

특 집

양 동 민

노아솔루션 기술연구소 소장
ydm@noaa.co.kr



장 대 원

노아솔루션 기술연구소 책임연구원
hydrojdw@noaa.co.kr



여 운 광

명지대학교 토목환경공학과 교수
yeo@mju.ac.kr



03

중소하천 홍수예경보 체계 구축

1. 시작하는 말

최근 몇 년 사이 이상기후로 인한 국지적 집중호우와 같은 기상이변의 징후가 자주 발생하고 있다. 이로 인하여 개수율이 높은 국가하천이나 지방하천보다는 중소하천에서의 인적·물적피해가 점차 증가하고 있는 추세이다. 그러나 현재까지 홍수 예경보 사업은 국가하천 위주로 진행되어 왔다. 일부 지방하천에 대한 홍수 예경보 사업도 진행되어 왔으나 실질적으로 직접적인 피해로 다가오는 소하천에 대한 접근은 미비한 수준이다.

2008년 7월 23일부터 26일까지 발생한 집중호우는 대표적인 돌발홍수에 의한 소하천 피해 사례로, 이 시기에 경북 봉화군에서는 8명의 인명피해(사망4명, 실종4명)와 약 420억원의 재산피해가 발생하였다. 그러나 이상중후에 대해서 기상청 및 국내 기관이 인지를 하지 못하였고 이로 인하여 대피나 사전 대응이 불가능해졌으며 피해가 가중되었다. 이와 같이 중소하천은 지형이나 지리적 특성상 국지성, 돌발성 특성을 지닌 집중호우의 영향을 크게 받게 되는데, 현재까지의 홍수예경보는 대하천 또는 대유역을 중심으로 구축, 운영되고 있으며 중소하천에 대한 홍수예경보는 구축되지 않은 상태이다. 기존 대하천의 홍수예경보는 대체적으로 기상특보나 실시간 관측을 통하여 강우가 발생한 순간 또는 그 이후를 평가하는 '사후분석' 측면이 강조되고 있어

이를 중소하천에 적용하기에는 한계가 있다. 즉, 유역면적이 작은 지방하천 및 소하천의 경우 급격한 홍수발생으로 현행 대하천 위주의 홍수관리로는 홍수예경보를 수행하는데 있어 대비 또는 대응을 위한 시간이 부족하며, 부처 및 지자체별로 홍수관리를 위한 정보시스템을 운영하고 있으나 이를 활용하거나 연계하는데 어려움이 있다. 따라서 중소하천의 특성을 잘 반영하고 사전 방재관리에 효과적으로 대처할 수 있도록 '사전분석' 측면을 강조한 홍수예경보 시스템이 구축, 운영되어야 한다.

통합적인 홍수예경보 시스템을 구현하기 위해서는 무엇보다도 단위지역, 재해특성과 수요자 요구사항에 맞는 시스템을 개발할 필요가 있으며, 이를 위해서는 표준화된 데이터베이스 구축이 선행되어야 한다. 홍수로 인한 하천범람을 사전에 예방하거나 피해를 저감하기 위해서는 중앙부처 및 지자체에서 관리하고 있는 홍수정보의 연계를 위한 자료공유체계가 필요하다. 그러나 홍수피해 발생빈도가 증가하고 그 피해규모가 커지면서 정보의 공동 활용요구가 증가되고 있는 추세이므로 개별정보를 효율적으로 실시간 수집하고 저장할 수 있는 체계를 수립하여 통합정보 제공 기반을 마련할 필요가 있다. 따라서 기상특보를 고려한 경험적 대응에서 과학적인 대응방식으로 연구방향을 전환하고 중소하천에 적합한 모델링과 모니터링 기술을 개발하여야 한다. 중앙부처나 지자체, 유관기관에서 관리하고 있는 홍수정보의 연계를 위한 자료공유체계를 고려하고 홍수예경보 통합운영체계를 지원하는 기본계획수립과 운영주체 확립 등 홍수예경보 통합운영체계 구축의 기반을 마련하여야 한다. 그러나 이러한 방대한 양의 자료 구축과 기술개발, 방법론 등을 기초가 없는 상태에서 시작하기에는 완성도 측면에서 무리가 있다.

소방방재청은 자체 용역 발주 및 산하기관이 국립방재연구소, 자연재해저감기술사업단을 통해서 풍수해에 대한 분석시스템과 DB 시스템 등을 지속적으로 구축해오고 있으며 사업발주를 통해서 구축된 시스템과 연구개발을 통해서 구축된 시스템으로 구분된다. 최근 구축 및 개발 중인 시스템 현황은 그림 1과 같고 본 연구에서는 기존에 구축된 시스템과 자료, 방법론 등을 최대한 활용하여 연구를 진행할 계획이다.

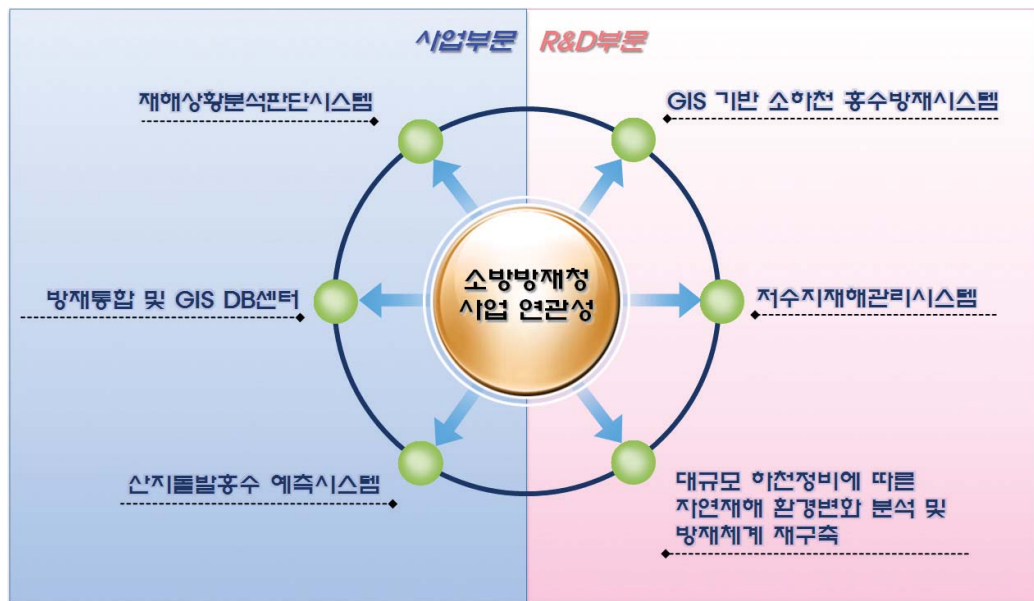


그림 1. 소방방재청 유관 사업 현황

소방방재청에서는 총 5개년에 걸쳐 자연재해저감기술개발사업단을 통해 '중소하천 홍수예경보 체계 구축'에 대한 연구를 진행하고 있으며 본 고에서는 이 연구에 대한 목표와 내용을 소개하고자 한다.

2. 연구 개요

2.1 연구목표 및 연구방향

본 연구에서 추진하는 연구내용은 (1) 홍수예경보 통합모형 기반기술 구축 및 시험유역 운영, (2) 홍수예경보 통합모형 표준 DB 기술 및 운영체계 구축, (3) 홍수예경보 통합모형 표준 모니터링 기술 및 운영체계 구축, (4) 통합운영 지원체계 구축, (5) 치수능력기본계획 및 운영주체 확립의 5개로 구성되며, 각 내용에 따라 5개의 세부로 진행된다. 각 세부별 연구목표와 연구방향, 과업추진을 위한 세부 구성도는 그림 2와 같다.

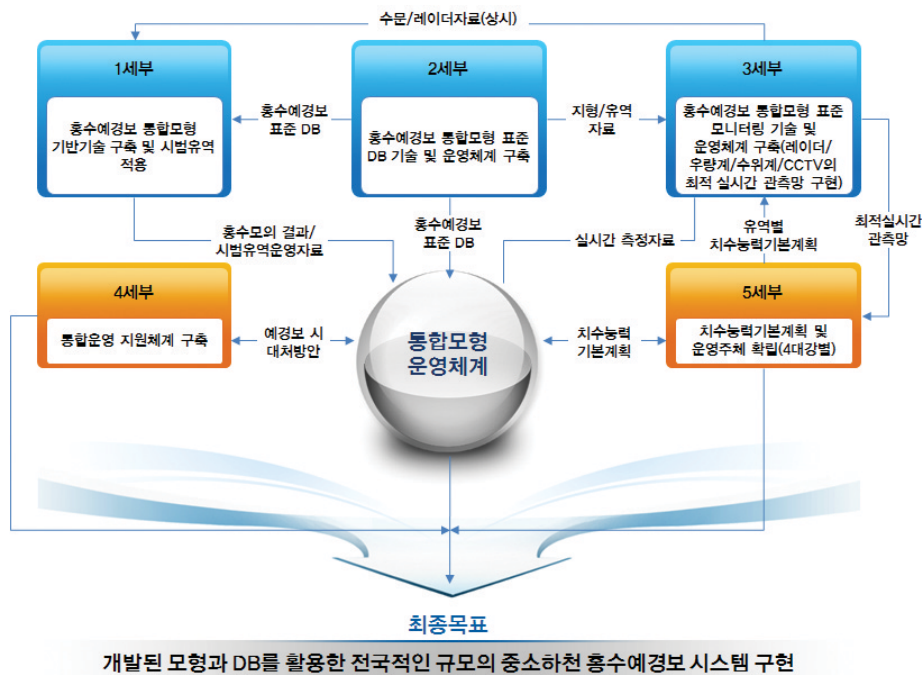


그림 2. 연구목표 및 연구방향 개념도

본 연구는 총 5개의 세부 연구내용으로 구성되고 이를 수행하기 위해서 1개의 주관기관, 2개의 협동기관, 2개의 위탁기관이 연구를 수행한다. 주관기관은 중소하천 홍수 예경보 통합모형을 위한 모델링, 모니터링, 통합운영체계, 치수능력 평가를 수행하고 협동연구기관에서는 첫째, 주로 중소하천 홍수 예경보를 위한 표준 DB 구축 및 DB 표준안, 표준DB 운영시스템, 중소하천 홍수 예경보 통합 운영 시스템을 구축하게 되고 둘째, 주관기관에서 개발되는 중소하천 홍수 예경보 모형의 통합화를 검토하기 위해서 기존의 분포형 모형을 이용 통합 연계 가능성을 연구하게 된다. 위탁연구기관은 주로 DB 구축을 담당하게 되는데 이는 하천 조사 및 대장을 작성하는 엔지니어링과 GIS DB 구축 및 한강홍수통제소 DB 연계 사업을 추진한 IT 전문 업체로 구성된다. 이와 같은 구성은 최종적으로 연구가 완료되었을 때 중소하천 홍수예경보 시스템을 통해 구현할 수 있도록 추진계획을 수립한 것이다. 소하천과 같은 신규 DB 구축이 필요할 것이나 현재, 소방방재청 및 유관 기관에서 수행한 다양한 DB 및 표준 체계를 응용하여 연구계획 예산으로 최종 연구 목표가 달성될 수 있도록 연구 추진 계획을 수립하였다.

2.2 연구내용

표 1은 연구내용을 정리한 것으로, 세부과제별 연구내용을 효과적으로 진행하기 위하여 세부과제별 추진 목표를 재구성하여 나타내었다.

표 1. 연구과제의 구성과 내용

연구과제	연구내용
홍수예경보 통합모형 기반기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 중소하천유역의 하천, 저수지, 산지, 도시 지역을 대상으로 하는 개별 기반기술 개발 • 미계측 중소하천유역의 홍수예경보 모형 기반기술 개발 • 중소하천유역의 홍수예경보 통합모형 기반기술 개발 • 4대강 중소하천 유역의 홍수예경보 통합모형 구축
홍수예경보 통합모형 표준 D/B 기술개발 및 운영체계 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 중소하천 홍수예경보를 위한 소하천 자료 수집 및 DB 구축 • 중소하천 홍수예경보를 위한 표준 DB 운영시스템 구축 • 공간상관도 방법을 이용한 최적 강우관측망 구성 및 적용
홍수예경보 통합모형 표준모니터링 기술개발 및 운영체계 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 공간상관도 방법을 이용한 최적 강우관측망 구성 및 적용 • 중소하천 모니터링 위치 선정을 위한 표준화된 홍수위험도 분석체계 확립 • 중소하천 홍수예경보를 위한 최적 수위관측망 구성 기법 개발 및 적용 • 홍수위험도(risk)에 기반한 모니터링 위치 선정을 위한 표준화된 분석체계 및 평가지수 제시 • 수문관측망의 실시간 최적 모니터링 네트워크 구축기법 개발 • 선행시간 확보를 위한 수위/CCTV의 상하류 연계 운영 기법 개발
시험유역의 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 시험유역 운영 및 중소하천 홍수예경보 통합운영체계 운영을 위한 고품질의 실시간 수문정보 제공 • 고품질의 수문자료를 활용한 홍수예경보 시스템 성능개선을 위한 분포형 강우-유출 해석 기술 개선
표준 D/B 구축, 모니터링계획, 치수능력기본 계획 수립(낙동강유역)	<ul style="list-style-type: none"> • 중소하천 홍수예경보를 위한 소하천 자료 수집 및 DB 구축 • 중소하천 홍수예경보를 위한 표준 DB 운영시스템 구축 • 중소하천 홍수예경보를 위한 최적 모니터링 기법 개발 • 4대강 치수능력 기본계획 및 운영주체 확립
홍수예경보 통합운영체계 지원체계 기본계획수립	<ul style="list-style-type: none"> • 홍수예경보통합운영 지원체계 수립 • 중소하천 홍수예경보를 위한 표준 DB 운영시스템 구축
홍수예경보 통합운영체계 구축을 위한 마스터플랜 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 중소하천 홍수예경보를 위한 표준 DB 운영시스템 구축 • 중소하천 홍수예경보를 위한 소하천 자료 수집 및 DB 구축 • 중소하천 홍수예경보를 위한 표준 DB 운영시스템 구축 • 중소하천 홍수예경보를 위한 최적 모니터링 기법 개발 • 홍수예경보통합운영 지원체계 수립

가. 1세부 : 홍수예경보 통합모형 기반기술 구축 및 시험유역 운영

전세계적으로 기후변화에 따른 풍수해 재난에 대한 대안으로 첨단 레이더 기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 미국에서는 기상·강우레이더를 활용하여 돌발홍수 예경보 시스템을 운영하고 있으며 유럽연합과 영국에서도 레이더를 활용한 홍수경보시스템을 작동하고 있다. 일본에서는 소형레이더를 활용한 강우관측에 대한 연구와 레이더 관측망에 대한 연구가 진행되고 있다. 이와 같이 최근에는 지형정보와 관측기술 외에 레이더를 적용한 예측기술이 도입되고 있는 추세로, 이러한 방향을 소하천 단위에서의 돌발홍수에 대한 추정과 관리방안에 마련할 필요가 있다.

본 연구에서는 홍수예경보 통합모형 기반기술을 구축하기 위하여 강우관측 및 예측을 이용한 기상학적 분야와 중소하천의 지

역적 특성을 반영하고 한계유출량, 돌발홍수능(FFG;Flash Flood Guidance) 등을 이용한 수문학적 분야로 구성하여 이를 접목시키고자 한다. 그리고 우리나라 중소하천 특성에 적합한 산정 기법을 제시하고 모형 보정과 검정을 통해 홍수예경보 통합모형 기반기술에 대한 적절성을 검증할 계획이다.

나. 2세부 : 홍수예경보 통합모형 표준 DB 기술 및 운영체계 구축

현재, 중소하천에 대한 정보는 아직 자료구축이 미흡하고 구축된 자료역시 국토해양부, 소방방재청, 지자체, 지방국토관리청 등 유관기관에 산발적으로 존재하여 통합이 필요한 실정이다. 중소하천의 정보가 통합적으로 구축이 되면 다양한 하천 관련 연구에 기초자료로 활용이 가능하게 되어 학술적, 기술적 개발 향상은 물론 중소하천관련 업무의 효율성 향상을 기대할 수 있다.

본 연구에서는 RIMGIS 사업에서 DB 표준화 사업을 실시한 유사 사례를 벤치마킹하여 소하천 DB 구축에 적용하고자 한다. 이를 위하여 정보의 가용성 분석한 이후 구축 항목을 확정하게 되는데 이 때, 일회적 정보구축이 아니라 지속적인 모니터링을 위한 항목과 중소하천 홍수예경보를 위하여 활용될 수 있는 항목을 고려하여 구성할 예정이다. 이를 위하여 기존 소방방재청에서 수행했거나 현재 수행 중인 사업의 자료 및 성과와의 연계성을 고려할 계획이다.

다. 3세부 : 홍수예경보 통합모형 표준 모니터링 기술 및 운영체계 구축

국가하천과 주요 지방하천에 대한 기존 수문관측망의 시설 및 운영체계는 비교적 높은 수준에 도달하였으나, 중소하천의 경우 체계적인 예경보시스템의 기반 구축 및 운영이 현저히 미흡한 상태이다. 따라서 홍수예경보시스템을 구축하기 위해서는 실 시간으로 관측되는 수문 관측 데이터가 필요하며 효과적인 수문 모니터링 시스템 구축을 위한 기법 및 기술개발과 운영체계 구축이 시급히 요구되고 있다. 그러나 예산이나 운영상 제약으로 인하여 수문 모니터링을 위한 관측지점의 선정은 제한적이다. 이를 위하여 보정에 활용될 실시간 지점 강우관측소의 위치와 개수를 결정하고 결정된 강우관측소는 지속적인 유지보수를 통하여 안정적인 자료획득이 가능하도록 유지보수 계획을 수립할 수 있는 기본 자료로 활용할 예정이다. 이 외에도 소유역별 홍수위험 지구 평가를 통하여 홍수취약 지점의 모니터링 운영에 대한 방안을 검토할 예정이다.

라. 4세부 : 통합운영 지원체계 구축

재해에 대한 시군구의 사전대응능력을 향상시키고 재난정보를 신속히 파악하기 위하여 재난정보 통합시스템을 개발하고 유관기관과의 연계체계 확립 및 전국 지자체에서 활용을 극대화할 수 있는 방안 제시할 필요가 있다.

본 연구에서는 각 지자체에서 운영되고 있는 재난관리시스템을 중소하천 홍수예경보 관리에 맞게 최적화하여 작동하는 방재시스템이 될 수 있도록 개선하고자 한다. 이를 위하여 주민대피 지원체계의 표준(안)을 개발하고 재해구호법의 세부내용을 조사하고, 관련 구호시스템에 대한 분석을 토대로 중·소하천 홍수예경보 상황에 맞는 지자체별 피해자 구원체계를 수립할 예정이다. 또한, 법제도와 조직 운영방안을 종합적으로 검토하여 홍수통제소와 시도 및 시군구의 재난상황실을 통합하는 중소하천 홍수예경보 체계를 도출할 계획이다.

마. 5세부 : 치수능력기본계획 및 운영주체 확립

홍수 피해는 국가하천이나 지방하천보다 자치단체장이 관리하는 중소하천에서 대부분 발생하고 있어 지역 협의체에 의한 관리가 무엇보다 중요하다. 그러나 행정적 단위로 구분할 경우, 하천수계별로 유역을 관리하지 않고 행정구역의 분할에 의한 관리에 국한되어 홍수를 방어하기 위한 방재시설에 대한 효율적 관리가 미흡한 것이 현실이다. 따라서 하천의 종합적이고 효율적인 관리를 위해서는 관련 지자체의 유역협의회 설립이 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 치수 관계법령과 기관에 대한 내용, 기존 대하천 유역종합치수계획상의 운영주체를 조사, 분석하여 중소하천에 대한 운영주체를 검토할 예정이다. 이러한 내용은 치수능력기본계획의 경우에도 유사하다고 볼 수 있다. 현재, 다원화되어있

는 중앙정부 차원의 홍수대책기관 간의 협의를 이끌어낼 수 있는 대표인원의 조합 등에 대한 방안을 검토할 예정이다.

3. 맺는 말

‘중소하천 홍수예경보 체계 구축’ 연구를 통해 국내 중소하천에 적합한 예경보 시스템을 구축함으로써 선제적 대응을 위한 의사결정, 예산절감, 투자우선순위 등에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다. 먼저, 국내에 적합한 중소하천 홍수예경보 시스템 구축이 선행되어야 하며 이를 이용하여 많은 국민들이 거주하는 지역에서의 침수나 범람 예상지역을 사전에 파악함으로써 재해에 대해 선제적 대응이 가능하다고 볼 수 있다. 집중호우 발생시 위험상황이 발생하기 이전에 주민대피 등 의사결정을 위한 도구로 활용이 가능할 것이며, 홍수위험지역에 대한 양상 분석을 통하여 투자 우선순위를 결정할 수 있으므로 예산절감 효과를 기대할 수 있다. 또한, 대하천에 집중된 관리와 투자를 상류하천지역에 확대·적용함으로써 소하천 피해를 감소시키는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 본다.

한편, 소하천 분야 제도개선 TF팀 운영결과 보고에 의하면 소하천은 정비법, 시설기준과 DB에 몇가지 문제점을 지니고 있다. 소하천 정비법은 근거 미비로 인하여 계획수립이 불가하고 대상지 민원처리(추진, 점용허가 등)에 대한 소하천 관리위원회 구성과 운영에 대한 근거가 불충분하다는 문제점이 있다. 시설기준 측면에서 보면 기상, 수문, 수리해석 기술 및 친환경적 소하천 정비 등의 관련 기술이 확보되지 못한 상태이며, 기상적인 측면에서 보면 30년 설계빈도 적용으로 현재 강우 특성을 반영하지 못하여 소하천 특성에 적합한 기준이 미비한 것으로 볼 수 있다. DB 측면에서 보면 자료의 표준화가 정립되지 않은 상태로 수집이나 관리에 어려움이 있고, 주기적인 자료의 보완과 관리체계가 체계적으로 마련되지 않아 예방사업 우선순위 결정 등에 활용할 수 있는 소하천에 대한 각종 DB가 부족한 실정이다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 연구기간 내에 소하천 DB를 구축하고 체계적으로 관리함으로써, 본 연구과제에서만 아니라 유관기관에서 warehouse 개념으로 이용가능하고 수자원분야에 매우 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 🌀

감사의 글

본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술사업단의 「중소하천 홍수예경보 체계구축」의 지원에 의해 수행되었습니다.