

농업용 저수지 비상대처계획(EAP) 수립

Emergency Action Plan for Agricultural Reservoir Failures and Disasters

정진호*
Chung, Jin Ho

1. 머리말

비상대처계획(EAP; Emergency Action Plan, 이하 EAP)이란 자연재해로 댐(또는 저수지) 붕괴와 같은 대규모 비상상황이 발생할 때 하류지역 주민들의 생명과 재산 피해를 효과적으로 예방하거나 경감시킬 수 있도록 예상 가능한 가상시나리오를 작성하고 각 상황별 사전준비와 행동요령을 수립하는 계획으로 대상저수지가 갖는 지형적, 수문학적, 구조적 특성을 고려하여 비상상황을 예상하고 저수지 하류하천을 포함한 주변 지역의 피해 최소화를 위한 사전 위험요소 제거 등 실효성 있는 계획이 되도록 하여야 한다.

따라서 농업용 저수지의 비상대처계획은 최근의 이상홍수 및 지진경향을 반영하여 저수지 위험성을 평가하고 저수지 지점에서 발생할 수 있는 가상시나리오별 비상상황 등급과 위험수준을 판단하여 이에 대한 주민 대피계획 등 대처요령을 사전에 체계적으로 수립함으로써 대규모 홍수피해 예상지역 주민들의 신속한 대응에 의한 생명과 재산 피해를 최소화하는데 그 목적이 있다.

가. 계획의 필요성

우리나라는 최근 기상이변 등의 기후적 요인으로 매년 크고 작은 수해가 발생하면서 많은 재산과 인명피해를 겪어 왔다. 특히 1996년과 1998년에 임진강 유역과 경기북부 지역의 집중호우를 시작으로 2002년 태풍 라마순(Rammasun) 및 루사(Rusa) 그리고 2003년 태풍 매미(Maemi)와 2004년 태풍 메기(Megi)의 영향으로 대규모 수공 구조물의 설계빈도를 초월하는 폭우를 동반하여 전국적으로 사상 유례 없는 막대한 홍수 피해를 발생시켰다. 특히 태풍 루사 때에는 강릉지역의 장현, 동막 등 농업용 저수지가 붕괴되어 인명피해와 농경지가 침수·매몰되는 피해를 입었다.

또한 전세계적으로는 엘니뇨(El-Nino) 및 라니냐(La-Nina)와 같은 기상이변에 따른 대규모 호우가 빈번히 발생하고 있을 뿐만 아니라, 세계 도처에서 일어난 대규모 지진 등으로 많은 인명 및 재산피해가 발생하고 있다. 특히 일본의 경우 2004년에 도카게(Tokage)를 비롯한 10개의 태풍이 상륙하고 10월 23일에는 니가타현에

*농업기반공사 사업계획처 (jhchung@karico.co.kr)

강도 높은 지진으로 많은 재산과 인명피해가 발생하였다. 2004년 12월 26일에는 수마트라 섬 부근에서 발생한 초강력 지진과 이로 인한 지진 해일(쓰나미)이 인도네시아 아체주를 비롯한 인도 연안의 스리랑카, 인도, 몰디브 등 동서남아시아에 밀어닥쳐 16만명이 넘는 희생자가 발생하였다.

우리나라는 대다수 농업용 저수지가 축조된지 오랜 시간이 경과하여 구조물이 노후화 되어 댐 체 및 부속구조물의 구조적 결함이 예상될 뿐만 아니라 최근의 기상이변에 따른 저수지 설계 강우량을 초월하는 집중호우가 자주 발생하고 더 이상 지진에 대한 안전지대가 아니라는 것이 판명됨에 따라 EAP와 같은 사전적 재해대응 시스템이 요구되고 있다.

특히 최근의 대규모 재해발생은 기상이변 등 불가피한 측면이 직접적인 원인이 될 수 있으나 그동안의 재해예방에 대한 노력 부족, 예방 및 복구체계의 미흡 등 인프라 부족도 원인으로 작용함을 부인할 수 없기 때문에 사전 예방능력 강화 등 재해방지를 위한 물적·제도적 기반구축을 위한 효과적인 재해대비 체계가 더욱 필요한 실정이다.

나. 법적근거

우리나라는 그 동안 댐이나 저수지의 비상상황 발생시 EAP 수립이 법이나 제도로써 의무화되어 있지 않아 실제 댐에 대한 EAP 수립이 추진되지 못하였다. 그러나 2002년 8월 30일 태풍 “루사” 이후 「국무총리 수해방지대책기획단」에서 수해방지를 위한 물적·제도적 기반을 구축하기 위한 법정부적 수해방지대책의 일환으로 “댐 및 저수지에 대한 비상대처계획 법적

근거 마련 및 계획수립” 세부 실천 계획을 마련하고 후속 조치로 하천법 개정을 통해 일정 규모 이상이면서 하류에의 피해 유발 잠재성이 큰 댐 및 저수지에 대해서 EAP 수립을 의무화하는 법적 근거를 마련하였다. 따라서 총저수량 100만³m 이상인 댐 및 저수지 등 하천부속물에 대해서는 이상홍수로 인한 댐 등의 붕괴 등 비상상황 발생시에 사전에 대처하기 위하여 하천부속물 설치자는 댐 등의 준공이전까지 EAP를 수립 하도록 하였으며, 기존의 하천부속물 관리자도 대통령령이 정하는 기간이내에 계획 수립을 완료하도록 하고 있다.

댐 및 저수지 EAP 수립에 대한 추진배경 및 법적근거를 정리하면 아래와 같다.

- 1999. 12. : 대통령 비서실 수해방지기획단 수해방지종합대책으로 댐에 대한 EAP 수립 시행 확정

- 2003. 3. 19 : 국무총리 수해방지대책기획단 수해방지대책 과제로 선정: 댐 및 저수지에 대한 EAP 법적근거 마련 및 계획 수립

- 2004. 1. 20 : 하천법 개정(법률제153조3 및 시행령제8조 2항) : 설치중 이거나 운영중인 100만³m 이상이면서 하류의 피해잠재능이 큰 댐등의 하천부속물에 대한 EAP 수립 의무화(설치중: 준공전 수립, 기설 : 다목적댐(1년이내), 발전용(5년이내) 농업용(7년이내))

- 2004. 11. : 농어촌정비법 개정 국회제출(제18조 3항): 농업기반시설을 설치하는 자는 준공 전까지, 설치·운영하고 있는 자는 법 시행후 10년 이내에 수립 완료

- 2005. 1. 27 : 자연재해대책법 개정(법률제37조) 및 개정중(시행령제34조) : 댐 중 총저수량 100만³m 이상인 댐의 EAP 수립 의무화(필수)

2. 국·내외 댐 붕괴 사례 및 원인

우리나라는 댐 비상상황 발생 예방 및 경감을 위한 EAP 수립 업무가 초기단계로 과업수행이나 연구실적이 많지 않은 실정이다. 따라서 합리적이고 실효성 있는 EAP 수립을 위하여는 댐 붕괴 등의 비상상황 발생 및 대처사례, 댐의 붕괴를 일으키는 원인 및 요소, 댐의 안정성 평가 기준 및 기법, 홍수대처 사례 및 홍수관리 방안, 홍수나 지진에 따른 댐의 보수·보강 사례, EAP 수립 및 관리 현황에 대한 선진국 관련 사례를 조사하고 그 결과를 계획에 반영할 필요가 있다.

가. 우리나라 댐 붕괴 사례

우리나라는 다목적 댐과 같은 대규모 댐이 붕괴된 경우는 없으나, 중·소규모의 저수지나 소류지가 붕괴한 사례는 많다. 주요 댐 붕괴 사례를 정리하면 표 1과 같다.

1) 효기리댐

효기리댐은 1961년 7월 11일 20시에서 22시

30분 사이에 내린 150mm 강우로 인한 유입량을 댐의 여수로 및 방수로가 제어하지 못하여 갑작스러운 홍수위 상승으로 월류하여 약 60m의 제방이 결괴·유실되었다. 이로 인하여 57명이 사망하고 98명이 실종되었으며 하류마을이 1.3m~2.0m 침수된 것으로 추정하고 있다.

2) 연천댐

1996년 10월 수자원학회에서 발간된 96년 7월 경기·강원 북부지역 홍수 피해(1996. 10, 수자원학회) 조사 결과에 의하면 연천 소수력발전댐은 1996년 7월 26일부터 28일 오전까지 계속된 약 700mm의 집중홍우로 7월 27일 오전 9시경 설계홍수량 5,230m³/s를 초과한 약 7,540m³/s의 홍수가 유입하면서 댐 양안이 세굴되어 30분만에 우측 댐체가 붕괴된 것으로 알려져 있다.

3) 장현 및 동막저수지

장현 및 동막저수지 붕괴의 직접 원인은 표 2와 같은 2002년 8월 30일 강원 지역을 내습한 태풍 루사에 의한 집중홍우이다. 이로 인하여 장현저수지는 여수토의 설계홍수량 190m³/s를 초과하는 313m³/s 이상의 홍수량으로 인하여

표 1. 우리나라 주요 댐 붕괴사례

댐 명	위 치	붕괴 년도	규 모			붕괴원인 및 내용
			저수량 (천 m ³)	제당길이 (m)	제당높이 (m)	
효기리	전북 남원	1961	270	115	15.0	30분동안 내린 150mm 강우로 제체월류
연 천	경기 연천	1996	13,000	169.5	22.0	설계홍수량 초과, 댐 양안 세굴, 댐체 붕괴
장 현	강원 강릉	2002	2,176	170	14.8	설계홍수량 초과, 여수로 유실
동 막	"	2002	943.7	420	24.1	설계홍수량 초과, 여수로 유실

표 2. 태풍 루사에 따른 영동지역 주요지점의 강우특성

관측기관		강 령 대		기 상 청				비고
				사천1	사천2	강릉	대관령	
강우발생 일시	시작(월.일.시)	8.30.6	8.30.7	8.30.5	8.30.4	8.30.13	8.30.4	
	종료(월.일.시)	9.1.3	9.1.13	9.1.15	9.1.5	9.1.1	9.1.19	
강우량 (mm)	총강우량	959.0	892.0	4897.5	760.0	336.0	422.0	
	24시간최대	944.5	877.0	880.0	718.0	334.0	407.0	
	1시간최대	107.0	88.0	98.0	60.5	57.0	53.0	
	임의1시간최대	113.5	92.0	105.0	67.5	57.0	59.0	

여수로 시설을 포함한 약 53m가 유실되었고, 동막저수지의 경우도 설계홍수량 14m³/s를 초과하는 67m³/s이상의 홍수량으로 인하여 여수로를 포함한 약 57m가 유실되었다.

나. 외국의 댐 붕괴 사례

20세기 들어 전세계적으로 약 200여건 이상의 주목할 만한 댐 및 저수지 붕괴사고가 발생하여 수많은 인명과 재산피해가 발생하였다. 역사적으로 전세계에서 댐 사고는 약 15만 개소에



그림 1. 연천댐



그림 2. 장현저수지



그림 3. 동막저수지

이르고 있으며, 12세기 이후에 2,000여개 댐이 손상을 입었고 20세기 이후에는 200 여개 소에서 댐 사고가 발생하여 약 238,000명이 사망하였으며, 1950년 이전에 건설된 댐은 약 2.2%, 그 이후에 건설된 댐은 0.5%가 붕괴되었다고 국제대댐회(ICOLD)는 밝히고 있다.

외국의 댐 붕괴 원인, 붕괴 형상 및 규모 등의 사례를 파악하기 위하여 155건의 사례를 수집하고 이중에 이용 가능한 144개 사례에 대하여 댐 붕괴 원인을 분석한 결과는 그림 4와 같다. 이중 파이핑이 56건 38.9%, 월류가 52건 36.1%, 누수가 11건 7.6%, 지진 등이 9건 6.3%, 폭격 및 폭파가 7건 4.9%, 활동이 5건 3.5% 및 기초불량 4건, 2.8% 순으로 나타나 Piping 및 Overtopping이 댐 붕괴의 주요 원인으로 나타났다.

한편 우리나라 대다수 농업용 저수지와 같은 필댐에서는 그림 5에 나타난 바와 같이 116건의 사례 중 원인분석이 가능한 108개 자료를 이용하여 분석한 결과, Piping이 41.7%인 45건, 월류가 44건, 40.7%로 파이핑 및 월류가 필댐의 붕괴원인 중 가장 많은 부분을 차지하였다. 또한 누수가 8건 7.4%, 지진 및 균열이 6건 5.6%, 활동 및 폭격 등이 각각 3건 2.8%, 2건 1.9%순으로 나타났다. 이 자료는 필댐에서의 월류 및

누수에 대한 안정조건이 얼마나 중요한가를 시사하고 있다.

한편 ICOLD에서는 대댐(저류량 100만^m 이상)인 흙댐의 파괴사례와 파괴원인을 제체의 기초부와 제체의 구조적인 문제, 예상치 못한 제체부의 변이, 월류, Piping, 불량한 재료의 사용, 저수지 운영상의 문제 등으로 크게 분류하고 있다. 이를 10년 간격으로 조사 및 분석하여 발표 하는데 1983년 발표에 의하면 135건의 댐 붕괴 중 월류가 전체 135건 중 25.9%인 35건, 댐의 구조적 움직임 때문에 발생하는 Piping이 19건, 기초의 내부침식으로 발생하는 Piping이 13건으로 Piping에 기인한 댐 사고가 총 32건으로 나타났다. 흙댐의 주요 파괴원인이 Overtopping 및 Piping으로 나타나 앞서 언급된 사례 분석결과를 뒷받침하고 있다.

그림 6 및 그림 7은 금세기의 대표적인 댐 사고 사례로 뽑히는, 미국 Teton댐(1976. 6. 5) 및 대만 Shihkang댐(1999. 9. 20) 붕괴상황을 나타낸 것이다.

다. 외국의 EAP 현황

미국과 유럽 등 선진 외국은 이미 댐 소유자가 댐에 대한 EAP를 수립하도록 제도적으로

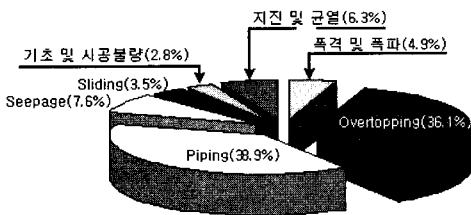


그림 4. 댐 붕괴 원인

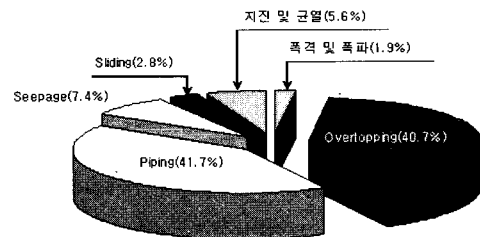


그림 5. 필댐의 붕괴 원인



그림 6. Teton댐 붕괴(미국)

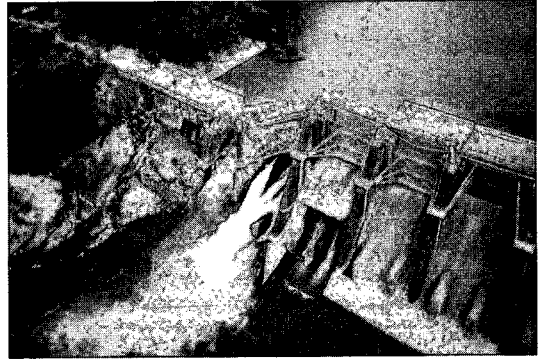


그림 7. Shihkang댐 붕괴(대만)

의무화하여 댐의 비상상황에 대비하여 왔다. 미국은 1979년 댐안전을 위한 연방지침서(Federal Guidelines for Dam Safety)를 마련하여 댐 붕괴에 대비한 비상 대처계획(Emergency Action Plan) 수립, 댐 운영계획, 정기적 댐 안전점검 등을 수행하도록 하였다. 1996년 국가댐안전계획법(National Dam Safety Program Act)이 법률(Public Law 104~303, Section 215)로 통과되고, 1998년 「Federal Guidelines for Dam Safety」이 재정부 됨으로써 댐의 비상상황에 대비한 비상대처 계획 수립을 의무화하였다.

또한 유럽의 대부분 국가도 댐 붕괴 해석 및 EAP 수립을 법으로 의무화 하고 있다. 프랑스의 경우는 1959년 Malpasset 댐 붕괴로 421명이 사망한 이후 1968년 댐 관리자에게 댐 붕괴 홍수파 해석 및 EAP를 수립하고 이를 정기적으로 수정·보완하도록 법으로 규정하였다. 포르투갈도 1990년 댐 소유자가 댐 붕괴 해석 및 EAP를 수립하도록 법으로 의무화 하고 있다.

3. EAP 범위 및 내용

가. EAP에 포함될 기본사항

EAP 수립시 포함되어야 할 내용은 하천법 및 자연재해대책법(개정중) 시행령에 나타나 있으며 「댐 붕괴 등에 따른 비상대처계획(EAP) 수립 지침 작성방안 연구(2004.12, 소방방재청)」에서는 경보순서도, 비상상황 감지·평가·분류, 책임, 준비(비상상황발생 이전에 취해지는 행동), 홍수범람도 및 EAP 유지나 작성에 사용될 보충적인 자료를 포함한 부록 등 6가지 사항을 EAP에 포함될 기본요소로 들고 있다.

그림 8은 EAP 수립 범위와 절차이며 표 3은 소방방재청의 비상 대처계획 작성양식에 나타난 EAP에 포함될 기본 요소이다.

나. 홍수범람 예측지도

그림 9는 홍수범람예측지도로 지형도에 저수지 유역, 하류하천 침수피해구역, 대피장소, 대피경로와 방법, 대피가능 인원을 표시한 것이다.

이는 댐 붕괴나 홍수시 침수 지역의 신속한 주민대피에 활용되며 특정지점에서의 침투홍수량·홍수위, 홍수파 도달시간·배수시간 등 홍수범람지역의 정보를 사실적으로 표현하여 비상연락을 매우 수월하게 한다.

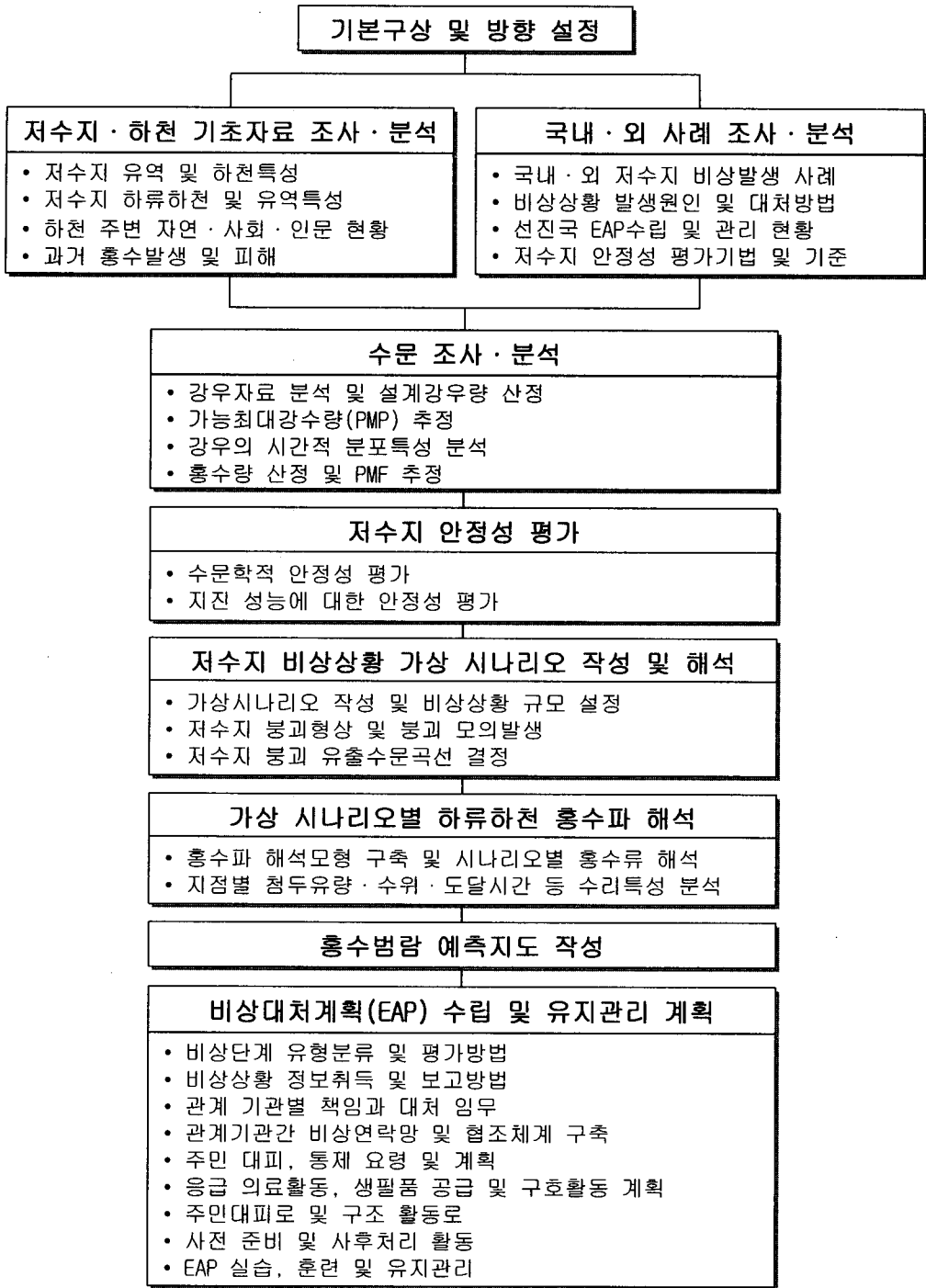


그림 8. EAP 수립 범위와 절차

표 3. EAP 구성 및 기본 요소

구 성	EAP 구성	기 본 요 소
제1장	1.1 EAP 기본정보 및 저수지 일반정보	(1) EAP 기본정보 - 수립 목적 및 필요성 - 수립 배경 및 관련 규정 - EAP 준비책임자 (2) 저수지 일반정보 - 저수지 건설목적 - 저수지의 수문상황 (3) 저수지의 각종 제원 (4) 저수지 사진 및 지도(평면, 정면, 단면도)
	1.2 EAP 배포기관	
	1.3 EAP작성 보완 및 갱신	(1) EAP 작성 (2) EAP 보완 및 갱신
제2장	2.1 하류부 하천 및 개요	(1) 하류부 하천개요 - 하류하천 개요 및 홍수피해 실적 (2) 하류부 주요시설 개요 - 행정구역 - 인구현황 - 도로 및 교통현황 - 인구밀집 및 주요 국가시설
	2.2 댐 붕괴 위험성 평가	(1) 재해발생 개연성 추정 (2) 시설물 안전성 평가 - 정밀안전진단, 정기안전점검
	2.3 댐 붕괴 홍수류 해석	(1) 저수지 붕괴 시나리오 구성 - 극한홍수조건 - 지진발생조건 (2) 댐하류부 지형분석 (3) 댐붕괴 모의 (4) 주요지점별 홍수해석 결과 분석 (5) 홍수범람도 작성
제3장	3.1 비상상황 정보취득 및 보고방법	(1) 비상상황 전화받는 요령 (2) 비상상황시 보고체계
	3.2 비상대응기관의 책임과 임무	(1) 매향리기관의 책임과 임무 (2) 관계·지원기관별 대처활동(책임/임무)
	3.3 비상발령 및 상황관리 체계	(1) 비상발령 단계별 상황전개 및 조치사항 (2) 상황관리체계
제4장	4.1 긴급구조작업	(1) 긴급구조장비 및 방법 (2) 비상대응기관 대처활동
	4.2 주민대피계획 및 위험지역 교통통제	(1) 주민 대피계획, 유도, 방법, 수단 (2) 위험지역 교통통제 요령
제5장	5.1 응급의료 활동	(1) 초동의료 체제 (2) 현장의료구호소 설치 (3) 응급의료봉사 책임/의무 (4) 의약품·의료기자재 비축 (5) 중상자 후송대책
	5.2 생필품 공급 및 추가피해 방지방안	(1) 생필품 공급방안 (2) 추가피해 방지방안
제6장	6.1 EAP실습 및 훈련	(1) EAP수립 후 훈련 시행기관 (2) EAP 훈련 교육대상
부록	[부록 1] 홍수모의 및 범람지도	
	[부록 2] 주민대피로 및 구조활동로	
	[부록 3] 비상연락망	자원, 대피, 의료, 언론, 구호기관

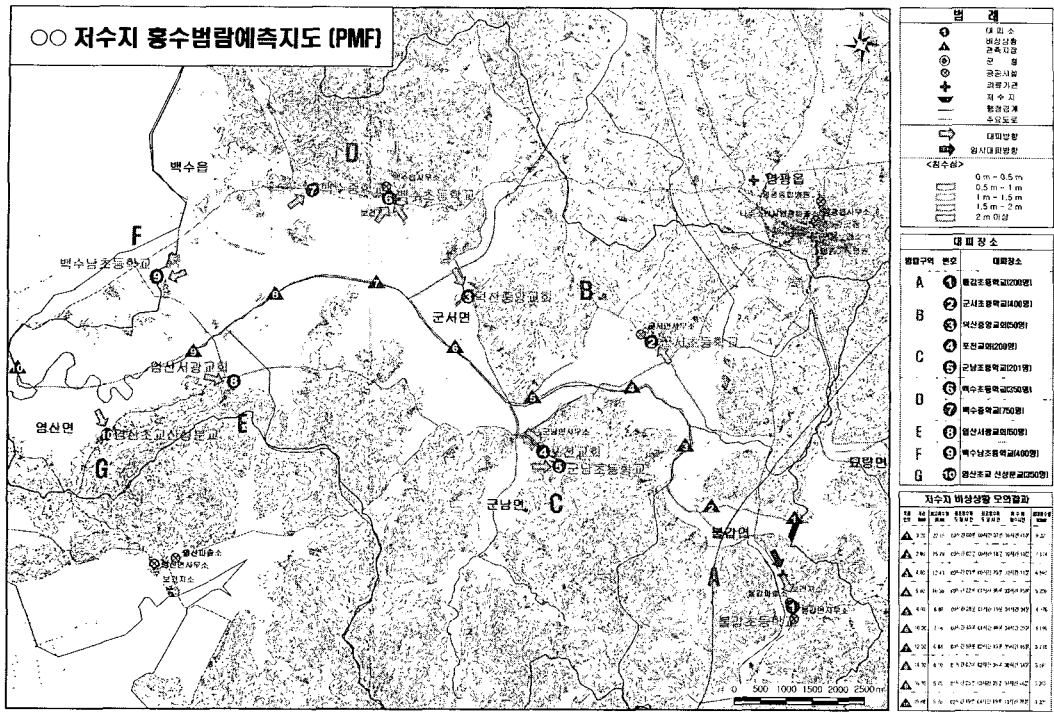


그림 9. 홍수범람예측지도 예시

4. 농업용 저수지 EAP 현황 및 계획

가. 시설저수지

설치·운영중인 시설저수지는 우선 저수량 300만³ 이상 또는 저수량이 300만³ 미만 이더라도 댐붕괴시 하류지역에 피해잠재성이 큰 저수지를 대상으로 총 120개소에 대하여 수계, 권역별로 추진하고 있다. 따라서 2004년도에는 오봉댐 등 남대천(강릉) 수계 4개소 및 이동 등 안성천 수계 8개소 등 총 12개 저수지에 대하여 EAP 수립을 완료하였다. 2005년도에는 장성댐 등 영산강 수계 7개소, 대야 등 만경강 수계

4개소, 보문 등 형상강 수계 3개소, 백곡 등 미호천 수계 6개소 등 모두 20개 저수지를 대상으로 추진중이다.

나. 시공중 저수지

하천법 등 EAP 관련법에는 설치중인 저수지는 준공전에 EAP를 완료하도록 하고 있다. 따라서 총저수량 100만³를 대상으로 EAP를 수립 중에 있다. 설치 또는 계획중인 총저수량 100만³ 이상 저수지는 모두 74개 지구에 88개소이며, 이중에 2004년에 불갑지구를 비롯한 4개지구 4개 저수지에 대하여 EAP 수립을 완료하였고, 2005년도에는 동화 및 성주댐 등 9개 지구 11개 저수지에 대하여 추진하고 있다.

표 4. 시설저수지 연차별 추진계획

구분	계	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
개소수	120	12	20	20	15	21	13	19
수립비(백만원)	8,200	600	1,000	1,400	1,100	1,600	1,000	1,500

표 5. 총저수량 100만^m 이상 시공중 저수지 준공 계획

구분	계	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년이후
지구수	74	4	9	9	9	9	7	6	9	12
저수지수	88	4	11	9	11	11	11	9	10	12
수립비(백만원)	6,007	224	673	630	770	770	770	630	700	840

5. 맺는말

최근 기상이변에 따른 대규모 홍수와 동서남아시아의 초강력 지진과 같은 상상을 초월 하는 재난이 전세계적으로 빈번히 발생하는 가운데 우리나라도 예외는 아니어서 태풍 및 집중호우로 대규모 홍수가 빈번히 발생하고 홍수 피해도 계속해서 증가하고 있어 재난 안전관리가 국가적 관심사로 대두되고 있다.

농업용 저수지의 경우는 다목적 댐과는 달리 저수공간에 별도의 홍수조절용량이 없어 홍수시 급격한 저수위 상승으로 제당월류의 위험이 높고 유입홍수를 그대로 방류하게 되어 하류지역에 홍수피해가 커질 수 있을 뿐만아니라 저수지의 53.7%가 설치된지 50년 이상 경과하는 등 시설이 노후화됨에 따라 재해에 취약하여 극한 호우에 따른 댐 파괴와 같은 비상상황이 발생할 경우 저수지 하류지역에서의 인명과 재산피해가 클 것으로 예상되어 이에 대한 안정성 확보 및 효율적인 대응시스템이 요구되고 있다.

EAP는 저수지 운영·관리자가 댐 붕괴와

같은 비상상황에 효율적으로 대처하기 위한 최선의 실천적 사전계획으로 수문화적이나 내진성능에 대한 안정성 평가를 통한 재해 위험 요소를 사전에 파악하고 강화하는 기능을 가지고 있다.

따라서 농업용 저수지의 재해대비 능력을 사전에 강화하고 재해방지 기반을 구축하기 위해서는 계획된 대상저수지에 대한 착실한 추진과 함께 총저수량 100만^m 이하인 저수지의 경우에도 도시지역에 위치하여 하류지역 피해잠재성이 큰 시설은 EAP를 수립하여야 할 것이다.

또한 EAP는 매 5년마다 또는 해당 재난안전대책본부장의 요구에 의한 지속적인 보완과 갱신, 관련 기관의 행동요령이나 훈련 등 필요한 조치의 신속한 실행, 주민들의 숙지 등을 효율적으로 수행하기 위하여는 EAP 분석, 유지 및 정보 공유가 가능한 “농업용 저수지 EAP 관리 시스템”이 구축되어야 할 것이다.