

지진 발생 시 고층건물에 대한 옥상정원의 영향 연구*

정연옥 · 나소진 · 강준석
서울대학교 조경 · 지역시스템공학부

I. 서론

현재 국내 여러 도시는 급격한 도시개발로 인해 기후변화 및 열섬 현상 등 다양한 문제를 겪고 있다. 이러한 문제들은 도시 내 생태계 파괴로 이어지고 있으며, 도시 주변 생태계 위협으로 까지 이어지고 있다. 또한, 최근 지속가능성에 대한 논의는 끊임없는 개발만을 추구하던 현대사회가 큰 반성을 하게 만들었다. 이러한 반성의 결과로써 최근 우리나라는 저영향개발(Low Impact Development) 기법 개발을 위해 노력하고 있다. 이러한 노력 중 하나로써 도시 생태계를 다시 회복하기 위하여 옥상녹화 시스템을 도입하게 되었다. 옥상녹화는 “건축물” 또는 시설물의 옥상 또는 지붕에 식물의 생장이 원활할 수 있도록 녹화하는 것을 말한다(서울시, 2018). 이러한 옥상녹화는 도시 생태계 내 생태통로로써 작용하였으며, 도시 내 열섬 문제를 어느 정도 해결해 주었다.

하지만 서울시의 2018년 옥상녹화 추진계획을 살펴보면 그 추진방향의 첫 번째 목표가 건물의 안전성의 영향을 주지 않는다는 것이다. 최근 우리나라의 지진발생 빈도가 점점 높아지고 있으며, 그 규모 또한 갈수록 커지고 있다. 따라서 국내의 지진 현황 및 서울시의 옥상녹화 추진방향을 참고하였을 때, 건축물에 조성된 옥상정원이 건물에 어떠한 영향을 주는지에 대한 연구가 필요하다. 현재 옥상녹화에 관한 연구는 옥상정원의 지리적, 환경적 특성에 적합한 식물을 찾거나(이홍, 강태호, 2014), 옥상녹화용 식물에 적합한 토양수분을 구하는 등(김시만 외, 2015), 옥상녹화 관련 식물의 생육 및 옥상녹화 활성화에 관한 연구가 있었다. 또한, 옥상녹화 식물 중 초화류의 온도저감에 대한 연구(김예슬 외, 2014) 및 옥상 녹화로 인한 주택지 온도저감 효과에 대한 예측(김정호, 윤용한, 2010) 등 옥상녹화가 현대 도시 문제에 대한 긍정적인 대응을 하고 있음을 밝히는 연구가 있었다. 하지만 옥상정원이 건물의 안전성에 미치는 영향에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다.

비록 중저층 건물을 대상으로 옥상정원과 건물의 안전성간의 상관관계를 분석한 선행연구가 있었지만, 최근 옥상정원이 아파트나 백화점 등 고층건물에도 그 적용범위가 확대되고 있

다. 따라서 본 연구를 통해 옥상정원이 고층건물의 안전성에 있어서는 어떠한 영향을 주는 지를 살펴보고자 한다. 특히 본 연구에서는 지진 발생 시에 고층건물의 변위변화와 옥상정원과의 관계를 분석하고자 한다. 또한, 선행연구를 참고하여 본 연구에서도 옥상 전체가 이루어지고 있는 경우와 옥상의 일정 부분에만 이루어지는 경우가 있기 때문에 이 두 유형을 나누어 연구를 진행하고자 하였다.

II. 본론

1. 연구방법

본 연구는 유한요소법을 통해 이루어졌다. 유한요소법은 엔지니어가 외적 조건(하중, 온도 등)에 대한 도메인(구조, 유체 등)의 물리적 반응을 계량화할 수 있는 방법이다. 이때, 도메인은 몇 개의 서브 도메인으로 나뉘지고, 유한요소라고 불리는 이산영역의 어셈블리로 모델링된다. 이 유한요소법을 활용하여, 옥상 정원으로 인한 옥상의 하중 변화로부터 건물의 기둥이 받는 힘과 안전성에 대해서 분석하고자 하였다.

유한요소해석을 위한 프로그램으로는 ‘SAP2000’을 활용했다. SAP2000은 Force, Distance, Temperature의 변수를 지정할 수 있으며, 건물 및 개체의 모델링을 통해 구성요소들을 지정해준 후, 진동과 같은 자극을 주는 형태로 구성되어 있다. 유한요소법을 통해 분석을 하기 위해서는 각각의 속성을 입력해야 한다. 결과 값은 수치나 그래프로 표현이 되는데, 이때 나온 결과 값을 이해하고 분석하는 것이 가장 중요하다고 할 수 있다. 따라서 모델링 데이터가 정확하고, 입력 값이 충분해야 결과를 도출할 수 있다.

고층건물을 기준으로 수행할 이 연구에서는 선행연구를 참고하여 모델링을 시행하였다. 따라서 기둥의 물성은 우선 선행연구와 동일하게 철근콘크리트로 설정하였다. 또한, 기둥의 크기, 지둥의 두께 등도 선행연구와 동일하게 하였다. 건물의 층수는 고층 건물의 기준이 20층부터임을 고려하여 20층으로 설정하였다. 또한, 옥상정원은 ‘서울시 옥상녹화 가이드라인’을 참고하여 중량형 옥상정원으로 설정하여 하중을 적용하였다.

*: 본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업(18CTAP-C144787-01)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

표 1. 모델에 따른 옥상의 하중설정

Load (kN/m ²)	옥상정원이 없는 경우	균일한 옥상정원	밀집한 옥상정원
Dead load (DL)	-	3.92	9.81
Live load (LL)	0.96	1.96	1.96

본 연구는 지진발생시의 건물의 변위변화에 대한 분석을 통해 옥상정의 영향을 알아보고자 하였다. 이때 지진의 설정을 위해서 IBC(International Building Code)에서 지진분석 시에 이용하는 식 (1)~(3)을 참고하였다.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} \quad \text{식 (1)}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad \text{식 (2)}$$

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad \text{식 (3)}$$

여기서,

C_s = Base shear coefficient

S_{DS} = Spectral response acceleration parameter

R = Response modification coefficient

I = Occupancy importance factor

S_{MS} = Maximum considered earthquake spectral response acceleration for short periods

F_a = Value of site coefficient

S_s = Spectral response acceleration at short period

또한 지진의 강도는 선행연구와 동일하게 설정하여 선행연구와 비교 가능하게 하고자 하였다.

2. 연구결과

1) 해석방법

세 가지 모델을 대상으로 지진발생시의 건물의 변위 변화의 정확한 수치를 살펴보았다. 이때 모델에 지진의 모든 방향성을 고려하기 위해 X, Y축 방향으로 동시에 지진이 작용할 때의 변위의 변화를 분석하였다. 이때 세 가지 모델 모두 지진 발생 시에 X, Y축으로 약 44cm의 최대 변위 변화를 최고층에서 보였다. 또한 X, Y축으로 약 6cm의 최소 변위 변화를 건물의 2층에서 보였다. 이때 옥상정원이 있는 두 경우와 옥상정원이 없는 경우, 모두 옥상정원이 있는 경우의 건물의 변위변화간의 차이가 약 0.5cm 이하로 미미하였다. 이를 통해 두 가지 유형의 옥상정원이 지진발생 시에 건물의 변위 변화에 영향을 주지 않음을 확인할 수 있었다.

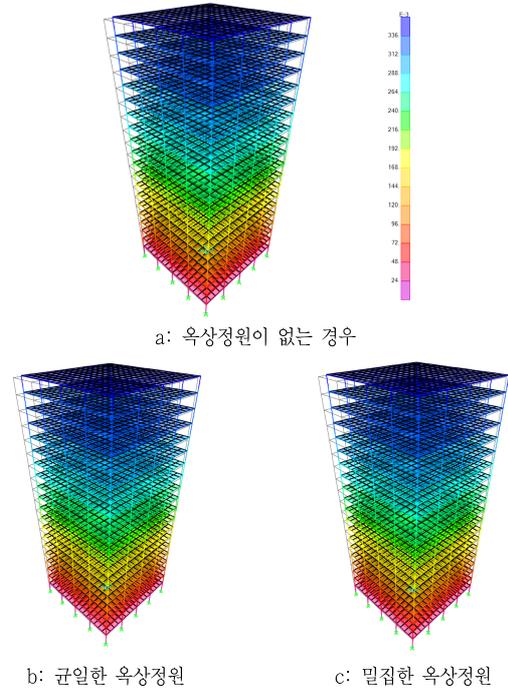


그림 1. 지진에 따른 유형별 모델의 변위변화 도식화

III. 결론

본 연구를 통해서 옥상정원이 지진발생 시에 건물의 변위 변화에 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다. 이는 옥상정원이 고층건물에서 차지하는 비중이 크지 않아서임을 유추해볼 수 있었다. 비록 옥상정원 없는 경우에 비해 옥상정원이 있는 경우, 지진 시에 건물의 변위변화가 조금 더 컸지만 이는 매우 미미하였으며, 기둥의 크기를 선행연구를 참고하여 중저층 건물에 맞게 하였기 때문이라고 생각한다. 따라서 고층건물의 기둥으로 하였을 경우에는 그 차이가 더욱 없을 것이다.

또한 선행연구를 참고하였을 때, 옥상정원이 지진 발생 시에 건물의 유형에 관계없이 영향을 주지 않음을 유도해볼 수 있었다. 이를 통해 옥상정원이 도시 내 문제를 해결하는 데 있어 적합한 기술임을 재확인할 수 있었다.

참고문헌

- 김시만, 한승원, 장하경, 김재순, 정명일(2015) 옥상녹화 식물의 최적생육을 위한 토양수분 특성 연구. 한국환경생태학회 pp. 947-951.
- 김예슬, 이빛나라, 이은희(2014) 관리조방형 옥상녹화 적용 초화류의 온도저감 효과. 한국환경생태학회 pp. 62-63.
- 김정호, 윤용한(2010). 옥상녹화 및 토양피복 변화가 단독주택지 외부 열환경에 미치는 영향 분석. 환경정책연구 pp. 27-47.
- 서울특별시, 서울시 옥상녹화 가이드라인, 2018.
- 이홍, 강태호(2014) 경량형 옥상녹화 식재기반의 물리성과 레플렉션 생육특성. 한국조경학회 pp. 50-59.
- 조양희, 손흥민, 허종완(2017) 지진피해 저감 시스템을 설치한 모멘트 프레임의 거동성능평가. 한국지진공학회 21(6): 311-322.