

한국형 재해정보시스템 구축을 위한 재해평가 프로세스 개념설계 : 홍수재해를 중심으로

정근채^{*}

충북대학교 토목공학부

Conceptual Design of a Hazard Evaluation Process for Constructing the Korean Hazard Information System : Focused on Flood Hazard

Keun-Chae Jeong

School of Civil Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

In this paper, for constructing the Korean Hazard Information System (KHIS), we conceptually design a hazard evaluation process. We first deal with a hazard evaluation process focused on flood hazard to give the most immense damage and loss. The hazard evaluation process is consist of a damage evaluation process and a loss evaluation process, and is used for transforming hazards from natural disasters into economic measures. The proposed process is developed based on the famous FEMA (Federal Emergency Management Agency)'s HAZAS^{@MH} methodology. We modify the FEMA's process to be mutually exclusive and collectively exhaustive, that is all losses from the hazards are included into the estimation process but the losses are not duplicated in the process. In addition to this, we define the loss process specifically by considering the characteristics from the hazard environments of Korea. We can expect that KHIS for evaluating economic losses from natural hazards can be developed based on the conceptual design for the economic loss evaluation process, and KHIS can be used as a useful tool for analyzing the feasibilities of mitigation plans in central/local governments.

Keyword: hazard information system, economic loss, disaster mitigation, evaluation model, feasibility study, flood

1. 서론

최근 들어 엘니노(El Nio)와 라니냐(La Nina) 등의 기후변화에 따른 자연재해로 인해 많은 피해가 발생하고 있다. 소방방재청에서 발간한 2006년도 재해연보를 살펴보면 <표 1>에 나타나 있는 바와 같이 지난 10년간 자연재해로 인한 연평균 피해액이 2조 원을 넘어서고 있다(Bureau of Disaster Prevention and Management, 2007). 특히 지난 2002년에는 7조

원에 육박하는 피해가 발생하기도 했다. 또한 <표 2>에 나타나 있는 바와 같이 자연재해로 인해 연간 100명이 넘는 인명피해(사망실종)가 발생하고 있다. <표 1>과 <표 2>에 나타난 피해를 원인별로 살펴보면, 피해액의 82%와 인명피해의 89%를 호우와 태풍이 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 한국적 기후환경 하에서는 호우와 태풍에 대한 방재사업이 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있을 것이다. 자연재해로 인한 피해를 줄이기 위해서는 효율적이고 효

본 논문은 2007학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

^{*}연락처 : 정근채 교수, 361-763 충청북도 청주시 흥덕구 개신동 12 충북대학교 토목공학부, Fax : 043-263-2409,

E-mail : kcjeong@cbnu.ac.kr

투고일(2008년 07월 28일), 심사일(1차 : 2008년 07월 30일, 2차 : 2008년 08월 30일), 게재확정일(2008년 09월 03일).

표 1. 최근 10년간 재해 원인별 피해액 현황(단위: 억 원)

원 인	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	합계
호 우	1,623	14,195	806	2,778	5,193	10,533	1,938	2,246	3,600	19,063	61,974
태 풍	132	3,086	979	1,644		58,758	46,926	3,568	1,417	118	116,628
대 설								7,040	5,625	52	12,716
폭 풍		55									55
호우·폭풍			12,032	2,833							14,865
폭풍설	264	370	173		8,997						9,803
강 풍									95	140	236
풍 량										57	57
기 타	387	67									454
합 계	2,406	17,773	13,989	7,255	14,190	69,290	48,865	12,853	10,737	19,430	216,788

표 2. 최근 10년간 재해 원인별 사망실종자 현황(단위: 명)

원 인	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	합계
호 우	19	325	5	19	78	23	15	5	21	63	573
태 풍	13	57	8	2		247	133	9	6		475
대 설									14		14
폭 풍											-
호우·폭풍				28							28
폭풍설	2		67		4						73
강 풍									1		1
풍 량											-
기 타	4	1	9								14
합 계	38	383	89	49	82	270	148	14	42	63	1,178

과적인 자연재해 예방사업을 펼쳐야 한다. 세계은행은 각국 정부가 재해예방사업에 400억불 규모를 투자했다면, 1990년대 발생한 자연재해 손실액 중 2,800억불 정도를 줄일 수 있었을 것이라 추산하고 있다(UN International Strategy for Disaster Reduction, 2006). 또한 연구에 따라 다소 차이는 있지만 일반적으로 예방사업은 경제적으로 투자 대비 4배에서 10배까지의 경제적 효과를 보인다(Shim, 2001; Multi-hazard Mitigation Council, 2005). 이러한 추세에 맞춰 국내에서도 2007년 이후 총 115개 과제에 97조 원이 넘는 예산을 투자하여 재해예방 사업을 수행할 계획을 수립해 놓고 있다(Technology and Value Inc., 2006).

모든 재해예방 사업이 경제적 효과를 담보할 수 있는 것은 아니다. 따라서 특정한 재해예방 사업을 기획하기 위해서는 타당성 분석이 수행되어 사업의 정당성을 확보하는 과정이 선행되어야 한다. 이러한 타당성 평가의 중심에 서 있는 것이 바로 비용/효과 분석이다. 비용/효과 분석은 재해예방사업을 위해 소요되는 비용을 정당화할 수 있는 수단을 제공한다. 즉, 재해 발생 시 야기되는 직접적/간접적 경제적 손실액을 정확히 추정하여 이 부분을 재해예방 사업의 효과로 반영한 후, 사업에 소요되는 비용보다 큰 경우 사

업의 타당성이 있다는 결론을 내리게 되는 것이다.

특정 재해예방 사업의 비용/효과 분석을 위한 비용은 비교적 쉽게 추정될 수 있으나, 효과로서 반영되는 자연재해 위험에 노출된 현재의 상황에 대응하는 재해위험 평가액은 쉽게 추정하기 어려운 형편이다. 이에 미국과 같은 안전관리 선진국에서는 HAZAS^{®MH}와 같은 자연재해 손실추정 시스템을 개발하여 데이터를 축적하고 운영함으로써, 자연재해로 인한 경제적 손실을 보다 정확하게 추정하기 위해 노력하고 있다(DHSEP and RD, 2003a; DHSEP and RD, 2003b; DHSEP and RD, 2003c). 늦은 감이 없지 않지만 이와 같은 목적의 달성을 위해 국내에서도 소방방재청을 중심으로 국가 재난관리시스템(National Disaster Management System; NDMS)이란 명칭의 한국형 재해정보시스템(Korean Hazard Information System; KHIS)을 개발하고 있는 상황이다(Cho, 2006).

한국형 재해정보시스템은 <그림 1>의 개념도에 나타나 있는 바와 같이 “재해관리 시스템”과 “재해평가 시스템”으로 크게 구분해볼 수 있다. 재해관리시스템은 재해를 사전에 예측하고 예측된 재해정보를 관련 기관 및 일반 국민에게 전파하여 재해를 사전에 예방하기 위한 “사전예보 시스템”과 이미 발생한 재해를 처리하고 향후 방재관리를 위한

기초 자료로 이용하기 위해 피해내역 등의 관련 통계를 축적하는 “사후 처리 시스템”으로 구성된다. 또한 재해평가시스템은 건물, 시설물, 유틸리티 시스템, 교통 시스템, 농축산 시스템으로 분류되는 물리적 자산의 피해확률을 추정하기 위한 “피해평가시스템”과 이를 바탕으로 추정되는 직간접적 손실금액을 계산하기 위한 “손실평가 시스템”으로 구성된다. 이들 하위 시스템의 운영을 위해 건물, 시설물, 사회간접자본 등의 물리적 자산에 대한 현황, 규모, 단위피해비용 등의 자료를 간직하는 “자산정보 데이터베이스”와 발생재해에 대한 재해 규모, 피해규모, 피해액 등의 자료를 축적해 놓은 “재해정보 데이터베이스”를 유지한다. 한국형 재해정보시스템은 전술한 기능을 가진 하위 시스템과 데이터베이스 등의 정보기술을 활용함으로써 향후 방재업무가 보다 효율적/효과적으로 수행되게 하는 것을 목표로 하고 있다.

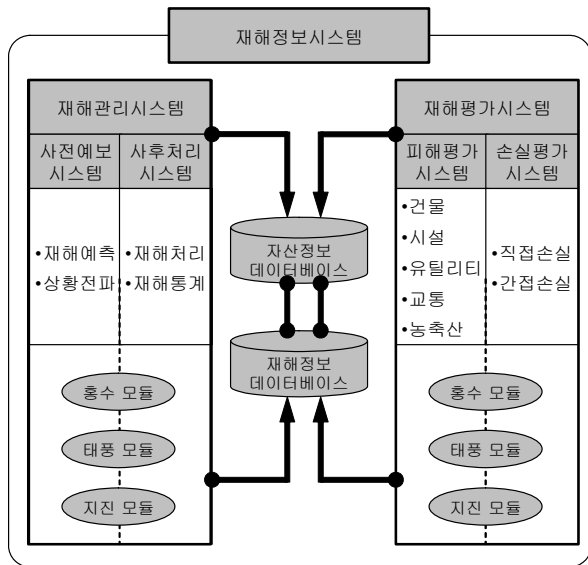


그림 1. 한국형 재해정보시스템 개념도

본 연구에서는 홍수로 인한 자연재해를 중심으로 재해예방 사업의 비용/효과 분석을 위한 도구를 제공하기 위해 한국형 재해평가 프로세스에 대한 개념설계를 수행하고자 한다. 제안하는 프로세스는 HAZAS^{®MH} 방법론을 기반으로 다양한 형태의 피해로 인한 손실을 직접적/간접적 손실로 체계화하고, 다른 한편으로 한국적 특성을 반영함으로써 개발되었다. 본 연구에서 제시하는 재해평가 프로세스에 대한 개념설계안을 바탕으로 향후 재해관련 데이터가 축적되어 재해평가 프로세스에서 사용되는 다양한 함수 및 모수가 상세하게 정의되면, 이를 바탕으로 한국형 재해정보시스템의 주요 하위 시스템 중 하나인 “재해평가시스템”이 성공적으로 구축될 수 있을 것이라 기대한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 제 2장에서는 재해예방사업의 타당성 분석과 이를 위한 초석이 되는 재해평가에 대한 개념을 소개한다. 제 3장에서는 각종 시설물의 피

해비용을 추정하기 위한 피해평가 프로세스에 대한 개념설계 결과를 소개하고 제 4장에서는 피해비용을 바탕으로 직접적/간접적 경제적 손실을 평가하기 위한 손실평가 프로세스에 대한 개념설계 결과를 소개한다. 마지막으로 제 5장에서는 본 연구의 결론을 제시하며 논문을 마무리 한다.

2. 경제적 손실 평가 개념

2.1 재해예방 사업의 타당성 분석

앞서 언급한 바와 같이 재해예방 사업의 타당성 검토를 위해서는 비용/효과 분석을 수행해야 한다. 특정 재해예방 사업에 대한 비용이란 해당 사업을 추진하기 위한 총 획득 및 운영비용을 의미한다. 반면 사업의 효과란 <그림 2>에 나타나 있는 바와 같이 해당 재해예방 사업을 통해 저감될 것으로 예상되는 손실액의 감소분으로 정의된다(Technology and Value Inc., 2006). 이 감소분이 재해예방 사업을 추진하기 위해 소요되는 비용보다 크다면, 즉 효과가 비용보다 크다면, 해당 사업의 추진을 위해 필요한 타당성을 확보한다는 것을 의미한다. 재해예방 사업의 비용은 물리적인 사용처가 명확히 정의될 수 있기 때문에 상대적으로 쉽게 추정할 수 있지만, 효과의 추정은 발생하지 않은 미지의 상황을 대상으로 이루어지기 때문에 그리 간단한 일이 아니다.

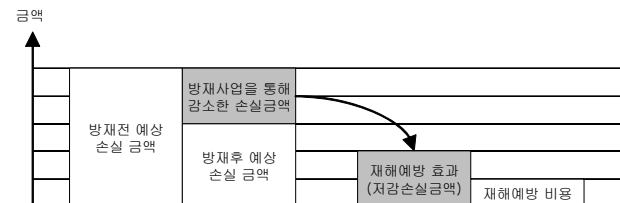


그림 2. 재해예방 사업의 비용/효과 분석

재해예방 사업의 효과를 추정하기 위해서는 우선 자연재해로 인한 손실을 정확히 예측하는 작업이 선행되어야 한다. 일반적으로 재해에 의한 손실은 <그림 3>에 나타나 있는 바와 같이 재해가 발생할 확률과 재해가 발생했을 때의 피해액의 곱으로 표현될 수 있다(Technology and Value Inc., 2006). 재해확률은 어느 정도 강도의 자연재해가 얼마나 자주 발생하는가를 나타내는 척도이다. 홍수의 예를 들면 재해확률은 200ml/일의 강도를 가지는 비가 10년에 한번 꼴로 발생한다는 식으로 표현한다. 이러한 재해확률은 과거로부터 관측·축적되어 온 통계자료를 이용하여 상대적으로 쉽게 추정할 수 있다.

반면 재해발생시 피해액의 추정을 위해서는 특정 강도의 재해가 발생했을 때 어떤 자산에 어느 정도의 피해가 발생하고 이로 인한 경제적 피해금액이 어느 정도인가를 구체적으로 산정하는 과정이 필요하다. 이 과정은 매우 방대한

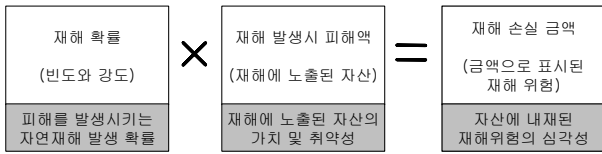


그림 3. 재해 손실 금액 추정 방법

자료와 방법론을 종합적으로 이용해야 하는 복잡하고 까다로운 작업을 수반한다. 본 연구에서는 홍수 재해를 대상으로 재해 발생에 따른 피해액을 추정하기 위한 재해평가 프로세스에 대한 개념설계를 수행한다. 다음 절에서는 본 연구에서 제안하고 있는 재해평가 프로세스에 대한 기본 개념을 소개한다.

2.2 경제적 관점에서의 재해평가 개념

홍수로 인한 자연재해의 손실금액을 평가하는 프로세스는 <그림 4>에 나타나 있는 바와 같이 크게 홍수재해평가, 물리적 피해평가 및 경제적 손실평가의 3단계로 나뉘볼 수 있다. 홍수 재해 평가란 강수량, 하천정보 등의 홍수재해정보, 건물 및 시설물 특성을 포함하는 자산현황정보, 사전경보정보 등을 바탕으로 지리정보 시스템과 수리학·수문학 이론을 이용하여 범람지역 범위, 침수수위, 홍수유속 등을 예측하는 단계를 의미한다.

물리적 피해평가란 홍수재해 평가결과를 각 물리적 자산에 적용함으로써 해당 시설물에 손상을 가져오는 1차적 물리적 피해상황을 예측하는 단계를 의미한다. 소방방재청에서 발행 중인 재해연보를 살펴보면 <표 3>에 나타나 있는 바와 같이 물리적 자산을 건물, 선박, 농경지, 농작물, 공공시설, 사유시설로 구분하고 있다(Bureau of Disaster Prevention and Management, 2007). 반면 미국의 HAZAS^{®MH} 방법론에서는 물리적 자산을 <표 4>와 같이 건물, 필수 시설물, 위험 시설물, 교통 시스템, 유틸리티 시스템, 농산물, 차량으로 구분하고 있다(DHSEP and RD, 2003b). 본 연구에서는 국내

에서 발생한 과거 재해자료를 바탕으로 정의된 재해연보 방식의 분류법(재해연보에 포함된 피해 자산 중 수산업 및 선박과 관련된 자산은 홍수재해와 큰 관련성이 없으므로 본 연구에서는 제외함)과 피해의 추정 유형을 기준으로 정의된 HAZAS^{®MH} 방법론의 분류법을 조합하여 <표 5>에 나타나 있는 바와 같이 자산을 건물, 시설물, 교통 시스템, 유틸리티 시스템, 농축산 시스템의 5가지로 크게 분류하고자 한다. 이와 같이 물리적 자산을 새로운 방식으로 체계적으로 분류함으로써 재해로부터의 모든 경제적 손실을 빠짐없이 또한 중복없이 추정할 수 있는 재해평가 프로세스를 설계할 수 있다.

표 3. 재해연보의 자산 분류 방식

대분류	중분류(소분류)
건물	-
선박	동력, 무동력
농경지	전, 답
농작물	전작, 답작
공공시설	도로(교량), 하천, 소하천, 상하수도, 항만, 어항, 학교, 철도, 수리(방조제), 사방(임도), 군시설, 소규모 시설물, 기타
사유시설	축대/담장, 가축, 축사/잠사, 수산 증양식, 어망/어구, 비닐하우스, 기타

재해 발생시 시설물에 1차적으로 발생한 직접/물리적 피해로 인해 2차적으로, 즉 간접/부가적으로 발생하는 피해로는 <그림 4>에 나타나 있는 바와 같이 영업중단, 사상자 발생, 대피소 운영, 잔해처리, 기능상실, 위험상황 발생 등이 있다. 정확한 경제적 손실의 평가를 위해서는 이와 같은 2차적 피해예측 역시 반드시 손실평가 프로세스에 포함되어야 한다. 이와 같은 1, 2차적 피해를 보다 정확하게 예측하기 위해서는 특정 홍수재해에 대해 나타나게 될 자산의 피해양상을 예측하는 데 도움을 줄 수 있는 자산의 특성정보

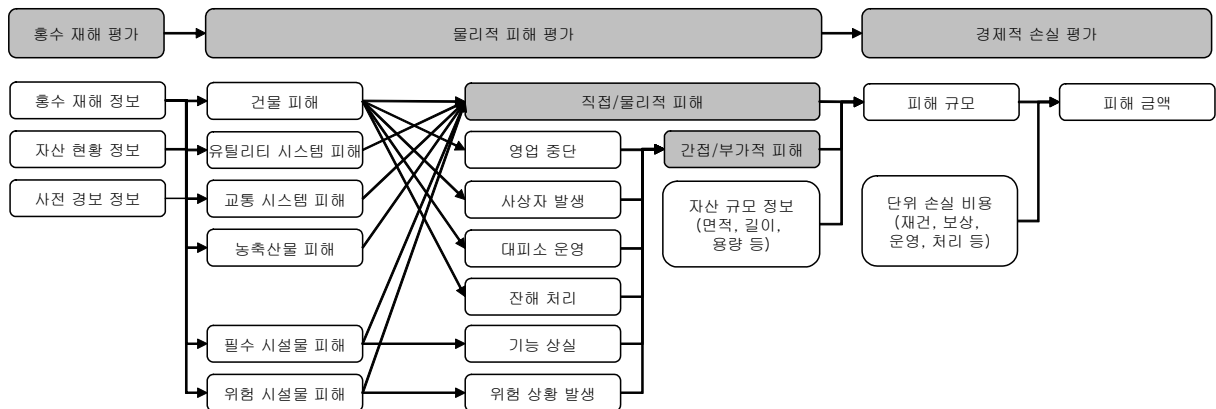


그림 4. 홍수 자연재해 경제적 손실평가 개념도

표 4. HAZAS^{@MH}의 자산 분류 방식

대분류	중분류(소분류)
건물	주거용, 상업용, 산업용, 농업용, 종교/비영리, 공공, 교육용
필수 시설물	병원, 학교, 소방서, 경찰서, 비상통제센터
위험 시설물	원자력 발전소, 댐, 군사 시설물
교통 시스템	도로(도로, 교량, 터널, 터미널, 연료보급시설, 분배시설, 통제소, 유지보수시설), 철도(철로, 교량, 터널, 역, 연료보급시설, 분배시설, 통제소, 유지보수시설), 경전철(철로, 교량, 터널, 역, 연료보급시설, 분배시설, 통제소, 유지보수시설), 버스(터미널, 연료보급시설, 분배시설, 통제소, 유지보수시설), 항만(접안시설, 화물 처리시설, 창고, 연료보급시설), 해상여객(접안시설, 터미널, 창고, 연료보급시설, 분배시설, 통제소, 유지보수 시설), 공항(관제탑, 활주로, 터미널, 주차장, 연료보급시설, 유지보수시설, 격납고)
유틸리티 시스템	상수도(관로, 정수처리시설, 통제소, 관정, 저장탱크, 펌프시설), 하수도(관로, 폐수처리시설, 통제소, 리프트시설), 석유(관로, 정유시설, 통제소, 저장탱크), 가스(관로, 압축시설, 통제소, 저장탱크), 전기(선로, 발전소, 변전소, 송전탑), 통신(선로, 통신시설, 통제소, 중계소, 방송국, 기상청)
농산물	곡물
차량	승용차, 경트럭, 중트럭

표 5. 본 연구의 자산 분류 방식

대분류	중분류(소분류)
건물	주거, 상업, 산업, 종교/비영리, 공공
시설물	필수 시설물(병원, 학교, 소방서, 경찰서), 위험 시설물(원자력 발전소, 군사 시설물, 화학 공장, 댐, 사방/하천, 축대/담장)
교통 시스템	도로(도로, 교량, 터널, 터미널, 연료보급시설, 통제소, 유지보수시설), 철도(철로, 교량, 터널, 역, 연료보급 시설, 분배시설, 통제소, 유지보수시설), 경전철(철로, 교량, 터널, 역, 연료보급시설, 분배시설, 통제소, 유지보수시설), 버스(터미널, 연료보급시설, 분배시설, 통제소, 유지보수시설), 항만(접안시설, 화물처리시설, 창고, 연료보급시설), 해상여객(접안시설, 터미널, 창고, 연료보급시설, 통제소, 유지보수시설), 공항(관제탑, 활주로, 터미널, 주차장, 연료보급시설, 유지보수시설, 격납고), 차량(승용차, 승합차, 경트럭, 중 트럭, 버스)
유틸리티 시스템	상수도(관로, 정수처리시설, 통제소, 관정, 저장탱크, 펌프시설), 하수도(관로, 폐수처리시설, 통제소, 리프트시설), 석유(관로, 정유시설, 통제소, 저장탱크), 가스(관로, 압축시설, 통제소, 저장탱크), 전기(선로, 발전소, 변전소, 송전탑), 통신(선로, 통신시설, 통제소, 중계소)
농축산 시스템	농산물(농지, 농작물, 농업시설, 시설작물), 축산물(축사, 사육가축)

가 필요하다. 이러한 정보를 자산현황정보라 부르며 이 정보는 자산의 위도, 경도, 주소, 종류, 구조형식, 기초형식, 사용재료, 용도, 표고 등 자산의 특성을 규명할 수 있는 다양한 자료를 포함한다.

마지막으로 경제적 손실평가 단계에서는 물리적 피해평가 결과인 1차 직접/물리적 피해 및 2차 간접/부가적 피해비용을 바탕으로 각 자산에 대해 면적, 길이, 용량, 수용인원 등으로 표현되는 자산규모정보를 적용함으로써 특정 자산에 대한 피해규모를 산정한 후, 피해규모에 시설물에 대한 재건, 피해자에 대한 보상, 피난시설의 운영, 잔해의 처리 등으로 인해 발생하는 단위 손실비용을 적용함으로써 피해를 경제적 척도인 금액으로 변환하는 과정을 수행한다. 이와 같은 3단계의 과정을 통해 정확한 경제적 손실 값이 합리적으로 추정될 수 있는 것이다. 다음 장에서는 위에서 설명한 물리적 피해평가 프로세스에 대해 보다 자세하게 살펴본다. 이 단계에서는 물리적 피해규모를 추정하기 위한

기초 정보인 건물, 시설물, 교통 시스템, 유틸리티 시스템, 농축산 시스템 등의 피해비용의 추정과 필수 시설물의 기능유지와 위험 시설물에서의 위험상황 발생 여부의 판정을 수행한다.

3. 피해평가 프로세스 개념설계

3.1 건물 및 시설물 피해 추정

<그림 5>에 나타나 있는 바와 같이 주거용, 상업용, 산업용, 종교/비영리, 공공 등의 용도를 갖는 건물과 필수/위험 시설물에 대한 피해를 추정하기 위해 홍수재해 정보와 건물/시설물 정보를 기본적으로 이용한다. 홍수재해 정보 측면에서는 강수량과 해당 지역의 지형정보를 이용하여 침수 지도를 작성하고 이를 통해 특정 영역에서의 침수 수위와 홍수유속을 추정한다. 이때 하나의 영역은 동일 영역에서

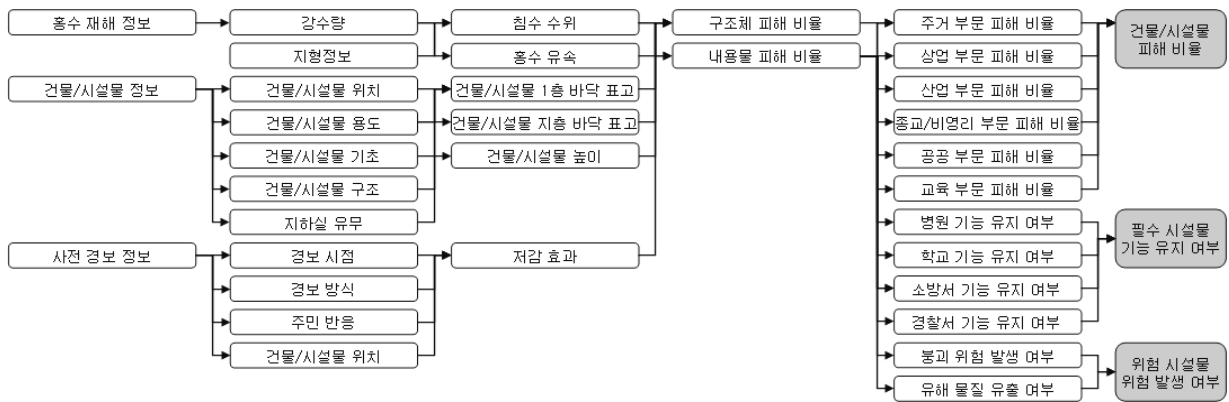


그림 5. 건물/시설물 피해평가 프로세스

의 침수 수위는 동일하다는 가정 하에 예를 들면 $100m^2(=10m \cdot 10m)$ 등의 일정한 크기를 갖는 다각형으로 정의할 수 있다. 건물/시설물 정보 측면에서는 침수 수위를 바탕으로 건물/시설물의 침수정도를 추정하기 위해 특정 건물/시설물의 1층 바닥면 표고와 건물/시설물의 높이가 이용된다. 만약 개별 건물/시설물에 대한 정보를 확보하지 못한 경우에는 건물/시설물의 위치, 용도, 기초 및 구조 형식을 바탕으로 간접적인 방법을 통해 1층 바닥면 표고와 건물/시설물의 높이를 추정하여 이용한다.

홍수재해 정보와 건물/시설물 정보를 조합하면, <그림 6>에 예시된 형태의 피해함수를 이용하여 건물/시설물의 구조체 또는 내용물에 대한 피해비율을 추정할 수 있다. 여기서 구조체란 기둥, 벽, 기초 등 건물/시설물의 뼈대와 몸통을 이루는 부분을 의미하며, 내용물은 가구, 집기 등 건물/시설물 안에 설치된 물품을 의미한다.

본 연구에서 제안하는 피해함수는 <그림 6>에 묘사되어 있는 바와 같이 3단계로 구성되어 있다. 먼저 1단계에서는 침수 수위와 홍수유속의 조합을 이용하여 건물의 붕괴여부를 결정한다. 즉 <그림 6>의 상단 그래프에 나타나 있는 바와 같이 전체 영역을 붕괴가 발생하는 영역과 붕괴가 발생하지 않는 영역으로 구분하고, 붕괴가 일어나는 영역에 포함되는 경우 피해비율을 100%로 추정하며 그렇지 않은 경우에는 2단계를 이용하여 피해비율을 추정한다.

0~100% 사이의 범위를 갖는 피해비율은 해당 자산을 건설하는 데 드는 비용 대비 피해복구에 소요되는 비용의 백분율로 정의된다. 또는 감가상각이 매우 중요한 자산의 경우, 해당 자산에 대한 감정평가액 대비 피해복구에 소요되는 비용의 백분율로 정의할 수도 있다. 특정 자산에 대해 피해비율은 해당 자산에 대한 감가상각의 중요성 정도에 따라 위에 서술된 두 가지 정의 중 하나를 사용한다. 이러한 피해비율의 정확한 추정을 위해서는 과거로부터 축적되어 온 피해기록이 매우 중요한 역할을 담당한다. 일례로 자연재해로 인한 피해 예측에 대한 연구를 주도하고 있는 미국의 HAZAS^{®MH} 경우에는 과거 홍수 재해 시 발생했던 피해

에 대한 보험사의 보상내역 자료를 수집만건 분석한 후 침수 수위에 따른 피해비율을 추정하여 피해 예측에 이용하고 있다(DHSEP and RD, 2003b).

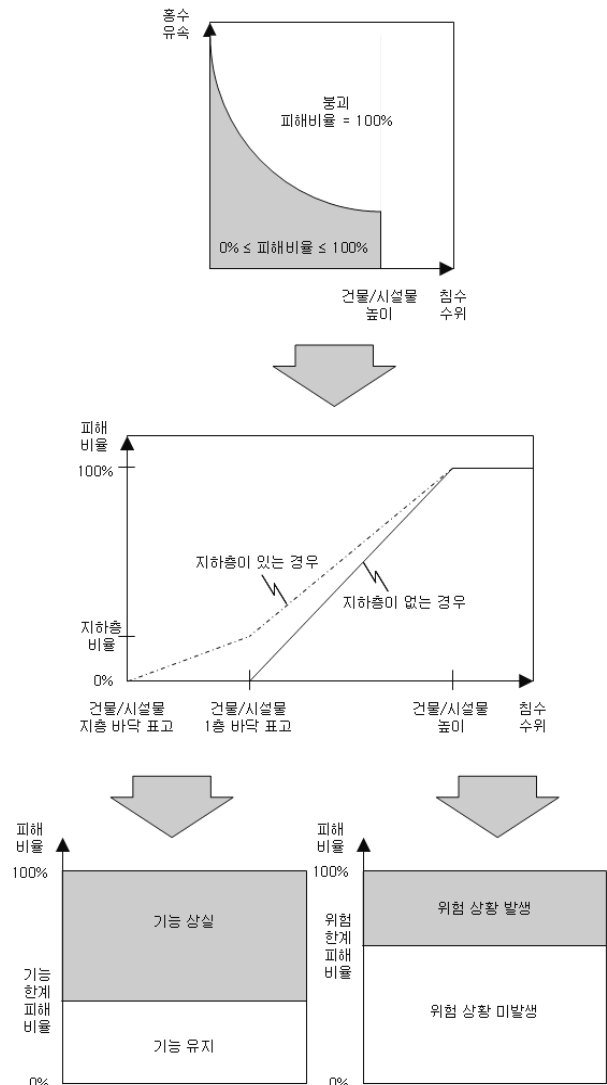


그림 6. 3단계 피해함수 개념

전체 피해비율을 추정하기 위한 2단계 피해함수는 <그림 6>의 중간 그래프와 같이 건물 또는 시설물의 침수수위와 피해비율의 관계를 규정하는 함수로 정의된다. 피해함수는 지하층이 있는 경우와 없는 경우로 구분될 수 있다. 먼저 지하층이 없는 경우에는 1층 바닥면 표고까지 물이 차는 순간부터 피해가 시작되어 건물/시설물 높이까지 물이 차면 피해비율이 100%까지 증가한다. 반면 지하실이 있는 경우에는 지하층 바닥면 표고까지 물이 차는 순간부터 피해가 시작되어 건물/시설물 높이까지 물이 차면 피해비율이 100%까지 증가한다. 2단계 피해함수에서 지하층 비율은 전체 구조체/내용물의 가치 대비 지하층 부분의 구조체/내용물이 차지하는 가치의 비율을 이용한다. 이와 같은 방식으로 추정된 피해비율은 사전경보의 유무에 따라 조정될 수 있다. 즉, 사전경보가 있는 경우 피해비율의 추정치를 원래의 추정치보다 줄이는 것이다. 이는 사전경보가 있는 경우 사전대책을 통해 피해비율을 일정 정도 감소시킬 여지가 있기 때문이다. 이때 감소되는 비율, 즉 저감효과는 경보발령시점, 경보의 방식, 경보를 접한 사람의 행동 양식, 건물/시설물의 위치 등에 따라 결정될 수 있다(DHSEP and RD, 2003b).

마지막으로 3단계의 피해함수는 필수 시설물의 기능상실 여부와 위험시설물의 위험상황발생 여부를 추정하기 위해 사용된다. 병원, 학교, 소방서, 경찰서 등 필수 시설물은 주민의 일상생활에 있어서 꼭 필요한 시설이기 때문에 시설물의 물리적 피해비율 추정과 더불어 해당 시설의 기능을 계속 제공할 수 있는가를 예측하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서 제시하고 있는 모형에서는 시설물의 피해비율을 바탕으로 기능성 유지 여부를 결정한다. 즉 <그림 6>의 하단 왼쪽 그래프에서 보는 바와 같이 피해비율이 기능한계피해비율(기능성을 유지할 수 있는 최대 피해비율)을 넘는 경우 더 이상 기능을 수행할 수 없는 것으로 판단한다. 한편 위험시설물은 원자력 발전소, 군사 시설물, 화학 공장 등 홍수 발생시 유해물질 유출 가능성이 있는 시설과 댐, 사방/하천, 축대/담장 등 홍수 발생시 붕괴로 인한 위험이 발생할 수 있는 시설이 포함된다. 따라서 위험시설물에 대해서는 유해 물질 유출과 붕괴 여부 등의 위험상황발생 여부가 물리적 피해비율과 함께 주요한 관심사가 된다. 이 또한 <그림 6>의 하단 오른쪽 그래프와 같이 위험한계피해비율(위험상황이 발생하지 않는 최대 피해비율) 개념을 도입하여 앞서 서술한 기능상실 여부 평가 방식과 유사한 방법으로 추정할 수 있다.

이와 같은 피해함수는 건물/시설물의 높이, 용도, 구조형식, 기초형식 등에 따라 다양하게 정의될 수 있다. 이러한 피해함수는 과거 피해 사례로부터의 통계치를 이용하는 방법, 실험 자료를 이용하는 방법, 그리고 전문가의 의견수렴을 통한 방법 등을 이용하여 정의할 수 있다. 한국형 재해정보시스템의 구축을 위해서는 본 논문에서 제안하는 함수의

프레임워크도 중요하지만, 향후 제안된 프레임워크를 갖는 함수를 자산별로 구체적으로 정의하는 데 필요한 재해 관련 데이터베이스의 축적이 수반되어야 한다.

3.2 유틸리티/교통 시스템 피해 추정

상수도, 하수도, 석유, 가스, 전기, 통신 등 유틸리티 시스템에 대한 피해 역시 건물/시설물과 마찬가지로 홍수 재해 정보를 바탕으로 유틸리티 시스템 정보를 조합하여 추정한 다. <그림 7>과 같이 유틸리티 시스템에 대한 피해를 보다 정확하게 추정하기 위해서는 개별 유틸리티 시스템을 관로/선로, 정수처리시설, 통제시설, 관정, 저장탱크, 펌프, 폐수처리 시설, 리프트, 정유시설, 압축시설, 발전소, 변전소, 송전탑, 중계소 등의 하위 구성요소로 구분할 필요가 있다. 즉 특정 유틸리티 시스템을 구성하는 하위 시스템에 대해 피해비율을 예측하고 이를 종합하여 해당 유틸리티 시스템의 피해비율을 예측하는 메커니즘을 이용하는 것이다.

관로, 선로, 관정 등 일부 특수한 자산을 제외한 대부분의 구성요소는 앞서 살펴본 건물/시설물의 일종이라 볼 수 있다. 따라서 앞서 언급한 건물/시설물을 위한 피해함수와 유사한 방식으로 피해비율을 예측할 수 있다. 반면 관로, 선로, 관정 등 파이프라인 형태의 시설물에 대해서는 피해비율을 산정하기 위한 새로운 방식의 피해함수의 개발이 필요하다. 이들 시설물에 대한 피해함수는 이 분야의 선두주자인 HAZAS^{®MH}에서도 아직 제안된 것이 없는 형편이다. 새로운 피해함수의 개발은 개념설계 수준의 본 연구범위를 넘어서는 주제이므로 보다 상세한 함수를 제안하지는 못하지만 향후 반드시 연구되어야 할 중요한 과제임은 분명하다.

<그림 7>의 아래 부분에 표시되어 있는 도로, 철도(지하 구간 포함), 경전철, 버스, 항만, 해상여객, 공항 등 교통시스템 역시 유틸리티 시스템과 마찬가지로 도로/철로, 터널, 활주로 등 라인형태를 제외한 대부분의 구성요소가 건물/시설물의 일종이라 볼 수 있다. 따라서 앞서 언급한 건물/시설물을 위한 피해함수와 유사한 피해함수를 정의할 수 있다. 반면 도로/철로, 터널, 활주로 등 라인 형태의 시설물에 대해서도 역시 피해비율을 산정하기 위한 새로운 방식의 피해함수의 개발이 필요하다. 이 부분 역시 본 연구의 범위 내에서 구체적인 함수의 형태를 제안하지는 못하지만 중요한 향후 연구과제가 될 것이다.

앞서 소개된 교통 시스템 구성요소를 제외한 다른 유형의 홍수 피해 자산은 바로 차량이다. 열차, 선박, 항공기 등에 대해서는 홍수로 인한 침수 피해가 거의 발생하지 않지만, 하상 주차장 등 특정 취약지역에 주차 중인 차량에 대한 침수 피해는 자주 보고가 되는 상황이다. 따라서 본 연구에서 제안하는 모형에서는 홍수 재해로 인한 차량 침수피해를 포함시켰다. 침수로 인한 차량의 피해를 추정하는 경우, 특정 지역에서의 침수 수위와 차량 바닥면의 표고 및 계

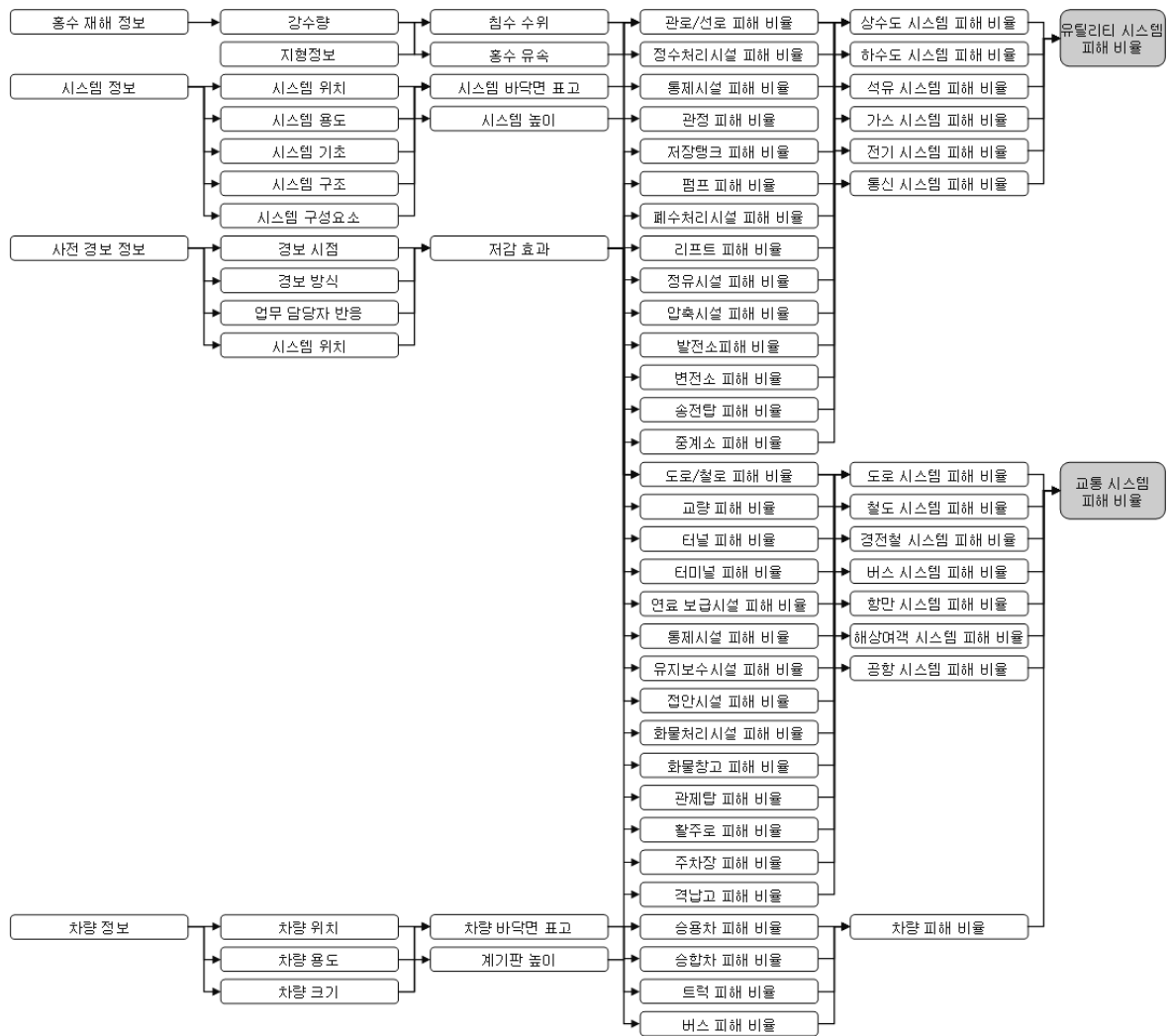


그림 7. 유틸리티/교통 시스템 피해 추정 모형

기관 높이가 중요한 변수로 작용한다. 승용차, 승합차, 트럭, 버스 등 차량의 피해함수 역시 기본적으로 앞서 언급한 건물/시설물을 위한 피해함수와 유사하게 정의할 수 있다. 차량의 피해함수를 정의하는 주요 요인은 차량 바닥면의 표고, 운전 계기판의 높이 및 차량의 전체 높이이다. <그림 8>의 차량 피해함수 사례에 나타나 있는 바와 같이 피해비율은 차량 바닥면의 표고와 계기판 높이에서 선형 그래프의 기울기가 달라지는 변곡점을 갖는 선형 함수의 형태를 갖는다. 이는 차량 바닥면의 표고와 계기판 높이가 자동차에 장착된 부품의 비중을 구분하는 기준 높이로 이용될 수 있기 때문이다(침수된 부품에 대한 가치의 비율은 피해비율을 추정하는 기본적 요소이다). 예를 들어 HAZAS^{®MH}의 경우 차량 바닥면 이상으로 물이 차게 되면 전체 차량 가치 대비 15%, 계기판 높이 이상으로 물이 차면 60% 가량의 피해가 발생한다고 가정하고 있다(DHSEP and RD, 2003b). 물론 <그림 8>에 나타나 있는 피해비율은 차량의 종류 및 용도에 따라 다양하게 정의될 수 있다.

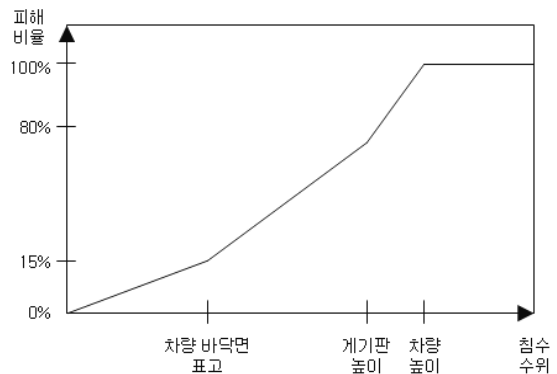


그림 8. 차량 피해함수 사례

유틸리티/교통 시스템에 대한 피해비율 역시 앞서 언급한 다른 자산들과 마찬가지로 사전 경보의 유무에 따라 조정될 수 있다. 미국의 경우 48시간 전에 홍수경보를 발령하면 최대 35%의 피해가 감소되는 효과가 있는 것으로 보고되었다(DHSEP and RD, 2003b). 특히 차량은 자체적으로 이

동능력을 갖고 있기 때문에 다른 어떤 자산 부문보다 사전 경보에 의한 피해 감소 효과가 클 수 있다. 따라서 앞서 언급한 바와 같은 경보 시점, 방식, 운전자 반응, 위치 등을 고려하여 사전 경보로 인한 저감효과를 신중하게 추정해야 할 것이다. 즉 경보시점이 빠를수록, 경보방식이 되도록 많은 사람들이 인지할 수 있는 방식일수록, 운전자들이 즉각적으로 경보에 대응할수록, 그리고 차량의 위치가 쉽게 이동이 가능한 위치일수록 사전경보에 의한 피해 저감효과가 커질 것이다.

3.3 농축산물 피해 추정

농축산물의 피해 추정은 <그림 9>에 나타나 있는 바와 같이 시설이 필요 없는 노지 작물과 비닐하우스와 같이 농업 시설 내에서 재배되는 작물로 크게 나눌 수 있는 농산물 부분과 축사 등과 같은 시설에서 사육되는 가축으로 대표되는 축산물 부분으로 구분하여 수행한다. 먼저 농지의 피해는 해당 농지를 관통하는 홍수의 유속과 침수 수위를 반영하는 피해함수를 통해 추정할 수 있다. 또한 노지 농산물의 피해는 위의 두 가지 정보에 추가적으로 침수 시점 및 기간을 반영하여 추정해야 한다. 이는 농작물의 특성상 침수 시점의 관점에서는 파종기보다는 수확기에 또한 침수 기간의 관점에서는 오랜 기간 침수될수록 피해규모가 커지게 되기 때문이다. 따라서 농작물 자체에 대한 피해비율은 홍수유속, 침수수위, 침수시점, 침수기간을 반영하는 피해함수를 통해 추정할 수 있다.

반면 시설 농업 부문에서는 농업 시설의 피해비율을 바탕으로 농작물의 피해비율을 추정하는 메커니즘을 이용한다. 즉 농업 시설의 피해비율이 높아지면 재배중인 농작물의 피해 역시 증가한다는 가정 하에 시설에서 재배중인 농작물의 피해비율을 추정한다. 농업 시설의 피해함수는 앞

서 언급한 건물/시설물을 위한 피해함수와 유사하게 정의할 수 있다. 또한 축산물의 피해 역시 시설 농산물의 경우와 마찬가지로 축사 시설물의 피해를 바탕으로 사육중인 가축의 피해비율을 추정한다. 농축산 시스템에서 사용되는 피해함수 역시 농축산물의 종류에 따라 다양하게 정의되어야 하며, 과거 피해 사례로부터의 통계치 또는 전문가의 의견을 바탕으로 결정되어야 한다.

4. 손실평가 프로세스 개념설계

4.1 직접/물리적 손실 추정

건물/시설물, 유틸리티 시스템, 교통 시스템, 농축산 시스템에 대한 피해비율 추정 후에는 <그림 10>과 같이 자산규모정보 및 단위손실비용을 바탕으로 자산에 직접적으로 발생한 물리적 피해금액을 추정해야 한다. 여기서 직접/물리적 피해란 구조체 및 내용물 자체의 피해를 의미하며, 후술될 간접/부가적 피해란 자산에 가해진 직접/물리적 피해로 인해 발생하게 되는 추가 피해를 의미한다. 신뢰성 있는 피해금액의 추정을 위해서는 자산의 피해비율뿐만 아니라, 개별 자산에 대한 면적, 길이, 용량 등 자산의 규모를 나타내는 자산규모정보 및 단위손실비용에 대한 정확/정밀한 자료의 수집/추정이 반드시 선행되어야 한다. 이러한 자산규모정보 및 단위손실비용 정보는 부동산등기, 상업등기, 토지관리대장, 건축물관리대장, 인구조사자료, 토지피복도, 지리정보 시스템 등의 다양한 공공 데이터베이스를 조합하여 생성할 수 있다. 정확한 손실추정이 가능한 재해평가 시스템을 구축하기 위해서는 본 연구에서 제안하고 있는 프로세스를 적용하기 위해 필요한 자산규모정보 및 단위손실비용 관련 데이터베이스의 구축이 필수적으로 선행

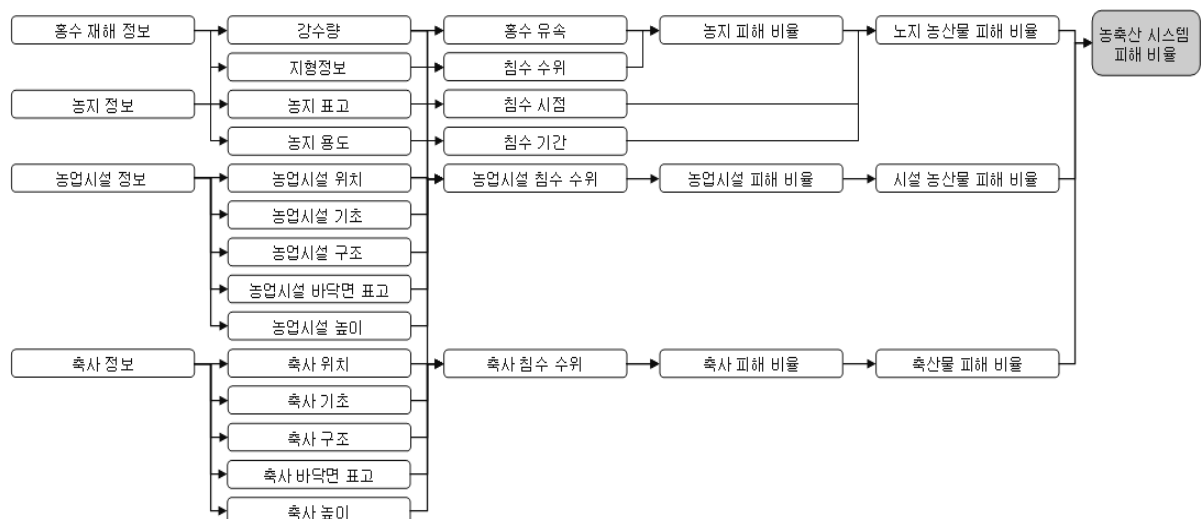


그림 9. 농축산 시스템 피해 추정 모형

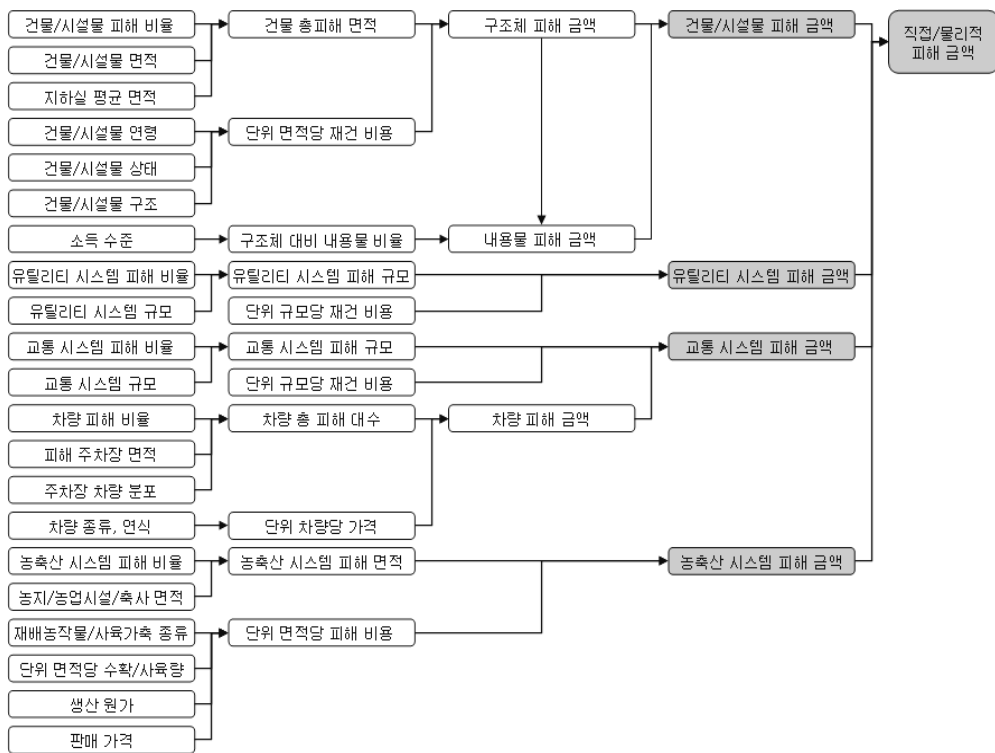


그림 10. 직접/물리적 피해금액 추정 모형

되어야 할 것이다.

먼저 건물/시설물의 구조체에 대한 직접/물리적 피해를 추정하기 위해서는 먼저 자산규모정보로부터 얻은 해당 건물/시설물의 면적에 기추정한 피해비율을 곱해서 건물/시설물의 총 피해 면적을 계산한다. 다음으로 여기에 건물/시설물의 연령, 상태, 구조 등을 고려하여 결정되는 단위 재건 비용을 곱해주면 건물/시설물에 대한 구조체 피해금액을 추정할 수 있다. 구조체와 비슷한 방식으로 건물/시설물에 설치된 내용물의 피해금액은 내용물의 피해비율에 내용물의 추정가치를 곱함으로써 구할 수 있다. 그러나 직접적인 피해추정은 개별 건물/시설물에 대한 내용물 정보를 확보하고 있어야 하기 때문에 현실적인 적용이 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 이에 대한 현실적 대안으로 해당 지역의 소득 수준을 이용하여 대략적으로 추정되는 구조체 대비 내용물의 가치 비율을 기추정된 구조체 피해금액에 곱함으로써 간접적으로 추정하는 방법을 제안한다. 만약 개별 건물/시설물에 대한 면적정보를 확보하고 있지 못한 상황이라면, 해당 지역의 자산유형별 평균면적정보를 활용하여 해당 건물/시설물의 대략적인 피해금액을 추정할 수도 있다.

유틸리티 시스템에 대한 피해금액을 추정하기 위해서는 먼저 구성요소별 자산규모정보를 활용하여 해당 지역의 유틸리티 시스템 규모를 획득한 후 앞서 추정된 구성요소별 피해비율을 적용함으로써 구성요소별 피해규모를 추정한다. 이후 여기에 단위재건비용을 곱함으로써 각 구성요소의 피해금액을 산정한다. 유틸리티 시스템 전체의 피해금

액은 해당 시스템의 구성요소별 피해금액을 합산함으로써 추정할 수 있다.

교통 시스템에 대한 피해금액 역시 구성요소별 자산규모 정보를 활용하여 해당 지역의 교통 시스템 규모를 먼저 획득한 후 앞서 추정된 구성요소별 피해비율을 적용함으로써 구성요소별 피해규모를 추정하고, 이에 단위재건비용을 곱함으로써 각 구성요소의 피해금액을 산정한다. 차량에 대한 피해금액은 자산규모정보를 활용하여 해당 지역 소재의 주차장 면적과 주차장에 주차된 차량의 수를 예측한 후, 앞서 추정된 차량 피해비율을 적용함으로써 차량피해대수를 추정한다. 또한 차량의 종류, 연령, 가격 등을 고려하여 단위차량가격을 산정한 후 앞서 구한 차량피해대수를 곱함으로써 차량의 피해금액을 평균적으로 산정한다. 전체적인 교통 시스템의 피해금액은 해당 시스템의 구성요소별 피해금액을 합산함으로써 추정할 수 있다.

농축산 시스템에 대한 피해금액은 자산규모정보를 활용하여 해당 지역 소재의 농지/농업시설/축사 면적을 먼저 획득한 후 앞서 추정된 농축산 시스템 피해비율을 적용함으로써 농축산 시스템 피해규모를 추정한다. 단위 면적당 피해비용은 크게 두 가지로 구성될 수 있다. 하나는 농지/농업 시설/축사의 단위 면적당 재건비용이고, 다른 하나는 재배되고 있는 농작물과 사육되고 있는 가축의 단위 면적당 수확량 또는 사육량에 단위 판매가격에서 단위 생산원가를 뺀 이윤을 곱한 단위 면적당 손실비용이다. 최종적으로 농축산물 피해규모에 산정된 단위 면적당 피해금액을 곱함으

로써 농축산 시스템의 피해금액을 산정한다. 이와 같은 방식으로 추정된 건물/시설물 피해금액, 유틸리티 시스템 피해금액, 교통 시스템 피해금액 및 농축산물 피해금액을 합산하여 직접/물리적 피해금액을 산정한다.

4.2 간접/부가적 손실 추정

직접/물리적 피해금액을 추정한 이후에는 <그림 11>과 같이 건물/시설물에 대한 피해비율, 필수 시설물 기능 유지 여부, 위험 시설물 위험 발생 여부를 이용하여 간접/부가적 피해금액을 추정한다. 상업 또는 산업용 건물/시설물에 물리적 피해가 발생하면, 수행중인 사업을 다른 곳으로 이전하여 사업을 수행하거나 일정기간동안 사업을 중단하게 된다. 이와 같은 과정에서 발생하는 비용이 바로 이전/사업중단 피해금액이다. 먼저 이전을 통해 사업을 재개하는 경우 피해금액은 이전 대상 건물/시설물 면적에 단위면적당 재배치 비용을 곱하여 산정한다. 반면 사업이 중단되는 경우 발생하는 수입, 급여, 임대 손실 비용을 구하기 위해서는 우선 건물/시설물에 대한 수해 복구 기간, 인허가 기간, 시험가동 기간 등으로 인한 사업중단 기간을 추정해야 한다. 이후 추정된 기간에 단위 면적에 대해 단위 기간 동안 발생하

는 수입, 급여, 임대 손실 비용을 곱하여 사업중단 피해금액을 산정한다.

사상자로 인한 피해금액을 추정하기 위해서는 먼저 사상자가 발생할 확률을 추정해야 한다. 홍수로 인한 사상자 발생 확률은 침수속도, 홍수유속 및 강우량에 의해 영향을 받는다. 즉, 침수 속도가 빠를수록, 홍수유속이 빠를수록, 강우량이 많을수록 확률이 높아진다. 이들 정보를 활용하여 해당 지역에서의 일반 사고 사상자, 익사 관련 사상자, 빗길 차량 사고 사상자 발생확률을 추정한 후, 여기에 시설물 면적, 하천규모, 운행차량수 등의 자산규모정보를 적용함으로써 각 유형별 사상자 수를 추정한다. 이와 같이 계산된 사상자 수에 사상자당 보상비용을 곱함으로써 시설, 하천, 차량관련사상자 피해금액을 추정한다.

홍수로 이재민이 발생하게 되면, 이들을 수용하기 위한 공간이 필요하게 되며 이로 인해 부가적인 비용이 발생하게 된다. 본 연구에서는 이러한 비용을 대피소 운영비용이라 정의한다. 대피소 운영비용 추정을 위해 먼저 건물/시설물 피해비율로부터 주민/가구 재해 확률을 추정한 후 주민/가구수를 곱하여 재해 주민/가구수를 추정한다. 그런데 재해를 당한 모든 주민/가구가 대피소를 이용하지는 않는다. 미국의 조사결과에 의하면 일반적으로 연령이 높을수록 소

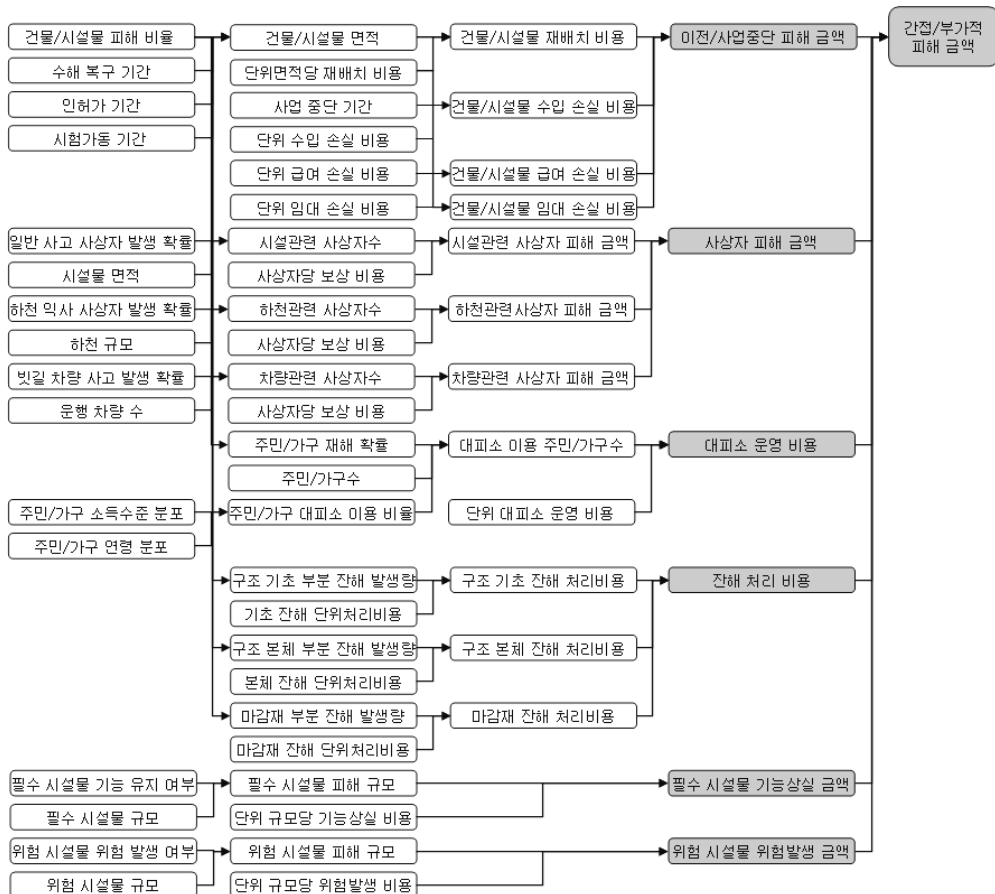


그림 11. 간접/부가적 피해금액 추정 모형

득이 낮을수록 대피소를 이용하는 비율이 높아진다(DHSEP and RD, 2003b). 제안된 모형에서는 주민/가구별 연령/소득 분포를 활용하여 주민/가구 대피소 이용비율을 추정하고 앞서 구한 피해 주민/가구를 곱하여 대피소 이용 주민/가구 수 규모를 추정한다. 여기에 일인/가구당 대피소 운영비용을 곱함으로써 대피소 운영 비용을 추정한다.

다음으로 언급할 간접적 손실 비용은 홍수 피해로 인해 발생하게 되는 각종 구조물에 대한 잔해처리비용이다. 잔해처리비용을 계산하기 위해서는 대상 자산을 구조기초, 구조본체, 마감재로 나누어 피해비율을 바탕으로 발생한 잔해의 규모를 추정하고 이에 단위 잔해처리비용을 적용한다.

필수 시설물은 앞서 언급한 바와 같이 그 기능을 상실하면 주민에게 많은 불편함을 끼치는 병원, 학교, 경찰서, 소방서 등이다. 이들 필수 시설물의 기능상실 비용을 추정하기 위해서는 먼저 피해 지역 내의 필수 시설물 각각에 대해 규모를 산정한 후 앞서 구한 기능유지여부를 적용함으로써 필수 시설물의 기능상실 규모를 추정한다. 여기에 단위 규모 당 기능상실 비용을 곱함으로써 필수 시설물에 대한 기능상실 금액을 추정한다.

위험 시설물에 대한 위험발생 금액 역시 필수 시설물의 기능상실과 유사한 방법을 이용하여 추정할 수 있다. 위험 시설물에 대한 자산규모정보를 활용하여 피해 지역 내 각 위험 시설물의 규모를 계산한 후 앞서 구한 위험발생여부를 적용함으로써 위험발생규모를 계산할 수 있다. 여기에 단위 규모 당 위험 발생 비용을 곱해주면 위험 시설물에 대한 기능상실금액을 추정할 수 있다.

이와 같은 방식으로 추정된 간접/부가적 피해금액은 이전/사업중단 피해금액, 사상자 피해금액, 대피소 운영비용, 잔해 처리비용, 필수 시설물 기능상실 비용, 위험시설물 위험발생 금액을 합산하여 간접/부가적 피해금액을 산정한다. 최종적으로는 직접/물리적 피해금액과 간접/부가적 피해금액을 합산함으로써 총 경제적 손실 금액을 추정한다. 이와 같이 추정된 손실 금액은 해당 지역의 방재를 위해 어느 정도의 금액까지 투입하는 것이 최적일 것인가를 분석하기 위한 방재 프로젝트의 타당성 평가를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 한국형 재해정보시스템을 구축하기 위해 홍수재해를 중심으로 자연재해로 인한 물리적 피해 및 경제적 손실을 평가하기 위한 재해평가 프로세스를 개념적 수준에서 설계하였다. 제안된 프로세스는 미국 FEMA에서 개발된 HAZAS^{®MH}에서 사용하고 있는 방법론을 보다 체계화하고 여기에 한국적 특성을 반영하여 개발되었다.

HAZAS^{®MH}의 방법론과 본 연구에서 제안하고 있는 방법

론의 대표적인 차이점은 다음과 같다. 첫째, 제안된 프로세스는 한국에서 홍수로 인해 피해를 입을 수 있는 모든 자산을 재해평가에 포함시키기 위해, 자산의 유형을 먼저 평가방식의 유사성에 따라 건물, 시설물, 유틸리티 시스템, 교통 시스템 및 농축산 시스템으로 크게 나누고, 소방방재청의 재해연보에 포함된 자산을 정의된 대분류중 하나에 포진시키는 과정을 통해 한국적 재해상황에 적합한 새로운 자산분류체계를 정의하였다. 이와 같은 새로운 분류체계를 통해 재해평가에 있어서 모든 자산의 피해를 빠짐없이 또한 중복없이 평가할 수 있으며, 평가프로세스의 유사성이 있는 자산을 그룹화하여 처리함으로써 평가의 효율성을 높일 수 있다. 둘째, 제안된 프로세스에서는 홍수재해로 인한 피해를 1차적인 직접/물리적 피해와 이로 인한 2차적인 간접/부가적 피해로 구분한 후, 1차적 피해에 대한 평가결과를 바탕으로 2차적 피해를 평가한다. HAZAS^{®MH}에서는 본 연구에서 제안하는 방식과 달리 1차적 피해와 2차적 피해를 독립적으로 평가한다. 그러나 이러한 방식은 1차적 피해평가를 위해 가공된 정보를 이용하지 않고 독립적으로 별도의 자료를 수집하여 2차적 피해를 평가하기 때문에 피해평가과정의 효율성 및 피해평가결과의 일관성에 문제가 있을 수 있다. 이러한 단점을 극복하고자 본 연구에서는 1차적 피해평가 결과를 바탕으로 2차적 피해를 평가하는 보다 일관적이고 체계적인 방법을 이용한다. 셋째, 제안된 프로세스에서는 자산의 피해비율을 예측하기 위한 3단계 피해함수를 정의하고 있다. HAZAS^{®MH}에서는 자산의 붕괴여부, 피해비율, 기능상실 여부, 위험상황발생 여부를 모두 별개의 기준을 이용하여 평가한다. 이러한 방식 역시 앞서 언급한 바와 같이 피해평가과정의 효율성 및 피해평가결과의 일관성에 문제를 발생시킬 수 있다. 이와 같은 단점은 연관성을 가지고 순차적으로 진행되는 평가방식의 도입을 통해 개선될 수 있다. 즉, 붕괴여부를 먼저 판단하고, 붕괴가 되지 않은 경우에 대해 피해비율을 평가하며, 평가된 피해비율을 바탕으로 기능상실 여부와 위험상황발생 여부를 판단하는 연속적인 평가 프로세스를 통해 추정단계간의 단절을 극복하고 일관성 및 효율성을 높일 수 있다. 넷째, 본 연구에서 제안하고 있는 평가 프로세스에서는 자연재해의 피해 대상이 될 수 있는 모든 자산과 피해유형을 포함시켰다. HAZAS^{®MH}의 경우, 현 단계에서 일정 정도 평가가 가능한 자산에 대한 피해유형만을 포함시켰다. 그러나 향후 적절한 피해함수의 개발이나 재해정보 데이터베이스가 쌓이게 되면 현재는 평가가 불가능한 피해유형도 평가가 가능해질 수 있다. 이러한 이유로 본 연구에서는 프로세스의 완결성과 확장성을 담보하기 위해 현 단계에서 평가가 불가능한 피해유형이라도 발생 가능성이 있는 경우 이를 모두 포함시켜 재해평가 프로세스를 설계하였다.

본 연구가 자체적으로 완벽하다고 볼 수는 없을 것이며, 이의 보충을 위해 향후 몇 가지 방향에서의 추가 연구가 필

요할 것이다. 첫째, 각 세부 유형에 대한 피해비율을 보다 정확하게 추정할 수 있는 피해함수의 개발이 필요하다. 이를 위해서는 과거 재해 실적 자료와 관련 분야 전문가의 의견을 종합적으로 수렴하는 절차가 필요하다. 두 번째, 재해로 인한 피해비율을 추정하고, 이를 바탕으로 피해규모를 예측하고, 이에 따른 피해금액을 산정하기 위해 필요한 자산현황정보, 자산규모정보, 단위 손실비용에 대한 데이터베이스의 확보가 필요하다. 이는 대한민국 국토 내에 산재해 있는 다양한 물리적 자산의 규모, 특성, 재건 비용 등을 포함하는 방대한 데이터베이스의 구축작업이 될 것이다. 세 번째, 각 유형에 대한 피해함수와 관련 정보의 전산화를 통한 재해평가 시스템의 구축이다. 특정 지역에 국한된 재해평가 작업이라도 해당 지역에 포함된 자산의 방대함으로 인해 수작업으로 재해를 평가한다는 것은 불가능에 가까운 작업이다. 따라서 전산화를 통한 재해평가의 자동화가 반드시 필요하며, 이를 통해 보다 다양한 시나리오에 대해 신속하게 재해를 평가하는 것이 가능해 질 것이다.

본 연구는 단지 경제적 관점에서의 재해평가에 대한 출발점을 제시한 것이라 볼 수 있다. 향후 본 연구에서 제시한 개념을 통해 실제적이며 신뢰성 있는 손실 평가 추정치를 얻기 위해서는 전술한 바와 같이, 피해함수 정의, 관련 데이터베이스 구축 및 재해평가를 위한 정보시스템의 구축과 같이 산재한 과제를 꾸준히 추진하는 것이 필요하다. 이러한 노력을 통해 자연재해로 인한 피해를 최소한으로 줄일 수 있는 초석이 되는 한국형 재해정보시스템의 구축이 가능하며, 구축된 시스템은 중앙정부나 지방자치단체에서 자연재해 방재 사업을 추진하고자 할 때 사업의 타당

성을 평가하기 위한 효율적/효과적인 도구로 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- Bureau of Disaster Prevention and Management (2007), 2006 Disaster Annual Report, National Emergency Management Agency.
- Cho, K. H. (2006), Natural Disaster Management System : National Emergency Management Agency, eWeek.
- Department of Homeland Security Emergency Preparedness and Response Directorate (DHSEP and RD) (2003a), Multi-Hazard Loss Estimation Methodology-Earthquake Model : Technical Manual, Federal Emergency Management Agency.
- Department of Homeland Security Emergency Preparedness and Response Directorate (DHSEP and RD) (2003b), Multi-Hazard Loss Estimation Methodology-Flood Model : Technical Manual, Federal Emergency Management Agency.
- Department of Homeland Security Emergency Preparedness and Response Directorate (DHSEP and RD) (2003c), Multi-Hazard Loss Estimation Methodology-Hurricane Model : Technical Manual, Federal Emergency Management Agency.
- Multihazard Mitigation Council (2005), Natural Hazard Mitigation Saves : An Independent Study to Assess the Future Savings from Mitigation Activities, Multihazard Mitigation Council.
- Shim, J. H. and Lee, J. S. (2001), Economic Analysis of Prevention Policies for Flood Hazard, Conference on Citizens' Coalition for Safety.
- Technology and Value Inc. (2006), A Study on the Research for the Method to Strengthen the Disaster Mitigation Activities and to Increase the Investments, National Emergency Management Agency.
- UN International Strategy for Disaster Reduction (2006), World Disaster Reduction Campaign Fact Sheet, United Nations.



정근체

고려대학교 산업공학과 학사
 한국과학기술원 산업공학과 석사
 한국과학기술원 산업공학과 박사
 현재: 충북대학교 토목공학부 부교수
 관심분야: 재해경제성평가, 유비쿼터스건설,
 물류중개시스템, 반도체스케줄링