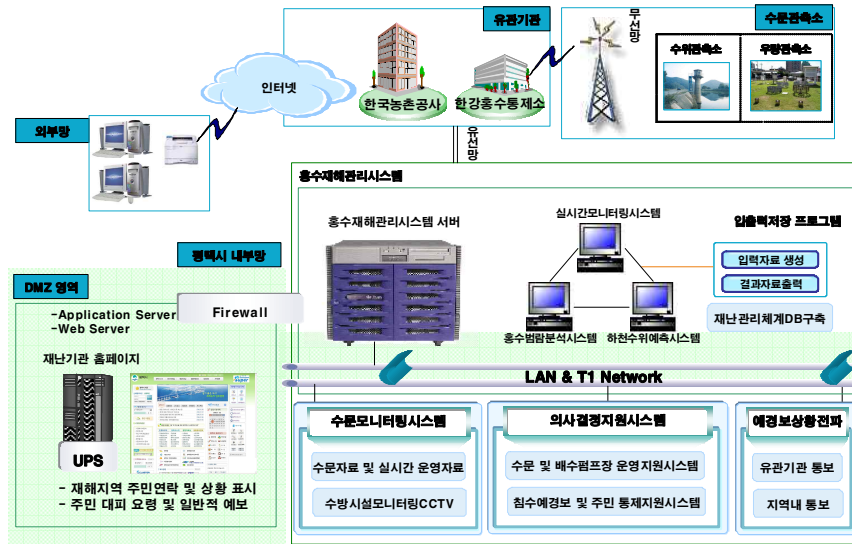


그림 3. 홍수재해관리시스템 구성도(안)

3. 하천수위분석시스템 구성방안

실질적으로 시스템 구축에서 필요한 사항은 정확한 분석능력이 재해대응에 중요한 요인으로 작용할 수 있다. 하천의 홍수예보를 위한 실시간 분석은 1차원 모형분석에 의해 즉각적으로 수행되어야 하며, 범람 및 파제에 의한 영향분석은 2차원 분석모형에 의해 다양한 시나리오를 적용하여 수행을 해야 할 것으로 판단된다. 중요한 것은 실시간 영향분석과정이 될 수 있는데, 이를 위해서 현재 가용한 1차원 부정류 모형은 HEC-RAS 또는 FLDWAV 모형이 될 수가 있다. 부정류 모형은 어떠한 모형을 어떻게 수행 또는 구축하느냐가 중요한 인자가 될 수 있으므로 각 모형의 특성을 파악하여 적절하게 도입하면 될 것으로 판단된다. 현재 홍수통제소에서 운영하고 있는 실시간 홍수예측모형은 DWOPER 또는 FLDWAV모형을 활용하여 수행하고 있으며, 하천기본계획 수립시 계획홍수위산정에는 HEC-RAS모형을 주로 활용하고 있다(표 2).

4. 결 론

우리나라는 매년 홍수에 의해 엄청난 재산과 인명손실은 물론 말로 형용할 수 없는 비참함과 고통을 느꼈고, 홍수가 주는 피해는 여러 자연재해 중 가장 심각한 재해로서 엄청난 경제적 손실과 아울러 사회적 혼란을 야기하고 있어 재해가 상존하는 지역에서는 이에 대한 대책수립과 피해복구에 엄청난 경제적 부담을 계속해서 느끼게 될 것이다. 상습수해지역의 경우 공통적으로 급속한 도시화가 진행되고 있어 홍수피해 잠재력을 엄청나게 증가시키는 결과를 초래하고 있고, 홍수에 취약한 저지대는 면적상으로는 국토의 단지 일부분에 불과하지만 인구나 경제력은 상당부분이 이 지역에 위치해 있어 문제의 심각성을 더해주고 있다. 홍수에 취약한 저지대는 개발이 용이하고 이용에 여러모로 큰 매력을 주고 있기 때문에 홍수의 위험에도 불구하고 이들 지역의 토지이용은 계속해서 늘어만 갈 것이다.

표 2. HEC-RAS와 FLDWAV 모형의 비교

분 류	HEC-RAS모형	FLDWAV 모형
개발기관	US Army Corps of Engineers	NOAA의 NWS
특 성	<ul style="list-style-type: none"> · 1차원 부정류 해석 가능 · 유수량 및 제한적인 수질모형 수행 가능 · 지속적인 Update 수행 중 · 사용자편의의 강력한 GUI 시스템 탑재 	<ul style="list-style-type: none"> · 1차원 부정류 해석 가능 · 미국, 유럽, 국내 등에서 홍수 예경보시스템에 적용 및 운영 · 다양한 경계조건 처리 가능 · 정확한 계산값 도출은 가능하나 GUI 시스템이 구축되지 않음
장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 1차원 부정류해석을 위한 입력 조건 작성 용이 · 사용자가 운영하기 편리한 윈도우 기반하의 GUI 시스템을 활용하여 전,후처리의 신속함으로 인해 의사결정지원에 용이함 	<ul style="list-style-type: none"> · 1차원부정류해석시 구조물 및 조위영향 등 다양한 경계조건외 입력이 용이함 · 계산시간조정 및 단면보간 등에 따른 계산의 정확성 및 안정성 향상 가능 · 모형의 검·보정 능력이 뛰어나 · 기존의 수문모형 및 전후처리의 결합 등 사용자 요구조건을 반영한 다른 모형과의 연계가 가능함
단 점	<ul style="list-style-type: none"> · 일련의 Package화 되어 있어서 필요시 사용자가 수정할 수 없음 · 경계조건 산정을 위한 기타 모형과 연계하여 작성이 곤란함 · 복잡한 경계조건외 입력시 계산의 불안정성 초래 	<ul style="list-style-type: none"> · DOS 모드에서 수행됨으로 인한 입력자료 구축의 어려움과 출력자료의 신속한 판단이 곤란 · 모형의 안정성 및 발산 영향을 최소화 하기 위한 운영자의 기술과 경험이 필요

홍수범람에 의해 발생한 인명피해 및 재산손실과 이를 치유하기 위해 구호·복구에 들어가는 노력 등 손해가 가져오는 여러 가지 사회경제적 역기능은 홍수의 특성을 정확하게 이해하고 이를 예방하기 위한 적절한 계획수립 및 시행을 포함하는 과학적인 홍수예방 대책을 통해서만 해결될 수 있다. 홍수가 피할 수 없는 자연현상이라면 과학적인 홍수예보시스템을 도입해 홍수를 사전에 예방하거나 경감할 수 있는 수방대책을 수립하여야 한다. 특히 최근에는 이상기상에 의한 영향으로 댐 및 하류 하천의 홍수량이 점차 증가하고, 과거 설계당시의 계획홍수량을 초과하는 상황이 발생하는 등 물 관리의 여건이 보다 악화되고 있다.

현재 각 지방자치단체에서도 지역 특성에 적합한 홍수대비능력을 향상하기 위해 노력하고 있다. 물론 홍수예경보의 최종 권한은 국가의 고유업무이나 지역의 고유한 지형특성을 반영하고, 국가하천이 아닌 소하천 또는 홍수예보발령에 따른 사전 위험대비방안을 마련하는 것은 각 지자체에서 현실적으로 요구되는 사안이다. 이를 토대로 하여 홍수재해관리시스템의 현황과 지역규모별, 지자체별 재해관리시스템 구축을 위한 참고자료로 본 내용이 활용될 수 있을 것으로 판단된다.