

이상기후 대비 시설기준 강화 연구단



윤석영 >>

한국건설기술연구원 수자원연구부 연구위원
syyoon@kict.re.kr



윤광석 >>

한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원
ksyoon@kict.re.kr

1. 연구단의 개요

「이상기후 대비 시설기준 강화」 연구단(이하 연구단)은 2005년도 한국건설교통평가원(이하 건기평)에 공고한 5개 기반건축사업 중의 한 과제이다. 본 과제는 2005년 7월 1일부터 2010년 6월 30일에 종료되는 5년 동안 수행되는 연구과제로 총 연구비 76억 4천만이 투입된다. 주관연구기관은 한국건설기술연구원이며, 협동연구기관은 관동대학교, 위탁연구기관은 인하대학교와 고려대학교 등으로 구성되어 있다.

본 사업은 건기평 CTRM상에 수공, 내진, 내풍분야로 구분되어 있었으나 내진분야는 이상기후현상과 관련이 적어 선택과 집중 차원에서 본 과업에서 제외되었으며, 다만 내년도에 「비예측 대형지진대비 시설기준 정비 기본계획」을 수립하는 것으로 계획이 변경되었음을 밝힌다.

3개월간의 기획연구를 통해 분야별 전문가들과 함께 연구내용을 수정 보완하였고 이에 따른 연구비를 조정하는 작업을 수행하여 최종 기획보고서를 확정하였다.

분야별 주요 연구분야는 이상기후 대비 수공구조물의 설계기준 및 내풍설계기준에 국한되며, 1세부과제인 수공분야는 “극치수문사상 변화특성분석”, “이상홍수평가기술개발”, “이상홍수대비 수공구조물 설계기법 개발 및 기준개선”으로 구분되며, 기준분야는 “이상기후대비 시설기준 강화”로 분류하여 연구하게 된다. 2세부과제인 내풍분야는 공통분야로 “기본풍속도 정비 및 바람막이 설치기준 개발”, 주거시설분야로 “건축물의 풍하중 설계기준 정비 및 개발”, 건축물의 풍진동에 대한 설계기준개발”, 사회기반시설분야로 “이상 풍환경에 대비한 교량 및 기타구조물의 내풍설계기준 및 지침 개발”, “CFD를 활용한 특정구조물의 내풍설계기준 정비 및 개발”로 분류하여 연구가 진행된다.

본 연구는 강수 및 바람에 대한 이상치 처리가 주요 관심사로 설계기준에 합리적으로 적용할 수 있는 방안을 강구하여 구조물의 경제성과 안전성을 동시에 만족시킬 수 있는 기준을 찾아내는데 있다. 또한 이와 관련된 기존 기준에 대해 미비점과 문제점을 평가하여 개선방안을 제시하는 내용도 포함되어 있다.

2. 연구의 필요성 및 범위

이상기후는 과거 30년 동안 한 번도 관측되지 않았던 집중호우, 강풍, 가뭄, 폭설 등과 같은 기후현상이라 할 수 있으며 주로 지구온난화에 기인하는 것으로 알려져 있다.

우리나라의 경우, '98년 지리산, 서울·경기북부 등 돌발홍수, 태풍에 의한 집중호우 등의 예와 같이 예측이 곤란하고 지역성이 크며 일회성의 성격이 강한

측면이 있기 때문에 빈도 해석시 당해 자료의 처리에 많은 어려움이 있는 것이 현실이다.

오늘날 전 지구적으로 일어나는 기온 변화와 최근 우리나라에서 발생되고 있는 연강수량 변화, 10년 평균 강수량변화, 방재분야의 패러다임변화 등에 대비한 설계기준의 보완과 특별기준의 제정이 필요한 실정이다.

가뭄은 시설물 피해가 없고, 폭설 피해는 주로 축사, 비닐하우스 등 영농시설물에서 발생하여 시설기준을 지정 또는 강화가 곤란하므로 본 연구범위에서 제외시켰다. CTRM상에 있었던 내진설계기준은 연구의 성격상 이상기후와는 거리가 있고 독립적으로 수행되어야 할 대형과제의 성격이 강하므로 본 과업에서는 자연재해에 대비한 시설기준 강화 차원에서 1차년도에 내진설계기준 개선 기본 계획만을 수립하고, 그 결과에 따라서 향후 타 연구과제로 수행될 예정이다. 집중호우와 관련하여 비탈면(사면) 설계기준 관련 연구는 현재 타 연구과제로 수행 중이므로 본 과업의 범위에서 제외시켰다.

시설물의 종류는 건설교통부 소관 시설기준에만 국한시켰으며, 이상기후에 의한 발생할 수 있는 피해 원인과 밀접한 관련이 있는 설계 요소 중, 수공구조물 설계기준 및 내풍 설계기준에 국한시켰다.

3. 최근의 여건변화

□ 기온 및 강수량의 변화

지구의 연평균 기온변화는 그림 1과 같이 점점 상승하고 있는 추세에 있다. 강수량은 그림 2와 같이 지구 전체적으로 평균값은 증가하고 있으나, 지역별로는 증가하는 지역과 감소하는 지역이 교차하고 있는 것으로 나타남바, 우리나라의 경우, 10년 평균 강수강도의 변화는 점점 커지고 있는 것으로 나타났다.

□ 시설물에 미치는 영향

집중호우에 의하여 교량, 도로, 철도, 지하철, 제방, 가옥, 지하상가, 농경지의 유실, 침수 등으로 막대한 시설물 및 인명피해가 증가하고 있다. '02년 태풍 루사로 인한 집중호우의 영향으로 도로, 하천, 철도 등 12,377개소에 총 2조 8,600억원의 재산 피해가 발생한 바 있다. 또한 강풍에 의해 지붕구조물, 크레인, 송전탑, 표지판 등의 전도와 폭설로 인한 체육관, 공장, 축사 등 붕괴 등이 일반적인 사례라 할 수 있다. 최근의 이상기후로 인한 세계적인 피해사례는 표 1과 같다.

□ 이상기후로 인한 재해 대응 패러다임의 변화

21세기의 패러다임은 표 2에서와 같이 사후 수습

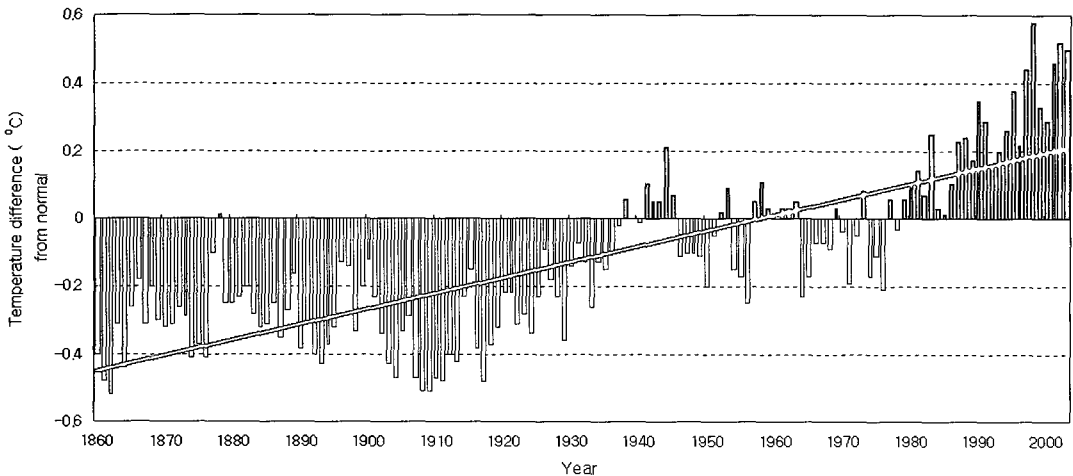


그림 1. 전지구 연평균 기온의 변화(1860-2004)

10년 평균 강수 변화 (1920 - 2000)

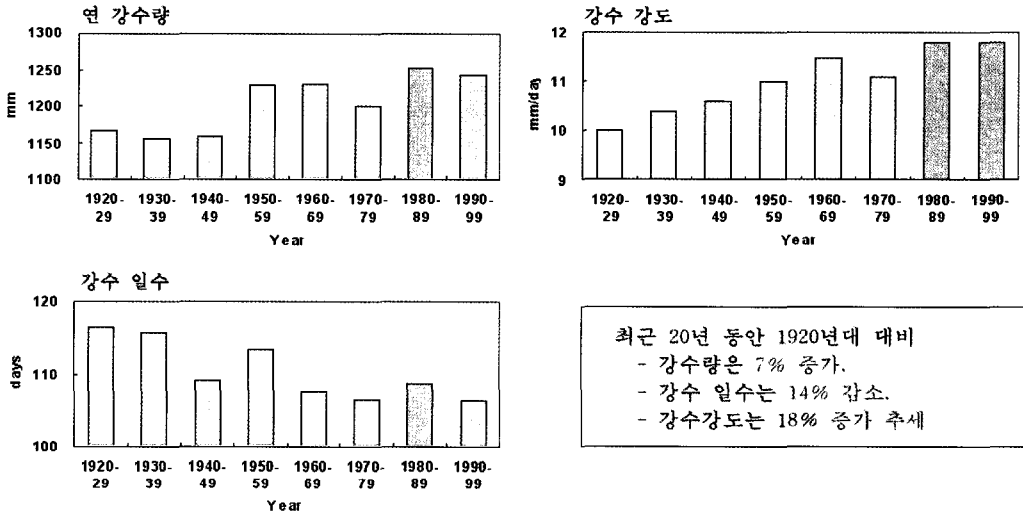


그림 2. 한반도의 10년 평균 강수변화(1920-2000)

표 1. 세계 이상기후 사례(~2004년)

내 용	연 도	피 해 현 황
인도 50년만 폭염	1998	2천 3백여명 사망
인도네시아 8개월 이상 가뭄지속, 산불	1998	13만 헥타르 농경지 소실
허리케인 MITCH	1998	2만 2천여명 사망 및 실종
브라질 아마존강 유역 산불	1998	61만 헥타르 밀림 소실
중국 양쯔강 홍수	1998	3천 6백여명 사망
	1999	7백여명 사망
베트남, 메콩강유역 홍수	2000	2천여명 사망
미국 동부지역 106년만 고온	2000	200여명 사망, 비상사태 선포
중국 화북지역, 아프가니스탄, 이란, 파키스탄 3년 연속 가뭄	2001	중국북부 약2천만 헥타르 농지 가뭄피해, 아프가니스탄 1,000여명 어린이 사망
유럽폭염	2003	3만 5천명 사망
필리핀 태풍 '무이파'	2004	1,000여명 사망

※ 출처 : 윤원태, 기후변화와 국내외 이상기상 현상 및 예측(춘천 물 포럼 2005 논문집)

및 복구 위주의 정책에서 사전예방 위주의 정책으로 바뀌고 있고, 경험적 안전대책이 과학적, 분석적 대책으로 바뀌고 있는 실정이다.

최근 재해의 경향은 재해 발생 빈도는 적으나 대형

화 되고 있고, 국가에 의한 관 주도의 대응에서 전국 민이 참여하는 총체적 대응으로 변화하고 있는 추세이다.

표 2. 방재안전분야 21세기 패러다임의 변화예측

20세기 패러다임	21세기 패러다임
•경제적 안정요구 단계	⇒ •문화적 욕구 및 안전성 요구증대
•부문별 안전대책	⇒ •종합적 안전대책
•사후 수습 및 복구위주	⇒ •사전 예방위주
•비용개념의 안전대책	⇒ •투자개념의 안전대책
•경험적 안전대책	⇒ •과학적·분석적 안전대책
•국지적 대응	⇒ •범지역적 대응
•발생빈도가 큰 소규모 재해	⇒ •발생빈도는 작으나 대형화
•국가에 의한 관 주도 대응	⇒ •전국민의 참여를 통한 총체적 대응
•노동집약적인 인력투입	⇒ •첨단장비를 활용한 업무능력배양

※출처 : 심재현, 선진 방재정책 및 기술개발의 필요성과 단계적 실천방안(춘천물포럼 2005논문집)

□ 이상기후 대비 시설기준 강화 추진현황

우리나라는 이상기후로 인한 피해는 매년 계속되고 있는 여건을 반영하여, '02년 태풍 "루사"와 '03년 태풍 "매미"를 계기로 설계기준을 상향 조정한바 있다. 대표적인 사례는 다음과 같다.

- 도로 배수구조물 설계빈도 상향조정 : 5년 → 10년
- 홍수설계빈도 상향조정(지방하천) : 50~100년 → 50~200년
- 제방의 크기확대(비탈면경사조정) : 1:2 → 1:3

□ 이상기후 대비 현행 시설기준의 한계

시설물은 현행 기준에 의해 건설되어 있으나, 제 기준을 강화시켜 방재를 방어하기 위해서는 막대한 예산이 소요하기 때문에 이상기후에 의해 발생하는 재해를 대응하는데 한계가 있는 것이 현실이다.

그러나 주거 밀집 지역, 피해최소화 효과가 큰 지역에 대해서 기준의 상향 조정 또는 경제성을 넘어서 강화된 "특별기준"의 제정을 검토해 보는 것도 필요하다. 피해의 원인이 기준에만 있는 것이 아니라, 부실 시공 및 시설물의 유지관리에 문제가 있어 발생할 수도 있기 때문에 구조물의 생애주기를 고려한 종합적인 관리체계 정비를 통한 대응도 필요한 실정이다. 따라서 기준 강화와 후속 피해 최소화를 위한 방재 제도 및 체계 정비를 통한 효율성, 경제성 및 합리성을 비교 검토할 시점이라고 판단된다.

4. 연구개발 방향

본 사업단의 연구개발방향은 앞에서 검토한 여러 가지 상황을 고려하여 정리해 보면 다음과 같다.

- 이상기후에 대비한 시설기준 정비 기본계획 수립
- 이상기후에 대비한 제기준의 상향조정 및 특별 기준 제정 검토
 - 기준이 부재하거나 기준이 낮은 시설기준 상향조정 검토
 - 기 상향조정된 기준의 타당성 검토
 - 높은 치수안전도가 요구되는 도시지역 등에 대한 경제성을 넘어서 선택적 방어개념 도입, 특별기준 제정 검토
- 피해 저감 및 시설물의 안전성 제고를 위한 설계 기법 개발
- 기존 시설물의 보강기준 제정
- 이상기후 대응체계를 활용하여 기존 시설물의 보강기준 제정

5. 이상기후 대비 제기준 정비방향

본 사업단의 이상기후 대비 제기준 정비방향은 다음과 같다.

- 이상기후에 대비한 시설기준 정비 기본계획 수립
- 이상기후로 인한 시설물별 피해사례 및 설계

- 요소별 설계기준 정비, 시설물 및 부위 조사, 분석
 - 피해저감 및 홍수방어 대책을 감안한 기본설계방향 및 지침 설정, 시설물 계획 등 설계방법 개선 방안 마련
- 이상기후에 대비한 제기준의 상향조정 및 특별기준 제정 검토
 - 제기준의 상향 조정 검토
 - ⇒ 시설물별로 기준이 부재하거나 상향조정이 필요한 시설기준의 경우, 기준의 제정 및 기준치의 상향조정 검토
 - ⇒ 기 상향조정된 기준의 타당성 검토
 - 특별기준의 제정 검토
 - ⇒ 경제성을 넘어서 강화된 "특별기준"의 제정 검토
 - : 높은 치수안전도가 요구되는 도시 지역 등에 대한 선택적 방어개념 도입, 월류대응 시설기준 마련 등
 - ⇒ "특별기준" 제정과 긴급방재제도·체계정비의 경제성 비교·분석을 통한 방향 설정
- 피해 저감공법 개발 등 시설물의 안전성 제고방안 마련
 - 시설물의 내구성 및 안전성 증대방안 마련
 - 이상홍수의 선택적 방어를 위한 구조적, 비구조적 방어기술 개발
 - 하천시설물과 제방의 연결부와 같은 취약부에 대한 설계기술 개발을 통한 제방붕괴 위험성 경감방안 마련
- 피해예측 및 경제성 평가를 통한 투자효과 극대화 방안 마련
 - 강화되고 있는 재해외력과 취약해지고 있는 도시구조에 대한 경제성 평가를 통해 시공 또는 유지관리 비용대비 효과 극대화 전략 및 피해최소화 전략 마련
 - ※ 경제성에 따라 기준이 하향될 때에는 그에 수반되는 제기준 외적인 방안(예를 들면, 유지관리방안 또는 EAP(Emergency

Action Plan) 등) 마련 필요

- 기존 시설물의 보강기준 제정
 - 강화된 설계기준이 적용되지 않는 기존 시설물의 보수·보강기준 마련

6. 연구수행체계

주관연구기관은 한국건설기술연구원이며 협동연구기관은 관동대학교, 위탁연구기관은 인하대학교, 참여기업은 고려대학교로 구성되어 있으며 산업계 4개 기관에 7명, 17개 대학에 75명, 1개 연구기관에 25명 등 총 107명의 연구진이 5년간 참여하게 된다.

7. 연차별 연구내용 및 방법

이상기후대비 시설기준 강화 연구단에서 다루고 있는 2개의 세부 연구과제는 다음과 같다.

- 제 1 세부과제 : 이상홍수 대비 수공구조물 설계기준 개선
- 제 2 세부과제 : 이상기상 대비 구조물의 내풍설계기준 정비 및 개선

위 2개의 세부과제에서 목표로 하고 있는 연차별 연구내용 및 방법은 표 3과 같다.

8. 맺는말

이상기후로 인한 이상 재해를 인간이 모두 방어하면서 피해 없이 안전하게 살아간다는 것은 거의 불가능한 일이다. 그러나 피해를 최소화할 수 있으면 방법을 강구하는 것이 국가의 임무라고 할 수 있다. 최근 우리 사회 일각에서 "홍수와 더불어 사는 사회 형성"이라는 사고의 전환이 일고 있는 것은 그만큼 재해가 우리의 삶에 가까이 있는 것이고 피하기보다는

표 3. 세부과제별, 연차별 연구개발내용 및 방법

세부과제	연차	연구개발내용 및 방법
<제 1 세부과제> 이상홍수 대비 수공구조물 설계기준 개선	1	- 극한홍수 연구사례 조사 및 조선시대 홍수재해조사 - 이상홍수 평가기술에 대한 문헌조사 및 검토 - 수공구조물 설계기준 정비방안 수립
	2	- 조선시대 및 현대까지의 극한홍수 조사 - 이상홍수 평가기반 기술 분석 - 수공구조물별 이상홍수에 대한 안전성 평가 - 이상기후 대비 시설기준 강화(시설기준 제,개정)
	3	- 극한홍수재현 및 DB시스템 구축 - 이상홍수 평가기술 개발 - 이상홍수 대비 월류대응방설계기법 개발 - 이상기후 대비 시설기준 강화
	4	- 극한홍수재현 및 DB시스템 구축 - 이상홍수 평가기술 적용 및 결과 분석 - 이상홍수 유역치수계획 기술 개발 - 이상기후 대비 시설기준 강화
	5	- 극한홍수조사 및 분석을 통한 극한홍수 발생 경향 평가 - 이상홍수 평가기술과 치수정책 - 이상홍수 하천횡단구조물 취약부설계 및 보강기술 개발 - 이상기후 대비 시설기준 강화
<제 2 세부과제> 이상기상 대비 구조물의 내풍 설계기준 정비 및 개발	1	- 시설기준강화 기본계획 수립 - 기본풍속도,바람막이 기준설정을 위한 절차 및 방법 모색 - 국내 풍하중 설계 기준수립 - 국내 풍진동에 대한 설계기준 방향 제시 - 이상기상 대비 교량, 기타구조물 시설기준 기본계획 수립 - 기존 CFD 프로그램 조사 및 활용방안
	2	- 풍속기록 표준화, 강풍에 의한 풍환경 피해실태조사(1) - 풍직각방향, 비틀림방향 풍하중 평가방법 제안 - 강풍시 고층건축물의 진동에 대한 거주자의 인지도 평가 - 내풍설계등급/설계수준 분류방법 개발 - CFD 관련 S/W의 수치실험용으로 개량
	3	- 풍속기록의 표준화, 강풍에 의한 풍환경 피해실태조사(2) - 건축물 분류에 따른 풍하중산정법 구분 개발 - 강풍시 고층건축물의 진동의 주파수대별 거주성능 평가 - 이상기상 대비 구조물의 정적 내풍설계기준/지침 제안 - CFD 관련 S/W의 수치실험용으로 개량 완성
	4	- 최대풍속의 극치분포해석, 기본풍속도 작성 및 강풍에 의한 풍환경 피해 원인 분석) - 건축물 구조축별 풍하중 조합방법 개발 - 강풍시 고층건축물의 진동의 진폭 및 거주자의 자세에 따른 거주성능 평가 - 이상기상 대비 구조물의 동적 내풍설계 프로세서 개발 - 수치실험 기법에 의한 설계기준개선방안 수립
	5	- 바람막이의 설치기준의 개발 및 기본풍속도 재검토 - 동적해석 및 풍동실험 대상 건축물 구분 - 강풍시 건축물의 풍진동에 대한 내풍설계기준 제안 - 이상기상을 대비한 교량구조물의 내풍설계기준/지침 제안 - 특정구조물의 내풍설계기준의 개선방향 제시

순응하면서 살아야 하는 것을 암시하고 있다. 그러나 피해를 당하는 입장에서는 이해하기 힘든 측면이 있는 것도 사실이다.

국가는 국민의 재산과 국가의 안위 측면에서 재난에 방비를 하여야 한다. 우선 인명 피해가 없도록 노력하여야 하고 재해 발생시 사회의 커뮤니티와 지역과 지역을 연결하는 최소한 국가의 축은 유지될 수 있도록 재해관리를 하여야 한다. 이와 같은 측면에서 우리나라에서 가장 빈번하게 일어나는 수재해와 풍재해에 의한 피해를 최소화할 수 있는 제기준에 대한 검증과 특별 기준의 제정에 대한 검토는 매우 의의가 있다고 판단된다.

기준 강화는 곧 바로 국가와 개인의 경제적인 문제와 연결되기 때문에 신중한 고려와 국민적인 이해가 있어야 하는 분야이다. 그러나 국가의 안전과 개인의 생명과 재산을 보호하는 측면에서의 시대의 상황에

맞는 최적의 기준을 설정하는 것은 매우 중요하다.

이러한 측면에서 학회의 많은 전문가들의 관심과 충고가 본 과제를 성공적으로 마무리 지을 수 있는 키라고 생각하며 연구진에게 많은 격려와 관심을 부탁드린다.

참고문헌

1. 윤원태(2005), 기후변화와 국내의 이상기상 현상 및 예측, 춘천 물 포럼 2005 논문집
2. 이상기후대비시설기준강화연구단/한국건설교통기술평가원(2005), 이상기후에 대비한 시설기준 강화 최종기획보고서
3. 최재선(2005), 기후변화와 자연재해의 관계에 대한 이해, 춘천 물 포럼 2005 논문집