



기후변화에 대비한 차세대 홍수방어기술



한 건 연

차세대홍수방어기술개발연구단장, 경북대학교 교수

E-Mail : kshanj@knu.ac.kr

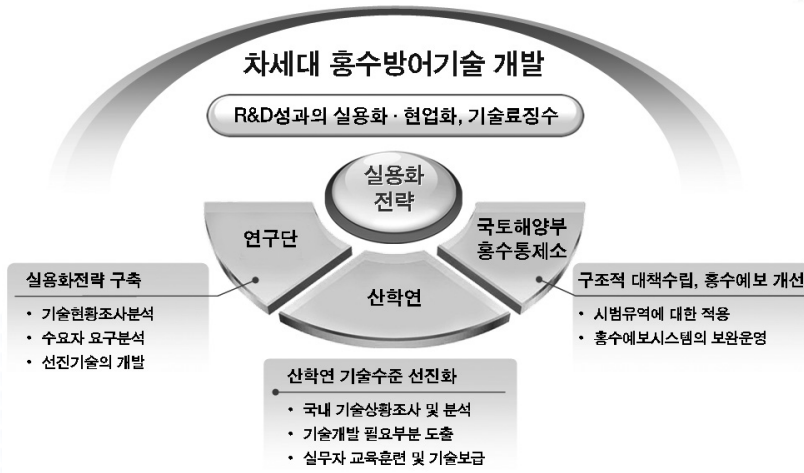
| 서론 |

최근에 들어 지구환경의 변화에 따른 이상기후의 영향으로 태풍 및 집중호우로 인한 하천범람 등 홍수재해에 의한 인명과 재산의 피해가 급증하고 있다. 특히 한반도 지역에서는 집중호우와 태풍과 같은 이상강우로 인한 홍수피해의 발생이 매년 나타나고 있으며 홍수피해의 빈도와 강도는 증가하고 있다. 홍수의 위험도가 증가되고 있는 상황에서 홍수에 대한 취약성을 줄여 나감으로써 홍수재해를 대비하고 이로 인한 피해를 감소시킬 수 있다. 실질적인 홍수피해를 줄이기 위해서는 하도 정비 및 개수, 홍수 조절지 및 유수지 계획 등의 구조적 대책뿐만 아니라 미래에 발생할 홍수를 사전에 예측하고 홍수정보를 수집·분석하여 신속하게 전달할 수 있는 체계적인 홍수정보 시스템을 개발하는 비구조적 대책의 수립이 절실히 필요하다.

차세대 홍수방어기술은 현재 빈번하게 발생하고 있는 홍수로 인해 발생하는 인명피해, 재산피해를 최소화함으로써 21세기에 맞도록 홍수재해를 방어할 수 있는 기술을 확보하는 것을 의미한다. 따라서, 차세대 홍수 방어는 국민의 생명과 재산 피해를 줄이고 삶의 질 향상을 위해 국가 차원에서 전략적으로 추진해야 한다.

지구환경변화로 인한 홍수 빈도 및 강도가 증가하는 현실에서 홍수재해를 불가피한 자연현상으로 인식하고 발생피해에 대하여 복구하던 소극적인 자세에서 탈피하여 과학적·공학적 접근으로 대응기술 개발을 통한 적극적인 홍수 방어체계를 구축해야하나, 재해예방 및 저감기술 구축을 위한 요소기술과 관련한 우리나라의 수준은 선진국에 비해 낙후되어 있다. 또한, 태풍의 규모와 강도의 증가(슈퍼 태풍화) 및 우리나라에서 나타나는 국지성 집중호우의 강도 및 빈도 증가 경향에 대비하기 위해 홍수관련 대응, 방어 및 관리 기술의 개선과 적용이 시급하다 하겠다.

이러한 사회적 요구에 대응하기 위해 출범한 차세대홍수방어기술개발연구단은 국내 홍수방어분야 산·학·연 최고의 전문가들로 연구진이 구성되어 홍수방어시스템의 재구축(Rebuilding the System), 홍수위험도의 저감(Reducing the Risk), 홍수와 더불어 사는 사회(Ready for Flood)를 기본 추진방향으로 하는 3R전략으로 홍수재해로부터 안전한 대한민국(FloodSAFE Korea)을 건설하려는 비전을 제시하고 있다. 또한, 유역홍수대응 기술의 효율적인 활용을 위해 실용화를 전제로 추진중이며 국내기관 및 산업체의 기존성과를 수집하고 외국사례를 벤치마킹하여 국내유역에 적합한 실용기술 확보에 중점을 두고 있다.



〈그림 1〉 연구결과의 실용화 및 사업화

| 차세대 홍수방어기술 개발 |

홍수 재해로부터 안전한 국토를 건설함으로써 국민의 삶의 질을 향상시키고, 연구 성과의 실용화 및 현업화, 중앙 정부 및 지방 자치 단체 등 홍수관련 기관과의 업무 연계 및 효율성을 증대시키는 것이 차세대홍수방어기술개발 연구의 최종목표이다. 또한, 현재까지 진행 되어온 연구들을 더 발전시키고 이후에 이루어질 관련 분야 연구에 적용 및 활용을 통해 새로운 산업을 창출할 것이다.

최근 기후변화에 따라 우리나라에서도 홍수재해 규모가 대형화되며, 발생빈도도 급증하는 추세이나 이에 대한 정부의 대책은 복구위주로 나타나 근본적인 대처방안이 미흡한 상황이다. 차세대홍수방어기술개발로 세계 최고를 자랑하는 IT기반위에 최고 수준의 수치 예·경보 기술을 향상시켜 유역단위의 통합홍수방어 및 관리기술을 선진국 수준으로 확보할 방안이다. 또한, 이 기술들을 한국 지형과 기후에 적용하고자 한다. 이 일련의 과정을 통해 국가 경제발전 및 성장촉진에 기여하고 국가의 신인도를 향상시키고, 재해에 강한 국토의 건설로 국민의 쾌적한 삶의 기반을 마련하게 될 것으로 판단된다.

| 주요연구내용 |

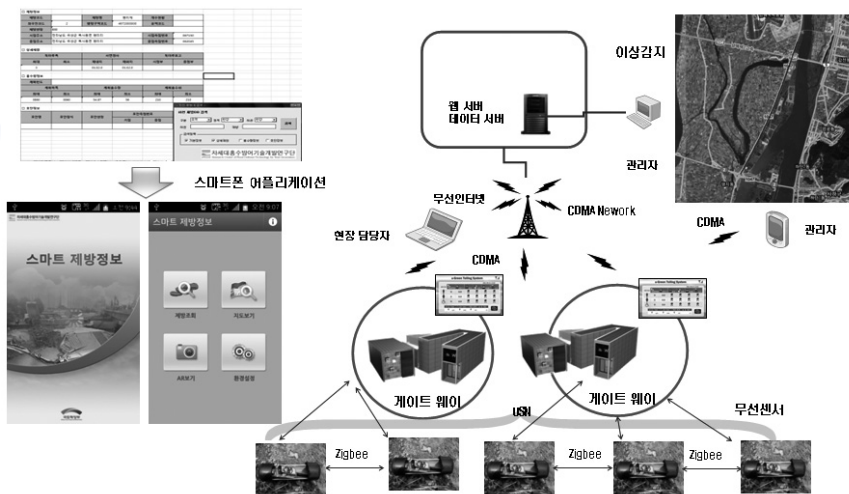
• 홍수조사 선진화 및 모니터링 기술

우리나라 홍수 및 기상재해의 70%이상이 강수에 의한 재해이며, 이를 최소화하기 위해서는 기상, 수문, 하천정보의 선진화는 매우 중요하다. 수문조사 선진화 기술은 수문기상자료 및 레이더자료의 고급화 기술과 4대강 사업 등에 대비하여 기존 수문관측체계망의 최적화 기술을 개발하고, 국내 주요 하천 및 도시유역에서 적용되고 있는 수문관측시설의 평가 및 관리 기술을 개발하는 것이다. 하천조사 선진화 기술은 기존의 하천기본계획 수립시 기존방법에 의한 하천중형단 측량을 시행하였으나, Lidar 및 고해상 영상을 합성한 제방선 조사를 실시하고, Sona 등 첨단기기를 활용한 수면하 하천지형자료 조사방

차세대홍수방어기술개발연구단



법을 구축하여 하천 동적변화 자료를 기존의 RIMGIS 시스템과 연계하여 보완 구축하고, 4대강 사업 후에 하상변동 등을 고려한 하천유지관리기술을 개발하는 것이다. 치수 시설물 안전 모니터링 기술을 위해서는 제방 안전모니터링 요소 분석 및 도출을 시행하고 제방 제원 및 관리정보의 DB를 구축하며 보(수문) 안전모니터링 요소를 분석, 도출하고자 한다. 홍수피해 실시간 모니터링을 위해서 홍수피해 모니터링 통신망을 조사하고, 유선망 두절 시 대체 가능한 유무선 연동 통신 구축안을 설계하며 홍수피해 표출 콘텐츠와 LBS환경의 홍수피해 모니터링 사례 조사 및 표준모형을 제시하고자 한다.



〈그림 2〉 치수시설물 안전 모니터링 기술

• 치수능력 증대기술

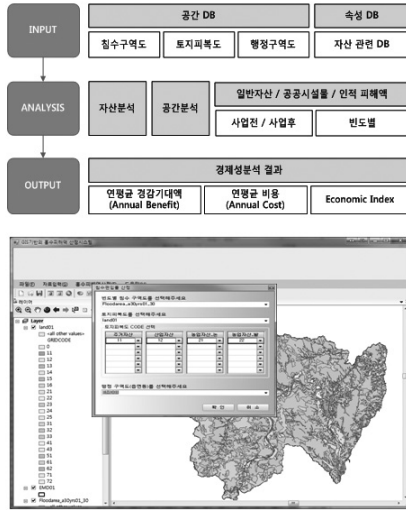
지금까지의 치수계획은 유역에서 발생하는 홍수량을 하천을 통해 신속하게 배제하는 것을 위주로 수립되어, 하도와 제방에 과도한 부담을 유발함으로써 하천의 하류지역 또는 홍수피해에 취약한 특성을 지닌 지역에 피해를 가중시키는 부작용을 가져왔다. 이에 '면' 개념 치수대책을 포함한 유역종합치수계획이 수립되고 있는바 이는 하도의 부담을 줄이고, 유역 면적 내에서부터 홍수량을 분담하는 홍수대응 방안이다.

치수능력 증대를 위해 우선 유역 수리·수문량 산정을 표준화하고 유역대응 다변화 치수경제 분석 평가를 통해 치수경제 분석기법 및 지침서를 개발할 것이다.

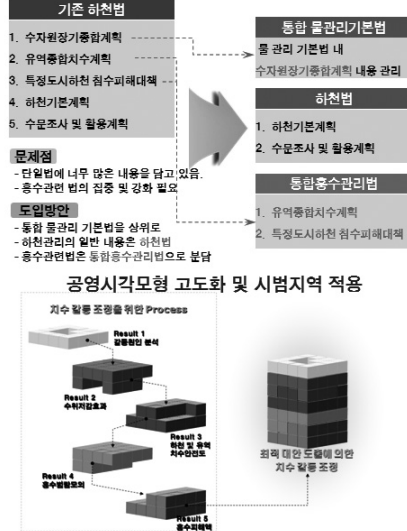
현재 홍수 방어를 위해 친환경적이면서 치수 안정성을 확보할 수 있는 대안이 필요한 시점이다. 이러한 요구에 부합하는 홍수구조물 중 하나가 강변저류지이다. 구조적 홍수대책으로 강변저류지의 홍수저감효과를 평가하여 관리 지침서를 개발하고 수퍼제방 및 방수로 설계를 위한 첨단 기술을 개발할 것이다. 도시 배수시설 설계 선진화 기술을 위해서는 도시 우수 배수 시스템의 이론 및 실험적 근거를 제시하여 우수관거 시설의 설계기준 및 관리지침서를 개발하고, 대도시 지역에 적용 가능한 복합유역 유출 해석 모형을 개발하여 도시배수 시스템의 통수능력을 평가함으로써 도시 홍수재해 저감을 위한 우수관망 시스템 최적 설계 기술 및 우수관망 시스템의 개량화 기법을 제시하고자 한다.



MD-FDA 기반 홍수피해액 산정 시스템



통합홍수관리법(안) 및 체계 제안



〈그림 3〉 치수경제성 평가 및 법 제도 개선방안

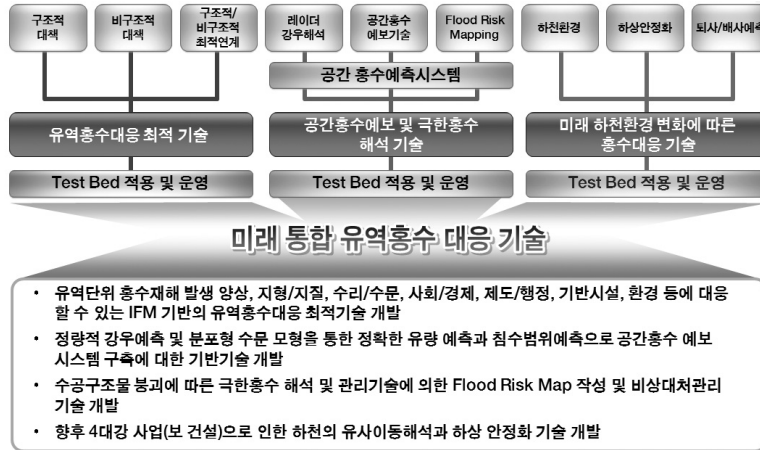
• 유역통합 홍수대응 기술

홍수의 위험도가 증가되고 있는 현재와 같은 상황에서는 홍수에 대한 취약성을 줄여 나감으로써 홍수 재해를 대비하고 이로 인한 피해를 감소시킬 수 있다. 특히 홍수피해는 지역적 특성이 강하므로 유역단위의 범공간적으로 검토되어야 한다. 이처럼, 유역단위의 홍수대응을 위해 최적 치수안전도 설정기술 및 유역단위 치수계획 평가기술을 개발하고 지구/시설별 치수 안전도 평가 및 설정 기술, 비구조적 홍수대책에 대한 대응능력을 제고 및 평가 할 수 있는 기술을 개발하여 구조적/비구조적 대책의 연계에 적용함으로써 유역단위의 홍수에 대응할 수 있는 최적화된 기술을 개발하고자 한다.

홍수에보의 정확도 향상을 위해서 강우레이더 자료에 의한 정량적 강우산정 기술과 편파 강우레이더를 활용한 활용한 단시간 강우예보 기술(QPF, QPE, QFF 산정)을 개발한다. 레이더 강우와 단기예보의 홍수에보 활용기술을 확립하고 유역 공간홍수 예보를 위해서 국내유역에 적합한 분포형 모형을 구축하며, 공간홍수에보를 위한 하천범람 예측 기술과 내수 및 외수를 고려한 통합 침수해석모형을 개발하고자 한다. 또한 수공구조물 붕괴 등에 대한 극한홍수 전파를 모의할 수 있는 상용화된 수치모형 개발하고, 수리모형실험을 통하여 수공구조물 붕괴에 의한 극한홍수파의 수리학적 특성에 대한 신뢰성과 정확성 향상을 통해 극한홍수 해석 및 관리 기술에 의한 Flood Risk Map 작성 기술을 개발하고, 극한홍수에 대비한 비상대처관리시스템을 개발하여 운영하고자 한다.

하천 및 국토환경 변화에 적극 대처하기 위해 홍수시 하안의 침식 및 호안파손방지 및 비경제적인 하천준설 저감, 저수로 법선형의 수정 및 유로 고정 효과의 효과를 가진 친환경적인 하천 구조물인 수제 설계 기술을 향상시키고, 장래 하상변동을 예측함으로써 및 안정하도의 유지 방안을 제시할 것이다.

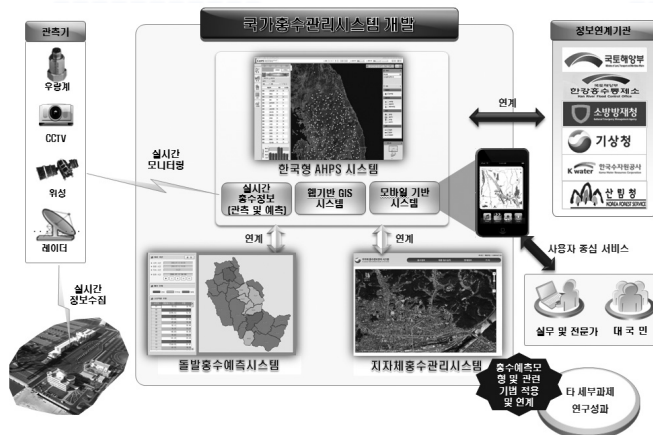
차세대홍수방어기술개발연구단



〈그림 4〉 유역통합 홍수대응 기술

• 국가 홍수관리시스템 구축 기술

국가홍수관리시스템 구축기술에서는 기후변화 등에 대비하여 차세대 홍수관리에 필요한 K-AHPS (Advanced Hydrologic Prediction System) 구축, K-FFG(Flash Flood Guidance) 구축, 지자체 홍수정보관리시스템 구축을 목표로 하고 있다. K-AHPS 에서는 기상 및 유역 분석정보 표출과 이에 대한 실시간 구동을 실현한다. 하천홍수 및 침수위험 정보를 표출하고 실시간 구동을 실현함으로써 강우 → 유역유출 → 하천홍수 → 침수, 범람 등의 정보를 제공할 수 있는 한국형 AHPS 시스템을 구축하고 이를 시범운영한다. K-FFG에서는 실시간 기상정보 활용한 도시 및 산악지역에서의 돌발홍수 해석모형을 적용하고 선행시간별 돌발홍수 위험도를 표출하는 시스템을 개발함으로써 한국형 FFG 시스템을 구축하고 시범운영하고자 한다. 지자체 홍수정보관리시스템 구축에서는 홍수발생시 홍수방재업무 및 대민지원 시스템을 구축하고, 홍수상황 및 홍수피해를 연계한 통합 모니터링 체계를 확립한다. 지자체별로 적용이 가능하도록 구성된 지자체 홍수정보시스템 Prototype을 구축한다.



〈그림 5〉 국가 홍수관리시스템 구축 기술



| 예상성과물 및 활용방안 |

• 홍수조사 선진화 및 모니터링 기술

수문조사 선진화 기술을 통해서 강우레이더 자료의 수문학적 QA/QC(품질관리) 지침, 첨단 수문관측 자료 조사 결과 및 적용성 분석 결과, 국가 최적수문관측망 및 기존 관측망 평가 결과 및 수문관측시설 설치 및 운영 기준이 제시될 수 있을 것이다. 또한, 하천조사 선진화 기술에서는 제방선 추출 기술, 수면하 하천지형 DB구축 기술, 하천지형변화에 대한 운영지침서와 매뉴얼, 하천유지관리지침 등이 제시되고 이를 기존의 RIMGIS와 연계할 것이다. 치수시설물 안전모니터링 기술에서는 제방 및 관리정보 DB구축, 제방, 보(수문) 안전 모니터링 운영방안 및 홍수위험경보기술 및 붕괴대비 대처 기술이 제시될 수 있을 것이다. 홍수피해 실시간 모니터링 기술에서는 고정식 홍수피해 영상 취득 장비를 활용하고 LBS 기반의 이동식 홍수피해 영상 조사 응용프로그램을 개발하며 홍수피해 영상 취득 원격조정 시스템 및 홍수피해표출 콘텐츠를 개발할 계획이다.

• 치수능력증대기술

유역단위의 맞춤형 치수계획 수립시에 유역 수리·수문량 산정 표준화 기술과 유역대응 다변화 치수 경제 분석 평가 기술은 객관적인 유역 수문량 설계기준으로 이상홍수 또는 극한홍수에 대한 대응능력을 확보할 수 있을 뿐만 아니라, 이에 따른 홍수피해를 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

강변저류지, 수퍼제방 및 방수로와 같은 국내 연구가 미진한 부분에 대한 첨단설계 연구를 통하여 이상홍수에 유연하게 대처할 수 있을 것이며, 하천시설물의 인증 표준화 기술과 농업용 저수지의 홍수대응능력 확보 기술을 개발하여 기존 구조물을 활용한 홍수대응책 마련을 꾀할 수 있을 것이다. 또한 도시 배수시설 설계 선진화를 위해서 도시 우수 관거 시설의 설계 및 관리지침서를 개발하고, 복합유역 유출해석 모형을 상용화하며 내수침수 저감을 위한 우수관망 최적설계 기법을 제시할 것이다.

• 유역통합 홍수대응 기술

유역 홍수에 대응하기 위한 최적기술의 하나로 홍수위험도 평가기술 개발을 통해 홍수저류공간에 대한 평가 및 성능향상 기술개발과 유역단위의 치수안전도 평가 및 치수계획의 표준화 기술을 개발할 것이다. 또한 홍수시설물에 대한 극한홍수 대응능력의 평가기술을 발전시켜, 구조적/비구조적 대책에 대한 최적연계기술을 개발할 것이다. 공간홍수예보 및 극한홍수해석 기술 개발을 통해서 QPE/QPF/QFF 산정 기법과 국내유역에 적합한 분포형 모형과 하천범람예측/통합침수 모형을 제시할 것이다. 수공구조물 붕괴에 의한 극한홍수 관리기술과 관련하여, 하천에 대한 고정확도 수치모형과 해일에 대한 고정확도 수치모형을 개발·상용화 하고, 수공구조물에 대한 수리실험을 통해 붕괴 홍수파 전달에 대한 자료를 축적하고자 한다. 또한, Flood Risk Mapping 기술과 관련하여 홍수위험도, 취약도, 노출도 지수에 대한 지역별 홍수위험지도 DB를 구축할 것이다.

미래 하천환경 변화에 따른 홍수대응 기술의 결과물로서 유역토사해석 기법 개발과 하상안정화를 위한 기술지침서, 퇴사량/배사량 예측기술, 하상변동 모니터링 지침서 및 하상변동예측 다차원모형이 개발되어 활용될 수 있을 것이다.

차세대홍수방어기술개발연구단

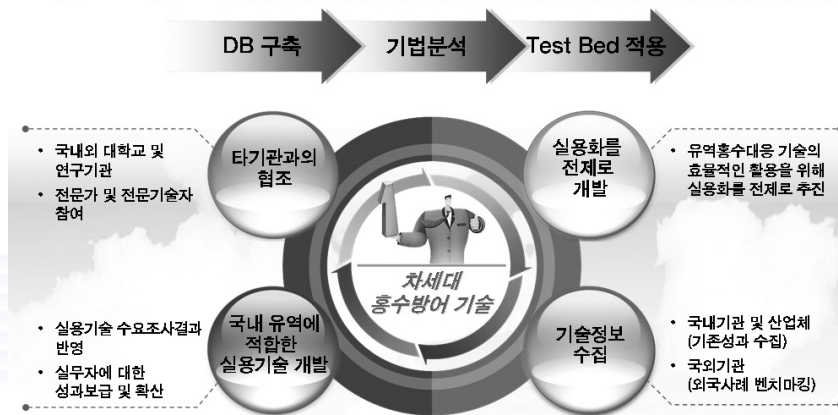


• 국가 홍수관리시스템 개발

K-AHPS 구축을 통해서 이상기후에 의한 홍수 상황의 실시간 감시 및 예측시스템을 개발함으로써 홍수 및 수자원 관련정보의 체계적이고 신뢰성 높은 정보를 제공할 수 있는 시스템이 운용될 있을 것이다. K-FFG 구축을 통해서 국내 지형 및 기상조건에 적합한 산악지역, 도시지역 등에 활용가능한 돌발 홍수예보 시스템을 개발하여 운용할 것이다. 지자체 홍수정보 관리시스템 구축을 통해서 지자체 홍수정보관리 시스템의 표준을 개발하여 보급가능할 것으로 기대된다.

• Test Bed의 적용

Test Bed의 적용은 차세대 홍수연구단의 연구성과를 집약적으로 적용하여 연구성과의 검보정 및 확산을 목표로 하는데, Test Bed 설치시 고려사항으로서는 Test Bed 설치에 따른 연구성과의 확산이 인정되는 지역, 최근 국책사업으로 하천 및 유역 홍수시스템의 체계화가 필요한 지역, 연구성과 검보정이 효과적으로 이루어질 수 있는 지역, 실제 구조적/비구조적 대책의 적용성을 확인할 수 있는 지역, 강우자료, 레이더자료, 지형도, 토양도, 토지이용도, GIS자료, 수위-유량자료 등의 Data Base 구축이 가능한 지역 등이 고려사항이다.



〈그림 6〉 Test Bed의 적용

5. 결론

홍수재해에 대한 종합적인 방재체계의 수립은 구조적인 대책과 비구조적인 대책이 조화롭게 융합될 경우에만 그 효과가 뚜렷이 나타날 수 있다. 21세기의 기후, 국토, 사회 환경 변화에 대비하기 위해서는 통합 개념에 의한 홍수방어계획이 수립되어야 하며 그 효율성을 증대시키기 위해 기존의 한계가 있었던 요소 연구들을 발전시키고 첨단기술과의 접목을 통해 독창적인 한국형 기술을 보유하여야 한다. 이를 위한 차세대홍수방어기술개발 연구만의 차별화된 연구전략은 다음과 같다.

- 1) 레이더를 활용한 공간홍수예보 실시 : 기후변화에 의해서 단시간 강우량이 집중하고 있는 상황에서 이 중편파레이더/인공위성 등에 의한 기상 및 홍수 정보를 유익하게 활용하고 공간홍수예보를 시행하여야 하고, 관련 기관에서는 각종 홍수정보를 이용하여 주민의 안전을 도모하는 정책수립을 제안할 것이다.



- 2) 대상지구별 치수계획의 차별화 : 홍수에 의한 피해는 매우 다양하게 나타나는데, 차세대홍수방어기술 개발을 통해 산지하천과 도시하천, 일반하천 등에 대한 치수계획의 수립과정이 차별화될 것이다.
- 3) 하천제방관리의 철저 : 제방 높이의 측량이나 제방 상태 조사 등 좀 더 치밀한 관리가 필요하며 이상이 발견되면, 긴급대책을 강구하는 것이 중요하다. 본 연구를 통하여 제방인증제도(levee certification)를 정착하도록 하고, 실제유역 적용을 통해서 검증이 이루어 질 것이다.
- 4) 홍수 모니터링 시스템의 정비 : 홍수위험지구에서 수위 관측, 신속한 주민 보고 등을 통해서 홍수 현상을 모니터링 하는 시스템의 정비가 바람직하다. 이를 위해서 제방 등 치수시설물 안전모니터링 기술과 홍수피해 실시간 모니터링 기술의 개발 및 이의 현업화를 실현할 것이다.
- 5) 홍수위험지도의 적극적인 개발 및 보급 : 국내 실정에 맞는 하천유역 및 도시지역(지하공간)에 대한 Flood Risk Map을 작성하고 GIS와 연계한 DB구축을 통해 하천유역 및 도시지역에서의 홍수보험제도와의 연계·통합할 것이다.
- 6) 각종 수방기준의 개정 및 표준화 : 최근 증대되고 있는 홍수재해에 대한 대비를 위해서는 치수 및 방재에 대한 각종 수방기준을 변화하는 지구환경조건에 적합하도록 변경할 필요가 있다. 사회·경제적인 변동추세에 발맞추고 치수계획에 대한 국민의 여론을 수렴하여 새로운 수방기준을 정립함으로써 각종기준을 보완, 개정하고 이를 실무에 적극적으로 도입 및 활용토록 할 계획이다.
- 7) 국가 통합 홍수재해관리시스템 구축 : 홍수재해 방어를 위해 필요한 기반기술을 기상, 유역, 하천, 침수 등으로 구분하고, 이에 대한 요소기술 개발, 연계기술 개발, 실시간 통합운영을 통해서 K-AHPS, K-FFG 등을 개발한다. 이를 통해서 홍수재해 경감을 위하여 침수위험도 분석을 위한 요소기술 개발을 통해 대상지역의 특성을 반영한 지구단위별 홍수계획 수립의 가이드라인 작성 및 지역별 치수안전도를 확보할 방침이다.

본 차세대홍수방어기술개발 연구를 통하여 개발되는 기술은 국토해양부, 홍수통제소, 수자원공사 및 지방자치단체의 홍수재해 경감 프로그램으로 활용될 것으로 판단된다. 홍수재해에 대한 종합적인 방재 체계의 수립은 통합홍수방어(IFM : Integrated Flood Management)의 개념을 도입하여 구조적인 대책과 비구조적인 대책이 조화롭게 융합될 경우에만 그 효과가 뚜렷이 나타날 수 있다. 21세기의 기후, 국토, 사회 환경 변화에 대비하기 위해서는 통합 개념에 의한 홍수방어계획이 수립되어야 하며 그 효율성을 증대시키기 위해 기존의 한계가 있었던 요소 연구들을 발전시키고 IT/ST 와의 접목을 통해 독창적인 한국형 기술을 보유하여야 할 것으로 판단된다. 국가적인 홍수방어 및 방재대책의 수립은 국민의 생명과 재산을 지키고자 하는 국가안전을 위한 사업임에도 불구하고 재정적, 행정적인 지원 및 배려가 충분하지 못한 것도 부정할 수 없는 현실이다. 하천법, 자연재해대책법 등 관련 법률에 명기되어 있는 대로 국가는 국민의 생명과 재산을 보호해야 하는 책임을 지니고 있으므로 홍수방어와 치수방재사업을 최우선 중요정책의 하나로 우선적으로 추진·실행해 나가야만 전지구적 기후변화에 올바르게 대처할 수 있을 것으로 사료된다.