

부산시 U-City 모델 구축을 위한 재해취약지 분석

Estimation of Vulnerable Disaster Areas to Establish Busan U-City Model

전상수* · 장현민**

Jeon, Sang-Soo · Jang, Hyun-Min

Abstract

Since the damages caused by disasters increase every year associated with wrenching climatic changes and the diversification of the social structure, the efficient management system is required to reduce damages and an assessment of the vulnerable disaster areas is necessary to prevent and mitigate the damages. In this paper, we have estimated the vulnerable disaster areas based on the records of the past damage histories and performed the risk assessment of the social infrastructures in Busan city to provide the fundamental information for the real-time monitoring system and the systematic approach for disaster prevention system to build U-City model. These results are illustrated by using Geographical Information System (GIS) and the order of vulnerable disaster areas are also estimated.

Key words : U-City, Risk Assessment, Natural Disaster, Monitoring System

요 지

재해·재난으로부터 발생하는 피해는 이상기후현상의 증가와 산업화 및 정보화로 인한 사회구조의 다양화로 인하여 증가하고 있어 이에 대한 관리 방안이 요구된다. 또한, 지역 사회에서 재해를 예방하고 재해발생시 피해경감을 가능하게 하는 방재도시 구축을 위해서는 재해취약지역의 진단 및 평가 필요성이 대두되고 있다. 본 연구를 통하여 부산시의 U-City 모델 구축을 위한 방재 안전도시건설에 활용할 실시간 모니터링 시스템의 기초자료를 도출하고, 체계적인 방재대책을 수립하고자 과거피해이력을 기준으로 재해 취약성 정도와 사회기반시설 위험도 평가를 GIS를 이용하여 도시화하고 재해지역의 사회기반시설의 위험순위를 제시하였다.

핵심용어 : 유비쿼터스-도시, 위험도 평가, 자연재해피해, 모니터링시스템

1. 서 론

최근 자연재해로 인한 피해는 전 세계적인 이상기후의 증가와 사회구조의 복잡·다양화로 인하여 증가하고 있으며, 그에 따른 재해·재난관리의 중요성이 부각되고 있다. 특히 국내에서는 태풍 ‘루사(2002. 09.)’, ‘매미(2003. 09.)’ 그리고 집중호우, 폭설 등의 자연재해로 인하여 대규모의 인적·물적 재산피해와 함께 고통을 받아왔다.

자연재해에 대한 사회의 취약성 정도는 재해 원인(태풍, 호우, 가뭄, 지진 등)의 속성과 재해지역의 문화적, 사회적, 심리적 특성에 의하여 결정된다(Britton, 1987). 급속한 도시화 과정을 거쳐 무질서하게 정비된 지역사회에서 재해를 예방하고 재해발생시 피해경감을 가능하게 하는 U-City 방재도시 구축을 위해서는 재해취약지역의 진단 및 평가가 필요하며, 이는 매우 중요하게 인식된다.

유비쿼터스란 사람과 컴퓨터, 사물이 어디서나 연결되어 있어 말이나 행동, 표정만으로 사물을 움직이게 함을 의미하며, 이러한 기능을 갖춘 유비쿼터스 인프라를 도시공간 및 기반 시설에 융합하여 통합 관리하는 도시를 U-City라 한다. U-City는 유비쿼터스 인프라의 적용 범위에 따라 U-방재, U-가정, U-환경, U-생활, U-건강, U-교통, U-교육 등이 있으며, 이러한 유형 중 U-방재를 통하여 재해취약지역의 위험을 최소화하고 안정성을 확보하므로써 도시의 과학적인 유지·관리가 가능하다.

본 연구에서는 부산시 U-City 모델 구축을 위한 부산지역의 자연재해에 대한 취약성을 행정구역별, 시설물별에 따른 재산피해에 기초하여 분석하고, 시설물 및 환경의 위험도를 산정된 위험지수에 따라 판정하여 부산지역의 재해취약지를 분석하였다.

*정회원 · 인제대학교 공과대학 토목공학과 조교수(E-mail:ssj@inje.ac.kr)

**인제대학교 공과대학 토목공학과 석사과정

2. 재해취약지 평가방법

재해취약지는 자연재해, 인위적 재난 및 사회적 재난에 따라 재해·재난의 발생원인과 각 지역에 산재해 있는 위험요소가 상대적이므로 매우 다양하게 평가될 수 있다. 본 연구에서는 특정지역의 자연재해로 인한 피해와 사회기반시설물 위험도를 기준으로 그림 1과 같이 종합적인 평가를 수행하였다. 재해취약지 평가를 위한 자연재해로 인한 인·물적 피해 평가, 사회기반시설물의 위험도평가 각각에 대해서 5단계로 평가를 실시하며 종합평가는 앞의 취약성 및 위험도 평가 결과의 합으로 수행한다.

과거피해이력 측정을 통하여 행정구역별, 시설물별로 피해에 대한 정량적인 파악이 가능하고 피해원인 분석으로 방재상의 문제점 및 효율적인 개선방안을 도출할 수 있다.

사회기반시설물의 위험도 평가는 모니터링시스템 구축 방안 수립에 앞서 선행되어야 하며 이를 통해 각 시설물 및 환경에 대한 보다 정확한 인식이 가능하다.

3. 자연재해로 인한 피해평가

자연재해 분석은 자연재해로 인하여 피해가 발생한 부산 전역을 대상으로 하였고, 피해유형은 행정구역별 피해, 시설물별 피해로 두 가지 유형으로 구분하여 피해액을 분석하였다. 자료수집방법은 국가재난관리시스템(NDMS, National Disaster Management System)으로부터 부산시의 최근 4개년 간(2003~2006)의 재해이력 데이터(국가재난관리시스템, 2007)를 추출하고, 현재 부산시에서 보유하고 있는 문헌자료(부산광역시 재해대책본부, 2002) 중 2002년도의 재해이력 정보를 조사하여 5개년(2002년~2006년)간의 피해를 분석하였다. 시설물은 크게 공공시설과 사유시설로 구분하였으며, 공공시설에는 도로·교량, 항만시설, 어항시설, 수리시설 등이 있고, 사유시설에는 축산시설, 농림시설, 수산물증양식시설 등이 있다.

3.1 행정구역별

부산지역은 총 16개의 구·군으로 행정구역을 구분해 놓고 있다. 부산지역에서는 지난 5년간 강서구 37%, 사하구 12%, 영도구 11%, 기장군 8%의 행정구역순으로 피해가 발생하였으며 중구에서는 최소의 피해가 발생하였다. 부산지역에서의 대규모피해발생 구역이 강서구, 사하구, 영도구, 기장군, 해운

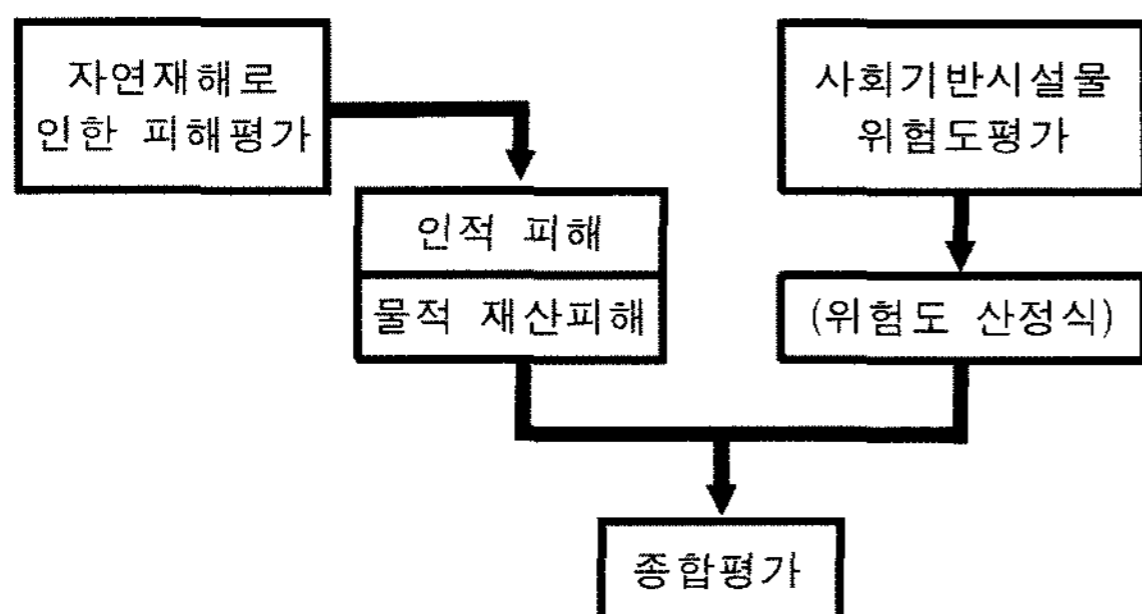


그림 1. 재해취약지 평가 모델

대구, 수영구 등 해안지역을 따라 분포하는 것은 지리지형적 영향에 의한 것으로 판단된다. 그림 2는 부산지역의 구별 행정구역을 나타낸 것이고, 그림 3은 주요 피해발생구역의 피해규모를 나타낸 것이다.

강서구에서는 공장시설과 기타공공시설물에서 각각 27.5%와 21%로 가장 많은 피해가 발생하였으며, 항만시설과 수산물증양식시설에서 15%내외의 피해가 발생하였다. 이는 강서구에 여러 산업단지가 조성되어 공장시설 및 공공시설이 많이 분포되어 있고 지형 특성상 대저 2동과 명지동, 녹산동 등의 침수위험 지역이 넓게 분포되어 있기 때문이다. 또한, 1995년부터 건설되기 시작한 부산 신항이 부산시 강서구에서 진해시의 해안선을 따라 조성되고 있어 자연재해로 인한 항만시설 피해가 발생한 것으로 추정된다.

사하구에서는 공장시설에서 65.4%로 가장 많은 피해가 발생하였으며, 도로·교량과 항만시설에서 10% 이상의 피해가 발생하였다. 이는 사하구에 지방산업단지, 감천항 및 다대포항이 조성되어 공장시설과 항만시설이 많이 분포해 있어 자연재해로 인한 피해가 크게 발생한 것으로 추정된다.

영도구에서는 공장시설에서 62.1%로 가장 많은 피해가 발생하였으며, 상하수도 및 기타공공시설에서 10% 이상의 피해가 발생하였다. 이는 영도구는 지형상 섬으로 이루어져 있는 데다가, 해안선을 따라 크고 작은 규모의 공장시설이 밀집해 있어 자연재해로 인한 시설물의 피해가 크게 발생한 것으로 추정된다.

기장군에서는 공장시설과 어항시설에서 33.6%와 35.0%로 가장 많은 피해가 발생하였다. 이는 기장군에 대변항, 두호항, 송정항이 조성되어 어항시설이 많이 분포되어 있고 정관면과 기장읍 주위에 산재한 공장시설로 인하여 피해가 발생한 것으로 추정된다.

3.2 시설물별

공공시설 피해는 약 1,774억 원으로 그 중 기타공공시설 피해 33.46%, 항만시설 피해 31.1%로 재산 피해의 대부분을 차지하였고, 도로·교량(8.34%), 어항시설(7.83%)의 순으

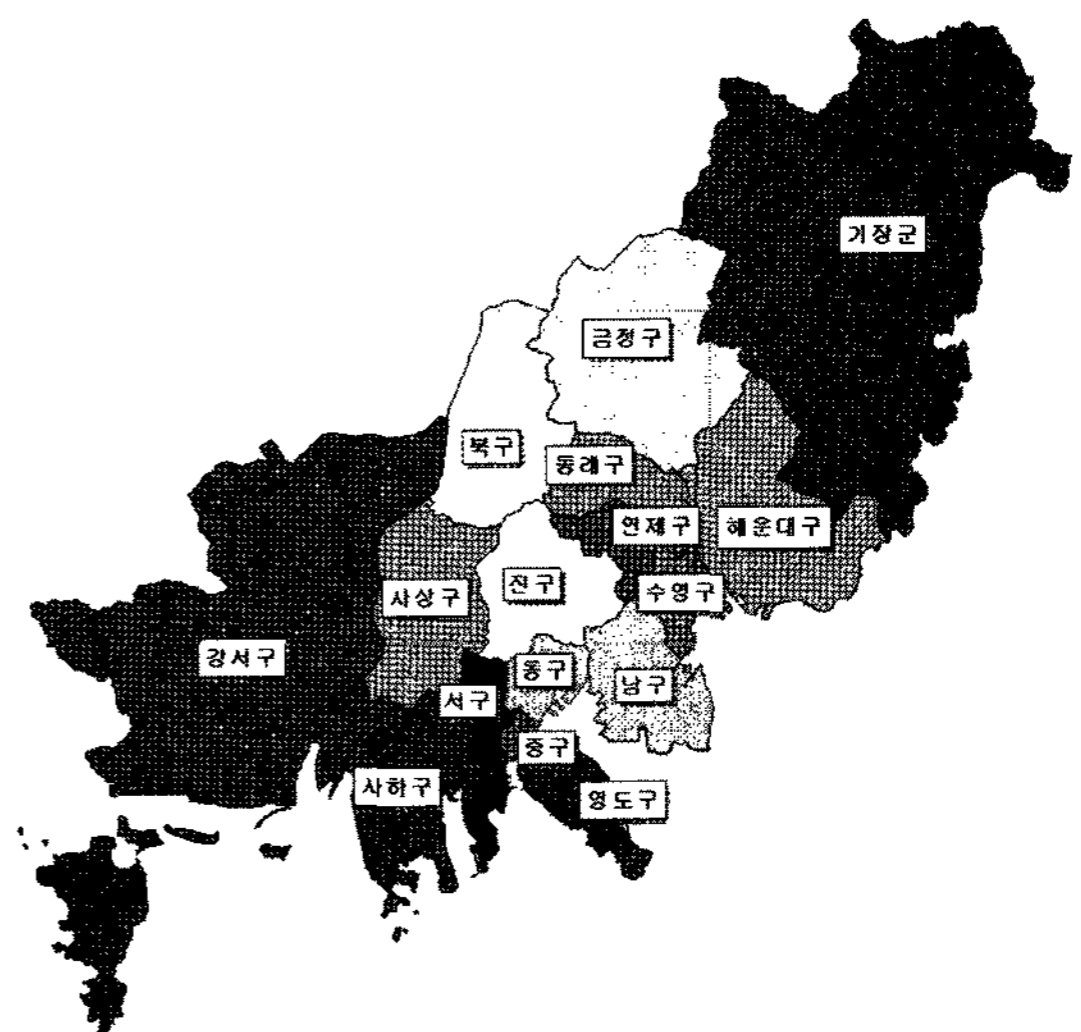


그림 2. 부산지역의 구별 행정구역

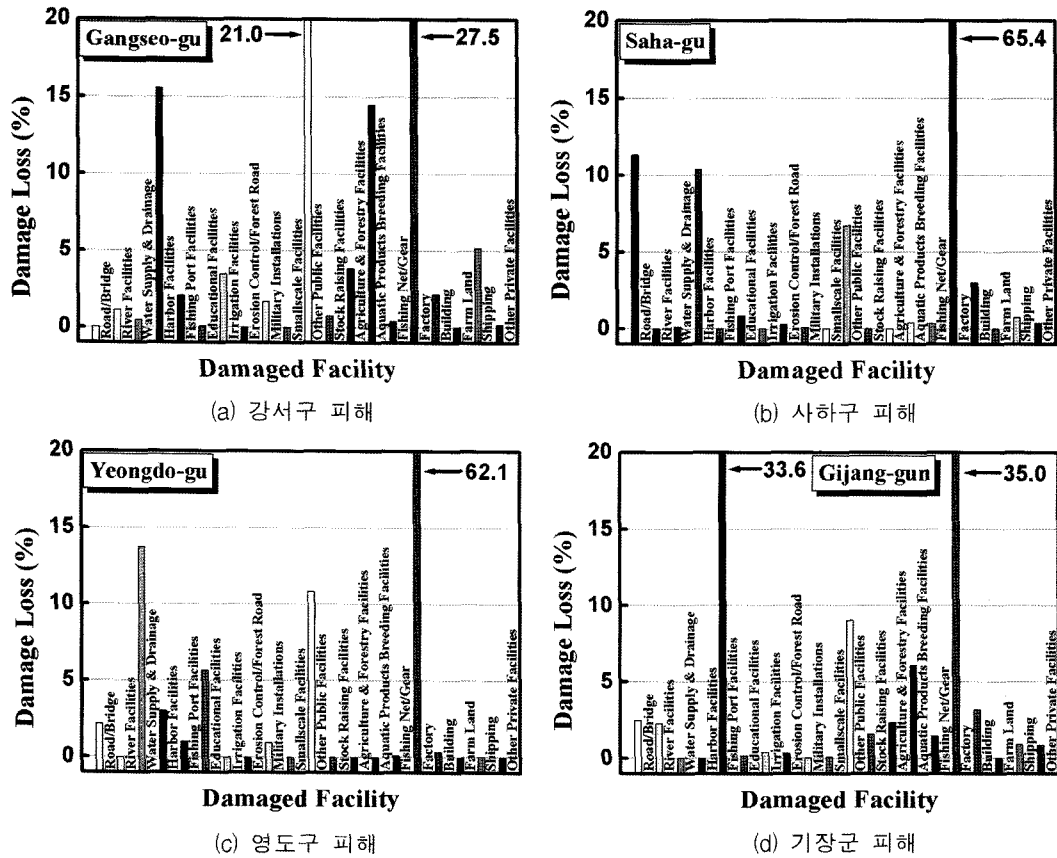


그림 3. 주요 피해발생구역의 피해규모

로 피해가 발생하였다. 피해개소 당 피해액을 비교해 보았을 때, 항만시설이 83개소에서 609억 원의 피해액이 발생하여 피해개소 당 평균 733백만 원의 피해액이 발생하였고, 이는 공공시설 피해 중 개별 공공시설물에 대한 최대의 피해발생이었다. 그림 4는 시설물 피해를 나타낸 것이다.

이는 부산시가 해안지역이라는 지리적 특성을 안고 있고, 국내 최대의 항만인 부산항의 태풍과 같은 자연재해에 대비한 정비·관리의 불충분에서 기인한 것으로 추정된다. 반면, 기타공공시설은 655억 원의 피해가 3,778개소에서 발생하여 전체 공공시설 피해개소 중 80.97%를 차지하며 가장 많았으나, 피해개소 당 피해액은 17백만 원에 머물렀다. 이는 기타공공시설이 다른 공공시설보다 단위피해가 작게 발생되고 있음을 나타낸다. 사유시설 피해액은 약 2,064억 원으로 그 중 기타사유시설 피해가 전체의 76.29%를 차지하였고, 다음으로 수산물증양식시설(12.16%), 농림시설(9.84%) 등의 순으로 피해가 발생하였다.

3.3 과거피해이력에 의한 재해취약지

과거피해이력으로부터 전반적인 피해 현황을 살펴보면, 부산지역은 태풍에 의한 피해가 94%이상을 차지하고 있었으며, 대설풍랑(4.5%), 호우·풍랑·강풍(0.9%)에 의한 피해는 비교적 작았다. 이는 부산지역이 지리적 여건상 태풍의 길목에 위치하여 있고, 지형적 특성상 해안·항만 중심지역이기 때문에 태풍재해 요인에 따른 항만시설의 파괴, 해난사고, 침수피해 등 많은 피해가 발생할 위험요소를 내재하고 있기 때문으로

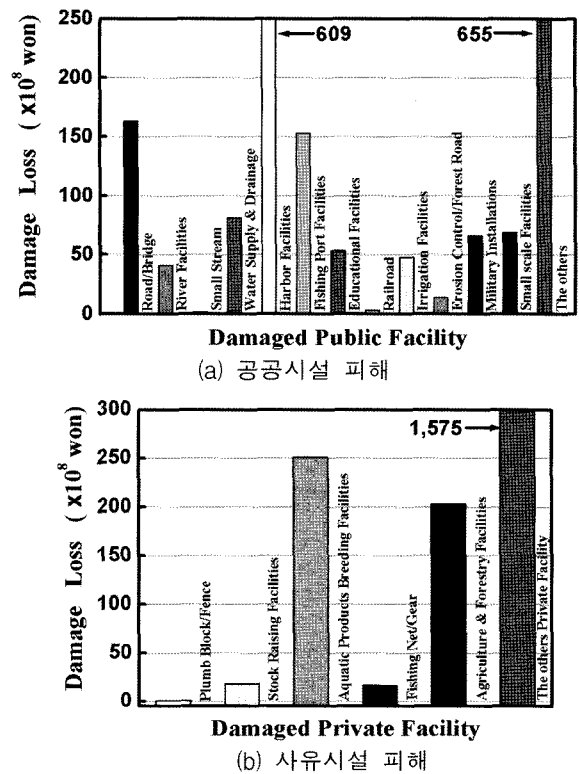


그림 4. 시설물별 피해규모

로 판단된다. 대설풍랑에 의한 피해로는 사유시설에서 94.8%로 대부분의 피해가 발생하였으며 특히 비닐하우스와 같은 농림시설에서 69.0%의 피해가 집중 발생하였다. 이는 비닐하

우스, 축사 등의 사유시설이 설하중에 취약하게 설계·시공되거나, 상시적으로 운영하는 하우스의 구조적 시공 불량 등으로 많은 피해가 유발되기 때문이다.

부산지역의 지난 5년간의 재해로 인한 재해취약지 분석은 지구별(행정동별)로 구분하여 인명피해에 대해서는 사망, 실종, 부상에 따른 가중치를 두고 물적 피해에 대해서는 재산피해액을 적용하며, Jenks의 최적화 기법을 이용하여 등급을 분류하는 'Natural Breaks'기법(윤재준, 1999)을 활용하여 동별 취약성을 비교·판정한다.

그림 5와 그림 6은 인명피해 및 재산피해에 따른 부산지역의 동별 취약성 평가결과를 나타낸다.

인명피해는 다양한 재해 중 태풍으로 인한 피해가 가장 많았으며, 인명피해 현황을 행정동별로 비교해 보면, 사망으로 인한 인명피해는 강서구 녹산동이 부산지역 전체 사망인원의 36%를 차지하고 전체 인명피해는 기장군 기장읍이 5등급으로 나타났으며, 4등급은 강서구 녹산동, 해운대구 송정동, 영도구 남항동으로 나타나 해양이나 하천에 인접해 있어 자연재해로 인한 피해를 직접적으로 받는 비교적 비도심지역이

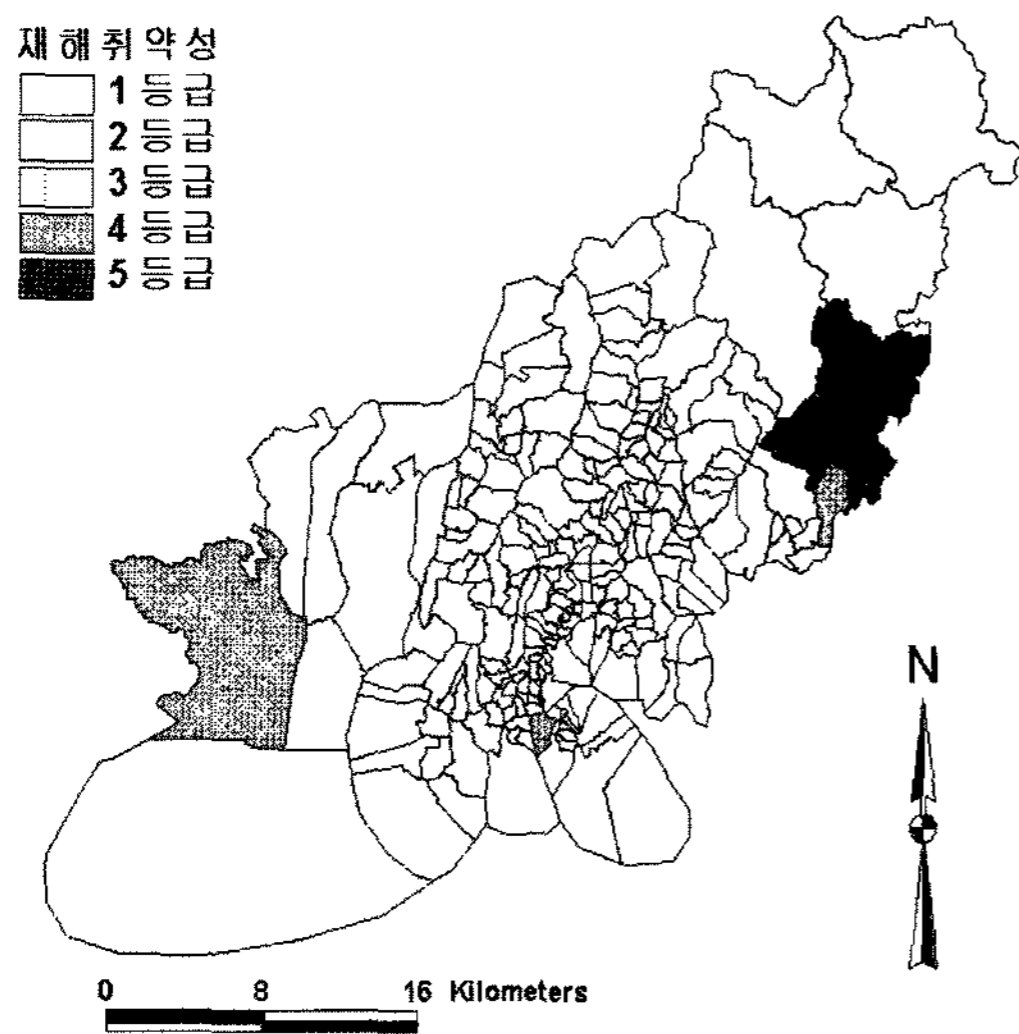


그림 5. 인명피해에 따른 동별 취약성

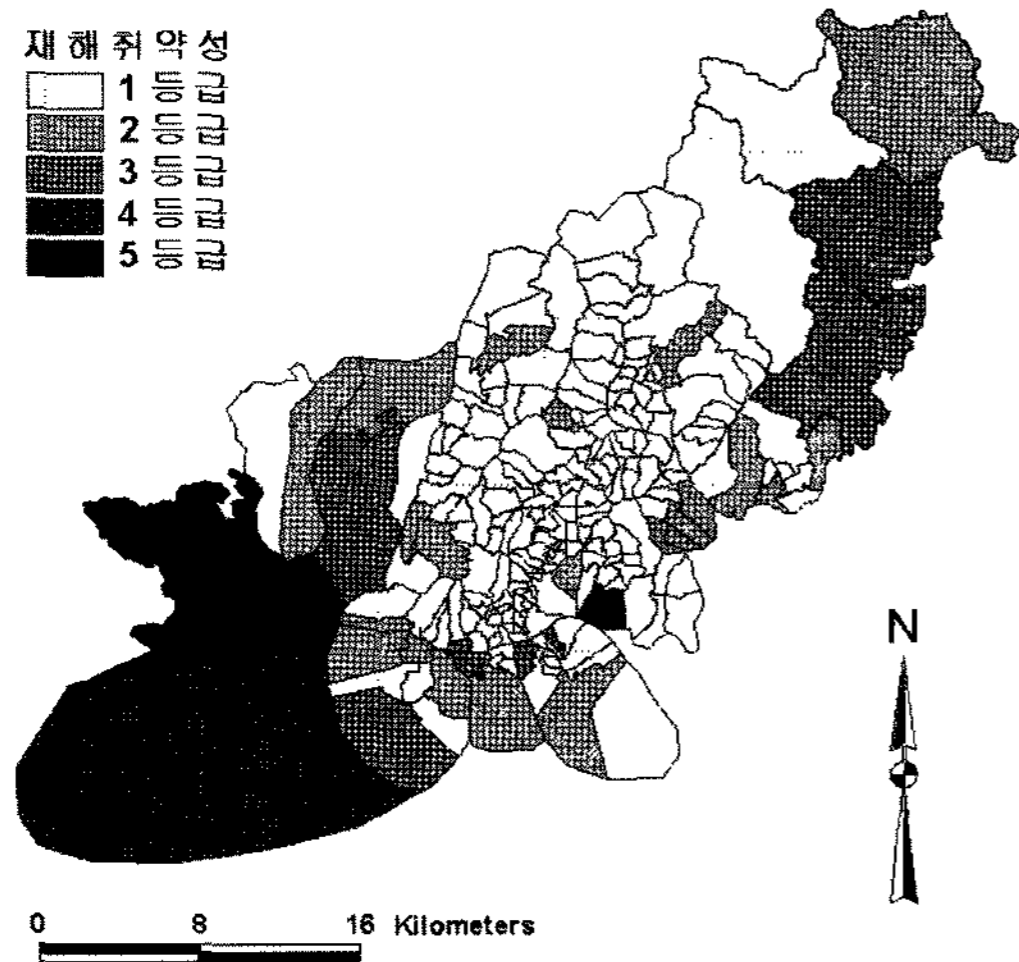


그림 6. 물적피해에 따른 동별 취약성

재해에 대한 취약성이 높게 나타났다. 재산피해 역시 해양지역을 중심으로 항만·어항시설이나 수산물증양식시설, 그리고 기타시설물 등에서 큰 피해가 발생하였으며, 재산피해액에 따른 부산지역의 동별 취약성 평가 결과, 강서구 녹산동이 5등급으로 나타났으며 강서구의 명지동, 천가동 및 남구 감만1동이 4등급으로 나타났다.

4. 사회기반시설 위험도 평가

사회기반시설의 위험도는 재해의 원인이 될 수 있는 시설물과 시설물 자체의 위험한 정도를 의미한다. 본 연구에서는 '재난 및 안전관리기본법'이나 '시설물안전관리에 관한 특별법'에 근거하여 특정관리되고 있는 다양한 시설물 중 교량, 터널, 사면, 하천을 대상으로 선정하여 위험도 분석을 수행하였다. 연구에 이용된 자료는 표 1과 같이, 국가재난관리시스템 및 시설물정보종합관리시스템의 교량 DB, 시설물정보종합관리시스템의 터널 DB, 급경사지일제조사 집계자료, 상습침수지역 현황조사 자료 등이다.

사회기반시설의 위험도는 분석대상에 따라 산정된 가중치를 곱하여 평가한다.

4.1 교량

부산지역에 산재해 있는 교량 중 국가재난관리시스템에서 특별관리대상시설물로 지정하여 관리하고 있는 교량은 146개소이고, 시설안전기술공단의 시설물정보종합관리시스템에서 1·2종 시설물로 구분하여 관리하고 있는 교량은 67개소로, 부산시에서 국가재난관리시스템과 시설물정보종합관리시스템을 통해 관리하는 교량은 총 211개소로 조사되었다. 총 211개소의 교량시설물 중 재해로 인한 피해가 사회·경제적으로 미치는 영향이 상대적으로 클 것으로 판단되는 길이가 200 m 이상이고, 폭이 10 m 이상인 교량을 분석 대상교량으로 지정하고, 교량시설물의 평가기준을 수립하여 각각의 가중치를 산정하였다.

부산지역의 교량시설물에 대한 평가기준으로 재난 및 안전관리기본법에 근거한 교량시설물의 상태 평가기준, 재원에 따른 교통량 평가기준, 노후화 정도에 대한 평가기준, 시특법 관리대상별 시설물 평가기준의 네 가지를 선정하였으며 각각의 기준에 따른 가중치를 적용하여 위험도를 평가하였다. 표 2, 표 3, 표 4 및 표 5는 교량시설물에 대한 평가기준 및 가중치를 나타낸다. 교통량 평가를 위한 교통이용량은 시계 유출입지점과 1·2차 도심권, 시내 주요교차로의 교통정체지점을 위주로 총 76개소의 지점에서 조사된 부산시 교통정보광장(<http://traffic.busan.go.kr/kor/>)의 2002년부터 2006년까지 5년간의 교통량 조사 자료를 이용하여 분석하였다.

분석 대상교량의 위험도 분석을 실시한 결과, 시설물 상태 평가등급 중 A등급의 시설물은 광안대교와 낙동강 하구둑 교량의 2개소, B등급의 시설물은 25개소, C등급의 시설물은 4개소, D등급의 시설물은 1개소로 나타났다. 또한 1종 시설물은 24개소, 2종 시설물은 8개소로 나타났다.

시설물의 외관조사 결과, 교면은 전반적으로 균열, 마모, 패

표 1. 사회기반시설물 데이터 베이스

공통	1. 국토지리정보원에서 제작한 수치지도의 교량·터널·사면·하천 데이터베이스
교량	1. 부산광역시 전역에 분포하고 있는 교량 시설 356개소(건설교통부, 2003)와 고가도로 25개소(부산광역시 도로관리과, 2007) 중 소방방재청 『재난 및 안전관리기본법』에 의해 지정된 국가재난관리시스템(national disaster management system, NDMS)의 특정관리대상시설의 자료 2. 건설교통부 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』에 의해 지정된 시설안전기술공단의 시설물정보종합관리 시스템(facility management system, FMS)의 자료 3. 부산광역시의 교통량 조사 자료
터널	1. 부산광역시 전역에 분포하고 있는 터널 시설물 35개소에 대한 시설물정보종합관리시스템 (facility management system, FMS)의 자료 2. 부산광역시의 교통량 조사 자료
사면	1. 부산광역시의 급경사지일체조사 집계자료(부산전역에 분포하고 있는 급경사 667개소의 자료)
하천	1. 부산광역시의 구군별 상습침수지역 현황 조사(부산광역시, 2007) 자료

표 2. 시설상태 평가기준 및 가중치

상태별 등급	상태	가중치
A	문제점이 없는 최상의 상태	0.2
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태	0.4
C	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태	0.6
D	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태	0.8
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	1.0

표 3. 시트법 관리대상별 평가기준 및 가중치

시트법 관리대상의 중별	가중치
2중	0.1
1중	0.2

표 4. 노후화 정도에 대한 평가기준 및 가중치

준공년도에 따른 기준	가중치
5년 이내	0.2
6년 - 10년	0.4
11년 - 15년	0.6
16년 - 20년	0.8
20년 이상	1.0

표 5. 제원에 따른 교통량 평가기준 및 가중치

제원 및 교통량 기준	가중치
길이 2,000m 초과, 교통량 90,000대 이하	0.1
길이 1,500m 초과 ~ 2,000m 이하, 교통량 70,000대 이하	0.2
길이 1,000m 초과 ~ 1,500m 이하, 교통량 50,000대 이하	0.4
길이 500m 초과 ~ 1,000m 이하, 교통량 30,000대 이하	0.5
길이 1,000m 초과 ~ 1,500m 이하, 교통량 50,000대 이상	0.6
길이 500m 초과 ~ 1,000m 이하, 교통량 30,000대 이상	0.8
길이 500m 이하, 교통량 10,000대 이상	1.0

입 및 포트홀 등과 같은 손상이 발생되고, 아치교와 강박스 교의 강재는 도장박리, 부식 및 단면결손, 강재 이음부의 볼트 체결불량 및 부식 등이 발생되어 있으며 바닥판은 균열, 박리, 철근노출 누수 및 백태 등으로 콘크리트의 열화가 진행되고 있는 상태이다. 또한 하부구조물은 콘크리트 박리, 공동, 균열, 백태, 재료분리 및 철근노출 등이 발생되고 교량받침은 도장박리, 부식 및 신축변형불량으로 손상된 곳이 조사되어 “보조부재에 손상이 있는 보통의 상태로 조속한 보강 또는 일부시설의 대체가 요구되는 상태”인 C등급으로 평가된다. 영도대교의 경우 1934년에 준공되어 시설물의 노후화가 심하여 “주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태”인 D등급으로 평가되나, 구간 또는 부재별 상태평가에서 “주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태”인 E등급이 여러 부분에서 나타나 가장 취약한 것으로 조사되었으나, 현재 재가설 공사가 진행 중이다. 표 6은 교량 시설물의 위험도 평가 결과를 나타낸 것이다.

부산대교가 가장 위험도가 높은 것으로 분석되었고, 영도대교와 함께 5등급으로 나타났다. 4등급으로는 도시고속도로의 원동고가교, 동천고가교, 문현고가교, 수영고가교, 수영2호교 그리고 충장고가교와 연안과선고가 평가되었고, 3등급은 영주고가교, 조만교, 반여고가교, 명호교 등으로 나타났으며, 신호대교와 구포대교 등은 2등급과 1등급으로 평가되었다. 부산시 중구 중앙동과 영도구 봉래동을 연결하는 연육교인 부산대교는 1980년에 준공되어 PSC거더교, 강박스거더교 및 Arch교로 구성된 교량구조물로 교각 사이의 거리가 160m로 준공당시 국내 최장 경간이다. 그림 7은 부산대교의 전경도이다.

4.2 터널

터널시설물은 시설안전기술공단의 시설물정보종합관리시스템을 기준으로 하여 분석하였으며, 시설물정보종합관리시스템에서 1·2중 시설물로 구분하여 관리하는 터널은 총 35개소이다. 시설물정보종합관리시스템에서는 양방향 터널을 상·하로 구분하여 각각 관리하나 본 연구에서는 양방향 터널의 경우 지반의 조건과 준공년도, 시공방법이 동일하므로 하나의 터널로 간주하고 분석을 실시하였고, 부산터널의 경우 준공년도가 양방향의 터널이 상이하므로 시설물정보종합관리시스템

표 6. 교량 시설물 위험도 평가 결과

우선순위	시설물 명칭	위험도 등급
1	부산대교	5등급
2	영도대교	
3	원동고가교	4등급
4	동천고가교	
5	문현고가교	
6	수영고가교	
7	수영2호교	
8	충장고가교	
9	연안과선교	
10	영주고가교	3등급
11	조만교	
12	반여고가교	
13	좌천고가교	
14	부암고가교	
15	명호교	
16	해운대과선교	
17	신호대교	2등급
18	우동고가교	
19	둔치2호교	
20	좌수영교	
21	강동교	
22	석대고가교	
23	가야고가교	
24	구포대교	1등급
25	부두순환교	
26	공항진입교	
27	모라고가교	
28	낙동강 하구둑 교량	
29	동서고가교	
30	우암고가교	
31	녹산대교	
32	광안대교	

과 동일하게 상·하로 구분하여 총 19개소로 분석 대상터널을 선정하였다. ‘시설물안전관리에 관한 특별법’에 근거한 시설물의 상태평가기준과 시설물의 준공년도에 따른 노후화, 그리고 교통이용량을 조사하여, 터널의 위험도 분석인자를 산정하고 각 분석인자에 가중치를 부여하였으며 가중치의 곱으로 등급을 나누어 종합적인 위험도 평가를 수행하였다.

터널시설물에 대한 위험도는 ‘시설물안전관리에 관한 특별법’에 근거하여 평가하였고, 교량시설물의 상태 평가기준, 제원에 따른 교통량 평가기준, 노후화 정도에 대한 평가기준, 시특법 관리대상별 시설물 평가기준의 4가지 평가기준에 대한 가중치는 교량시설물과 동일하며, 교통량 평가를 위한 교통이용량 또한 교량시설물의 경우와 동일하게 부산시 교통정보광장(<http://traffic.busan.go.kr/kor/>)의 2002년도부터 2006년까지 5년간의 교통량 조사 자료를 이용하여 분석하였다.

분석 대상터널의 위험도 분석을 실시한 결과, 시설물 상태 평가등급 중 A등급의 시설물은 오류터널(신) 1개소, B등급의 시설물은 9개소, C등급의 시설물은 9개소로 나타났다. 그림 8의 광안터널이 가장 위험도가 높은 것으로 조사되었고 구덕터널, 제2만덕터널, 황령터널, 백양터널, 부산터널(상), 대터널, 제1만덕터널, 부산터널(하), 송정터널 등의 순으로 위험도가 평가되었으며, 표 7은 터널 시설물의 위험도 평가 결과를 나타낸 것이다.

4.3 사면

부산지역의 급경사지일제조사 집계자료의 667개소 중 재해로 인한 피해가 사회·경제적으로 미치는 영향이 상대적으로 클 것으로 판단되는 연장이 100m 이상이고, 최고높이가 10m 이상인 사면을 분석 대상사면으로 선정하였으며, 급경사지 인근의 거주인구 수, 붕괴위험도를 조사하여 사면의 위험도 분석인자를 산정하고 각 분석인자에 가중치를 부여하였으며 가중치의 곱으로 등급을 나누어 사면의 종합적인 위험도 평가를 수행하였다.

사면의 위험도 평가를 위해 급경사지 인근의 거주인구에 대한 위험도 평가기준, 붕괴위험도에 대한 평가기준과 각각의 가중치를 표 8과 표 9에 나타내었다. 사면의 붕괴위험도는 안전, 보통, 약간위험, 매우위험으로 구분되어진다.

분석 대상사면의 위험도 분석을 실시한 결과, 급경사지 인

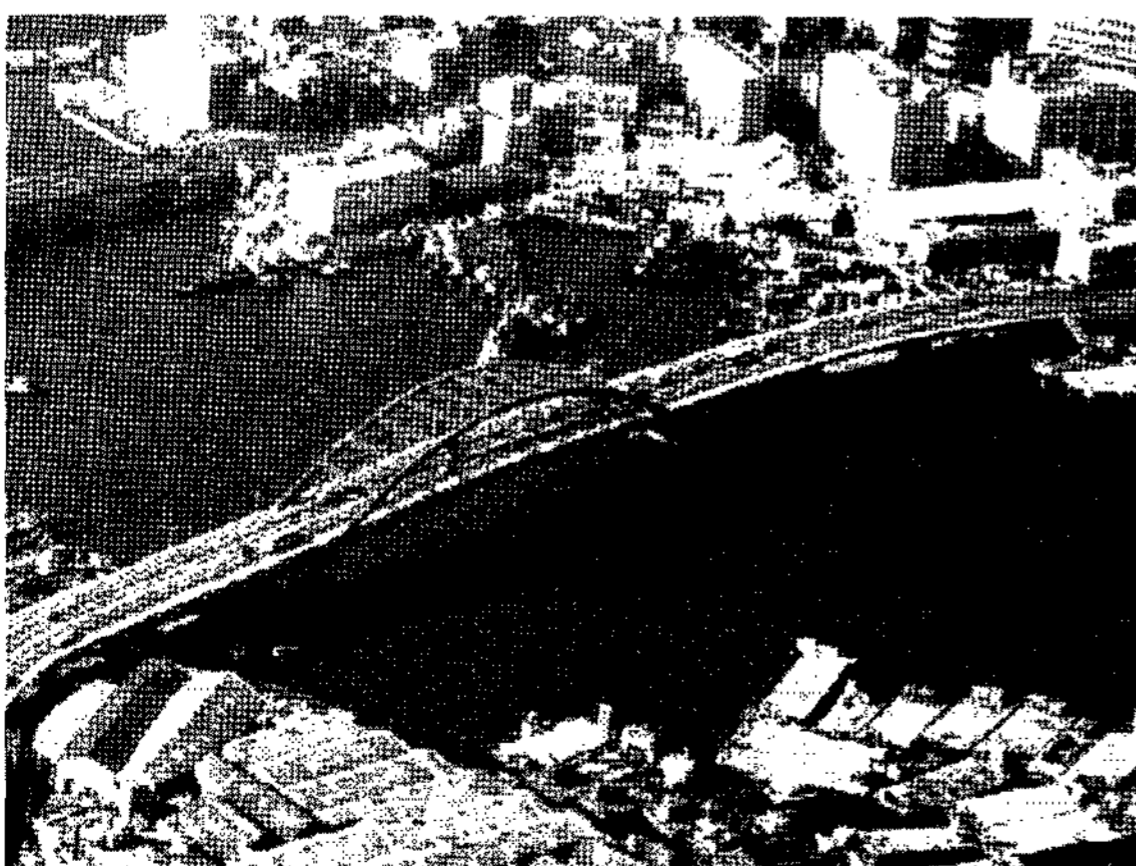


그림 7. 부산대교 전경 (FMS, 2007)

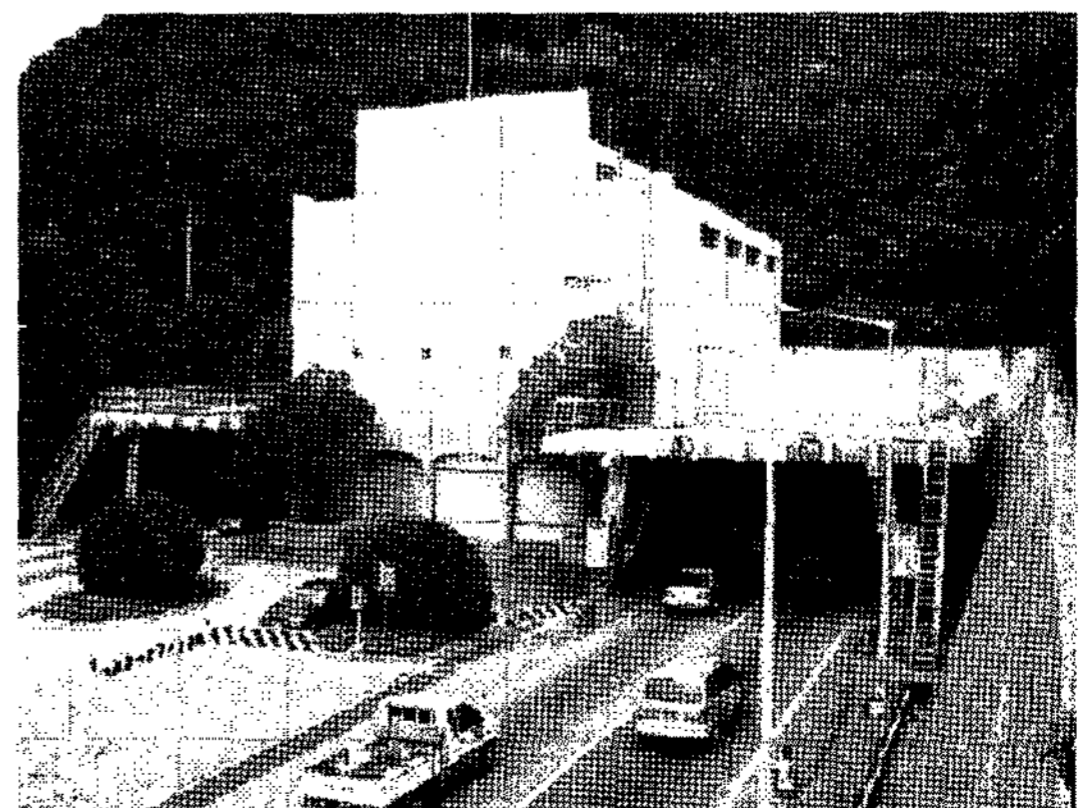


그림 8. 광안터널(FMS, 2007)

표 7. 터널 시설물 위험도 평가 결과

우선순위	시설물 명칭	위험도 등급
1	광안터널	5등급
2	대티터널	
3	송정터널	
4	부산터널(상)	4등급
5	대연터널	
6	문현터널	
7	수영터널	3등급
8	오륜터널(구)	
9	부산터널(하)	
10	제1만덕터널	2등급
11	장산1터널	
12	장산2터널	
13	구덕터널	1등급
14	제2만덕터널	
15	황령터널	
16	연산터널	1등급
17	오륜터널(신)	
18	백양터널	
19	수정터널	

근에 거주인구가 있는 자연사면 및 인공사면, 옹벽은 36개소로 분석되었으며, 이중 붕괴위험도가 보통인 곳은 26개소, 붕괴위험도가 약간위험인 곳은 8개소, 매우위험인 곳은 2개소로 나타났다. 사면의 위험도 평가에서는 기장군 정관면 달산리 148-15번지 일대의 자연사면이 5등급으로 가장 위험도가 높은 것으로 분석되었고, 부산진구 개금3동 1-1번지, 개금4동 1-9번지, 북구 만덕동 376 등의 순으로 위험도가 평가되었다. 부산진구 초읍동 산 85-1번지 일대의 자연사면은 시설물 인근 거주 인구는 2명으로 적으나, 붕괴시 토사유출로 인한 하수관로 막힘으로 주변 1,400여 세대에 침수피해가 예상되는 지역이다. 그림 9는 가장 위험성이 높은 기장군 정관면 달산리 148-15번지 일대의 모습을 나타내고, 표 10은 사면의 위험도 평가 결과를 나타낸 것이다.

표 8. 붕괴위험에 대한 평가기준 및 가중치

붕괴위험에 따른 구분	가중치
안전	-
보통	0.1
약간 위험	0.5
매우 위험	1.0

표 9. 거주인구에 대한 평가기준 및 가중치

급경사지 인근거주 인구수 기준	가중치
500명 이하	0.2
500명 초과 ~ 1,000명 이하	0.4
1,000명 초과 ~ 1,500명 이하	0.6
1,500명 초과 ~ 2,000명 이하	0.8
2,000명 초과	1.0

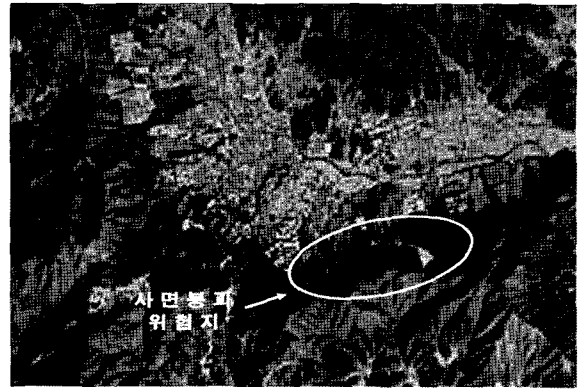


그림 9. 기장군 정관면 달산리 148-15번지 일대 위험사면

표 10. 사면 위험도 평가 결과

우선 순위	위험사면 위치	위험도 등급
1	기장군 정관면 달산리 148-15	5등급
2	부산진구 개금3동 1-1번지	4등급
3	부산진구 개금4동 1-9번지	
4	북구 만덕동 376	
5	부산진구 초읍동 산85-1번지	3등급
6	부산진구 개금3동 1-12번지	
7	북구 덕천동 132-65	
8	부산진구 개금3동 445-13번지	2등급
9	부산진구 가야3동 산16-22번지	
10	남구 문현4동 산110-3	
11	부산진구 개금3동 207-6번지	1등급
12	영도구 청학2동 산48-236	
13	부산진구 개금3동 19-2번지	
14	영도구 청학2동 99-294	2등급
15	부산진구 가야1동 361-85번지	
16	부산진구 개금3동 56번지	
17	부산진구 개금3동 경부선 철로변	1등급
18	부산진구 개금3동 1-9번지	
19	부산진구 개금3동 1-7번지	
20	부산진구 개금3동 1-7번지	2등급
21	북구 화명동 1170-1	
22	해운대구 재송동 1291-1460	
23	부산진구 당감4동 797번지	1등급
24	북구 구포동 849-1	
25	부산진구 가야1동 50-2번지	
26	부산진구 개금3동 54-1번지	2등급
27	남구 감만1동 511-38	
28	남구 감만1동 73-212	
29	사하구 괴정3동 산15-1	1등급
30	해운대구 재송동 산1-7	
31	금정구 구서동 722-1	
32	영도구 영선2동 산22	2등급
33	남구 용호4동 538-40	
34	부산진구 가야3동 464-101번지	
35	남구 용호4동 536-18	1등급
36	사하구 괴정1동 산105-1	

4.4 하천

부산지역의 하천 위험도 평가는 부산시의 구군별 상습침수 지역 현황조사 자료를 바탕으로, 평가기준을 행정적 요인과 과거피해요인 및 시설적 요인에 따라 분석인자를 선정하여 분석하였다. 행정적 요인으로는 재해위험지구지정여부를, 과거피해요인으로는 인명피해 및 건물피해를, 시설적 요인으로는 침수지역 해소 및 개선을 위한 하천시설물 정비사업비를 분석인자로 선정하여 지구별(행정동별) 취약지 분석을 수행하였다. 최종적으로는 상습침수와 같은 재해로부터 취약한 지역에 주변 하천이 미치는 영향을 고려하여 하천에 대한 위험도를 평가하였다.

지구별 취약지 분석을 실시한 결과, 재해위험지구로 지정되어 있는 지역은 수영구 망미지구와 광안지구, 사상구 감전1동, 해운대구 운촌부락, 강서구 미음지구 및 녹산지구, 그리고 신포지구, 송백지구, 상덕지구, 식만지구, 대저2지구, 기장군 원리지구 등 12개소이고, 해운대구 반여지구 및 강서구 대저1지구는 재해위험지구로 지정되었다가 현재는 해제된 지역으로 조사되었다. 행정적 요인, 과거피해요인 및 시설적 요인 순으로 지역별 위험도 및 취약지를 분석한 결과, 수영구 망미지구가 가장 위험도 및 취약도가 높은 것으로 분석되었고 사상구 감전1동, 해운대구 운촌부락, 강서구 미음지구, 수영구 광안지구 등의 순으로 분석되었다. 그림 10은 부산지역의 상습침수로 인한 피해 위험지역을 나타낸다.

또한, 하천의 경우 다른 시설물이나 환경과는 달리 이러한 정량적 위험도 평가 이외에도 정성적 위험도 평가가 필요하다. 대부분의 하천주변에는 시민공원으로 야외수영장, 농구장, 배드민턴장, 운동시설 등의 휴식·편의시설이 구비되어 시민들의 문화공간으로 주로 이용되고 있다. 재해 발생시 이러한 문화 공간을 이용하고 있는 많은 시민에 대한 인명피해 발생 가능성이 매우 높을 뿐만 아니라 문화공간의 훼손으로 인한 물적 재산피해 또한 막대하다. 표 11은 지구별 취약성 분석 결과와 함께 이러한 사회환경적 요인을 고려하여 하천 위험도 평가를 수행한 결과를 나타낸다.

온천천의 경우, 인근 지역이 재해위험지구로 선정되어 있지

표 11. 하천 위험도 평가 결과

우선순위	1	2	3	4	5	6
하천명	온천천	수영강	낙동강	평강천	서낙동강	좌광천

는 않지만, 침수로 인한 인명 피해가 4,500여 명에 이르고 건물의 침수 피해가 1,000여 동에 이른다. 또한 지난 1999년 이후 온천천 자연형 하천 복원 사업에 따라 복원되어 현재 시민 공원 역할을 하고 있어 여타 다른 하천에 비해 사회적 중요도가 매우 크다고 할 수 있다. 온천천시민공원은 전체규모가 42,000 m², 길이 2.88 km, 폭 15~20 m에 자전거도로 등 21종의 각종 시설물과 잔디광장 19,600 m² 및 6,000 m²의 법면 화단을 녹화공간으로 조성하였으며, 완공 후 매년 시설보완과 새로운 시설을 증설하여 왔다. 운동을 즐기거나 자연경관을 관람하고 휴식을 취하기 위해 하루 3만 명 이상의 사람들이 찾는다. 이러한 온천천은 부산을 가로지르는 도심 하천으로, 길이 15.62 km, 너비 60~90 m, 유역면적 55.97 km²로, 수영강의 총 유역면적 가운데 27.7%를 차지한다. 그림 11은 가장 위험성이 높은 온천천과 수영강일대의 모습을 나타낸다.

5. GIS를 이용한 재해취약지 도시

부산지역의 종합적인 재해취약지 평가는 인명피해에 따른 재해취약성의 등급, 물적피해에 따른 재해취약성의 등급 그리고 사회기반시설물의 위험도 분석에 의한 시설물의 위험등급을 합산하고 분석인자의 수로 나누어 지역의 종합등급을 결정한다. 그림 12는 산출된 종합등급을 GIS를 이용하여 도시화한 것이다. 각각의 위험도는 행정동별로 표시된 지도상에 취약성 및 위험도의 정도에 따라 표현하였다.

부산지역의 종합평가에서 녹산동과 남항동 등 5개소에서 5등급으로 평가되었고 송정동과 광안2동, 대저2동 등 21개소에서 4등급으로 나타났으며, 정관면, 중동, 대저2동을 비롯하여 36개 지역이 3등급으로 나타났다. 종합위험도가 높은 동들을 대상으로 그 원인을 살펴보면, 대상지역의 과거 재해로 인한 인·물적 피해가 타지역에 비해 상대적으로 매우 크게 발생한 지역으로 재해에 대한 위험요소를 많이 내재하고 있

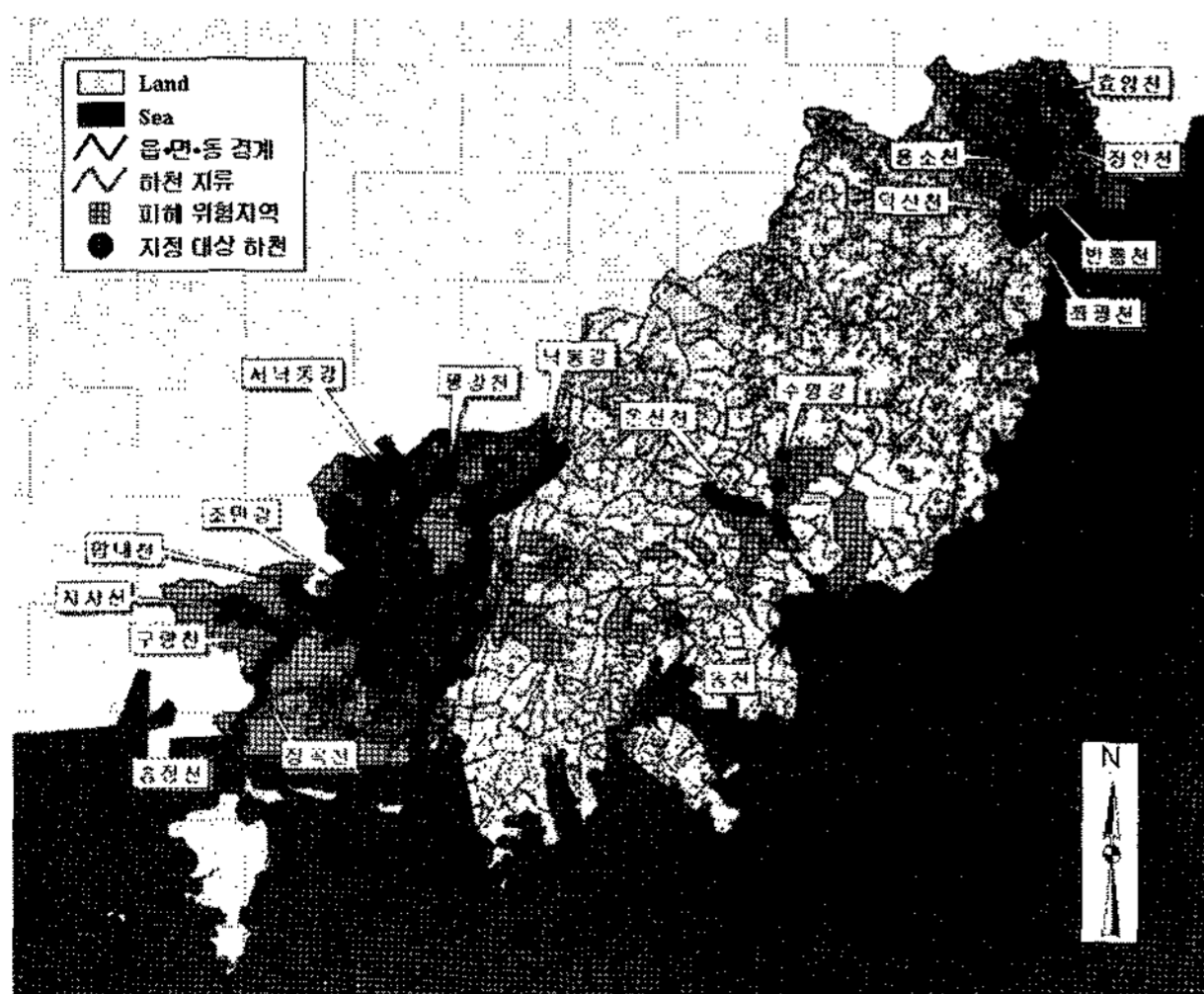


그림 10. 상습침수로 인한 위험지역

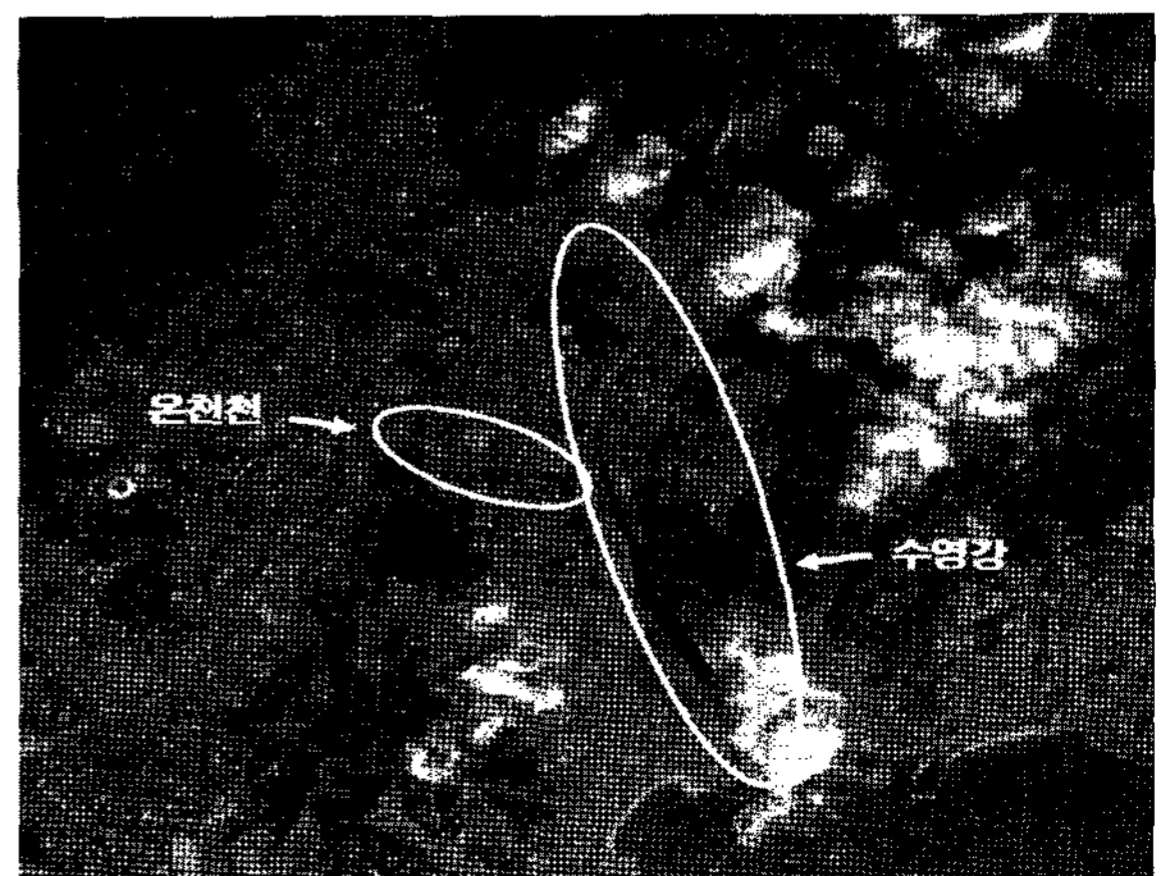


그림 11. 온천천 및 수영강 일대

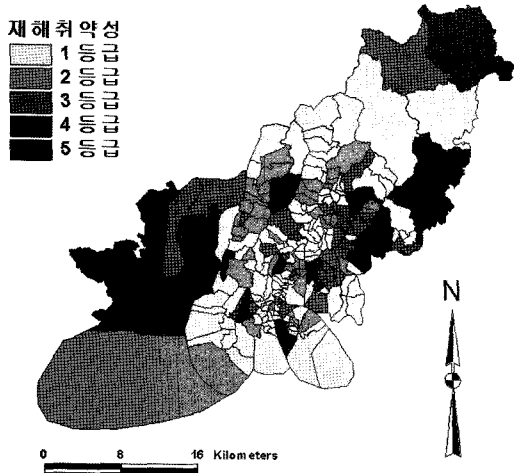


그림 12. 부산지역의 재해취약지 종합평가

거나, 시설 및 환경의 취약성으로 인하여 비교적 위험도가 높게 나타났다.

6. 결 론

지역 사회에서 재해를 예방하고 재해발생시 피해경감을 가능하게 하는 U-City 방재도시 구축을 위한 재해취약지역의 진단 및 평가를 수행하였다. 진단 및 평가에 있어서는 자연재해로 인한 피해평가측면에서는 인명과 재산피해에 따른 재해취약성, 사회기반시설 위험도평가측면에서는 교량, 터널, 사면 및 하천 4가지로 한정하여 전반적인 재해취약지를 분석하고, GIS를 이용하여 취약지도를 도시하였다. 재해취약성 및 위험도에 대한 평가 결과는 다음과 같다.

- (1) 자연재해로 인한 피해평가는 각 행정동에 대하여 사망, 실종 및 부상의 인명피해에 따른 재해취약성을 분석하고, 재산피해액을 기준으로 하여 물적피해에 따른 재해취약성을 분석하였다. 분석 결과, 기장군의 기장읍과 녹산동이 5등급으로 각각 진단되었다.
- (2) 사회기반시설 위험도평가는 각 시설물 및 환경에 대하여 위험도 평가를 위한 주요 평가기준 및 가중치를 선정하고, 선정된 가중치의 곱으로 위험도를 진단하였다. 분석 결과, 교량시설물은 부산대교와 영도대교가 5등급으로 진단되었고 터널시설물은 평안터널과 대티터널이 5등급으로 평가되었다. 사면에서는 기장군 정관면 달산리 148-15번지 일

대의 사면이 가장 위험도가 높은 5등급으로 진단되었고, 하천에 대한 위험도 평가는 행정적 요인, 과거피해요인 및 시설적 요인으로 분석하였으며 그 결과 온천천과 수영강이 5등급으로 평가되었다.

- (3) 이러한 사회기반시설 위험도평가를 통하여 위험시설 및 환경으로 선정된 대상은 모니터링시스템 구축의 시범대상으로 활용가능할뿐만 아니라, 위험도 평가과정에서 시설물 자체의 위험도와 함께 사회적 중요성 및 대상으로부터의 관제·감지력을 적용한다면 재해모니터링 구축에 유용한 기초자료가 된다.
- (4) 본 연구에서는 취약성 및 위험도 평가를 통하여 종합적으로 부산의 취약지를 산정하였으며, 그 결과를 활용하여 GIS 지도를 작성하였다. 이러한 형태의 지도는 지역 사회 주민들의 재해경각심과 재해대비 및 재해발생시 적극적인 시민의 대응을 도출시킬 수 있으며 정책적으로는 재해경감을 위한 로드맵 구축을 통하여 좀 더 세부적인 방재계획을 수립할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 부산광역시의 지원을 받아 수행된 U-방재도시모델 전략수립사업의 일환으로 진행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 국가재난관리시스템 (2007) www.nema.go.kr
 부산광역시 재해대책본부 (2002a) 집중호우에 따른 재해대책종합상황보고. 부산광역시 재해대책본부.
 부산광역시 재해대책본부 (2002b) 제15호 태풍 “루사” 피해 및 복구추진상황. 부산광역시 재해대책본부.
 부산시교통정보광장 (2007) www.traffic.busan.go.kr
 시설물정보종합관리시스템 (2007) www.fms.or.kr
 윤재준 (1999) 지리정보체계 : GIS 실습. 대영사.
 Britton, Neil (1987) Towards a Reconceptualization of Disaster for the Enhancement of Social Preparedness. *Sociology of Disasters: Contributions of Sociology to Disaster Research*, R. R. Dynes, B. DeMarchi and C. Pelanda, eds., Milano Italy: Franco Angeli., pp. 31-55.

- ◎ 논문접수일 : 2007년 12월 31일
- ◎ 심사의뢰일 : 2008년 01월 02일
- ◎ 심사완료일 : 2008년 02월 02일