

서울지역 지진 재해 위험도 평가

Assessment of Earthquake Disaster Risk in Seoul Metropolitan Area

이 창 수*

Lee, Chang Soo

Abstract

The principal basic concepts of aseismic design minimize damage of human-life and have little probability during life of structures. For detailed understanding of the design, the best reasonable countermeasure can be possible equally the smallest damage of human-life and economic loss. As a result, it can be achieved by notion of not structure-centered but city-centered, the notion is actualized by development of a macro-level evaluation. A seismic damage between city and country is different. And the larger the city then, the greater the loss by rather collateral hazards than collapse of structures. Hence, the macro-evaluation of an earthquake disaster is suitable for an old city where is center of political and economic activity, and is concentration of population and infrastructure. This study aims to develop comprehensive earthquake disaster risk index, and assesses relative earthquake risk of six zones in Seoul metropolitan area.

key words : seismic damage, macro-evaluation, earthquake disaster risk index

요 지

우리나라 도로교설계기준(2005)에서 규정하고 있는 내진설계의 기본개념은 인명피해를 최소화하고 설계지진은 구조물 수명동안 발생할 확률이 거의 없다는 것이다. 구조물 내진설계의 가장 상위개념이며 합리적인 내진대책은 인명피해를 최소화해야하며 경제성이 있어야 한다. 결과적으로 최우선의 목표를 만족시키기 위해서는 개별적인 구조물 중심이 아닌 도시 전체를 대상으로 한 거시적인 평가방안이 필요하다. 도시지역에 대한 피해상황은 기타지역과 다른 양상을 나타내며, 도시가 거대해질수록 구조물의 파손에 의한 손실보다는 오히려 이에 수반되는 부가적인 손실이 월등히 클 것이다. 그리고 거시적인 지진재해 평가방법은 인구와 구조물이 밀집되고, 정치·경제활동 등의 중심이 되는 오래된 도시일수록 효과가 탁월할 것이다. 본 연구는 지진재해위험을 합리적으로 예측할 수 있는 지진재해위험지수를 개발하고, 서울특별시를 6개 구역으로 분할하여 상대적인 지진재해위험을 평가하였다.

핵심용어 : 지진손상, 거시적인 평가방안, 지진재해위험지수

1. 서 론

최근 전 세계적으로 지진발생빈도 증가에 따른 재해 사례가 매체를 통해 종종 보도되고 있다. 우리나라도 드물게 지진이 발생되고 있으나, 강도가 약하고 발생지역이 산간지역이나 해상지역이므로 별다른 피해가 없는 실정이다. 하지만, 간과해서는 안 되는 것이 있다.

지각운동은 일정한 재현주기를 가지고 활동하기 때문에 지진이 잦은 시기에는 지체구조가 조금이라도 취약한 지역이라면 어디든지 지진발생에 대한 위험이 있으므로 우리나라도 예외일 수는 없을 것이다. 재해의 진정한 의미는 인적손실이며 구조물의 손상 및 파괴는 일반적인 피해 개념으로 보아야 할 것이다. 우리나라도 도로교설계기준(2005)에서 제시하고 있는 내진설계 기본

* 정희원 · 서울시립대학교 토목공학과 교수 (e-mail : csll@uos.ac.kr)

개념의 최우선 목표가 인명피해를 최소화한다는 것임을 상기해야 할 것이다. 또한, 설계지진은 구조물 수명동안 발생할 확률이 거의 없다는 것에 관한 의미도 되새겨보아야 할 것이다. 이러한 내용들을 고려해보면 가장 상위개념이며 가장 합리적인 내진대책은 인명피해를 최소화하며 경제적이어야 함을 이해할 수 있을 것이다. 이러한 최우선의 목표를 만족시키기 위한 개념으로 구조물 중심이 아닌 도시전체를 대상으로 한 지진재해 평가방법의 개발이 필요할 것이다. 도시가 거대해질수록 구조물의 파손에 의한 손실보다는 오히려 이에 수반되는 부가적인 손실이 월등히 클 것이기 때문에 지진재해 평가방법은 인구와 구조물이 밀집되고, 정치 및 경제 등의 중심이 되는 오래된 도시일수록 효과가 탁월할 것이다. 특히, 도시지역에 대한 피해상황은 기타지역과 다른 양상을 보일 것이기 때문에 이러한 상황에 대응하기 위한 거시적인 개념의 새로운 접근방법이 반드시 필요하다.

지진발생이 잦은 외국의 경우에는 지진발생에 따른 구조물의 피해뿐만 아니라 부가적인 피해에 관한 연구가 지속되고 있다. 또한, 세계 여러 도시들에 대한 상대적인 비교를 통해 임의의 도시에 발생된 지진재해로부터 대상 도시의 지진재해위험을 추정하고, 과거 수십년 동안 급속히 증가하는 지진피해위험을 주기적으로 재평가하는 연구를 수행하고 있다. 즉, 주요한 연구방향이크게 구조물 중심적 분석과 도시지역 지진 재해분석의 두 가지로 대별되는 것을 확인할 수 있다. 후자에 관한 유사한 연구로는 지진재해에 따른 도시지역의 취약도를 비교하기 위하여 여러 전문분야를 이용한 방법개발에 관한 연구인 “Urban Scale Vulnerability : Proceedings of the U.S.-Italy Colloquium on Urban Design and Earthquake Hazard Mitigation”(Heikkala, 1982), 자연재해에 의한 도시취약도를 측정하기 위한 지수의 향후 연구개발에 대한 중요한 주제들을 기록한 “Overview of Environmental Management and Urban Vulnerability”(Kreimer and Munasinghe, 1992) 그리고 미국연방 위기관리청에서는 미국 각 주들의 다양한 자연재해위험을 비교하기 위한 방법들을 개발하고 있다.

우리나라와 같이 지진피해의 구체적인 사례가 없고, 중약진 지역에 속한 곳일수록 구조물의 취약도 분석만이 아닌 종합적인 지진재해 평가방법을 이용하여 지진재해의 경험이 풍부한 세계 주요도시와의 비교를 통해 도시의 지진재해 정도를 예측하고, 이에 적합한 지진재해 감감대책을 수립하는 것이 주어진 재원을 가장 효과적으로 사용할 수 있는 방법이 될 것이다.

본 연구는 지진재해 경험이 풍부한 도시들과의 비교

를 통한 우리나라의 지진재해위험수준과 도시간의 지진재해평가를 위하여 도시에 내재한 다양한 특성들을 정량적으로 표현할 수 있는 지표들을 선정하고, 이들의 중요도와 유기적인 특성을 확인하여 도시지역의 지진재해위험을 정량적으로 제시할 수 있는 일반적인 신개념의 지수개발을 목표로 한다.

2. 이론적 배경

기존의 지진재해위험에 관한 연구결과들을 살펴보면, 대부분 해당 전문분야에 초점을 맞춘 연구만 이루어져 있다. 단층파괴 및 지반특성 등을 연구하는 지질학 분야, 구조물의 취약성 및 안정성을 연구하는 구조공학분야, 효과적인 대응방안을 연구하는 긴급대응계획분야 그리고 사회기반시설의 손상이 지역경제에 미치는 영향을 연구하는 경제학 분야 등에 국부적으로 집중되어 있다.

이들 모두가 효과적인 내진대책을 위해 반드시 필요한 사항들이다. 하지만 이와 같은 개별적인 연구결과로는 해당분야에 대한 정확한 결과만을 제공하기 때문에 종합적인 계획수립을 위한 사용측면에서는 상호보완과 조합이 성공적으로 이루어져야 비로소 내진대책 효과를 발휘할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 많은 비용과 시간이 추가적으로 투입되어야 할 것이다. 이러한 견지에서 상기한 요소들을 직·간접적으로 표현할 수 있는 지표들을 종합하여 하나의 지수로 표현하는 것은 비교적 적은 비용과 시간으로 종합적인 지진재해위험을 평가하고, 합리적인 내진대책과 예산투자계획의 방향을 제시하는 것을 가능하게 할 것이다.

지진재해위험은 다양한 영향인자들에 의해 결정되어 있는데 지진위험도가 높을수록 지진재해의 위험성은 증가할 것이고, 도시가 거대할수록 지진발생에 따른 재해위험은 증대되며, 정치·경제적으로 중요한 도시일수록 대외적인 영향력이 상당할 것이다. 또한, 재해대응에 관한 계획이나 시설 등에 따라 재해위험은 증가·감소할 것이다. 즉, 도시의 지진재해위험은 다양한 인자들에 의한 유기적인 결과를 나타낼 것이다(그림 1).

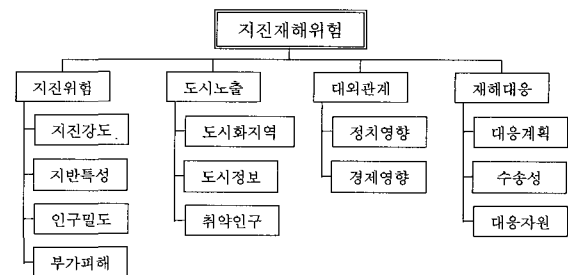


그림 1. 지진재해위험의 유기적 특성

지진재해위험지수는 다양한 요소들을 포함한 복합적인 지수이며, 직접적으로 도시전역을 평가하는 도구로 특정지역에 한정된 평가가 아니다. 또한, 물리적인 손상이나 경제적인 손실 등을 측정하는 것이 아니라 이들을 이용하여 해당지역의 종합적인 지진재해위험을 예상하여 평가하여야 할 것이다.

3. 지진재해위험지수

3.1 지진재해위험지수의 구성체계

지진재해에 관련된 도시의 유기적인 연관성 분석을 위하여 4개의 주요요소와 10개의 성분, 그리고 25개의 지표로 지진재해위험지수를 구성하였다(표 1).

표 1. 지진재해위험지수의 구성체계

요소	성분	의미	기호	지표	
지진위험	1차 피해	정	H1	재현주기 500년의 지진위험	
		정	H2	재현주기 1000년의 지진위험	
		정	H3	도시화지역 연약지반 비율	
	2차 피해	정	H4	도시화지역 인구밀도(명/km ²)	
		정	H5	수재피해 우려지역	
		정	H6	화재피해 우려지역	
		정	H7	극한기후	
도시노출	사회기반 시설	정	E1	도시화면적	
		정	E2	토지활용도	
		정	E3	세대수	
	도시정보	정	E4	도시이력	
		정	E5	도시성장속도	
		정	E6	도시주변지형	
		인간	정	E7	취약인구비율
대외관계	경제성	정	T1	대상구역 경제적 영향	
	정치성	정	T2	대상구역 정치적 영향	
재해대응	수송성	부	R1	다른 도시와의 연결로	
		계획	부	R2	내진설계수준
			부	R3	재해대응계획수준
	자원	부	R4	5년간 평균예산(백만원)	
		부	R5	도로비율	
		부	R6	10만명당 임시대피소	
		부	R7	10만명당 병원수	
		부	R8	10만명당 소방서수	
		부	R9	10만명당 경찰서수	

* “의미”란의 「정」은 지진재해위험을 증가시키는 인자이고, 「부」는 이를 감소시키는 인자임

3.2 주요요소

지진재해위험지수를 평가하기 위해 총 4개의 주요요소가 사용된다. 지진위험요소는 지반운동, 지반상태와 이에 따라 수반되는 부가피해를 나타내는 요소, 도시노출요소는 도시규모, 노출정도에 따라 특정한 위험수준에 의해 얼마나 쉽고, 심각하게 영향을 받는지를 평가하는 요소, 대외관계요소는 지진에 의한 재해발생 도시가 기타도시에 미치는 영향평가 요소 그리고 재해대응요소는 지진재해 발생이후 도시가 얼마나 효율적으로 장·단기간의 충격에서 대응하고 회복할 수 있는 능력을 보유하고 있는지를 나타내는 요소들이다.

3.3 지표

각각의 주요요소를 정량화하기 위하여 총 25개의 지표가 사용되며, 이들은 타당성, 자료의 유효성과 질, 정량성과 객관성, 이해성 그리고 직접성의 기본원리에 근거하여 표 1과 같이 선정하였다.

3.4 지진재해위험지수

지진위험요소, 도시노출요소, 대외관계요소 및 재해대응요소 등 4개 요소들 간의 지진재해에 대한 상대적인 기여도를 선형조합한 형태로 지진재해위험지수 방정식을 구성하였다.

$$\text{지진재해위험지수} = w_H H + w_E E + w_T T + w_R R \quad (1)$$

여기서, $H, E, T, R = \sum_i w_i x_i'$

w_i : 요소 i 혹은 지표 i 의 가중치

x_i' : 지표 i 의 스케일링 된 값

4. 지진재해위험도 평가

서울특별시를 6개 도로관리사업소 구역으로 분할하여 지진재해위험지수를 산정하여 향후 예상되는 지진재해위험을 평가하였다.

4.1 자료수집 및 분석

본 연구에 이용되는 지표들의 자료는 공신력이 충분해야 하며, 수집하기 용이해야 한다. 또한, 각 지표의 의미에 부합되어야 함은 당연할 것이다. 수집된 자료들은 대부분 서울통계연감에 수록되어 있으며 일부는 기상청 자료와 1/50,000 지도를 참고하였다. 지표별 원본 자료분석 결과는 표 2와 같다(통계청, 2001; Anderson, 1992; Davidson, 1997; Rossi and Gilmartin, 1980).

4.2 스케일링

지표를 정량화하기 위한 원본 분석자료는 각 지표간 편차가 상당히 때문에 이를 이용하여 지수산정에 적용한다는 것은 불가능하다. 따라서, 지표간의 일정한 수준을 유지시키기 위해서 스케일링을 수행해야한다. 스케일링 기법은 기여함수법, 최대·최소자료법, 최대·최소확률법, 단계법, 평균법, 평균-2×표준편차법 등이 있으나, 본 연구에서 얻은 자료와 같이 등락폭이 심한 자료는 평균-2×표준편차법의 스케일링 기법이 양호하여 이를 적용하였다. 이 방법은 평균법과 유사하나 자료가 음의 값을 갖지 않도록 조절해주기 때문에 임의의 지수에 적용하는 데 적합한 스케일링 기법이다. 드물게 음의 값을 발생하기도 하지만 95%이상 양의 값을 제공한다. 지표의 의미와 재해의 의미가 비례하면 식 (2)를 따르고, 반비례하면 식 (3)을 따른다.

표 2. 지표별 원본 분석자료(북부)

요 소	지 표	원본자료
지진위험	재현주기 500년의 지진위험	446
	재현주기 1000년의 지진위험	1480
	도시화지역 연약지반 비율	0.091
	도시화지역 인구밀도(명/km ²)	32419
	수재피해 우려지역	0.000
	화재피해 우려지역	2230
	극한기후	151
도시노출	도시화면적	62036693
	토지활용도	0.375
	세대수	667748
	도시이력	20.0
	도시성장속도	31
	도시주변지형	1
	취약인구 비율	0.111
대외관계	대상구역 경제적 영향	287558
	대상구역 정치적 영향	706497
	다른 도시와의 연결로	5
재해대응	내진설계수준	0.074
	재해대응계획수준	3
	5년간 평균예산(백만원)	728783
	도로비율	0.18
	10만명당 임시대피소	12.6
	10만명당 병원수	1.5
	10만명당 소방서수	1.9
	10만명당 경찰서수	8

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij} - (\bar{x}_i - 2s_i)}{s_i} \quad (2)$$

$$x_{ij}' = \frac{-x_{ij} + (\bar{x}_i + 2s_i)}{s_i} \quad (3)$$

여기서, x_{ij}' : 지표 i의 스케일링 된 값

\bar{x}_i : 지표 i의 평균, s_i : 지표 i의 표준편차

식 (2)와 식 (3)은 그림 2와 같은 원리로 스케일링을 수행한다. 원본 분석자료를 스케일링한 결과는 표 3과 같다.

스케일링된 자료

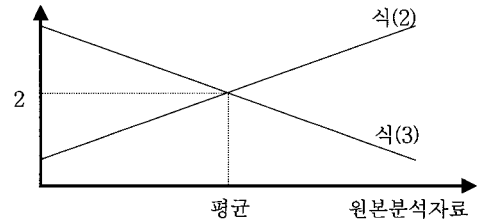


그림 2. 평균-2×표준편차 스케일링법

표 3. 지표별 스케일링자료(북부)

요 소	지 표	수정자료
지진위험	재현주기 500년의 지진위험	2.000
	재현주기 1000년의 지진위험	2.000
	도시화지역 연약지반 비율	0.051
	도시화지역 인구밀도(명/km ²)	2.658
	수재피해 우려지역	0.124
	화재피해 우려지역	2.093
	극한기후	2.000
도시노출	도시화면적	2.903
	토지활용도	1.011
	세대수	3.966
	도시이력	2.621
	도시성장속도	2.229
	도시주변지형	2.000
	취약인구 비율	2.837
대외관계	대상구역 경제적 영향	2.501
	대상구역 정치적 영향	3.758
재해대응	다른 도시와의 연결로	2.684
	내진설계수준	2.000
	재해대응계획수준	2.000
	5년간 평균예산(백만원)	0.682
	도로비율	3.448
	10만명당 임시대피소	0.920
	10만명당 병원수	2.868
	10만명당 소방서수	2.496
	10만명당 경찰서수	1.454

4.3 가중치

주요요소들을 정량화하기 위해 마련된 총 25개의 지표들은 각각이 상대적인 중요성을 가지고 있다. 따라서, 이를 표현하기 위하여 무차원의 상수를 각 값에 곱함으로써 지표간의 상대적인 중요성을 나타내었다. 결정된 가중치는 모든 구역에 동일하게 적용되는 상대적인 기여도이며, 각각의 구역의 특성을 보다 잘 묘사할 수 있도록 해준다. 각각의 가중치는 설문조사기법과 기존 연구결과를 토대로 산정하였다(표 4).

표 4. 지진재해위험지수의 가중치

요소	지표	가중치
지진위험 (35%)	재현주기 500년의 지진위험	0.084
	재현주기 1000년의 지진위험	0.084
	도시화지역 연약지반 비율	0.042
	도시화지역 인구밀도(명/km ²)	0.042
	수재피해 우려지역	0.028
	화재피해 우려지역	0.056
	극한기후	0.014
도시노출 (25%)	도시화면적	0.033
	토지활용도	0.033
	세대수	0.033
	도시이력	0.050
	도시성장속도	0.060
	도시주변지형	0.020
	취약인구 비율	0.020
대의관계 (10%)	대상구역 경제적 영향	0.070
	대상구역 정치적 영향	0.030
재해대응 (30%)	다른 도시와의 연결로	0.030
	내진설계수준	0.054
	재해대응계획수준	0.036
	5년간 평균예산(백만원)	0.036
	도로비율	0.036
	10만명당 임시대피소	0.018
	10만명당 병원수	0.036
	10만명당 소방서수	0.036
	10만명당 경찰서수	0.018

4.4 민감도 분석

민감도 분석은 본 연구에 관련된 많은 불확실성들과 결과의 타당성을 보장받기 위하여 수행되었다. 주요한 불확실성 요소인 자료불확실성, 지표선택, 가중치에 대한 민감도 분석을 수행하여 지진재해위험지수의 사용 가능한 범주를 제시하고, 불확실성을 줄여 신뢰성을 향상시켰다. 민감도 분석 내용은 다음과 같다.

① 자료불확실성

자료가 충분히 믿을 수 있다면 자료불확실성에 대한 민감도 분석은 생략할 수 있다. 그러나, 최종결과가 자료불확실성에 의해 영향을 받는다면 궁극적으로 최종 결과의 신뢰성이 떨어진다. 그 영향정도를 확인하기 위해 지표에 $\pm\Delta$ 를 10회씩 하여 총 250회의 반복을 거쳐 지수의 영향정도를 확인하였다.

② 지표선택

지진재해위험지수의 주요요소를 구성하는 지표들 중에서 어떤 지표가 포함되고 생략되느냐에 따라 최종적인 주요요소와 지진재해예측지수의 변화유무를 확인한다. 분석방법은 원본 분석자료 25개의 지표를 하나씩 제거하면서, 나머지 부분들로 요소값과 지진재해위험지수를 계산하여 지표와 요소가 지진재해위험지수에

미치는 영향을 확인하였다.

③ 가중치

가중치의 변화는 주요요소와 지진재해위험지수에 영향을 준다. 연구방법은 25개의 지표에 대하여 -35%와 +35%의 값으로 치환하여 50회의 반복을 거쳐 지진재해위험지수를 계산하여 각 가중치의 영향을 확인하였다.

지표들 중에서 전체지수의 가중치 5.6%를 차지하는 화재피해 우려지역 원본 분석자료(강서) 996을 기준으로 ± 100 을 5회씩 적용하여 분석한 결과를 그림 3에 나타내었다. 분석결과, 지표의 원본 분석자료에 다소 오류가 있더라도 미미한 차이만 발생함을 확인할 수 있다.

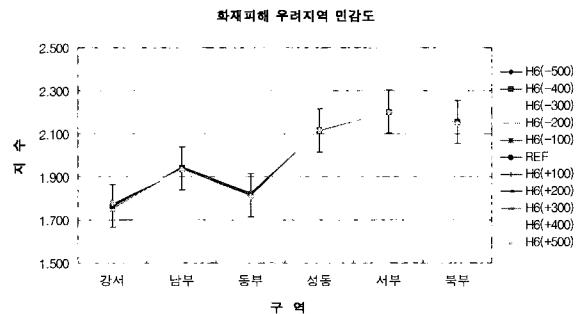


그림 3. 원본 분석자료와 전체지수의 관계

그림 3에 관련된 전체 최소자승오차의 평균을 표 5에 정리하였다.

표 5. 원본 분석자료와 전체지수의 오차

구역	강서	남부	동부	성동	서부	북부
오차평균	0.3%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.1%

북부도로관리사업소 구역의 지표를 하나씩 제거해 가면서 전체적인 지수변화를 주요요소별로 구분하여 그림 4로 나타내었다.

그림 3과 같이 부정확한 원본 분석자료의 영향에 비해 아예 누락된 경우는 전체적인 지수에 상당한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 하지만, 누락된 지표가 있는 구역이외에서는 큰 영향을 미치지 않고 있어, 전체지수에 절대적인 영향을 나타내는 지표는 없음을 알 수 있다.

그림 4에서 가중치가 높은 지표일수록 당연히 해당 구역 전체지수에 높은 영향을 미치고 있으나, 전체적인 윤곽에는 큰 변화없이 안정된 지수를 제공하고 있다. 그림 4에 관련된 전체 최소자승오차의 평균을 표 6에 정리하였다.

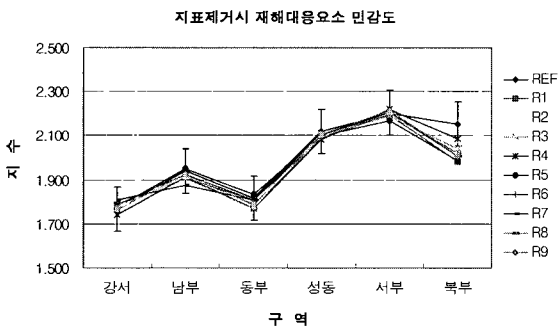
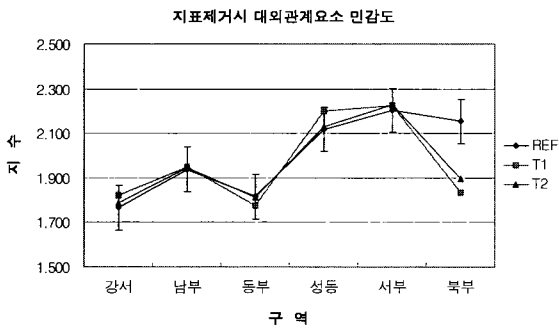
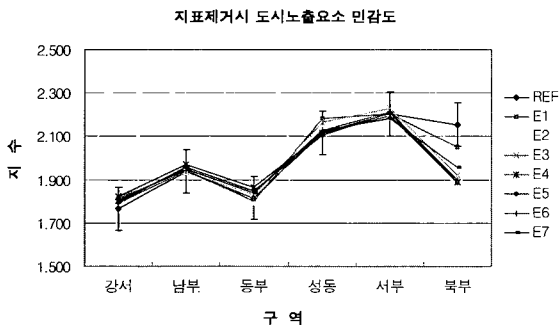
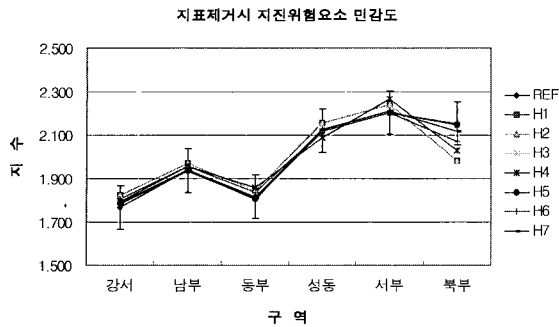


그림 4. 특정지표와 전체지수의 관계

표 6. 특정지표와 전체지수의 오차

구역	강서	남부	동부	성동	서부	북부
오차평균	0.6%	0.4%	0.5%	0.5%	0.4%	2.9%

지표들 중에서 전체지수의 가중치 7.0%를 차지하는 대상구역 경제적 영향의 가중치에 $\pm 35\%$ 를 적용하여 이 영향이 전체지수에 미치는 정도를 그림 5에 나타내었다. 전체적인 스케일 상승 혹은 하강이 있을 뿐, 심

각한 추이변화는 발생하지 않음을 알 수 있다. 따라서 가중치 적용의 타당성을 확인할 수 있다.

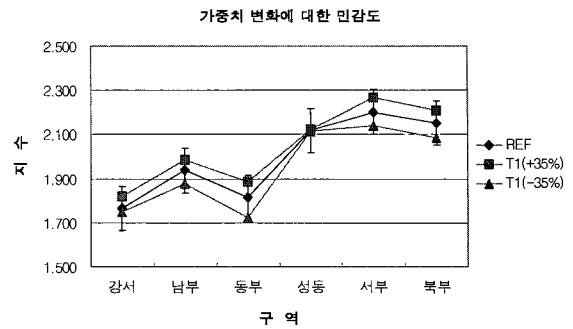


그림 5. 가중치 변화와 전체지수의 관계

4.5 결과분석

지진재해위험을 평가하기 위한 지수개발을 위하여 개념적 체계를 구성하고 적용대상인 서울특별시를 6개 도로관리사업소 구역으로 분할하여 지표자료분석, 수학적 처리, 그리고 민감도 분석을 수행하여 최종적인 지진재해 위험지수를 산출하였다. 분석결과, 서부도로관리사업소 구역이 2.203으로 가장 높았고, 강서도로관리사업소 구역이 1.766으로 가장 낮았다. 이에 대한 결과를 표 7과 그림 6으로 나타내었다.

표 7. 구역별 지진재해위험지수

지표	강서	남부	동부	성동	서부	북부
H1	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168
H2	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168
H3	0.114	0.059	0.123	0.095	0.111	0.002
H4	0.099	0.080	0.041	0.148	0.024	0.112
H5	0.069	0.034	0.073	0.079	0.077	0.003
H6	0.056	0.083	0.046	0.185	0.184	0.117
H7	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028
E1	0.047	0.071	0.093	0.002	0.087	0.096
E2	0.058	0.069	0.118	0.023	0.095	0.033
E3	0.041	0.082	0.056	0.031	0.055	0.131
E4	0.068	0.065	0.025	0.151	0.160	0.131
E5	0.099	0.092	0.017	0.182	0.196	0.134
E6	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
E7	0.027	0.030	0.013	0.040	0.073	0.057
T1	0.095	0.153	0.226	0.010	0.181	0.175
T2	0.041	0.055	0.027	0.039	0.086	0.113
R1	0.015	0.066	0.023	0.088	0.088	0.081
R2	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108
R3	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072
R4	0.111	0.073	0.099	0.102	0.023	0.025
R5	0.070	0.034	0.021	0.081	0.102	0.124
R6	0.032	0.055	0.022	0.065	0.024	0.017
R7	0.023	0.130	0.050	0.076	0.050	0.103
R8	0.063	0.090	0.103	0.090	0.000	0.090
R9	0.052	0.033	0.055	0.047	0.003	0.026
지수	1.766	1.938	1.815	2.118	2.203	2.153

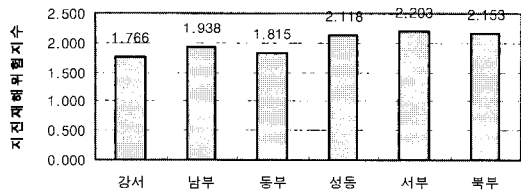


그림 6. 구역별 지진재해위험지수

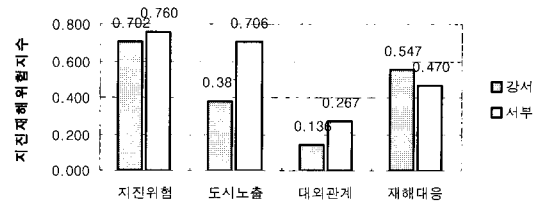


그림 7. 주요요소별 지진재해위험지수

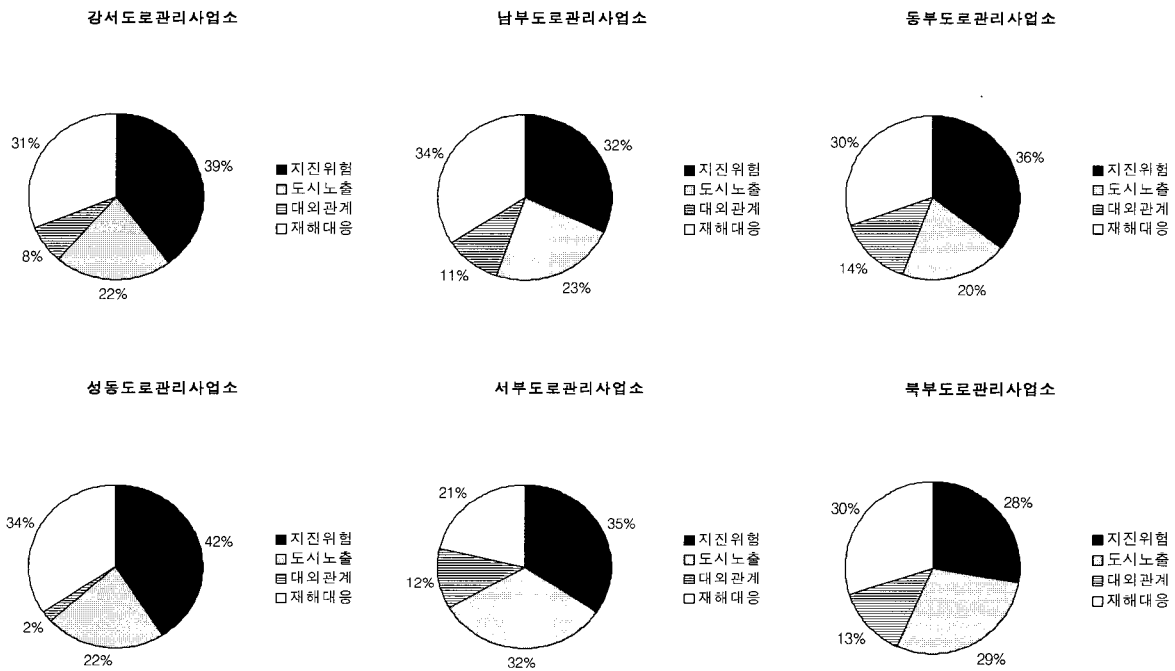


그림 8. 해당구역별 주요요소 비율

전체적인 율곡으로 보았을 때, 강남지역이 강북지역보다 지진재해위험이 낮음을 예측할 수 있다. 비교적 나중에 개발된 구역이 낮은 지진재해위험을 갖는 것으로 판단할 수 있다.

각 지표들을 분석해보면, 서부도로관리사업소 구역의 지진재해위험이 높은 이유는 도시가 오래되었고, 화재피해 우려지역 비율이 크고, 취약인구가 많기 때문으로 분석된다. 그림 7은 강서도로관리사업소 구역과 서부도로관리사업소 구역의 지진재해위험지수를 주요요소별로 구분하여 비교하고 있다.

재해측면에서 강서도로관리사업소 구역은 지진재해에 대한 노출정도가 상대적으로 낮고, 대외적인 영향도 낮은 것으로 평가된다. 이를 개발측면에서 생각하면, 도시발전정도가 낮아 재해위험이 낮은 것으로 판

단할 수 있다

해당구역별 지진재해위험에 관련된 주요요소의 비율을 그림 8로 표현하고 있다. 서울특별시 관내 6개 도로관리사업소에 대하여 그림 8과 같이 지진재해위험에 관련된 주요요소의 부담비율을 검토하면, 각 구역 재해위험의 주요한 원인과 대응방안을 전체적으로 예상할 수 있다. 성동도로관리사업소 구역을 보면, 나머지 5개 구역에 비해 지진위험, 재해대응에 관한 지수가 높으며, 대외관계에 관한 지수는 상당히 낮다. 다시 말해서, 이 구역은 상대적으로 낙후되고, 도시서비스가 미약함을 나타내는 것을 쉽게 알 수 있다.

이와 같이 지진재해위험지수는 지역별로 전체적인 지진재해위험을 예측하고, 해당구역별 지진재해위험의 주요한 원인을 파악할 수 있다. 또한 지진재해에

관한 대응방안을 계획하는 데 중요한 자료로 활용할 수 있다.

5. 결 론

지진에 대한 근본적인 대책으로 최소의 인명피해와 경제성을 고루 갖춘 합리적인 내진계획을 위해 구조물에 관한 공학적 특성뿐만 아니라 도시에 관한 사회·문화, 정치·경제 등을 전반적으로 다룬 신개념의 지진재해위험지수를 개발하여 우리나라의 대표적인 도시인 서울특별시에 이것을 적용하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 서부도로관리사업소 구역이 2.203으로 가장 높았고, 강서도로관리사업소 구역이 1.766으로 가장 낮았다. 즉, 설계지진이 발생하였을 때, 서부도로관리사업소 구역이 가장 큰 손실이 발생할 것으로 평가되었다.
- (2) 성동도로관리사업소 구역은 2.118로 서부도로관리사업소 구역에 이어 두 번째로 지진재해위험을 갖는 것으로 평가되었으나, 대외관계, 도시노출이 낮고, 재해대응이 높은 것으로 보아 가장 도시서비스가 취약함을 알 수 있다.
- (3) 전반적으로 나중에 개발된 구역이 낮은 지진재해위험을 내포함을 확인할 수 있다.
- (4) 지진재해위험지수를 통하여 상대적인 지진재해위험의 예측이 가능하고 해당구역별 주요요소 분석을 통하여 해당구역의 도시문제를 확인함으로써 이에 적합한 도시계획을 수립하고 도시방재차원의 예산편성에 중요한 자료로 활용할 수 있을 것이다.
- (5) 개발된 지수에서 지진위험요소를 제외하면 일반적인 재해에 관한 요소이므로 지진위험요소 대신 화재위험을 대표하는 요소를 적용하면, 화재

위험예측지수로 활용될 수 있다. 즉, 다양한 재해위험에 관한 예측지수로 확대적용이 가능할 것이다.

- (6) 주기적인 재평가로 시간경과에 따른 지진재해위험의 경향을 모니터링할 수 있는 지수를 제시하였다.

감사의 글

본 논문은 2003년도 서울시립대학교 학술연구조성비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 한국도로교통협회 (2005) 도로교설계기준.
고려대학교 방재기술연구센터 (1999) 기존교량 구조물에 대한 내진성능 평가항목 보완에 관한 연구, pp. II.1~II.6.
서울특별시·한국도시방재학회 (2002) 도로시설물 내진대책 학술연구 보고서, pp. 89~113.
통계청, 2001, 서울통계연보, 제1회~제41회.
Anderson, M. (1992) *Metropolitan areas and disaster vulnerability : A consideration for developing countries*. In *Managing natural disasters and the environment*, Alcira Kreimer and Mohan Munasinghe World Bank Discussion Papers, No.168.
Davidson, R. (1997) *A Multidisciplinary Urban Earthquake Disaster Risk Index*, The Professional Journal of the EERI, Vol. 13, No.1: 211~224.
Rossi, R., Gilmartin, K. (1980) *The handbook of social indicators : Sources, characteristics, and analysis*, Garland STPM.

- ◎ 논문접수일 : 2005년 11월 30일
- ◎ 심사의뢰일 : 2005년 11월 30일
- ◎ 심사완료일 : 2005년 12월 19일