

극한홍수 대비 비상대처시스템 구축에 관한 연구

The Study on Development of Emergency Action System against Extreme Flood.

전제복*, 이혜진**, 김지호***, 이상만****
Jej Bok Jeon, Hye Jin Lee, Ji Ho Kim, Sang Man Lee

요 지

최근 전 세계적인 기후변화로 인하여 홍수·해일·지진 등의 자연재해가 거대해지고 빈번하게 발생되고 있다. 이러한 점차 대형화되고 다양화되는 자연재해발생시 국민의 생명과 재산 피해를 최소화하기 위한 다양한 방안이 수립되고 있으며, 특히 풍수해에 대비하기 위한 방안으로써 비상대처계획(Emergency Action Plan, 이하 EAP)수립, 홍수위험지도 및 비상대피지도 등 재해지도 제작, 홍수재해관리시스템 개발 등이 이루어지고 있다.

특히 EAP는 이러한 점차 대형화되고 다양화되는 자연재해에 대비하기 위한 방안으로써, 재해 발생시 국민의 생명과 재산 피해를 최소화하기 위해 시설물·지역의 관리주체 및 유관기관이 발생 가능한 비상상황을 미리 예측하고 대응조치를 신속하고 효율적으로 집행할 수 있도록 구성되어 있으며, 이를 시스템화 한 것이 비상대처시스템(Emergency Action System, 이하 EAS)이라 할 수 있다.

현재 우리나라를 비롯하여 미국, 유럽, 일본 등 선진국을 중심으로 댐·저수지 붕괴에 대비한 EAP 수립을 의무화하고 그 대상 범위를 확장하는 단계에 있으며, 홍수위험지도 및 비상대피지도 제작 등에 있어서 일부 선진국의 경우 다양한 시나리오와 시민의 복합적인 요구를 반영하는 시도를 진행 중에 있다. 또한 일부 선진국의 경우 비상대처계획을 반영한 홍수재해통합관리시스템 구축이 진행중에 있으며, 일본의 경우 첨단기술의 접목을 통해 시민의 대피 시뮬레이션 모델을 개발하는 단계에 이르고 있다.

따라서 본 연구에서는 풍수해에 대비해 수립된 국내·외 EAP, 재해관련 지도, 홍수재해관리시스템 등에 대한 사례조사를 통하여 통합적인 비상대처 및 관리가 가능한 표준화된 EAS 모델의 정립 방향을 모색하고자 한다.

핵심용어 : 비상대처계획, EAP, 비상대처시스템, EAS

1. 서 론

아래의 그림 1과 같이 국내의 경우 최근 10년간(1998~2007년) 태풍, 호우 등 풍수해에 관련된

* 정회원 · 동부엔지니어링 수자원환경부 대리 · E-mail : jbjeon@dbeng.co.kr
** 정회원 · 동부엔지니어링 수자원환경부 과장 · E-mail : lhjin@dbeng.co.kr
*** 정회원 · 동부엔지니어링 수자원환경부 부장 · E-mail : civilplus@dbeng.co.kr
**** 정회원 · 동부엔지니어링 수자원환경부 상무 · E-mail : yisman@dbeng.co.kr

재난이 전체 자연재난의 80% 이상을 차지하고 있으며 그 규모 또한 점차 대형화되고 다양화됨에 따라 이에 대비하기 위한 많은 연구개발이 진행중에 있다.

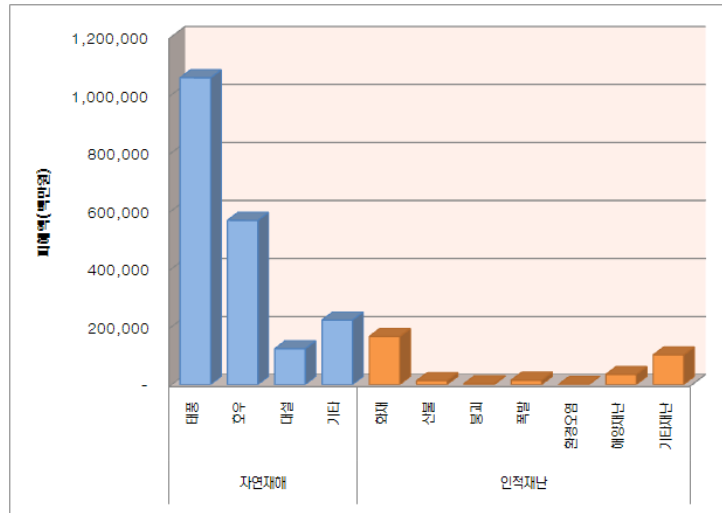


그림 1. 10년간 재산피해액(1998 ~ 2007년)

국토해양부 산하 도시홍수재해관리기술연구사업단(2003 ~ 2008년)은 도시홍수 경보·대피방안, 홍수보험·도시계획간 연계방안 등에 대한 연구개발을 진행하였으며, 소방방재청 산하 자연재해저감기술개발사업단(1998 ~ 현재)은 돌발홍수 예보체계 구축, 웹기반 미래형 내배수 침수방어 시스템 구축 등의 연구를 수행하고 있다. 또한 국토해양부에서 수행중인 유역종합치수계획에서는 유역중심의 치수대책수립, 이상홍수에 대비한 비구조적인 홍수대책 활성화를 진행하고 있다.

EAP에 대한 법적근거는 국내의 경우, 재난 및 안전관리 기본법 상에서 모든 재난에 대한 관리를 규정하고 있으며 국토해양부, 소방방재청, 중앙재난안전대책본부 등 관련부처에 의해 각종 재난에 대한 EAP의 기초작업들이 수행되어 오고 있다. 또한 국외의 경우 역시 댐 붕괴에 대비한 비상대처계획 수립이 주를 이루고 있지만, 가까운 일본의 경우 하천제방 붕괴에 대한 비상대처 훈련을 수행하고 있는 것으로 조사되었다.

국내에서 제작되는 풍수해 관련 지도는 자연재해대책법 제21조에 근거하는 침수흔적도, 침수예상도, 재해정보지도 등의 재해지도와 하천법 제21조에 근거하는 홍수위험지도가 있으며, 국외의 경우 미국, 일본, 유럽 등의 선진국을 중심으로 다양한 목적의 홍수위험지도가 제작 및 관리되고 있다.

이러한 GIS와 연계된 시스템의 경우 국내외에서 다양한 개발이 진행되고 있으나, 국내의 경우는 초기단계이며, 국외의 경우 기본단계 또는 적용성 검증단계라 할 수 있다.

본 연구는 국토해양부(2008 ~ 2013년)의 차세대 홍수방어기술개발사업 중 미래 통합 유역홍수 대응기술 과제 중 세부과제인 극한홍수에 대비한 비상대처시스템 개발에 대한 것으로써 총 5차년도 연구 중 현재 1차년도 연구이며, 국내·외 기술현황 조사를 통해 비상대처시스템(EAS)의 구현 방향을 모색하고자 하였다.

2. 국내의 EAP 수립 현황

풍수해의 경우 표 1에서 보는 바와 같이 하천법(15조 2항), 자연재해대책법(37조), 농어촌정비법(20조)를

통해 댐·저수지 등의 시설물에 대한 비상대처계획 수립이 의무화되어 있으며 지자체별로 해일, 하천범람, 호우, 태풍 등에 대비한 EAP를 수립하고 있으나 체계적인 대응까지는 이르지 못한 실정이며 표 2는 미국, 일본, 유럽 등 국외 EAP 수립현황을 나타낸다.

표 1. 국내의 현행법상 EAP 수립대상

구분	EAP 수립 대상	비고
자연재해 대책법	·여객터미널·철도시설·가스공급시설 등 내진설계대상 시설물 또는 지역	
	·해일, 하천범람, 호우, 태풍 등으로 피해가 우려되는 시설물 또는 지역	
	·다목적 댐, 발전용댐, 붕괴위험이 있는 저수지 등	
하천법	·자연재해위험지구 중 비상대처계획 수립이 필요하다고 지역본부장이 인정한 지역	
하천법	·대통령으로 정하는 하천 시설(다목적댐, 발전용댐 등) 설치자	
농어촌 정비법	·총 저수용량 100만 톤 이상의 저수지	
	·「방조제관리법」 제2조제3항에 따른 포용조수량 3천만 톤 이상의 방조제	

표 2. 국외 EAP 수립 현황

미국	일본	유럽
<ul style="list-style-type: none"> ·FEMA(Federal Emergency Management Agency) 관리 ·댐 안전을 위한 연방지침서를 통한 댐 운영계획, 안전점검 등을 실시 ·댐 안전계획법을 통한 비상대처계획 수립 의무화 	<ul style="list-style-type: none"> ·비상대처계획의 수립이 법제화 되어 있지는 않음 ·하천제방 붕괴에 대비한 홍수 범람예상지도를 작성하여 일반주민에게 보급하고 모의 훈련 실시하도록 하고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ·댐 붕괴 해석 및 비상대처계획 수립을 법으로 의무화 ·자연재해로 인한 재난발생시 신속한 대처를 위해 비상대처계획이 반영된 시스템 구축 및 활용

3. 국내의 재해지도 구축현황

표 3은 국내 재해관련 지도 현황을 나타내며, 표 4는 국외의 경우를 나타낸다.

표 3. 국내 재해관련 지도 현황

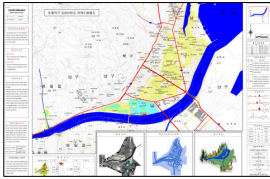
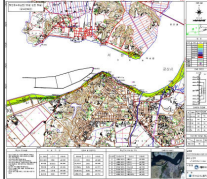

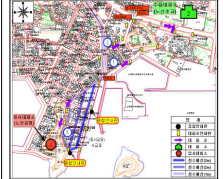
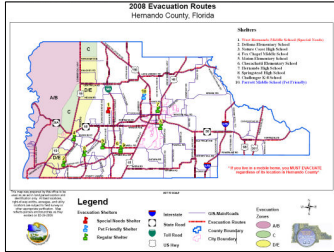
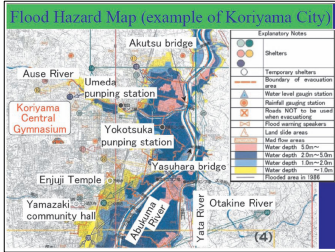
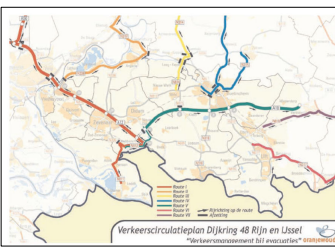
구분	홍수위험지도	침수예상도		침수흔적도	재해정보지도
		홍수범람예상도	해안침수예상도		
목적	·방재대책 수립 및 재해정보지도 작성	·자연재해를 경감하고 신속한 주민대피 등의 조치를 취하기 위함			
법령	·하천법 제21조	·자연재해대책법 제21조			
기관	·국토해양부	홍수위험지도와 특성상 동일	·국토해양부	·지방자치단체	·지방자치단체
작성방법	·홍수범람 모의를 통하여 범람구역 설정		·폭풍해일 수치모델링을 통해 지도 작성	·과거의 침수 발생 흔적을 조사하여 지도 상에 표시	·방재 정보/교육/대피지도 작성
작성현황	·낙동강 등 865km 작성(2002~)		·6개시군 시범 작성(2006~)	·735개 지구 작성	·886개 지구 작성
지도					

표 4. 국가별 재해지도 제작 및 활용현황

구분	미국	일본	유럽
개요	<ul style="list-style-type: none"> 국가홍수보험프로그램(NFIP)의 일환으로 홍수위험지도 작성 	<ul style="list-style-type: none"> 침수상정구역도와 방재정보를 포함한 홍수재해지도로 구분 	<ul style="list-style-type: none"> 사전홍수위험도평가에 따른 홍수위험지도 작성
법적근거	<ul style="list-style-type: none"> National Flood Insurance Act(1968)에 의해 시행 Flood Disaster Protection Act(1973)에 의해 구체화 	<ul style="list-style-type: none"> 수방법 규정에 따른 침수상정구역 제도 실시 수방법 및 수방법 시행규칙(2001년) 	<ul style="list-style-type: none"> EU홍수방어지침(EU Flood Directive, 2007)에 의해 운영
지도종류	<ul style="list-style-type: none"> 홍수위험지도, 홍수보험요율도 	<ul style="list-style-type: none"> 침수상정구역도 	<ul style="list-style-type: none"> 홍수위험지도
활용사례	<ul style="list-style-type: none"> 홍수터관리 기초자료 홍수보험제도상의 요율산정의 기초자료 	<ul style="list-style-type: none"> 피난, 방재 등 홍수재해지도의 작성시 활용 치수경제성조사에 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 토지이용계획수립 방재활동

또한, 미국, 일본, 유럽 등에서는 비상시 대피로, 대피소 등의 방재정보를 제공하는 비상대피지도를 제작 및 활용하고 있으며 국가별 사례는 표 5와 같다.

표 5. 국가별 비상대피지도 제작 및 활용사례

국가	미국	일본	네덜란드
대피지도			
특징	<ul style="list-style-type: none"> 미국 Florida의 대피지도 대피로 및 대피소 정보 제공 일반대피소/특수 대피소 정보 특수대피소(special needs shelter)의 경우 노약자, 어린이, 애완동물 등의 이용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 일본 Koriyama시 대피지도 대피소 정보(단기/장기구분), 대피지역 경계, 경보 스피커 위치, 통제도로정보 등 제시 홍수시 예상침수심/ 최근 침수 흔적 정보 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 네덜란드 해안 간척지 대피지도 비상시 일방향 전환 도로(one-way converted road)를 포함하는 대피로 정보 제공 모든 사람들이 이해하기 쉽도록 제작

4. 국내의 홍수재해관련 시스템 현황

홍수재해와 관련하여 국내외에서 다양한 GIS와 연계된 시스템 개발이 진행되고 있으며, 이와 같은 국내의 홍수재해관련 시스템의 사례 및 그 특징은 다음의 표 6과 같다.

표 6. 국가별 홍수재해관련 시스템 사례

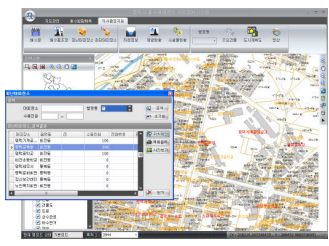
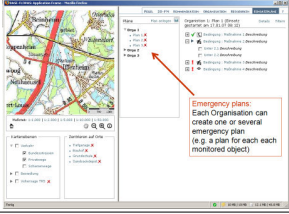
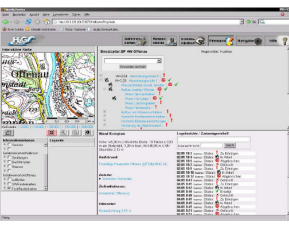
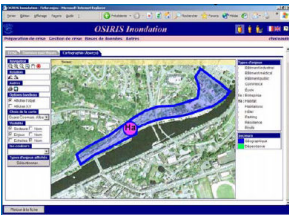
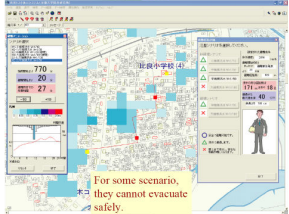
국가	시스템	시스템 GUI	내용
국내	홍수재해관리시스템 (평택시)		<ul style="list-style-type: none"> GIS 기반의 관리시스템 실시간 수문모니터링 유출분석을 통한 수위 예측 빈도/과제지역별 홍수범람 예측 제방, 펌프장 등 하천시설물 방재정보 제공 최단 피난대피 경로 및 대피소 조회 가능 침수영역 공간분석 기능 제공

표 6. 국가별 홍수재해관련 시스템 사례(계속)

국가	시스템	시스템 GUI	내용
유럽	FLIWAS(NOAH) (Flood Information and Warning System)		<ul style="list-style-type: none"> ·웹사이트를 통해 하천수위 및 지역인구, 홍수위험지도 등의 정보 제공 ·대규모 대피시나리오 구축 ·비상시 대처계획 관리 및 사용 가능 ·실시간 대피관리 가능 ·www.noah-interreg.net
	HzG (Hochwasserinformationssystem zur Gefahrenabwehr)		<ul style="list-style-type: none"> ·웹사이트를 통해 하천수위, 홍수위험지도 등의 적절한 정보 제공 ·웹기반의 운영적 측면의 프로토타입 시스템 ·일반정보 및 홍수위험지도, 대피 및 비상 대처 계획 정보 제공 ·www.eu-safer.de
	OSIRIS (Operational Solutions for the Management of Inundation Risks in the Information Society)		<ul style="list-style-type: none"> ·대피 및 홍수정보 제공 ·지역 전문가들에 의해 수집된 데이터베이스 ·GIS 기반의 자료보관 ·웹 기반의 이해관계자 의사소통 역할 ·프랑스, 독일, 스위스, 폴란드에서 사용됨 ·www.ist-osiris.org
일본	FEEM (Flood Evacuation Mental Model)		<ul style="list-style-type: none"> ·Mental model로써 인간의 대피 행위를 모델링 함(개발 진행중) ·다양한 시나리오별 시뮬레이션 결과를 제시하는 Flood Animation Module ·시민 스스로 자신의 대피계획을 평가할 수 있도록 하는 Self-Evacuation Plan Evaluation Module

5. EAS 구현방향 정립

앞서 제시한 국내·외 EAP 수립, 홍수위험지도 및 재해지도 제작, 홍수재해관리시스템 구축 등의 현황조사결과를 정리하면 다음의 표 7과 같다.

표 7. 국내의 현황조사결과

항목	조사결과
비상대처계획	<ul style="list-style-type: none"> ·국내의 경우 댐 및 저수지 중심으로 EAP 수립중(유역단위 EAP 필요) ·재난에 체계적 대응을 위한 EAP의 표준화 및 시스템화 필요 ·국외의 경우 일부 시스템 운영 또는 개발중
재해지도 구축	<ul style="list-style-type: none"> ·국토해양부, 소방방재청 등 관계기관 협의에 따른 일원화 관리 필요 ·국외의 경우 사용자 “니드”를 재해지도 제작에 반영함(대피소 세분화)
홍수재해관리시스템	<ul style="list-style-type: none"> ·국내의 경우 초기 통합관리시스템 모델 형성 ·유럽의 경우 비상대처계획을 포함한 시스템이 시범운영 중(시나리오별) ·일본의 경우 사용자를 고려한 대피 모듈 개발 중(사용자 세분화)

표 7에서 제시한 현황조사결과를 바탕으로 향후 구축될 EAS 구현 방향을 다음과 같이 설정하였다.

- 다양한 시나리오별로 신속한 비상대처가 가능한 유역단위의 표준화된 통합시스템 구현
- 일반인 뿐만 아니라 장애인, 노약자, 어린이 등 이용자의 편의성을 극대화할 수 있는 시스템 구현
- 가상 홍수 및 대피 시뮬레이션, 웹기반 시스템 도입 등 첨단화된 시스템 구현

그림 3은 시스템 구현 방향 모색을 통한 EAS의 Prototype 구상안을 나타낸 것으로써 GIS와 연계된 기초자료(홍수분석DB)를 기본적으로 활용하고, 추가 DB(이용자를 고려한 대피소, 대피로, 보급로 정보 등)를 구축할 뿐 만 아니라, 유비쿼터스 구축 및 재난 예경보 연계 등이 가능하도록 하여 이용자의 편의성을 극대화할 수 있도록 하였다.



그림 3. EAS Prototype 구상안

6. 결론

본 연구에서는 극한홍수 대비 비상대처시스템의 구축을 위해 국내외의 EAP, 재해관련지도, 홍수재해관리시스템 등의 기술현황을 조사하였으며, 이를 통해 구축될 EAS의 구현방향을 정립하였다. 향후 IT 기술의 발달과 더불어 유역단위의 통합관리, 이용자 편의성 극대화, 기술 첨단화가 이루어질 경우 이러한 EAS 구축에 의해 국내의 자연재해 중 80% 이상을 차지하는 풍수해에 의한 인명 및 재산피해를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 차세대 홍수방어기술개발연구단에서 시행하고 있는 2009년도 건설기술혁신사업(2008 ~ 2013)의 3세부과제 미래통합유역홍수 대응기술 중 극한홍수에 대비한 비상대처시스템 개발에 대한 연구로서 관계당국에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 한국수자원공사(2003. 09). 댐의 안정성평가 및 비상대처계획수립(낙동강권역)
2. 소방방재청(2004. 12). 재해대비 국가긴급지원체계 구축 및 부처별 긴급대응매뉴얼 작성지침 연구
3. 소방방재청(2004.12). 댐 붕괴 등에 따른 비상대처계획(EAP) 수립지침 작성방안 연구
4. 한국방재협회(2005. 06). EAP(비상대처계획), 한국방재협회 방재정보, 제7권 제22호
5. 소방방재청(2005). 제1차(2005 ~ 2009) 국가안전관리기본계획
6. 소방방재청(2005). 재난관리책임기관 표준매뉴얼
9. 소방방재청(2005). 재난대비 국민행동 매뉴얼
10. 소방방재청(2005). 국가재난관리 정보화 기본계획(안)_2005 ~ 2009
11. 국토해양부(2006). 이상기후에 의한 극한 홍수 관리방안 연구
12. 한국방재협회(2007). 풍수해 EAP수립 실무
13. 국립방재연구소(2007). u-방재City 표준모델 개발 :요약보고서
14. 국토해양부(2008. 04). 홍수위험지도 기본계획보완 보고서
15. 국토해양부(2008. 04). 홍수위험지도 제작에 관한 지침
16. 평택시(2008. 10). 평택시 홍수재해관리시스템 유지관리 및 개선사업
17. 소방방재청(2008. 12). 풍수해보험관리지도 작성방안 연구
18. Atlas of Flood Maps(Examples from 19 European countries, USA and Japan)
19. Handbook on good practices for flood mapping in Europe
20. FLAPP(2007). Inventory of Flood Information Systems In Europe