03

인적재난에 대한 지역위험도 평가 알고리즘

Evaluation Algorithm for Regional Risk resulting from Man-Made Disasters

박 홍 신 Park, Hong Shin
시설안전미더 대표이사,
공학박사
hshpk@hanmail.net

양 원 직 Yang, Won Jik
광운대학교 환경대학원 교수,
공학박사
yangwj@nate.com

이 원 호 Yi, Waon Ho
광운대학교 건축공학과 교수,
공학박사
whyi@kw.ac.kr

1. 머리말

2003년~2010년의 인적재난사고현황에 의하면 화재사고, 폭발사고, 가스사고, 공단내시설사고, 전기감전사고, 보일러사고, 붕괴사고에 의한 연평균 발생건수가 40,022건, 사망자수가 554명, 부상자수가 2,511명에 달한다. 사고 유형별 발생건수 및 사망자수의 비율을 보면 화재사고가 각각 98.4% 및 85.4%, 기타 폭발, 가스, 공단내시설, 전기감전, 보일러, 붕괴사고에 의한 비율이 1.6% 및 14.6%를 차지한다. 이상과 같이 사고 유형별 발생빈도 및 피해규모는 상이하지만 크고 작은 인적재난사고에 의해 해마다 인적·물적 자원의 손실이 발생한다.

따라서 본고에서는 인적재난에 의한 피해율 최소화를 위하여 전고에서 도출한 지역위험유발계수 및 지역피해확산계수를 종합하여 지역특성을 고려한 지역위험도평가 알고리즘에 대해서 기술하고자한다.

2. 지역특성이 고려된 지역 위험도

2.1 정의

지역위험유발계수는 시·도 단위의 지역특성이 고려된 위험도 지표이고, 지역피해확산계수는 행정 동단위의 지역특성을 고려한 피해확산에 따른 위험도 지표라 할 수 있다. 따라서 지역특성을 고려한 재난유형별 위험도는 식(1) 지역위험유발계수(D_r)와 식(2) 지역피해확산계수(D_e)를 종합하여 다음의 식과 같이 식(3) 지역재난절대계수(D_{ab})로 나타낼 수 있다.

$$D_r = \frac{\overline{OP_e}}{\overline{OP}} = \sqrt{\frac{D_h^2 + D_d^2 + D_i^2}{3}} \qquad (1)$$

여기서: D_n : 재난빈도계수

D_d : 사망계수

D_i : 부상계수

$$D_e = \frac{\overline{OPe}}{\overline{OP}} = \sqrt{\frac{D_c^2 + D_b^2 + D_v^2}{3}} \quad (2)$$

여기서:

$$D_b(\text{대상건축물 밀도}) = \frac{\text{특정건물 등의 건축물 동수}}{\text{행정 동단위의 건축물 수}}$$

$$D_c(\text{예상인명피해계수}) = \frac{\text{피해확산대상건축물의 거주자수}}{\text{행정 동단위의 인구수}}$$

$$D_v(\text{예상 재산피해 계수}) = \frac{\text{특정건물의 현존가치}}{\text{행정 동단위 모든건축물의 현존가치}}$$

$$D_{ab} = D_r \times (1 + D_e) \quad (3)$$

여기서: D_{ab} : 지역재난절대계수

D_r : 지역위험유발계수

D_e : 지역피해확산계수

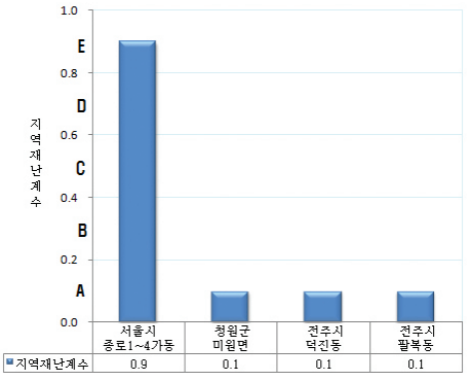

Fig. 1 표본 행정 동별 지역재난계수 분포도

2.2 지역재난계수 및 등급

시·도별 지역위험유발계수와 표본 행정 동별 지역피해확산계수를 식(2)에 따라 종합하여 각 표본 행정 동단위의 지역재난계수를 Table 1과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 구할 수 있다. Table 1에서 보는 바와 같이 표본 행정 동 중에서 지역재난절대계수(D_{ab})가 최대값이 0.8423이고 최소값이 0.5828의 범위로 나타났다. 이는 표본 행정 동별로 지역재난절대계수가 위의 최대값에 가까울수

구분	지역위험유발계수(D_r)			지역피해 확산계수(D_e)	지역재난 절대계수(D_{ab})	지역재난 계수(D)	지역재난 등급
	재난유형별		종합				
서울시 종로 1~4동	붕괴	0.5478	0.63	0.33	0.84	0.9	E
	화재	0.5835					
	폭발	0.7265					
	안전사고	0.6553					
청원군 미원면	붕괴	0.3825	0.57	0.03	0.58	0.1	A
	화재	0.5784					
	폭발	0.8165					
	안전사고	0.3794					
전주시 덕진동	붕괴	0.8165	0.60	0.02	0.61	0.1	A
	화재	0.5778					
	폭발	0.5409					
	안전사고	0.3947					
전주시 팔복동	붕괴	0.8165	0.60	0.004	0.60	0.1	A
	화재	0.5778					
	폭발	0.5409					
	안전사고	0.3947					
최대값					0.84		
최소값					0.58		
5등분 차					0.05		

Table. 1 표본 행정 동별 지역재난계수

지역재난 등급(수준)*	상태	위험도 지표 (p)	
		범위	대표 값**
A (최상)	지역 재난 위험성이 매우 작은 상태 (매우 안전한 지역)	0.0≤p≤0.2	0.1
B (양호)	지역 재난 위험성이 작은 상태 (안전한 지역)	0.2<p≤0.4	0.3
C (보통)	지역 재난 위험성이 보통인 상태 (비교적 안전한 지역)	0.4<p≤0.6	0.5
D (미흡)	지역 재난 위험성이 큰 상태 (불안전한 지역)	0.6<p≤0.8	0.7
E (불량)	지역 재난 위험성이 매우 큰 상태 (매우 불안전한 지역)	0.8<p≤1.0	0.9

Table. 2 지역재난등급별 위험도 지표

* 표시의 안전등급은 원래 시설물 안전등급 평가기준을 본 연구의 취지에 맞게 수정한 것이다.
** 대표값은 각 성능수준별로 설정된 성능 지표에서 최소값과 최대값의 중간 값을 나타낸 것이다.

록 상대적으로 위험성이 크고, 최소값에 가까울수록 상대적으로 위험성이 작다는 것을 의미하고 있다.

이러한 관점을 시설물 안전등급 평가기준을 본 연구의 취지에 맞게 수정한 Table 2에 나타낸 안전등급 지표에 대응하여 설명하면 지역재난의 위험성이 작은 경우부터 큰 경우의 순으로 A~E와 같이 5단계의 등급(이하 "지역재난등급"이라 한다)으로 구분할 수 있다.

Table 1에서 지역재난등급은 지역재난절대계수의 최소값부터 최대값까지를 각 구간마다의 계수의 차를 등차가 되도록 5개의 구간으로 등분하여 각 구간마다 계수의 범위에 대하여 오름차순으로 A~E등급으로 정의하고, 각 표본 행정 동별로 지역재난절대계수가 어느 구간의 계수 범위에 속하게 되는 구간에 해당하는 등급으로 매긴다. 그리고 Table 1에서 지역재난계수(D)는 각 표본 행정 동별로 지역재난에 따른 위험등급에 해당하는 Table 2의 위험도 지표로서의 대표값으로 정하여 매긴다. 이와 같이 구한 표본행정 동별로 지역재난계수와 지역재난등급은 Table 1과 Fig. 1에서 보는바와 같다.

Table 1에서 보는바와 같이 표본 학정동별 지역재난계수와 지역재난등급은 서울시 종로1~4가동의 경우에 0.9로 E등급, 청원군 미원면과 전주시 덕진동 및 팔복동의 경우에 모두 0.1로 A등급인 것으로 나타났다.

3. 지역재난등급 결정 프로세스 구축

본 장에서는 지역 재난계수 산정결과에 따른 안전등급 평가에 관한 내용을 기술한다. 지역 안전등급은 시·도 단위의 재난유형별 재난위험계수와 행정 동단위의 피해확산계수 그리고 이 두 가지의 계수를 종합한 지역재난계수의 산정결과로부터 평가하게 된다.

3.1 지역위험유발계수

(1) 지역위험유발계수의 산정에 필요한 재난위험유발요소는 재난유형별로 시·도 단위의 재난건수와 사망 및 부상 등의 인명피해 그리고 재산피해 등으로 구성된다.

(2) 지역위험유발계수는 과거 5년간에 걸쳐 발생된 재난의 각 유형에 대하여 각각의 재난위험유발 요소(재난빈도, 인명피해, 재산피해)에 해당하는 통계자료를 분석하여 각 요소에 관한 계수를 구한다.

(3) 이와 같이 지역위험유발계수의 산정방법은 재난유형별로 재난위험유발 요소인 재난발생과 인명피해 그리고 재산피해 등이 각각 독립적이고 동일한 가중치를 갖는 3축으로 하는 공간좌표 상에서 각 요소의 계수에 의해 형성된 임의의 점과 원점 간의 유클리드 거리를 구하여 이 거리를 각 축 요소에서 위험도가 최대로 되는 계수에 의해 형성된 점(1.0, 1.0, 1.0)과 원점간의 거리($\sqrt{3}$)로 나눈 지수로서 구한다.

3.2 지역피해확산계수

(1) 재난의 발생 시에 피해확산 요소는 행정 동단위의 특정관리대상시설 및 인접 건축물 밀도와 거주인구 밀도 그리고 재산피해 등으로 구성된다.

(2) 특정건물 등의 밀도는 행정 동단위의 건축물 동수

에 대한 특정건물 등의 동수에 관한 밀도이고, 여기서 특정관리대상건축물의 정보는 NDMS와 건축물관리대장에서 추출된 건축물의 위치, 제원 등과 인접 건축물의 정보는 건축물관리대장과 수치지도 상의 위치, 제원 등이다.

(3) 특정건물 등의 인접성은 특정관리대상 건축물을 중심으로 주변에 위치한 건축물 등의 정보를 비교하여 수치지도상에서 먼저 특정관리대상 건물의 위치좌표를 설정하고, 특정관리대상 건축물과 주변 건축물의 양측의 외벽 간의 거리가 3m이내인 경우에 인접 건축물로 판단하며, 이런 과정을 주변의 다음 건축물을 대상으로 순차적으로 반복 검색하여 인접 건축물의 여부를 판단한다.

(4) 행정 동단위에 속한 모든 건축물 동수를 기준으로 특정건물 등의 동수의 비율로 대상시설 밀도를 구한다.

(5) 위의 (3)에서 수집된 건축물의 사용승인 연월일과 용도 그리고 구조형식별로 행정 동단위에 속한 모든 건축물의 현존가치를 경과연수에 따른 건축성능 및 현존가치 곡선으로부터 구한다.

행정 동단위의 모든 건축물의 현존가치를 기준으로 특정건물 등의 현존가치의 비율로 예상 재산피해계수를 구한다.

(6) 행정 동단위에 속한 모든 건축물의 사용승인 연월일, 용도, 구조형식 연면적, 층수 등의 제원정보를 건축물관리대장으로부터 얻는다. 또한 행정 동단위의 주간과 야간의 인구통계정보를 통계청으로부터 얻는다.

(7) 행정 동단위에 속한 건축물의 용도와 연면적의 정보를 적용하여 모든 건축물에 대한 수용인원으로부터 행정 동 단위 및 특정건물 등의 거주인구 분포율을 구한다. 이 거주인구 분포율을 행정 동단위의 주·야간 평균 인구수에 적용하여 특정건물 등의 거주인구수를 구하고, 행정 동단위의 인구수를 기준으로 특정건물 등의 거주인구수의 비율로서 예상 인명피해계수를 구한다.

(8) 지역피해확산계수의 산정방법은 위의 (4)와 (5) 그리고 (7)에서 구한 피해확산 요소인 예상피해자와 대상시설 밀도 그리고 예상 재산피해 등이 각각 독립적이고 동일한 가중치를 갖는 3축으로 하는 공간좌표 상에서 각 요소의 계수에 의해 형성된 임의의 점과 원점 간의 유클리드 거리를 구하여 이 거리를 각 축 요소에서 위험도가 최대로 되는 계수에 의해 형성된 점과 원점간의 거리($\sqrt{3}$)로 나눈 지수로 구한다.

3.3 지역재난계수와 지역재난등급

(1) 지역재난계수의 산정을 위한 구성 요소는 시·도단위의 재난위험 요소와 행정 동단위의 피해확산 요소의 두 가지이다.

(2) 지역재난절대계수의 산정은 위의 지역위험유발계수에 지역피해확산계수를 곱한 지역위험유발계수를 합하여 구한다.

(3) 지역재난계수는 전국의 시·군·구의 행정 동별로

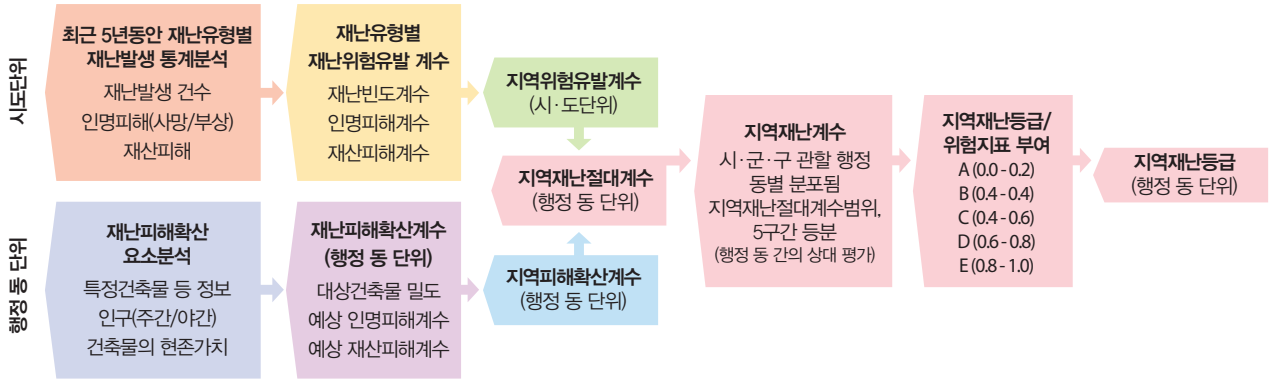

Fig. 2 지역재난계수 및 지역재난등급 결정 프로세스 모델

분포된 지역재난절대계수들의 최대값과 최소값의 범위를 5구간으로 등분하여 구한다. 그리고 지역재난등급은 각 구간에 포함된 값의 올림 차 순으로 A~E 등급을 매긴 다음에 행정 동별 지역재난절대계수에 해당하는 등급으로 결정한다.

(4) 마지막으로 지역재난계수는 전 (3)의 각 구간에 부여된 A~E등급 기호에 해당하는 Table 2의 위험도 지표의 대표값을 대입하여 구한다. 이상과 같은 일련의 과정을 Fig. 2에 나타낸다.

4. 맺음말

이상 3편의 기사를 통하여 지역별 재난발생현황을 확률론적 통계방법에 의하여 도출한 지역위험유발계수, 해당 지역의 건축물의 밀도, 해당 건축물의 수용인원, 해당건축물의 현존가치 등을 고려하여 도출한 지역피해확산계수를 사용한 지역위험도평가기법에 대하여 소개하였다. 저자는 본 평가기법이 국가적 재난·재해의 피해율 최소화를 위한 지역별 재난등급 산정시 기초자료로 활용되기 바란다.