

지진으로 인한 건축물 피해에 따른 연간손실 산정

Estimate of annual loss for economic seismic loss of building by earthquake



권 기 봉¹⁾

Kwon, Gi Bong



박 남 룰^{2)*}

Park, Nam Ryoul



이 석 태³⁾

Lee, Seok Tae

1. 머리말

최근 세계적으로 지진의 발생 빈도가 꾸준히 증가하고 있으며, 지진의 크기에 따라 피해액도 기하급수적으로 증가하는 경향을 보인다. 이러한 경향은 두 가지 요인에 의해 작용하는 것으로 하나는 산업 발달로 급속히 지역 중심에 위치한 도시 성장에 따른 집중적 도시화 건설과 노후화된 건축물의 지진의 취약성에 기인되었다고 생각할 수 있다. 현재까지도 과학적으로 자연재해에 대한 정확한 예측이 불가능한 이유로 인해 피해를 최소화 하고자 다양한 방식을 통해 지역적 특성을 고려한 위험도를 고려하는 연구가 활발히 이뤄지고 있다. 일반적으로 지진위험도 분석은 미래의 특정 기간과 장소에서 발생 가능한 지진의 초과확률이나 빈도를 예측하는 것으로, 지진의 발생 및 전파 과정에 대한 평가가 필요하다. 이를 위해서 지질학적인 특성, 역사 및 계기 지진기록, 활성단층에 대한 정보, 감쇄특성 등이 고려된다. 현재까지의 지진위험도는 대부분 특정 기간 동안 발생할 수 있는 최대지반가속도로 작성하는 경우가 대부분이다. 이와 관련된 최근 연구분야는 미국 FEMA에서 HAZUS를 활용하여 기존 지진위험도를 기초로 하여 특정 기간 내 발생 할 수 있는 최대지반가속도로 발생하는

건축물의 피해액을 산정하여 이를 토대로 연간손실을 산정하는 알고리즘을 개발하는 내용 등이 있다.

2. 연간손실 평가 및 산정

지진이 발생하여 야기되는 직·간접적 손실은 건축물의 구조요소 혹은 비구조요소의 피해확률을 사용하여 구한다. 건축물의 피해확률은 지진취약도 함수로부터 계산되는데, 지진취약도는 단순히 주어진 지진강도에 대한 건축물의 내진성능을 확률적으로 평가한 것이기 때문에 일정 기간 동안 건축물의 손상확률에 대해서는 나타낼 수 없다. 따라서 한 번의 지진에 의함이 아닌 일정 기간 내에 예상되는 모든 지진에 의한 건축물의 피해와 손실을 예측하려면 지진 취약도와 지진위험도를 동시에 고려해야 한다.

지진 위험도는 지진강도와 해당 지진강도의 연간 초과발생확률의 관계이다. 지진강도를 몇 개의 구간으로 나누어 각 구간에서의 확률 차이로부터 특정 지진이 발생할 연간 확률을 산정할 수 있다. 이렇게 구한 연간 확률은 해당 구간의 모든 지진 강도의 발생 확률을 대표하는 값이다. 경제적 지진손실은 현재 국민안전처에서 지진재해에 대한 신속한 대응책을 마련하기 위해 구축·운영하고 있는 지진재해대응시스템에서 산정한다.

Fig. 1은 지진재해대응시스템에 구축된 데이터베이스 및 피해예측 모델을 간략하게 소개한 그림이다. 지진재해대응

1) 케이아이티밸리(주) 이사

2) 케이아이티밸리(주) 책임연구원

3) 케이아이티밸리(주) 수석연구원

* E-mail : ryouly81@gmail.com



Fig. 1 지진재해대응시스템 데이터베이스 및 피해예측 모델

시스템에는 우리나라의 각 행정동 단위 건축물의 정보 및 지진에 의한 건축물 구조형식별 지진취약도 함수가 데이터베이스화 되어 있어 지진발생시 진원지를 중심으로 지진분포도를 실시간 작성하고 각 지역의 지진강도에 따른 건축물의 피해를 산정한다. 여기에 각 건축물의 경과연수에 따른 현존가치 산정 및 지진 피해 등급별 손실금액을 산정할 수 있는 알고리즘이 탑재되어 지진강도에 따른 건축물의 경제적 손실을 산정할 수 있다.

경제적 손실 산정 알고리즘을 사용하여 각 구간에 해당하는 강도의 지진에 대한 손실을 산정하고, 각 구간의 평균 손실을 구하여 특정 지진강도에서의 지진 손실로 정의한다.

Fig. 3은 지진에 의한 연간손실을 산정하는 알고리즘을 나타낸다. 지진에 의한 연간손실을 산정하기 위해서는 지역별 재현주기에 따른 최대지반가속도를 결정한다. 8개의 지진재현주기(50년, 100년, 200년, 250년, 500년, 1000년, 2400년, 4800년)에 따른 건축물의 피해확률과 재현주기별 발생할 수 있는 평균 손실금액을 바탕으로 연간손실을 산정한다.

대상 지역 내 발생 가능한 모든 지진을 고려하며 연간 손실은 연간 지진 발생 확률과 경제적 지진손실의 곱으로 표현된다. 건축물의 지진 취약도로부터 계산한 지진손실의 정량적인 값은 해당 강도의 지진에 대한 손실이므로 대상 건축물이 위치한 지역의 지진 위험도곡선을 사용하면 일정한 기간 내의 손실을 평가할 수 있는 것이다.

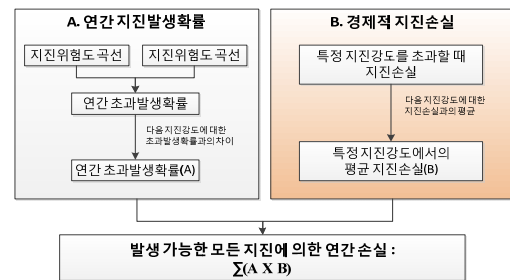


Fig. 2 지진에 의한 건축물의 연간 손실 산정 개념도

3. 지진 위험도 작성

대상지진위험도를 작성하기 위해서는 우선적으로 가상 지진원을 생성해야한다. 가상 지진원은 과거 지진 자료를 수집하여 위치와 크기를 고려하여 지진 구역을 구분한다. 구분된 과거 지진원을 바탕으로 지진발생빈도와 기울기 계수를 산정하고 각 구역별 발생할 수 있는 지진 규모별 발생빈도를 결정한다. 그 다음 지진구역별 m개의 그리드 포인트에 대한 n 개의 지진을 발생시켜 지진 구역별 전체 가상 지진 m×n 개를 생성하고 각 지진마다 발생빈도를 정의한다. 이후 몬테카를로 시뮬레이션을 적용하여 임의의 가상 지진원으로부터 지진감쇠식을 적용하여 재현주기별 지반운동 값을 계산하게 된다. 모든 지진원에 대해 계산된 지반운동 값들은 확률계산을 통하여 특정 지반운동 값을 초과하는 재현주기에 대한 지반운동 계수를 산정하여 위험도를 작성한다.

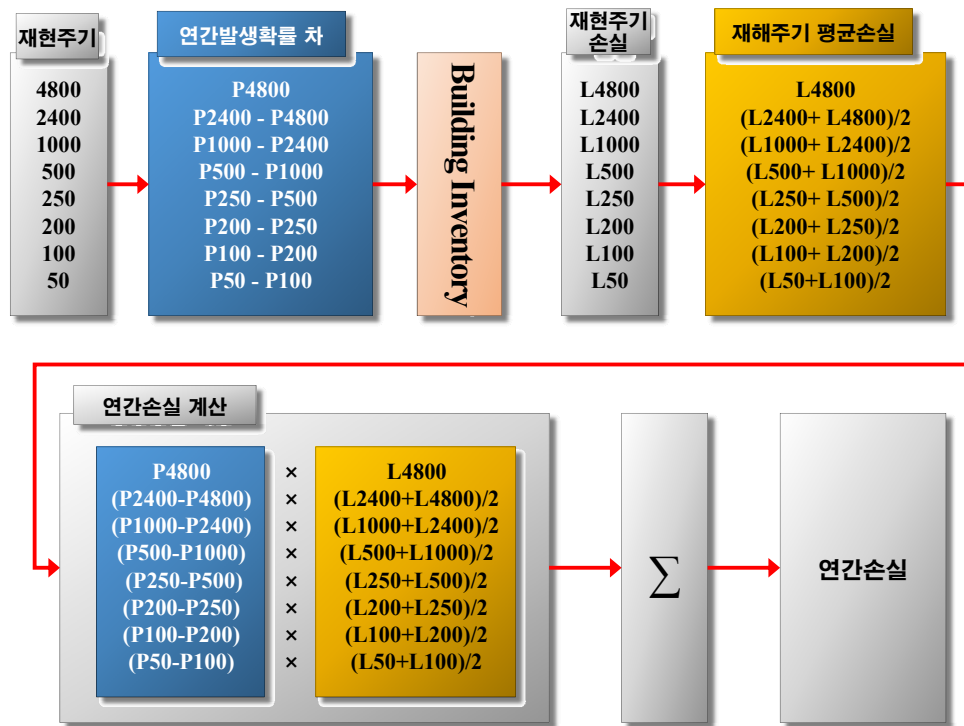


Fig. 3 연간손실 산정 알고리즘

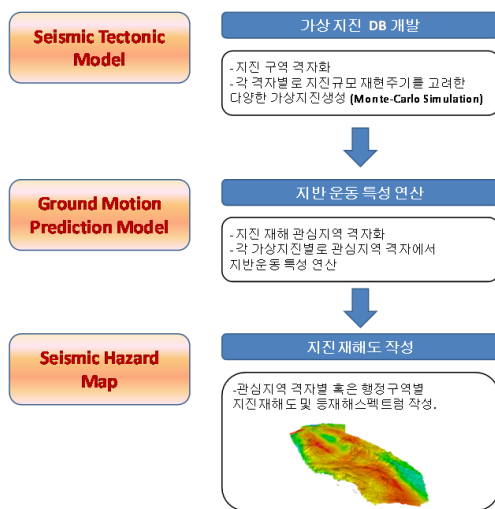


Fig. 4 지진 위험도 개발 과정

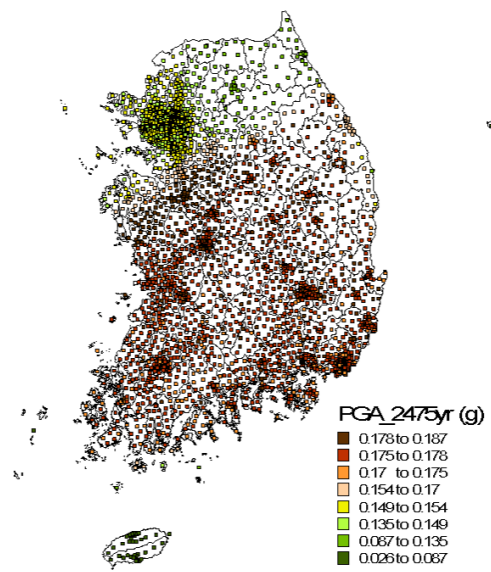


Fig. 5 지진 위험도 (2500년 재현주기의 PGA 기준)

지진위험도 작성 시 전국을 1km × 1km 격자로 나누고 각 격자점의 최대지반가속도를 계산한다. 각 격자점의 최대지반가속도 값을 전국 3,500여 개의 행정동에 overlap 하여 격자점과 GIS 상 행정동의 중심좌표와 매칭하여 각 행정동의 재현주기별 최대가속도를 결정하여 지진위험도를 작성한다.

Fig. 5는 재현주기의 한 예로 2500년 재현주기의 PGA

기준으로 지진위험도를 전국 단위로 작성한 결과이다. 각 행정동의 최대 지반가속도 산출 결과는 최저 0.026g에서 최고 0.187g의 범위를 보이고 있다.

Fig. 6은 재현주기별로 서울지역 모든 행정동의 최대지반가속도로 나타낸다. 이 그림에서 1,000년 재현주기까지

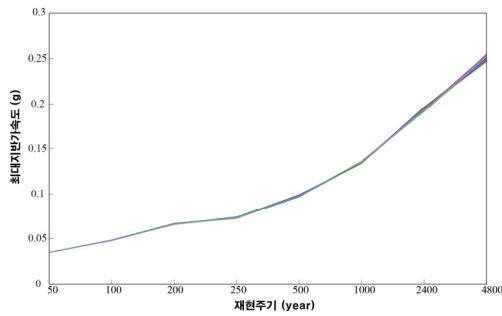


Fig. 6 서울시 재현주기별 최대지반가속도(PGA)

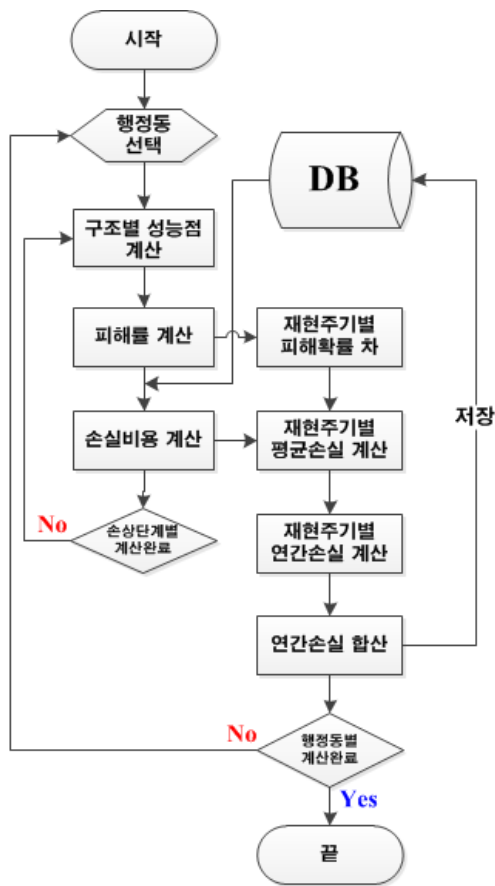


Fig. 7 연간손실 산정 흐름도

는 지역적인 최대지반가속도의 차이가 크게 없는 것으로 나타난다.

4. 연간손실 산정

연간손실을 산정하기 위해 기초자료로 재현주기에 따른 지진위험도를 작성하였다. 이를 바탕으로 행정동별 각 재현주기에 해당하는 최대지반가속도로 발생할 수 있는 건축물의 피해확률 및 손실금액을 산정한다. 산정하는 알고리

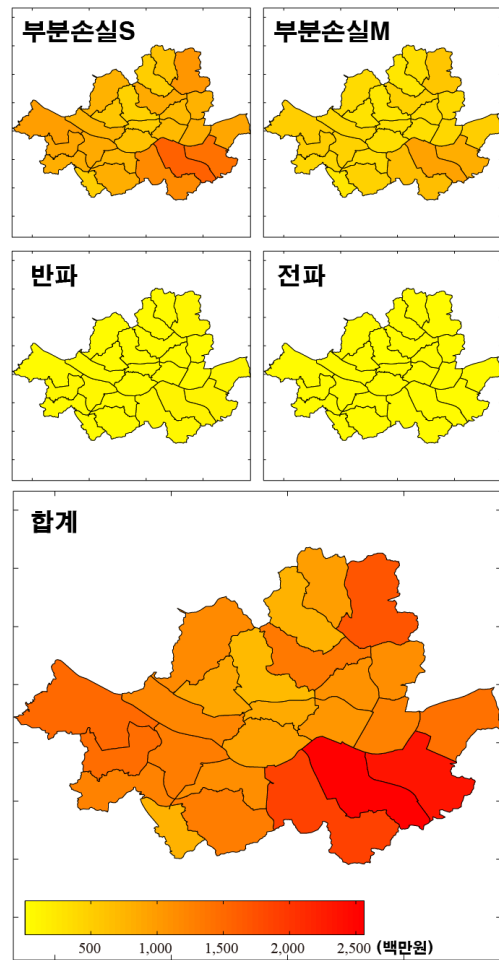


Fig. 8 서울지역의 손상상태별 연간손실

즘은 앞 절에서 설명한 손실비용 알고리즘으로 계산되어진다. Fig. 7은 연간손실을 산정하는 흐름도를 나타낸다. 연간손실은 행정동 단위 지진위험도의 최대지반가속도를 기준으로 계산이 되므로 행정동을 기준으로 건축물의 피해예측 및 손실을 산정하게 된다.

피해예측 및 손실은 손상단계별(부분손실S, 부분손실M, 반파, 전파)로 계산한다. 지진 위험도로 도출한 전국 단위 행정동의 재현주기별 PGA를 기초로 각 행정동별 건축구조별 성능점을 계산, 피해율을 산정한다. 이후 건축물의 현존가치와 지진손실지표를 적용하여 각 재현주기별 건축물의 손실금액을 산정하고 데이터베이스에 저장된다. 이와 같은 과정을 전국 3,500여개의 행정동에 대해 반복 수행한다.

건축물의 지진 피해 산정시 건축물 구조에 따라 지진에 의해 발생할 수 있는 손상단계(부분손실S, 부분손실M, 반파, 전파)를 4단계로 구분하여 취약도 함수를 만들었으며,

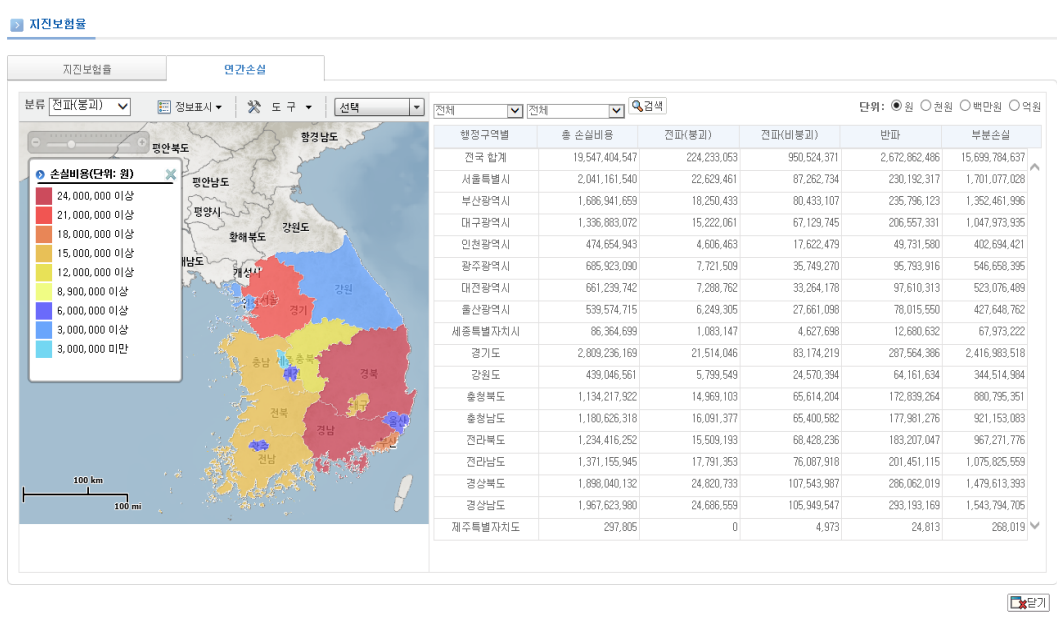


Fig. 9 연간손실 산정 알고리즘

피해확률 또한 4단계의 손상상태에 따른 확률을 산정하게 된다.

평균 연간손실은 각 손상단계별 연간손실을 평균한 연간손실로 앞서 설명한 연간손실을 산정하는 방식으로 식은 다음과 같다.

$$AAL = S + M + E + C \quad (1)$$

여기서 AAL은 평균연간손실, S는 부분손실S일 때의 연간손실, M은 부분손실M일 때의 연간손실, E는 반파일 때의 연간손실, C는 전파일 때의 연간손실이다.

Fig. 8은 서울지역의 손상상태별 연간손실을 나타낸다. 강남구의 지진으로 인한 연간손실 금액이 최고로 계산되며 송파구, 서초구 등이 높게 나타나는 반면, 종로구, 강북구를 중심으로 한강 북쪽 지역의 연간손실이 남쪽에 비해 낮은 경향을 보인다.

Fig. 9는 국민안전처에서 운영하고 있는 지진재해대응시스템에서 본고에 소개된 지진으로 인한 연간손실을 GIS 지도로 표출되는 화면이다. 지진재해대응시스템은 지진 발

생시 건축물과 라이프라인, 인명피해 등의 피해를 예측하고, 그 결과에 따라 각 시군구 담당자들은 신속한 초기대응을 할 수 있도록 지원하는 정부지원 시스템이다.

5. 맺음말

최근들이 자연재해 및 인적재해에 대한 사회적 문제가 대두되고 있다. 자연재해 중 지진은 직간접적으로 피해를 입힐 수 있는 발생빈도는 희박하지만, 만약 발생된다면 그 피해는 국가적 차원의 손실이 발생하게 된다. 이를 간접적 평가하기 위해 지진위험도를 기초로 하여 재현주기별 건축물의 손실비용을 산정하여 연간손실을 산정하였다.

연간손실은 향후 국가적 차원에서 자연재해위험에 대한 대비로 지진에 대한 정책보험 적용시 보험요율 산정에 필요한 기초자료로 활용 가능할 것으로 예상된다.

담당 편집위원: 장봉석
(K-water연구원 책임연구원)
concrete@kwater.or.kr