

지역방재성능평가를 위한 수리모형 연구

기재석*

*인천대학교 산학협력중심대학육성사업단

A Study on Developing Model
for Regional Disaster Capability Assessment

Jae-Sug Ki*

*University of Incheon

Abstract

It is a significant issue for several country including Korea, where the natural and the weather conditions are severe, to keep the safety against disasters which occur frequently every year, especially in urban region crowded with population. In order to implement suitable and effective measures against various disasters in such area, development of method for evaluation of disaster prevention performance based on various disaster risks and effective disaster damage mitigation technologies is independable.

In this paper, methods for hazard evaluation, vulnerability evaluation and loss evaluation, and damage technologies are proposed targetting man-made disaster and natural one like flood, earthquake and tsunami and so on. The method proposed in this paper is based on the research of USA and Japan for man-made disaster and natural disaster. The proposed method will be developed in detail in four years during research period funded by government.

Keywords : hazard evaluation, loss evaluation, disaster damage mitigation, disaster prevention, disaster facility evaluation

1. 서론

오늘날 자연재난, 인적재난, 기반재난 및 전염병 등 재난과 관련한 환경은 개개인과 국가의 개선 노력에도 불구하고, 지속적으로 재난요인이 증가하고 재난으로 인해 발생하는 피해규모도 커지는 특징을 가지고 있다.

현재 지구는 산업화, 도시화로 인한 환경오염, 삼림 감소 등으로 지구 온난화가 심각해지는 가운데, 기후 변화에 따른 해수면 상승과 엘니뇨·라니냐 현상에 의한 가뭄, 사막의 확대 속에 전 세계적으로 자연재난의

발생 빈도가 증가하고 있다. 최근에는 과거에 발생한 자연재난별 발생 빈도와 피해규모를 넘는 강풍, 집중호우, 해일 등의 기상이변이 속출하고 있어 재난에 대한 철저한 대비가 더욱 필요해 지고 있다[4].

우리나라는 급격한 도시화, 산업화를 거치면서 구릉이나 계곡이 개발되고 전답이 매립되어 택지 또는 상공업지역으로 변화하면서 필연적으로 도시화 지역을 중심으로 시설과 교통이 밀집해지게 되었고, 이에 따라 인구의 집중 및 토양의 포장 율 증가로 인해 재난의 발생가능성 및 그 피해규모를 키워 왔다. 특히 무리하

† 본 연구는 지식경제부(공고번호 : 제2010-35호)에서 출연하고 한국산업기술평가관리원에 의한 「지역 사회기반의 녹색 방재력 확보를 위한 지능형 재난감시 및 상황전달 시스템 개발」(과제번호 : 10035640)의 연구 성과입니다.

† 교신저자: 기재석, 인천시 남구 도화동 177번지 인천대학교 산학협력중심대학육성사업단

M · P: 010-8906-5201, E-mail: joyjetki@hanmail.net

2011년 1월 20일 접수; 2011년 3월 9일 수정본 접수; 2011년 3월 10일 게재확정

게 산지 훼손을 수반하는 아파트, 펜션을 건립하고 재해관련 지형여건을 고려하지 않은 하천변 위락시설 건립, 방재요소가 감안되지 않은 도시계획의 수립과 도시확장 등은 같은 수준의 강우가 발생하더라도 도시화 전보다 피해가 급속히 발생하고 그 피해규모 역시 증가할 수 있어 재난의 발생 가능성을 높여주고 있다.

재난은 근본적으로 예방할 수 없는 불가항력적 특징이 강하여 완벽하게 재난을 차단할 수는 없지만 예방에 의해 피해규모를 최소화할 수 있는 여지가 있으므로 재난을 대비하기 위한 대응 체계 및 방재시설의 성능 유지 및 향상은 재난피해를 최소화하는데 매우 중요하다. 따라서 대응 체계 및 방재시설이 일정 수준 이상의 성능을 유지할 수 있도록 지속하는 것이 재난 예방에 무엇보다 중요하므로 이를 위해 각 지역별, 재난별 방재성능에 대한 평가를 통해 일정수준의 방재성능을 유지할 수 있도록 할 필요성이 있다.

우리나라는 중앙 지역 위주의 방재성능평가가 되어 있고, 지역적 특색에 대한 자세한 계획이 수립되어 있지 않다. 따라서 각 지역에 대한 방재성능평가는 도시 및 지역 계획 등의 수립 시 재해 위험성을 충분히 고려함으로써 지역계획에 방재개념을 도입하고, 방재계획의 지역적 접근을 가능하게 하며 그 지역의 특징을 포함 시킬 수 있다. 즉, 각 지역별로 지역의 재난의 위험을 효율적으로 대처할 수 있다. 따라서 국토도시계획의 수립 시 지역 방재요소를 정량화시킬 필요가 있으며, 이를 기반으로 지역특성에 맞는 재난방어체계를 구축하는 것은 매우 의미 있는 작업이 될 수 있다[5].

방재성능평가는 각종 재해를 유발하는 외력에 대해 재해위험도를 평가하는 것이며, 이를 통해 재해위험과 취약점으로부터 피해와 손해를 평가하여 피해경감을 위한 요소기술을 개발할 수 있다. 방재성능 평가는 재해의 유형에 따라 평가하는 모델이 다르므로 하나의 수식으로 모든 형태의 재난에 대해 표현하기는 어렵다.

본 연구에서는 여러 재해 유형 중 가장 재난 피해가 큰 풍수해를 대상으로 방재성능평가 방안을 제시한다.

이를 위해 제2장에서는 미국과 일본의 재난성능평가 사례를 연구하고, 제3장에서는 국내 지역위험도 분석 사례를 분석하여 국내 실정에 맞는 재난성능평가방안을 제4장에서 제시한다.

본 연구를 토대로 향후에는 재난방재성능 평가를 위해 과거의 피해상황을 분석하고 지역의 방재특성을 파악하여 각 재해별(풍수해, 건축물화재, 산불, 생화학테러, 방사선유출, 가스누출)로 외력의 규모와 발생할 확률을 도출한 후 수리적 모형을 개발하기 위해 연구를 지속하고자 한다.

2. 주요 선진국의 방재성능평가 사례

2.1 미국 방재성능 평가 사례(HAZUS-MH; HAZards U.S.-Multi Hazard)

미국은 지진, 홍수, 그리고 허리케인에 의해 매년 수억 달러 이상의 피해 발생하고 있다. 미국에서는 이러한 피해를 줄이기 위해 재난에 대한 피해 예측에 많은 연구와 투자를 하고 있다.

중요한 피해규모를 예측한다는 것은 훨씬 나은 계획을 가능케 하여 경제적 손실과 인명피해를 줄이기 위해 좀더 나은 사회 기반 시설로 구조조정 가능케 한다.

피해예측을 위한 대표적인 프로그램으로 “HAZUS”라는 프로그램[9]을 개발하여 앞으로 닥칠 미래의 막대한 손실을 추정 가능하게 한다.

HAZUS 프로그램은 미국연방 방재청(FEMA; Federal Emergency Management Agency)이 National Institute of Building Science와의 계약 하에 지진, 홍수 그리고 태풍의 피해를 예측하기 위해 개발한 표준화된 방법론의 컴퓨터 소프트웨어로 지진, 홍수 그리고 태풍의 영향을 과학적이고 기술적으로 분석 하는 지식에 바탕을 두고 있다.

피해예측 프로그램인 HAZUS는 지방 과 중앙정부의 정책 결정, 재난 피해경감 계획 수립, 재난준비계획, 대응 그리고 복구에 아주 중요한 역할을 담당하고 있으며, 예측에 대한 정확도를 높이기 위해 계속 개선을 하고 있다.

HAZUS 프로그램은 지진, 태풍 그리고 홍수로부터의 인명피해를 예측할 수 있으며, 최신의 GIS(Graphic Information System) 소프트웨어를 이용하여 건물과 주요 기간시설 등에 피해예측을 지도상에 한눈에 볼 수 있어 즉각적인 재난의 대응과 복구에 사용할 수 있고, 빌딩과 그 내부조직, 교량(다리), 파이프라인(상하수도, 전기, 가스관) 그밖에 다른 사회기반 구조물과 같은 일반적인 피해규모 및 영향 측정하고, 자연재해로부터의 인명피해 추정하여 응급식수나 전력, 피난처, 그리고 이재민들에 관한 계획을 세우는데도 이용할 수 있도록 개발되었다.

HAZUS 프로그램의 정확도는 입력 자료에 따라 사용자가 원하는 정도가 달라진다. 간단한 모형 및 제한적인 목록자료에 대하여서는 기본적인 결과만을 산출해 낼 수 있으며, 구체적인 대상지역에 대하여 정확한 추정을 필요로 할 경우에는 더 광범위한 자료의 구축이 요구된다. HAZUS에서는 정확도 수준 및 분석단계를 다음과 같이 3단계로 구분하여 제시하고 있다. 1단

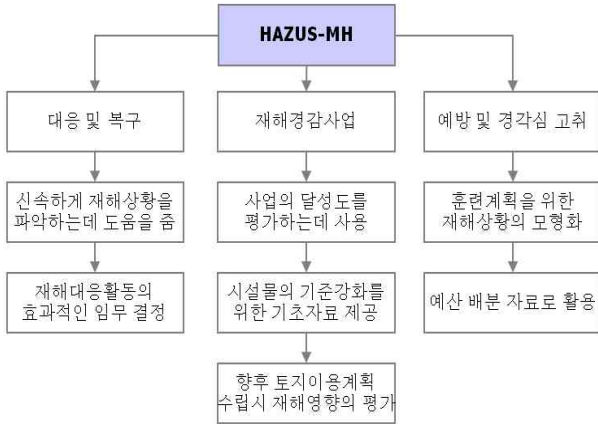


그림 1. HAZUS-MH 활용 체계

계는 설정된 자료만을 기반으로 손실을 추정하는 단계로 설정된 자료는 지역의 지형, 건물의 목록 및 지역사회의 경제적인 구조와 같은 것을 국가적으로 DB(Data Base)화하여 HAZUS와 함께 제공하고 있다. 2단계는 더욱 정확한 추정을 위하여 국지적인 지형효과, 건물의 목록, 라이프라인 및 교통시스템에 대한 자료를 세부적으로 입하고, 분석을 준비하기 위해서는 관련 전문가의 도움이 요구된다. 3단계는 지역적으로 특성이 특이하게 변화하여 피해함수가 기타 지역과 전혀 다른 경우에 사용하며, 입력 자료는 전문가의 도움을 통해서 구축되어야 한다.

다른 재해들과 통합 하여 피해를 예측할 수 있도록 기존 프로그램을 확장한 HAZUS-MH 프로그램은 특히, 테러의 경우 핵폭탄 및 방사능사고, 폭발 그리고 화학무기 등의 대량살상무기 공격 시 아주 효과적으로 활용할 수 있도록 설계되었다.

HAZUS-MH는 그림 1에 보듯이 예방, 대비, 대응, 복구 전 단계에서 방재관련 업무에 활용되고 있으며, 재난성능 평가는 경험적 자료와 물리 식을 기반으로 계산을 하고 있다. 이러한 이유로 재난발생시 신속한 의사결정에 도움이 되는 재난상황을 지도상에 도시함으로써 활용도를 높이고 있으나 사용되는 물리 식 표현의 한계로 예측에 대한 정확도는 현재에도 계속 논란이 되고 있어 지속적인 개선의 노력이 필요한 상태이다.

2.2 일본 방재성능 평가 사례

자연재해의 발생, 내습은 대부분의 경우, 인간이 제어할 수 없다. 그렇지만, 조사·관측이나 해석 기술의 진보와 함께, 자연재해를 가져오는 현상의 특성이 서서히 해명되기 시작해 한층 더 비구조물 대책의 중요성이 인식됨에 따라 재해들이 발생하기 전에 여러 가지

의 대책을 강구할 수 있게 되었다. 그 중에서도, 인구, 자산, 여러 가지 기능 등이 집중하는 도시지역에 대해서는 과거의 피해 등을 교훈으로 삼아 재해 위험을 회피·경감시키기 위한 대책을 검토해 시책에 반영시켜 가는 것이 중요하다.

일본에서는 이를 위해 지역별 재난의 특색에 맞는 재난 대책을 수립하고 있는데 이 중 인구가 밀집하고 있는 도시지역을 중심으로 재난 예측을 위해 2001년 4월부터 2006년 3월까지 5년간 3단계에 걸쳐 위기관리 기술 연구 센터 장을 프로젝트 리더로서 지진 재해 연구관, 건축 재해 대책 연구관 및 8개의 연구실(하천 연구실, 해안 연구실, 도시 방재 연구실, 연안 방재 연구실, 공항 계획 연구실, 사방 연구실, 수해 연구실, 지진 방재 연구실)의 재휴아래 실시된 연구를 분석한다[8].

일본에서는 인구의 밀집하고 있는 도시지역의 각종 재해에 대해서 적절하고 효과적인 대책을 진행시켜 나가기 위해서 도시 지역에 있어서의 지진·해일 재해, 수해, 해양상승 재해, 지진 화재, 토사 재해에 대한 위험도 평가, 대상물의 취약성 평가와 손실 평가 법 및 피해 경감 기술을 검토·정리해 피해 경감을 위한 요소 기술을 연구·개발했다. 이와 더불어 도시의 방재성능평가의 관점에서부터 재해간의 횡단적인 검토를 실시해 각종 재해에 대해서 균형 있는 도시 방재 계획책정을 지원하기 위한 기술을 개발해 「지역의 방재성능 평가 매뉴얼을 작성했다

일본의 도시지역의 방재성능 평가기술 개발을 위해 연구 항목은 크게 두 가지로 나누어 진행하였는데, 첫째가 각종 재해에 의한 피해 경감을 위한 요소 기술의 연구·개발이고, 둘째가 도시 방재 성능의 종합적 평가에 관한 연구이다.

각종 재해로부터 균형 있는 도시방재계획 수립을 위해 세로축으로는 수해, 지진 재해, 토사 재해 등의 자연재해를 고려하는 것과 동시에, 횡축으로는 하천, 제방, 수문, 도로, 교량, 공항, 하수도 등의 사회 시설이나 자연의 지형(애지·경사지), 인공적인 큰 공간(시가지) 등을 피해 대상 시설에 들고 있어 대부분의 자연재해에의 대응이 가능해지도록 연구를 하였다.

횡축에 대응하는 테마는, 재해 별로 하자드 평가로부터 피해 경감까지의 일련의 흐름에서, 피해 상정·피해 경감 대책 등의 요소 기술을 검토해 가는 것이어서 종합적 평가를 위한 기초 기술로서 필요한 연구였다.

테마에서는 지진, 수해, 토사 재해 등의 각종 자연재해에 대한 지역의 취약성·방재성을 공통의 척도로 평가하기 위한 「지역의 방재성능 평가 매뉴얼을 개발했다.

일본의 방재성능 평가는 다양한 물리적 해석모델과

통계이론을 기반으로 수식모델을 개발하였는데, 예로 토사재해의 경우 퍼지이론과 신경망 이론 등을 활용하여 토사위험 장소를 예측평가를 하고, 토사사면의 안정성에 대해서는 Hovland 등의 해석 이론을 적용한 후 GIS 기술을 활용하여 광범위한 연속적인 지형 모델을 대상으로 한 분석 방법을 개발하여 사용하여 예측의 정확도를 높이기 위해 노력을 하고 있다. 하지만 활용하고 있는 물리식으로 자연현상을 표현하는데 한계가 있어 실제와는 아직도 거리가 있어 현재도 계속 모델을 개선해 가고 있는 중이다.

개발된 메뉴얼에 의한 평가 예로서 수해의 경우 고시지역 범람 해석 모델인 NILIM(National Institute for Land Infrastructure Management)을 개발하여 하수도를 고려한 도시지역범람 해석을 실시하는 것과 동시에, 모델의 정도 향상을 향한 실험을 실시했다. 또한, 강우량의 정도에 의한 가옥·가정용품의 피해율을 파악할 수 있다. 헤세이 16년(2004년) 태풍 16호에 의한 타카마츠시·쿠라시키시에서의 강우량에 따른 재해를 대상으로 양케이트 조사를 실시해, 가옥·가정용품의 피해와 침수 정도와의 관계를 분명히 했다.

평가 결과가 계산되어지면 최종으로 GIS 툴을 이용하여 아래 그림 2와 같이 위험지역을 위험도별로 구분하여 표시하게 되므로 이를 통해 위험지역에 대한 대비를 미리 할 수 있는 의사결정에 평가결과를 활용할 수 있다.

이상의 예에서와 같이 방재성능 평가 기술을 개발하기 위해 각 재해에 대응하는 시설에 대한 성능을 수리식 또는 경험적 자료를 토대로 관계식을 정립하여 위험도를 평가한 것을 알 수 있다. 그러나 NILIM 모델에 대해서는, 인터페이스의 충실, 수리적 모델의 타당성 검증 등 몇 개의 과제가 남아 있어 새로운 개량이 필요한 것으로 보고되고 있다.

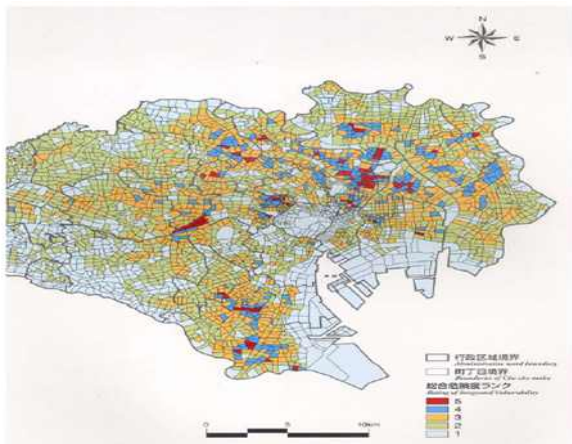


그림 2. GIS를 이용한 위험도별 지역 표시

3. 국내 방재성능 평가 사례

우리나라는 방재 관련법에 근거하여 방재성능평가를 통해 재난에 대비하고 있으나 중앙 지역 위주의 방재성능평가가 되어 있고, 지역적 특색에 대한 자세한 계획이 수립되어 있지 않다. 따라서 지역에 대한 위험도 조사는 지역의 도시계획 수립 시 재해 위험성을 충분히 고려함으로써 각종 개발계획의 수립에 앞서 지역의 재해에 대한 위험도를 분석할 수 있으며, 이 과정을 통해 재해 발생의 가능성을 충분히 고려한 지역계획 수립의 진척이 될 수 있다. 또한, 위험도 분석의 결과는 중점적 혹은 우선적으로 방재사업을 실시할 지역을 선정하는 객관적인 평가 기준이 될 수 있다[2, 3].

우리나라 도시에서 재해에 대한 위험도 평가를 다른 내용의 연구는 국립방재연구소에서 수행한 「지진에 대한 지역위험도 분석 연구(2002)」가 있다[6]. 이 연구에서는 우리나라 도시에 존재하는 재해위험요소를 바탕으로 대규모 폭발이나 지진과 같이 진동을 수반하는 재해가 발생하였을 경우 예상되는 대표적인 재해 유형을 건물도피 위험도, 화재위험도, 대피위험도로 구분하여 각 위험도의 평가방향을 제시하고 있으며, 주요 내용은 다음과 같다.

건물도피 위험도에서는 액상화에 의한 피해 발생이 우려되는 토사지반과 부지고유의 특성평가가 요구되는 연약한 지반, 매립지·조성지·급경사지에 위치한 건축물, 무 보강 조적조 건축물과 재해에 취약한 건축물 등을 지표로 하여 이들 건물의 밀집된 정도를 평가한다.

화재위험도에 대해서는 화재발생의 위험성과 연소확대의 위험성을 평가하며, 평상시 대량의 화기·전열기구를 사용하는 건물과 세대밀도가 높은 주택, LPG(Liquefied Petroleum Gas)를 취사·난방 연료로 사용하는 주택, 위험물·약품·인화성 물질 및 가연성 물품을 취급하는 건물의 밀집된 정도를 평가한다.

연소위험도는 노후한 목조주택과 가연성·인화성 물품을 취급하는 상점 등이 다수 존재하는 지역과 협소한 도로, 노상주차장을 포함한 각종 도로 점유물이 존재하는 도로를 중심으로 위험한 정도를 평가한다. 지역의 인구밀도, 도로의 폭 및 이용 상태, 도로주변의 토지이용 현황 등은 대피 시의 혼잡도에 커다란 영향을 미치게 되며, 대피위험도 평가에서는 대피 예상인구와 재해 발생 시 사용 가능한 도로면적을 지표로 하는 군집밀도를 계산하고, 이에 의해 위험한 정도를 평가한다.

지진에 대한 지역위험도 분석 연구 이 후 2006년도에 국립방재연구소에서 연구한 인적재난에 대한 지역안전도 평가방법 개발[1]에서는 다양한 재난 유형에 대

하여 다음 식 (1)과 같은 지역안전도 계산방식으로 지역별 재난위험, 피해규모 및 재난취약성을 반영 재난 피해규모를 산정하고, 시설물별 진단지표를 기초로 재난피해 저감능력을 산정한 후 산정된 피해규모와 저감

능력 점수를 각각 표준화점수·변환점수로 환산하고 등급화(1단계~10단계) 하여 매트릭스에 의한 지역안전도 진단 등급을 부여한다.

$$\text{지역안전도} = \text{재난취약성} \times \frac{\text{재난위험(재난발생빈도)} \times \text{재난피해규모(예상규모)}}{\text{재난피해 저감능력}} \quad (1)$$

위 식 (1)에서 “재난위험”은 지역별 재난발생 유형별 (태풍, 호우, 폭설 등)로 재난발생확률 산정하여 구하고, “재난피해규모”는 과거 재난피해 금액의 불변가격으로 환산하여 구한다. 또 “재난피해 저감능력”은 재난에 대한 지역의 시설·인력·자원 확보·계획 등 대처능력을 종합적으로 진단하여 구하고, “재난취약성”은 지역별 재난위험에 영향을 미치는 인구, 재정력 등을 분석하여 구한다.

국립방재연구소의 연구결과에 대해 이해를 돕기 위해 다음과 같이 지역별 안전도를 연구결과에 따라 평가해 보았다.

○ 재난위험 산정

재난위험은 재난발생빈도로 산정하였으며, 이를 위해 1994~2008년 재해연보자료에 기초한 재해유형별 피해자료DB로부터 11개의 자연재해 유형별로 지역별 재난발생빈도를 계산하여 아래 <표 1>과 같이 재난발생빈도를 산정하였다,

○ 재난피해규모 산정

재해연보의 자연재난 피해 자료를 기초로 각 지역별로 재난유형별 피해규모에 해당하는 피해액을 산정하고, 각 재해유형별 재난발생빈도에 피해액을 곱하여 재해유형별 피해규모 산정한다.

○ 재난취약성 산정

재난취약성 진단은 지역별 발생 가능한 재난위험 및

재난 피해규모에 영향을 미치는 인구지표와 재정지표를 근거로 산정한다. 인구지표는 지역별 인구밀도지수(30%)와 의존인구지수(70%)로 구성되며, 지역별로 산정된 인구밀도를 2008년도 행정안전부, 시·군·구별 주민등록 인구밀도 통계를 활용하여 전국 지자체 인구밀도의 평균과 표준편차에 의한 표준화점수로 환산 후 정규분포에 의한 변환점수에 30% 가중치 적용하였다.

재정지표는 지역별 재정력지수(재정수입액/재정수요액)를 분석하여 계산하는데, 2008년도 행정안전부 재정지표 통계중 시·군·구별 재정력지수를 활용하여 지역별로 최근 3년간('06~'08) 평균 재정력지수를 전국 지자체 재정력지수의 평균과 표준편차에 의한 표준화점수로 환산 후 정규분포에 의한 변환점수를 산정하고 최종 재정지수는 “1-변화점수”를 적용(재정지수가 높을수록 취약성이 낮음)하여 계산하였다. 하지만 재난취약성을 계산하기 위해 사용한 인구지표와 재정지표는 서로 성격이 다른 지표여서 이를 통해 구한 재난취약성의 근거가 분명치 않아 이에 대한 보완이 지속적으로 되어야 할 것이다.

○ 지역별 피해규모 등급부여

지역별로 산정된 재해유형별 피해규모는 등급화를 위하여 재해유형별 피해규모에 재난취약성 지수를 곱한 값을 전국 지자체의 평균과 표준편차에 의한 표준화점수로 환산하여 계산한다. 표준화점수를 정규분포 수치에 의한 변환점수로 환산 후 1,000점 만점으로 최종점수를 산정한다.

<표 1> '94 ~ '08년 재해유형별 발생빈도[7]

종류	대설	돌풍 (강풍)	태풍	폭풍	폭풍 설	폭풍 우	한파	해수 범람	호수	호우 태풍	호우 폭풍	총 합계
빈도	18	16	24	17	13	5	1	1	78	2	1	176

<표 2> 지역별로 산출된 최종점수 등급부여(1등급~10등급)

등급	최종점수	등급	최종점수
1등급	100점 미만	6등급	500점 이상 600점 미만
2등급	100점 이상 200점 미만	7등급	600점 이상 700점 미만
3등급	200점 이상 300점 미만	8등급	700점 이상 800점 미만
4등급	300점 이상 400점 미만	9등급	800점 이상 900점 미만
5등급	400점 이상 500점 미만	10등급	900점 이상

○ 저감능력 진단지표 구성

재난피해 저감능력을 구하기 위한 진단지표는 아래 표 3과 같이 공통지표, 공공시설, 사유시설 진단분야로 구성된다. 공공시설은 하천, 소하천, 수리시설, 사방, 도로, 항만, 어항, 상하수도, 소규모시설이 진단 대상이

되고, 사유시설은 건물, 온실, 축사시설이 진단 대상이 된다. 하지만 저감능력 대상시설에 대한 배점부여에 대해 설득력 있는 객관적 기준이 부족하여 그 결과에 대해 인정하기 어려운 실정이며, 지역별 특성을 반영하기도 어려워 향후 개선이 요구되는 인자이다.

<표 3> 공공시설 진단항목별 배점

진단분야		진단항목	배 점	비 고
합 계		81	1,000	
공통분야		16	400(40%)	
공공시설	소 계	65	600(60%)	-지자체별 과거자연재난 피해발생 시설물만 진단 -시설별 배점은 시·군·구의 시설 별 피해규모 비율에 따라 배점
	하천시설	10		
	소하천시설	10		
	수리시설	8		
	사방시설	7		
	도로시설	6		
	항만시설	5		
	어항시설	5		
	상하수도시설	7		
	소규모시설	7		

○ 지역별 저감능력 등급부여

지역별로 산정된 피해저감능력 최종점수는 중앙진단반에서 진단한 원점수를 전국 지자체의 평균과 표준편

차에 의한 표준화점수로 환산하고 정규분포 수치에 의한 변환점수로 환산 후 1,000점 만점으로 최종점수 산정하여 아래 <표 4>와 같이 등급을 부여한다.

<표 4> 지역별로 산출된 최종점수 등급부여(1등급~10등급)

등급	최종점수	등급	최종점수
1등급	900점 이상	6등급	400점 이상 500점 미만
2등급	800점 이상 900점 미만	7등급	300점 이상 400점 미만
3등급	700점 이상 800점 미만	8등급	200점 이상 300점 미만
4등급	600점 이상 700점 미만	9등급	100점 이상 200점 미만
5등급	500점 이상 600점 미만	10등급	100점 미만

<표 5> 지역안전도 진단등급 결정(매트릭스 도표)

구분	←안전등급재난피해규모위험등급→										
	등급	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
↑ 안전재난피해저감능력위험 ↓	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3
	3	1	2	3	3	3	3	3	3	4	4
	4	1	2	3	4	4	4	4	5	5	5
	5	1	2	3	4	4	5	6	6	6	6
	6	1	3	4	5	5	6	6	7	7	7
	7	2	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	8	2	4	5	6	7	8	8	8	9	9
	9	3	5	7	8	8	9	9	9	9	10
	10	5	8	9	9	10	10	10	10	10	10

○ 지역안전도 진단 등급부여

지역안전도 최종등급은 지역별 피해규모 등급과 지역별 피해저감능력 등급을 위의 <표 5>와 같이 매트릭스 상에서 적용하여 교차하는 점이 최종등급이 된다. 지역안전도 진단 수식의 기본개념에 의해 수치가 낮을 수록 지역이 재난으로부터 안전한 등급(가장 안전 1등급 <—————> 10등급 가장 위험)이 된다.

4. 제안하는 방재성능 평가 모델

4.1 국내의 방재성능 평가 방법 분석

일본과 미국의 방재성능 평가는 재난 별 외력에 대한 피해 결과를 나타낼 수 있는 관계 수식을 개발하여 적용하였으며, 경우에 따라서는 경험적 자료를 기반으로 예측을 하였다. 이에 반해 국내의 재난성능평가는 주로 과거의 자료를 이용하여 방재성능 평가를 하고 있다.

일본이나 미국의 경우 방재성능 평가 방식은 매우 논리적이어서 그 관계식이 타당해 보이기는 하나 실제의 모든 변수를 나타내기에는 한계가 있어 예측 결과와 실제와는 많은 차이를 보이고 있다. 따라서 관계 수식에 의존하여 정확한 방재성능 평가를 하는 것은 아직도 많은 논쟁거리를 낳고 있으며, 계속 진행 중에 있다고 판단된다. 이를 극복하기 위해서는 경험적 자료와 관계식이 혼합된 방식을 도입하여 보다 현실에 가까운

결과를 도출할 필요가 있다.

대부분의 기존 방재성능 평가를 구하는 수식이 현실과 다른 값을 산출해 내는 이유는 첫째로, 재해별로 외력에 대해 결과에 영향을 미치는 항목들을 규정한 후 종합적인 재해를 예측하기 위해 외력과 규정된 모든 항목들 간에 관계식을 정의하여 재해결과를 계산하는데, 이러한 관계식에서 모든 영향인자를 다 포함하고 있지 않고 있어 실제와 다른 결과 값이 산출 될 가능성이 커 현실의 결과와는 다른 값을 산출해 내는 것이다. 두 번째 이유는 결과에 영향을 미치는 항목간의 관계식에 가중치를 사용하는 경우가 많은 데, 그 가중치에 대한 객관적인 근거자료가 부족해 계산식의 결과 값에 대한 신뢰도를 떨어뜨리고 있다.

또한 국내의 방재성능 평가를 위한 재난위험 산정 시 재난의 수준별 빈도에 대한 DB가 반영이 안 되어 정확한 방재성능 평가를 하기 어려우며, 재난피해 저감능력을 평가하는데 주관적인 요소가 많아 평가 결과에 대해 신뢰도가 떨어진다. 예를 들면 자연재난 중 풍수해에 대한 재난방재성능 평가를 하기위해 재난발생빈도의 대표적 인자로 단순히 연간강수량에 대한 확률을 구해 지역안전도 값을 구한다. 그러나 연간강수량 적어도 시간당 강수량이 많은 경우에는 재해피해가 커질 수 있으므로 기존의 안전도 계산식으로는 이러한 경우를 반영하여 안전도를 계산할 수가 없어 제대로 된 재난방제 대책을 세우기가 어려운 문제를 가지고 있다.

4.2 제시하는 방재성능 평가 모델

본 연구에서는 대부분의 기존 방재성능 평가를 구하는 수식이 재해의 결과에 영향을 미치는 시설 항목들 간의 복잡하고 부정확한 관계식으로 인해 현실과 다른 결과 값이 산출되는 문제점을 보완하기 위해 재해발생 확률과 해당 재해외력에 대한 피해액 또는 인명피해를 곱하여 해당 재난 외력의 발생 시 어느 정도의 피해가 발생하는지를 통계 자료를 통해 구하여 현재의 문제점을 해결하려고 한다.

또한 방재성능 평가를 위한 재난위험 산정 시 재난의 수준별 빈도에 대한 DB가 반영이 안 되어 지역별 재난특성을 반영한 정확한 방재성능 평가를 하기 어려운 문제를 해결하기 위해 지역별 재난 특성을 분석하

여 문제점을 해결하려고 한다.

선진국의 방재성능 평가 방식에 대한 연구 분석과 국내 방재성능 평가 연구 분석을 통해 주요 피해발생 요인을 중심으로 보다 단순하면서 현실적인 방재성능 평가 모델을 다음과 같이 제시하고 이 후 공청회를 통해 전문가와 방재성능평가 담당자로부터 의견을 듣고 수정/보완한 후 프로그램화하고자 한다.

본 연구에서 제안 하는 풍수해에 대한 방재성능 평가는 인적 피해에 대한 평가와 재산상의 피해에 대한 평가 크게 두 분류로 나누어 평가하며, 평가지표 대상은 방재시설로 한정하여 단순화 한다. 인적피해와 재산상의 재해에 대해 각각 아래 식 (2)와 같이 동일한 수식으로 방재성능평가를 계산한다.

$$\text{방재성능 평가} = \sum_i \frac{(\text{지역별 세분화된 재난 수준의 발생 빈도(확률)} \times \text{평균 발생 피해 정도})_i}{\text{방재시설의 대응력}} \quad (2)$$

여기에서 $i = 1, 2, \dots, n$ 이며, n 은 외력의 구분 개수를 나타낸다.

식 (2)에서 지역별 세분화된 재난 수준의 발생 빈도는 과거 자료를 통해 기간별, 재난 수준 별로 세분화하여 발생 빈도를 산출한다. 예로, “강원도 삼척시에 7월에 강우량이 시간당 50~100mm가 3시간 동안 내릴 확률이 15% 이다”라고 산출하는 것이다. 각 재난 별 세분화된 발생빈도에 대한 분류는 추 후 연구에서 제시할 예정이다. 방재성능평가를 위해 해당 재해의 발생 확률을 사용하는 것은 국내의 방재성능평가에서 공히 사용하고 있는 인자이나 본 연구에서는 외력에 대해 보다 세밀하게 분류하여 평가할 수 있도록 하여 지역의 특성에 맞는 재난대응전략을 수립할 수 있는 정보를 제공토록 하는 것이 기존 연구와의 차이점이다. 이를 위해서는 향 후 재난에 대한 통계자료 수집에서 재난의 수준별 DB를 만들어 갈 필요성이 있다.

제시한 수식에서 평균 발생 피해 정도는 축적된 DB의 기간 동안에 세분화된 재난 수준에서 발생했던 평균 피해 정도를 나타내며, 피해 대상이 무엇이나에 따라 단위가 달라진다. 예를 들어 인적 피해에 대한 평가인 경우에는 사망과 중경상으로 나눌 수 있으며, 그 단위는 명수가 되고, 재산상 피해에 대한 평가인 경우에는 금액이 된다.

본 연구에서 제시한 수식에서 “지역별 세분화된 재난 수준의 발생 빈도(확률)*평균 발생 피해 정도”는 해당 지역에서 특정 외력이 발생했을 경우 야기되는 피

해정도를 나타내는 값으로 지역의 특성을 반영하여 발생빈도가 높은 외력에 대한 피해정도가 잘 표출될 수 있는 값으로 계산된다. 국내 위험도 계산에서도 재해발생정도를 예측하기 위해 같은 수식을 사용하나 외력에 대해 분류가 되어있지 않아 지역별 특성을 반영하기가 어려웠던 점을 개선하기 위해 본 연구에서는 외력을 세분화하여 각 외력별 피해정도를 계산 한 후 합산하도록 개선한 것이다.

방재시설의 대응력은 축적된 DB의 기간 동안 방재시설의 성능 대비 평가 시점에서의 방재시설의 성능으로 계산되어진다. 방재시설의 성능은 시설별 기준을 정하고 기준대비 방재시설의 성능을 구한 후 각 방재시설의 가중치를 곱하여 합산하면 구할 수 있다. 본 연구에서 제시한 “방재시설 대응력”은 국내 방재성능 평가에서 사용하고 있는 “재난취약성/재난피해저감능력”을 대신한 것으로 기존의 계량화가 어려운 한계를 극복하기 위해 방재시설의 능력에 초점을 맞추어 계산하도록 제시한 것이다.

본 연구에서 제시한 수식을 통해 계산된 방재성능 평가의 값은 상대적으로 비교할 수 있으며, 값이 상대적으로 큰 지역에 대해 우선적으로 방재시설 능력 확대를 위한 의사결정 자료로 활용될 수 있다.

제시된 수식은 방재성능평가를 개선하기 위한 방향을 제시한 것이며, 향 후 연구에서는 이를 보다 구체화시키기 위해 과거 자료를 분석하고, 재난에 대한 세부 수준을 분류한 후 일선 담당자의 검증을 거쳐 국

내 현실에 맞는 새로운 방재성능 평가 모델을 제시하고자 한다.

5. 결 론

현재 지구는 산업화, 도시화로 인한 환경오염, 삼림 감소 등으로 지구 온난화가 심각해지는 가운데, 기후 변화에 따른 해수면 상승과 엘니뇨·라니냐 현상에 의한 가뭄, 사막의 확대 속에 전 세계적으로 자연재난의 발생 빈도가 증가하고 있어 각종 재해의 위험 관리 및 재해에 대한 피해경감을 위한 재난성능 평가의 중요성은 더욱 커지고 있다.

재난성능 평가는 각종 재해를 유발하는 외력과 재해 위험도를 평가하는 것이며, 이를 통해 재해위험과 취약점으로부터 피해와 손해를 평가하여 피해경감을 위한 요소기술을 개발할 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 국토도시계획의 수립 시 지역 방재요소를 정량화시킬 필요가 있으며, 이를 기반으로 지역특성에 맞는 재난방어체계를 구축하는 것은 매우 의미 있는 작업이 될 수 있다.

본 연구에서는 일본과 미국의 대표적인 방재성능 평가 기술개발에 대한 연구를 분석하고 국내 지역안전도 평가 방안에 대해 분석 한 후 보다 실효성이 있으면서 현실성이 있는 방재성능 평가 방안을 제시하였다.

제시한 방재성능평가 모델에서는 기존 국내 지역안전도 평가를 위해 사용한 수식의 문제점을 보완하여 외력에 대한 구분을 보다 세분화하여 지역별 특성이 반영된 위험도를 구할 수 있도록 하였으며, 기존 수식에서 제시한 인자 중에 설득력이 약한 문제를 해결할 수 있도록 새로운 인자를 제시하여 방재성능평가 결과 값에 대해 관계 당사자들이 보다 수긍할 수 있도록 기존의 수식을 개선하였다. 이러한 개선의 효과로 지역별 재난특성을 반영한 방재성능 평가를 할 수 있으며, 그 결과에 대해 설득력을 갖도록 하여 활용도를 높일 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시한 방재성능 평가 방안을 이 후 연구를 지속하여 외력에 대한 분류 기준을 만들고 방재 시설에 대한 대응력 계산을 보다 구체화 시키고, 도시 지역, 농촌지역, 산촌지역에 대한 대표적인 샘플지역을 선정하여 지역별 방재성능평가 수행한 후 공청회를 통해 검증을 거치면서 최종 모델을 수립할 예정이다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 김원국, 하동명, 백민호, 박인규, “인적재난에 대한 지역안전도 평가방법 개발”, 국립방재교육연구원 방재연구소(2006)
- [2] 김현주, 오금호, “재난관리를 위한 지역위험도 평가 및 적용에 관한 연구”, 행정자치부 국립방재연구소 (2003)
- [3] 김현주, 정태호, “재난관리 선진화를 위한 선진국 방재계획제도 연구”, 소방방재청 국립방재연구소 (2005)
- [4] 박병철, 정우영, “지역재난 안전도 평가를 위한 주민의식 평가항목 개발”, 소방방재청 국립방재연구소(2007)
- [5] 송문길, 박종훈, “한국 인적재난관리체제의 문제점과 개선방향”, 사회과학논총 제10집 제2호(2004)
- [6] 정길호, 김현주, 박병철, “지진에 대한 지역위험도 분석 연구”, 소방방재청 국립방재연구소 (2002)
- [7] 중앙재난안전대책본부, 2009년 재해연보, 소방방재청(2010)
- [8] Takashi K., Nobuo S., Ryosuke T., “Development of Technologies for Evaluation of Disaster Prevention Performance and Disaster Damage Mitigation for Infrastructure and Public Facilities in Urban Regions”, National Institute for Land and Infrastructure Management Ministry of Land, Japan, Project Research Report No. 14 (2007)
- [9] <http://www.fema.gov/hazus>

저 자 소 개

기 재 석



한양대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득하고 현재 인천대학교 산학협력단 산학전담교수로 재직 중임. 관심분야는 Modeling & Simulation 으로 특히 가상현실을 이용하여 산업에서 필요로 하는 훈련 및 교육용 장비 개발에 있음.

주소: 인천시 남구 도화동 인천대학교 공학관 409호