

도시 녹지 공간의 재해 위험도 평가 연구

유주은

서울시립대학교 대학원 조경학과

A Study on Disaster Risk Assessment in the Urban Open Spaces

Yu, Joo-Eun

Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, University of Seoul

ABSTRACT

This study examined disaster risk from climate change in urban open spaces. This study conducted an assessment depending on type of damage and type of open space, subcategorizing it into flood damage and wind damage, flat park and mountainous park, and classified the assessment items by type into natural factor, artificial factor, and social factor for the purpose of analysis. Our major findings from this study are as follows:

To look at the standardized score for the disaster risk from flood damages in the case of a flat park, Asian Park was higher at 55.800 point than Seoul Forest at 51.775 point, and in the case of mountainous parks, Dogok Park was at 58.428 point and Baebongsan Park was at 58.374 point. To look at the standardized score for disaster risk from wind damage, in the case of a flat park, Asian Park was higher at 64.763 point than Seoul Forest at 61.054 point, and in the case of mountainous parks, Baebongsan Park was higher at 58.533 point than Dogok Park at 55.459 point.

This study raised a question about the necessity for and value of this disaster risk assessment in open space from damages caused by climate change, established an assessment model for disaster risk from damages in open spaces only to attempt risk assessment. Disaster risk of urban green space was enhanced.

Key Words: Flood Damage, Wind Damage, Urban Park, Assessment Model, Assessment Items, Disaster Prevention and Reduction

국문초록

본 연구는 도시 내 녹지 공간을 대상으로 기후변화로 인한 재해 위험도를 평가하였다. 재해유형, 녹지공간 유형에 따른 평가를 실시하였으며, 수해와 풍해, 평지형 공원과 산지형 공원으로 유형화 시키고, 각 유형별 평가항목으로는 자연적 요소·인공적 요소·사회적 요소로 구분하여 평가 분석하였다. 연구의 주요결과는 다음과 같다.

수해로 인한 재해 위험도 표준화 점수는 평지형 공원의 경우, 아시아 공원이 55.800점으로 서울숲 51.775점보다 높았으며, 산지형 공원의 경우 도곡 공원 58.428점, 배봉산 공원 58.374점의 지수를 보이고 있었다. 풍해로 인한 재해 위험도 표준화 점수를 살펴보면 우선 평지형 공원의 경우, 아시아 공원이 64.763점으로 서울숲 61.054점보다 높았으며,

Corresponding author: Joo-Eun Yu, Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea, Tel.: +82-2-6490-5511, E-mail: whitebirch13@gmail.com

산지형 공원의 경우, 배봉산 공원이 58.533점으로 도곡 공원 55.459점보다 높은 지수를 나타냈다.

기후변화 재해로 인한 오픈스페이스 위험도 평가의 필요성과 가치를 제기하고, 오픈스페이스만의 재해 위험도 평가모형을 정립하여 위험도 평가를 시도하였으며, 도시 녹지공간의 재해 위험도를 제고하였다.

주제어: 수해, 풍해, 도시 공원, 평가모형, 평가항목, 재해예방 및 적응

1. 서론

1. 연구배경 및 목적

현대사회가 안고 있는 수많은 과제 중 기후변화로 인한 이상 기상현상과 도시와의 관계는 그 중 대표적인 이슈로 자리매김하고 있다.

기후변화의 영향은 생태계·연안·저지대·산업계 등과 같은 여러 분야에 심각한 영향을 미치고 있으며, 특히 산사태와 침식, 저지대 침수 등은 도시지역의 범람과 더불어 이제 더 이상 생소한 내용이 아니다. 기후변화의 영향과 심각성은 여러 분야에서 다양한 형태로 나타나는데, 근래 들어 집중 호우나 태풍, 폭설 등과 같은 자연재해로 인해 피해가 두드러지게 나타나고 있다(Myung, 2009). 우리나라의 경우, 자연재해의 90% 이상이 홍수, 호우, 태풍 등 주로 풍수재해에 한정되고 있으며, 상대적으로 단조로운 재해양상에도 불구하고, 매년 큰 피해를 입고 있는 실정이다. 기후변화에 따른 이상 기상현상으로 인해 재해원인이 다양해지고 있지만, 재해를 극복하거나 적응하면서 도시가 성장할 수 있는 방안에 대해 소홀했음은 사실이다. 한편, 우리나라의 도시화는 1960년대 이후 급격하고 밀도 있는 도시화과정을 거치면서 재해에 대해서는 간과한 상태로 성장해왔다고 할 수 있다. 특히 도시화에 따른 인위적 개발은 필연적으로 재해위험성을 증가시킬 수밖에 없으며, 이는 도시가 갖는 인구와 인프라의 집중화 현상과 고밀도로 급속하게 개발되었다는 점에서 재해 발생 시 막대한 인명 및 재산피해가 발생하는 것으로 볼 수 있다(Choi, 2004). 기후변화로 인한 직·간접적 영향은 자연·인문·사회·문화·경제적 환경 등 여러 분야에 걸쳐 다양하게 나타나고 있으며, 특히 사회기반시설은 기후변화로 인한 이상 기상현상의 영향에 취약하다고 할 수 있다. 사회기반시설을 포함한 오픈스페이스에 미치는 자연재해의 영향은 사회기반시설의 수명 감소 및 시설물 파괴 현상을 초래하여 사회·경제적인 낭비뿐만 아니라, 범국가적 손실에 직결되므로 이에 대비가 시급한 실정이다. 또한 도시 내 오픈스페이스(Open Spaces)는 재해로 인해 많은 피해가 누적되고 있으며, 이로 인한 오픈스페이스의 재해에 대한 취약성과 위험성은 더 이상 간과해 버릴 수만은 없는 현실을 안고 있다. 한편, 정부는 기후변화에 따른 재해 영향의 위험성 및 피해 저감을 위한 적응의 중요성을 인식하여 「저탄소 녹색성장 기본법(2010.

4.14.) 시행에 따른 법정계획인 '국가 기후변화 적응대책(2011~2015)'을 수립하였다. 이에 도시계획 관련 수립에 있어 기후변화 적응에 관련한 계획수립은 이제 선택이 아닌 필수사항이 되었다. 그럼에도 불구하고, 조경분야에서의 기후변화 관련 활동은 미진한 상태에 머물러 있다. 본 연구에서는 도심 내 위치하는 오픈스페이스를 대상으로 재해유형에 따른 오픈스페이스 유형별 피해원인 분석을 통해 오픈스페이스만의 위험도 평가항목 도출 및 평가모형을 구축하고, 대상지 적용을 통해 위험도를 평가하였다. 본 연구의 결과는 재해로 인한 오픈스페이스의 피해 저감과 적응 그리고 대비와 관리를 통한 개선방향 제시에 기여 할 수 있을 것이다.

2. 이론적 고찰

1) 재해 위험도 평가

기상이변으로 인한 자연재해의 영향으로 피해가 증대됨에 따라 위험도와 취약성 평가에 대한 관심이 증대되고 있다. 위험도 평가(risk assessment)는 노출된 인명, 재산, 서비스, 생계수단, 환경에 잠재적으로 해를 끼칠 수 있는 잠재적 위험해석과 보유조건에 취약성 분석을 통해 위험도의 양상 및 범위를 결정하는 방법이라 정의하였다. 위험도 평가에는 위치, 강도, 빈도, 가능성과 같은 위험의 기술적 특성 검토, 물리적 사회성, 보건, 경제 및 환경적 차원이 포함된 노출도 및 취약성 분석 그리고, 위험도 시나리오 등을 고려한 대응역량의 주요 대안의 유효성 평가 등이 포함(National Disaster Management Institute, 2012)된다고 설명하고 있다.

위험도 평가는 지역의 재난위험 강도를 정량적으로 평가하는 것, 재난 위험도 수준을 결정하기 위해 위험성을 추정하고 계량화 하는 것, 재난위험요소에 대한 취약성으로 인한 인명과 재산 피해 발생 확률·재난발생·강도 및 심각성·결과에 대한 확률과 빈도 측면에서 어떤 특정 재난위험(hazards)과 연관된 재난위험도(risk)를 평가하기 위한 과정이나 방법, 인명과 재산·지역사회·환경에 대한 위협 또는 피해를 야기시키는 잠재적인 위협을 분석하고, 현재의 취약도와 수용능력 수준을 평가하는 과정이라 정의를 내리고 있다. 위험도 평가란 인명과 재산, 지역사회, 환경에 대한 위협 또는 피해를 입힐 수 있는 잠재적인 위협을 분석하고 현재의 취약도와 수용능력 수준을 평가하는 과정(Lee and Lee, 2006)이라 할 수 있으며, 재난의

위험 정도를 정량적으로 평가하는 방법으로 정의할 수 있다. 이와 관련하여 기후변화 위험도 평가는 평가항목에 의한 연구와 정성적인 기준이나 매트릭스 분석을 이용한 연구로 구분되며, 특히 평가항목의 도출을 통해 항목별 등급화를 통한 위험도 평가, 평가항목의 가중치 산정을 통한 위험도 지수 평가 연구 분야가 활발히 이루어지고 있었다.

한편, 기후변화로 인한 오픈스페이스의 위험도를 평가하기 위해서는 우선 위험도 평가에 대한 개념 정립이 요구되었다. 현재까지 위험도 평가의 개념은 학문분야나 연구자에 따라 상이한 정의를 내리고 있었으며, 조경공간의 위험도 평가 적용에는 적합하지 않음을 알 수 있었다. 오픈스페이스의 위험도 평가는 재해 피해의 대상으로 오픈스페이스는 자연적·인공적·사회적 요소 등에 따른 영향을 받으며, 이러한 피해는 인명 및 재산피해라는 2차 피해를 초래하는 바, 오픈스페이스만의 평가모형 정립 후 위험도 평가를 통해 피해 저감 및 관리 방안을 제안하여 재해 대응 및 적응을 목적으로 하였다.

2) 선행연구

위험도 평가는 평가항목에 의한 연구와 정성적인 기준이나 매트릭스 분석을 이용한 연구로 구분할 수 있으며, 특히 평가항목도출과 항목별 배점 부여를 통한 재해 위험도 평가 연구(National Institute of Disaster Prevention Education, 2006; Kim *et al.*, 2005; etc), 평가항목의 가중치 산정을 통한 위험도 지수 평가 연구(Lee and Lee, 2006; Yang *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2008 etc)가 대표적이다. 또한 기존 평가기법에 대한 분석 사례를 통해 평가항목을 도출하고, 계층분석기법인 AHP (Analytic Hierachy Process) 기법을 이용하는 단계를 거쳐 합리적인 평가 모형을 제시하였으며, Hudson(1991)은 Interaction Matrix를 기반으로 하여 선정된 각 인자들간의 상관관계에 대한 강도를 평가하고, 이를 상대적 가중치(weighting)로 환산하는 방법을 위험도 평가의 적정성을 검증하는 방법으로 제안하였다(Jeong, 2009). 한편, 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제13조 및 동법 시행령 제13조 근거 건설교통부 고시 제2003-170호 「시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침」에서는 결함의 범위 및 정도에 따라 평가 등급을 분류하여 관리하고 있으며, 상태평가 등급은 세부평가항목별 평가에 의해 산출된 결함 지수에 따라 5등급으로 분류하여 평가대상을 객관적이고 구체적으로 판단할 수 있는 지표로 활용하고 있다. 또한 국립방재교육연구원 방재연구소(2006)는 재해 위험도 등급을 A~E의 5단계로 구분하여, 각 단계별 점수 부여를 통해 재해 위험 등급별 안전관리 및 사용지침을 제안하였다. 이에 본 연구에서는 관련 연구 고찰에서 객관적이고 검증된 평가모형 분석을 통해 오픈 스페이스 유형을 구분하고, 이에 따른 평가항목 도출과 재해 위험도 평가모형을 구축하고, 평가등급을 제안하여 재해

대응을 위한 방안을 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구범위

1) 재해유형 선정

도시 녹지공간의 재해 위험도 평가를 위해 우선 피해의 원인이 되는 기상재해를 선정해야 한다. 오픈스페이스는 자연환경에 노출되어 있는 외부공간으로서 수해(flood damage), 풍해(wind damage), 한해(drought damage), 염해(salt damage), 동해(freezing damage), 설해(snow damage) 등의 자연재해에 피해를 입기 쉬운 대상이다. 또한 최근 기후변화로 인하여 태풍, 홍수 등 자연재해가 증가하고 있으며, 이로 인한 사회경제적 피해가 증가하고 있는 추세이다. 이에 조경분야와 관련하여 자연재해 관련 관례(2000~2010년)를 분석한 결과, 풍해, 수해, 한해, 동해에 한해서 나타났다. 각 재해별 비중을 살펴보면 수해가 전체 판례건수의 56.3%로 절반 이상을 차지하고 있었으며, 풍해가 25.0%로 이들 두 재해의 비중은 81.3%를 차지하고 있었다. 이는 자연재해로 인한 조경공간의 피해는 수해와 풍해가 대부분임을 알 수 있었으며, 우리나라 연 강수량의 약 60%가 여름에 집중되어 수해와 관련된 판례가 가장 많은 것으로 사료된다. 또한 최근 국내에 상륙하는 태풍의 잦은 빈도수와 강력한 바람으로 2000년대 이후부터 풍해로 인한 판례가 꾸준히 증가하고 있다. 본 연구에서는 기후변화로 인해 오픈스페이스에 영향을 미치는 대표적 자연재해 중 영향력이 높다고 판단되는 수해(호우), 풍해(태풍 및 폭풍)를 대상으로 하였다.

2) 대상지 선정

재해로 인한 피해의 규모나 피해양상은 오픈스페이스가 입지한 위치나 규모 등 여러 가지 상황에 따라 다른 유형으로 나타난다. 즉, 재해로 인한 피해현상은 공간별 특성에 따라 피해 원인이 달리 적용되므로 오픈스페이스의 재해 위험도 평가 시 입지별 유형에 따른 대상지를 구분하여 선정하였다. 또한 재해 유형으로 선정된 수해와 풍해의 피해 메커니즘이 확연히 구분되며, 재해로 인한 피해 정도의 가시성 확보를 위해 일정면적 이상의 조건을 갖춰야 하며, 평가항목(자연적·인공적·사회적 요소)에 대한 반응을 고려하여 대상지를 선정하였다. 도시 내 녹지공간으로서 입지적 특성에 따른 대표적 유형으로 평지형 공원과 산지형 공원으로 구분할 수 있으며, 이에 대한 대표성을 가져야 한다. 도시화율의 속도가 빠르고 인구밀도가 높은 도시일수록 홍수와 산사태, 태풍으로 인한 재해의 빈도 및 강도가 증가함을 전제로 하여 도시화·산업화로 인한 개발밀도가 높은 곳, 다양한 오픈스페이스의 유형을 보유하고 있으며,

동일 기상조건외의 공간, 기상재해로 인한 피해 메커니즘이 확실히 구분되는 곳으로 유형별 피해 현상이 명확히 구분될 수 있는 공간으로 한정하였다. 이와 같이 대상지 선정기준에 만족하며, 국내에서 도시화와 개발밀도가 가장 높은 서울시의 오픈스페이스 중 평지형 공원(아시아 공원, 서울숲), 산지형 공원(도곡 공원, 배봉산 공원)을 대상으로 하였다.

2. 연구방법

1) 연구과정

오픈스페이스의 재해 위험도 평가과정은 우선 문헌조사를 통해 기후변화로 인한 재해의 유형을 선정한 후 도시 내 오픈스페이스의 유형을 선정하였고, 전문가 설문으로 유형별 최종 평가항목을 도출하고, 가중치를 부여하였다. 평가항목 도출은 전문가 설문조사로 이루어졌으며, 총 3라운드 델파이 조사(Delphi Technique)를 통해 도출된 최종 평가항목은 AHP 기법을 통해 평가항목별 가중치 점수를 부여하였다. 이후 재해 유형별(수해 및 풍해)·오픈스페이스 유형별(평지형 공원, 산지형 공

원) 평가항목 점수와 각각의 가중치 점수와 곱한 값을 이용하여 오픈스페이스 재해 위험도 평가 지수를 산정하였다. 최종 도출된 위험도 평가지수는 재해 및 오픈스페이스 유형별 대상지 적용을 통해 위험도를 분석하였다(Figure 1 참조).

2) 대상지 유형별 평가항목 선정

위험도 평가항목의 도출은 자의적인 가중치 부여 대신 전문가를 대상으로 델파이 기법을 통한 최종 평가항목 도출과 AHP 기법을 통해 항목별 가중치를 부여하여 평가 결과의 객관성을 높이고자 하였다. 평가항목의 선정 방법으로는 우선 델파이 조사 총 3차 중 1차는 개방형 설문 조사를 통해 최초 평가항목을 구성하였으며, 2, 3차 델파이 조사를 통해 최종 평가항목을 도출하였다. 자료수집 방법은 직접방문과 e-mail을 통한 설문조사 방법으로 조사를 실시하였으며, Excel 2010, Expert Choice 11 프로그램을 이용하여 설문결과를 도출하였다. 전문가 설문조사의 경우, 조사인원은 실무지식과 전문적 경험이 있는 25명¹⁾으로 델파이 조사는 2013년 10월 17일부터 2014년 4월 2일까지 총 3회에 걸쳐 이루어졌으며, AHP 조사는 2014년 4월 15일부터 2014년 5월 10일까지 실시하였다(Table 1 참조).

3) 평가모형 정립

수해 및 풍해로 인한 피해는 기상요소가 그 원인이 되고 있지만 개발밀도가 높은 도시일 경우, 오픈스페이스의 구성요소에 따라 그 피해는 다르게 나타난다. 평가모형은 우선 재해 유형인 수해와 풍해로 구분하고, 오픈스페이스 유형인 평지형 공원, 산지형 공원으로 구분하였다. 이후 재해 유형별·오픈스페이스 유형에 따른 최종 평가항목을 도출하고, 이에 가중치를 부여하여 각각의 재해 위험도 평가 지수를 산정하였다. 오픈스페이스는 유형별로 평지형 공원, 산지형 공원으로 구분할 수 있으며, 대상지가 갖는 자연적 요소(경사도, 지형, 식생 등), 인공적 요소(시설물, 구조물, 사면옹벽, 포장 등), 사회적 요소(토지이용, 주변 토지이용 등) 등에 따라 피해현상은 달라진다. 또한 재해가 갖는 메커니즘에 따라 오픈스페이스 유형별, 구성요소별 재해유형의 특징도 다르게 나타나며, 이에 따른 피해 유발 요인들을 구분하여 선정하였다. 평가항목은 상위 평가항목과 하위 평가항목으로 나눌 수 있으며, 재해 유형별·오픈스페이스 유형별 피해 현상에 따른 평가항목을 선정하여 평가모형을 정립하였다(Figure 2, 3 참조).

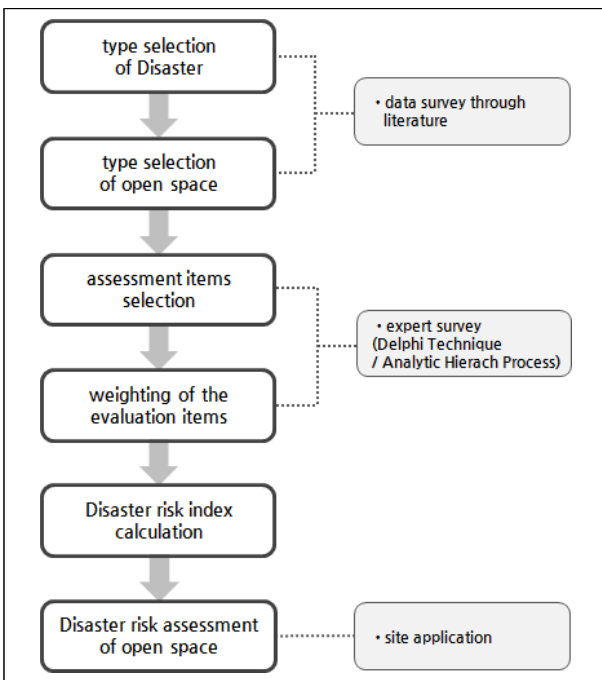


Figure 1. Disaster risk assessment process of open space

Table 1. The characteristics of respondents

Division		Type of occupation	Sampling personnel targets (persons)	The actual response personnel (persons)
Delphi/AHP	A	Business practice career over ten years (design, construction, management, supervision)	20	17
	B	Professor, researcher	10	8

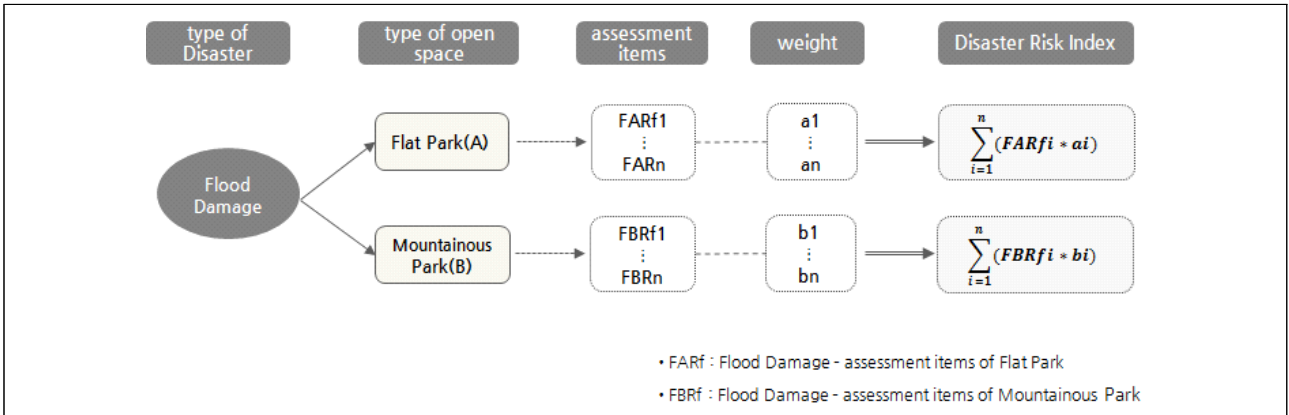


Figure 2. Flood damage risk assessment model

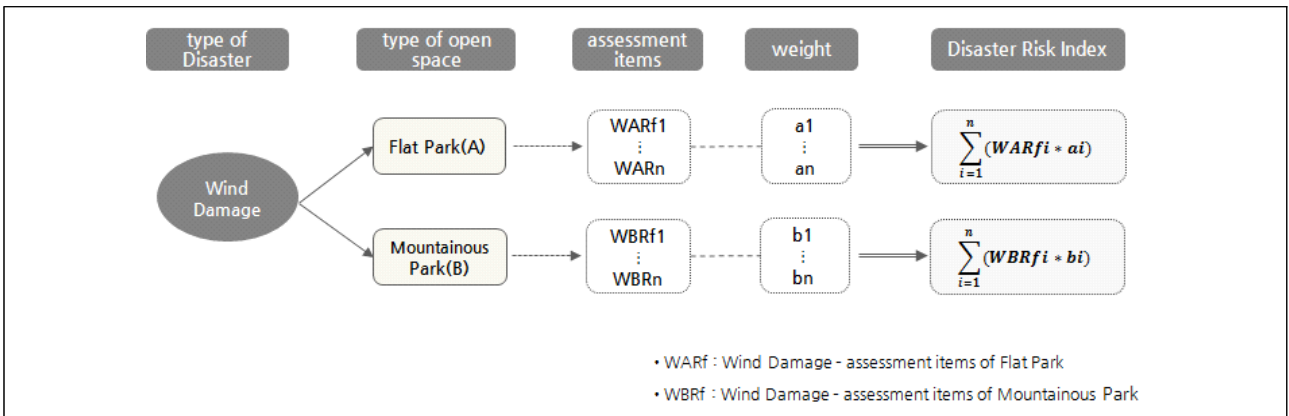


Figure 3. Wind damage risk assessment model

4) 재해 위험도 평가 지수 산정

위험도 평가 지수 산정식은 자연적·인공적·사회적 요소를 상위개념으로 구분하고, 전문가 설문조사로 도출된 위험요소 (Rf: Risk factor value)를 선정하였다. 최종 도출된 평가항목을 하위개념으로 하여 각 항목별 복합가중치(w: Complex weight)를 부여하는데 여기에서 복합가중치는 최종 평가항목의 절대적 가중치와 AHP 조사에서 도출된 상대적 가중치를 곱한 값을 일컫는다. 이는 재해·오픈스페이스 유형별 도출된 평가항목의 절대적 값은 재해 및 오픈스페이스 유형별 특징을 반영하고 있으며, 여기에 평가항목 간 상대적 가중치를 곱하여 평가항목의 변별력을 높여 한 것에 연유하였다. 오픈스페이스 유형별 도출된 평가항목 값(Rf)과 복합가중치(w)곱의 전체 합은 오픈스페이스의 유형별 재해 위험도 평가 지수(DRI: Disaster Risk Index)로 설명될 수 있으며, 이러한 관계를 식 1과 같은 모형으로 도출하였다.

$$DRI = \left\{ \sum_{i=1}^n (Rf_i \times w_i) \right\} \quad (\text{식 1})$$

III. 결과 및 고찰

1. 유형별 평가항목 도출

1) 최종 평가항목 도출

평가항목을 도출하기 위해 오픈스페이스의 구성요소로 자연적·인공적·사회적 요소 등의 항목은 실제 조사 및 측정이 가능한 변수로 구성하였다. 재해별 기상요소와 오픈스페이스 구성요소 간의 영향관계, 기후변화 재해 영향에 대한 인과관계 검토 결과 등을 연계하여 재해유형과 오픈스페이스 유형별 특성을 고려하여 평가항목을 도출하였다. 우선 수해 피해에 영향을 주는 요인으로 평지형 공원의 경우, 자연적 요소에서는 토질종류, 수목의 내습성 정도, 식재지 배수상태 등, 인공적 요소에서는 불투수 면적 비율, 기초지반 상태, 우수지 및 저류지의 유무 등, 사회적 요소에서는 주변환경 요소와 토지이용 항목이 선정되었다. 산지형 공원은 자연적 요소에 경사도, 경사높이, 토질종류, 수목의 내습성 정도, 식재지 배수상태 등이 선정되었고, 인공적 요소에는 불투수 면적 비율, 기초지반 상태,

Table 2. Final assessment item

Disaster type	Type of open spaces	High rank assessment item	Final assessment item	Absolute weight	Relative weight	
Flood damage	Flat park	Natural element (0,516)	Soil type	4.34	0.136	
			Soil depth	3.73	0.041	
			Tree size	3.47	0.024	
			Moisture resistance degree	4.24	0.148	
			Drainage condition of planting ground	4.71	0.167	
		Artificial element (0,296)	Condition of foundation soil	4.07	0.068	
			Structural defects of facilities	3.57	0.023	
			Impervious area ratio	4.56	0.089	
			Condition of pavement	3.89	0.050	
			Retarding basin/deteion pond	4.21	0.066	
		Social element (0,188)	Environmental factors(slope)	4.14	0.141	
			Land use	3.97	0.047	
	Mountainous park	Natural element (0,577)	Slope	4.59	0.100	
			Slope height	4.04	0.025	
			Soil type	4.79	0.135	
			Soil depth	4.14	0.083	
			Tree size	3.64	0.027	
			Moisture resistance degree	4.21	0.028	
		Artificial element (0,275)	Drainage condition of planting ground	4.89	0.180	
			Condition of slope protection	4.71	0.095	
			Condition of foundation soil	4.21	0.052	
			Structural defects of facilities	3.86	0.031	
			Impervious area ratio	4.28	0.038	
			Condition of pavement	3.89	0.024	
Social element (0,148)	Retarding basin/deteion pond	4.21	0.034			
	Environmental factors(slope)	4.14	0.099			
Land use		4.07	0.049			
Wind damage	Flat park	Natural element (0,532)	Soil type	3.89	0.027	
			Soil depth	4.41	0.138	
			Tree size	4.21	0.105	
			Tree stem density	4.14	0.081	
			Type of root system	4.79	0.181	
		Artificial element (0,287)	Condition of foundation soil	3.59	0.067	
			Structural defects of facilities	3.89	0.048	
			Wood pillar	4.64	0.172	
		Social element (0,181)	Environmental factors(elevation area of the building)	4.04	0.094	
			Land use	3.29	0.087	
		Mountainous park	Natural element (0,620)	Slope	3.98	0.026
				Slope height	4.05	0.067
	Soil type			3.89	0.023	
	Soil depth			4.54	0.137	
	Tree size			4.39	0.106	
	Tree stem density			4.05	0.086	
	Artificial element (0,232)		Type of root system	4.71	0.175	
			Condition of foundation soil	3.32	0.051	
			Structural defects of facilities	3.21	0.036	
	Social element (0,148)		Wood pillar	4.47	0.145	
			Environmental factors(elevation area of the building)	4.04	0.087	
	Land use			3.86	0.061	

유수지 및 저류지의 유무 등, 사회적 요소로는 주변환경 요소와 토지이용 항목이 도출되었다. 풍해로 인한 피해에 영향을 주는 요인들은 평지형 공원의 경우 자연적 요소에서는 토심, 수목크기, 근계유형 등, 인공적 요소로는 기초지반 상태, 시설물 구조적 결함, 지주목 유무, 사회적 요소는 주변환경 요소 및 토지이용이 선정되었다. 산지형 공원의 경우, 자연적 요소에는 경사도, 토심, 수목크기, 수간밀도, 근계유형 등이, 근계유형, 인공적 요소로는 기초지반 상태, 시설물 구조적 결함, 지주목 유무, 사회적 요소는 주변환경 요소 및 토지이용이 선정되었다(Table 2 참조).

2) 평가항목 가중치 부여

최종평가항목을 중심으로 가중치 분석을 위해 AHP 분석을 실시하였으며, 수해와 풍해로 재해 유형을 구분하고, 평지형 공원, 산지형 공원으로 오픈스페이스 유형을 구분하여 가중치를 산정하였다. 분석 결과로는 우선 수해로 인한 평지형 공원의 상위평가항목으로 자연적 요소 0.516, 인공적 요소 0.296, 사회적 요소 0.188로 집계되었다. 산지형 공원에서는 자연적 요소 0.577, 인공적 요소 0.275, 사회적 요소 0.148로 가중치가 도출되었다. 풍해로 인한 평지형 공원의 경우 자연적 요소 0.532, 인공적 요소 0.287, 사회적 요소 0.181, 산지형 공원은 자연적 요소 0.620, 인공적 요소 0.232, 사회적 요소 0.148로 가중치가 집계되었다(Table 2 참조). 수해로 인한 오픈스페이스 유형별 최종 평가항목의 가중치를 분석해 본 결과, 평지형 공원, 산지형 공원 모두 자연적 요소의 중요도가 가장 높았으며, 그 뒤로 인공적 요소, 사회적 요소의 순서로 중요도 결과가 나타났다. 풍해로 인한 오픈스페이스 유형별 최종 평가항목의 가중치를 분석해 본 결과, 평지형 공원, 산지형 공원 모두 자연적 요소의 중요도가 가장 높았으며, 그 뒤로 인공적 요소, 사회적 요소의 순서로 중요도 결과가 나타났다. 오픈스페이스 유형별 대상지 선정을 통해 대상지의 전반적 입지현황, 공간적 특성, 조경구성 요소, 연구와 관련된 평가항목 위주로 현장조사를 실시하였으며, 현장조사 시 구득이 어려운 자료는 국내 국가 연구기관의 자료를 바탕으로 적용하였다(Table 3 참조).

2. 대상지별 재해 위험도 평가 분석

1) 아시아 공원

아시아 공원은 송파구 잠실동에 위치하며 공원 총면적은 66,027m²로 1986년에 조성이 완료되었다. 아시아 공원의 경우, 수해에 영향을 미치는 요인으로 주변환경 요소(경사도), 수목의 내습성 정도, 토질 종류, 식재지 배수상태 항목이 비교적 영향을 크게 미치는 요소로 나타났다. 이러한 항목들의 비중이 큰 이유는 공원 주변에 인접해 있는 도로의 경사로 인한 침수,

내습성 낮은 수종식재, 식재지 배수상태 불량을 이유로 들 수 있다. 풍해를 유발하는 주요 요소에는 지주목 유무, 근계유형, 토심을 들 수 있는데, 이는 대상지의 낮은 토심과 심근성 수종 점유율 및 지주목 설치율이 낮았던 이유로 볼 수 있다(Table 4 참조).

2) 서울숲

서울숲은 성동구 뚝섬로 273에 위치하며, 전체 면적은 237,552m²로 2005년 6월에 조성이 완료되었다. 서울숲의 경우, 수해를 유발하는 주요 요소에는 토질종류, 수목의 내습성 정도, 식재지 배수상태, 유수지 및 저류지 유무, 주변환경 요소(경사도)를 들 수 있으며, 이러한 항목들의 비중이 큰 이유로는 공원 주변에 인접해 있는 학교, 주거지와 상업지가 밀집 등의 주변 경사로 인한 수목 및 시설물 침수, 내습성 낮은 수종 식재, 식재지 배수상태 불량 등의 영향이라 볼 수 있다. 풍해를 유발하는 주요 요소에는 지주목 유무와 근계유형 항목의 높은 점수로 도출되었는데, 이는 서울숲의 경우 식재수목의 지주목 설치 비율이 현저히 낮았으며, 심근성 수종과 천근성 수종의 식재비율이 거의 동일하였던 이유에 연유한다(Table 5 참조).

3) 도곡 공원

도곡 근린공원은 강남구 도곡동 산31-1번지에 위치하며, 총 면적은 254,648m²로 1977년에 조성이 완료되었다. 도곡 공원의 경우 수해를 유발하는 주요 요소에는 식재지 배수상태, 토질종류, 사면보호공 상태를 들 수 있는데, 이는 대상지 식재 기반의 불량한 배수상태와 사면보호공의 낮은 설치율을 이유로 볼 수 있다. 풍해를 유발하는 주요 요소에는 지주목 유무, 토심 등을 들 수 있는데, 이는 도곡 공원의 낮은 토심으로 인해 폭풍 및 태풍으로 인한 수목 전도 및 2차 피해 등의 피해 위험이 높았던 것을 이유로 볼 수 있다(Table 6 참조).

4) 배봉산 공원

배봉산 근린공원은 동대문구 전농동 32-20번지에 위치하며, 전체면적은 265,582m²로 대규모의 암반이 노출된 상태로 방치되었다가 1992년 공원으로 준공 후 현재 동대문구에 유일한 산지형 공원으로 자리잡았다. 배봉산 공원의 수해를 유발하는 주요 요소에는 토질종류, 식재지 배수상태, 사면보호공 상태, 경사도를 들 수 있는데, 이는 배봉산 대부분의 토질이 양토로 호우 시 수목 침수의 확률이 높으며, 사면보호공의 낮은 비율로 인한 사면붕괴 등이 이유로 볼 수 있다. 풍해를 유발하는 주요 요소에는 지주목 유무, 토심을 들 수 있으며, 이는 1m 미만의 낮은 토심으로 인해 폭풍 및 태풍으로 인한 수목 전도 등의 피해 위험이 높았던 것을 이유로 볼 수 있다(Table 7 참조).

Table 3. Disaster risk assessment item check list

Assessment item	Division		Site				
	Rating score of each item		Asian park	Seoul forest	Dogok park	Baebongsan park	
Natural element	Slope	1	0~8°	-	-	-	-
		2	9~16°	-	-	○	-
		3	17~24°	-	-	-	○
		4	25~32°	-	-	-	-
		5	33~40°	-	-	-	-
	Slope height	1	0~100m	-	-	○	-
		2	101~200m	-	-	-	○
		3	201~300m	-	-	-	-
		4	301~400m	-	-	-	-
		5	401m more than	-	-	-	-
	Soil type	1	Sand soil	-	-	-	-
		2	Loamy sand	-	○	-	-
		3	Sandy loam	○	-	○	-
		4	Loamy soil	-	-	-	○
		5	Clay soil	-	-	-	-
	Soil depth	1/5	0~20cm under	-	-	-	-
		2/4	20~50cm under	-	-	-	-
		3/3	50~100cm under	○	○	○	○
		4/2	100~150cm under	-	-	-	-
		5/1	150cm more than	-	-	-	-
	Tree size	1	5cm and less	-	-	-	-
		2	6~15cm	-	-	-	-
		3	16~25cm	-	○	-	○
		4	26~35cm	○	-	○	-
		5	36cm more than	-	-	-	-
	Tree stem density	1	Evergreen conifer tree 100%	-	-	-	-
		2	Evergreen conifer tree 75%, deciduous broad-leaved tree 25%	-	-	-	-
		3	Evergreen conifer tree 50%, deciduous broad-leaved tree 50%	-	-	-	-
		4	Evergreen conifer tree 25%, deciduous broad-leaved tree 75%	○	○	○	○
		5	Deciduous broad-leaved tree 100%	-	-	-	-
	Moisture resistance degree	1	Moisture resistance tree 100%	-	-	-	-
		2	Moisture resistance 75%, drought resistance 25%	-	-	-	-
		3	Moisture resistance 50%, drought resistance 50%	○	○	-	-
		4	Moisture resistance 25%, drought resistance 75%	-	-	○	○
		5	Drought resistance tree 100%	-	-	-	-
	Type of root system	1	Deep-rooted tree 100%	-	-	○	-
		2	Deep-rooted 75%, shallow-rooted 25%	-	-	-	○
		3	Deep-rooted 50%, shallow-rooted 50%	○	○	-	-
		4	Deep-rooted 25%, shallow-rooted 75%	-	-	-	-
		5	Shallow-rooted tree 100%	-	-	-	-
Drainage condition of planting ground	1	Very good	○	-	-	-	
	2	Good	-	○	○	○	
	3	Usually	-	-	-	-	
	4	Bad	-	-	-	-	
	5	Very bad	-	-	-	-	
Artificial element	Condition of slope protection	1	81% more than	-	-	-	-
		2	61~80%	-	-	-	-
		3	41~60%	-	-	○	○
		4	21~40%	-	-	-	-
		5	0~20%	-	-	-	-

(Table 3. Continued)

Artificial element	Condition of foundation soil	1	Very good	-	-	-	-	
		2	Good	-	○	-	-	
		3	Usually	○	-	-	-	
		4	Bad	-	-	-	○	
		5	Very bad	-	-	○	-	
	Impervious area ratio	1	0~20%	-	○	○	○	
		2	21~40%	○	-	-	-	
		3	41~60%	-	-	-	-	
		4	61~80%	-	-	-	-	
		5	81% more than	-	-	-	-	
	Structural defects of facilities	1	0~5%	○	○	-	○	
		2	6~10%	-	-	○	-	
		3	11~15%	-	-	-	-	
		4	16~30%	-	-	-	-	
		5	21% more than	-	-	-	-	
	Condition of pavement	1	0~5%	○	-	○	-	
		2	6~10%	-	○	-	○	
		3	11~15%	-	-	-	-	
		4	16~30%	-	-	-	-	
		5	21% more than	-	-	-	-	
	Wood pillar	1	Natural vegetation or artificial planting wood pillar 100%	-	-	-	-	
		2	Artificial planting wood pillar 75%	-	-	-	-	
		3	Artificial planting wood pillar 50%	-	-	-	-	
		4	Artificial planting wood pillar 25%	○	○	○	○	
		5	Wood pillar none	-	-	-	-	
Retarding basin/deteion pond	1	41% more than	-	-	-	-		
	2	31~40%	-	-	-	-		
	3	21~30%	-	-	-	-		
	4	11~20%	-	○	-	-		
	5	0~10%	○	-	○	○		
Social element	Environmental factors	Slope area ratio of less than 2%	1	0~20%	-	-	-	-
			2	21~40%	-	-	-	-
			3	41~60%	-	-	-	-
			4	61~80%	○	-	○	○
			5	81% more than	-	○	-	-
	Floor area ratio	1	100% under	-	-	-	-	
		2	100~150% under	-	-	-	-	
		3	150~200% under	-	-	-	○	
		4	200~250% under	○	○	-	-	
		5	250% more than	-	-	○	-	
	Land use	1	Open spaces	○	○	○	○	
		2	Transportation facilities	-	-	-	-	
		3	Housing	-	-	-	-	
		4	Commercial business	-	-	-	-	
		5	Residential commercial mixed	-	-	-	-	

Table 4. Disaster risk assessment of Asia park

Site	Disaster type	Assessment item		Item value	Complex weight	Item assessment value	Subtotal	
Asian park	Flood damage	Natural element	Soil type	3	0.590	1.770	6.019	
			Soil depth	3	0.153	0.459		
			Tree size	4	0.083	0.332		
			Moisture resistance degree	3	0.628	1.884		
			Drainage condition of planting ground	2	0.787	1.574		
		Artificial element	Condition of foundation soil	3	0.277	0.831	3.310	
			Structural defects of facilities	1	0.082	0.082		
			Impervious area ratio	2	0.406	0.812		
			Condition of pavement	1	0.195	0.195		
			Retarding basin/deteion pond	5	0.278	1.390		
	Social element	Environmental factors(slope)	4	0.584	2.336	2.523		
		Land use	1	0.187	0.187			
	Flood damage risk assessment index				11.852		4,248~21,240(min.~max.)	
	Wind damage	Natural element	Soil type	3	0.105	0.315	7.851	
			Soil depth	3	0.609	1.827		
			Tree size	4	0.442	1.768		
			Tree stem density	4	0.335	1.340		
			Type of root system	3	0.867	2.601		
		Artificial element	Condition of foundation soil	3	0.241	0.723	4.102	
			Structural defects of facilities	1	0.187	0.187		
Wood pillar			4	0.798	3.192			
Social element		Environmental factors(elevation area of the building)	4	0.380	1.520	1.806		
		Land use	1	0.286	0.286			
Wind damage risk assessment index				13.759		4,249~21,245(min.~max.)		

Table 5. Disaster risk assessment of Seoul forest

Site	Disaster type	Assessment item		Item value	Complex weight	Item assessment value	Subtotal	
Seoul forest	Flood damage	Natural element	Soil type	2	0.590	1.180	5.346	
			Soil depth	3	0.153	0.459		
			Tree size	3	0.083	0.249		
			Moisture resistance degree	3	0.628	1.884		
			Drainage condition of planting ground	2	0.787	1.574		
		Artificial element	Condition of foundation soil	2	0.277	0.554	2.544	
			Structural defects of facilities	1	0.082	0.082		
			Impervious area ratio	1	0.406	0.406		
			Condition of pavement	2	0.195	0.390		
			Retarding basin/deteion pond	4	0.278	1.112		
	Social element	Environmental factors(slope)	5	0.584	2.920	3.107		
		Land use	1	0.187	0.187			
	Flood damage risk assessment index				10.997		4,248~21,240(min.~max.)	
	Wind damage	Natural element	Soil type	2	0.105	0.210	7.304	
			Soil depth	3	0.609	1.827		
			Tree size	3	0.442	1.326		
			Tree stem density	4	0.335	1.340		
			Type of root system	3	0.867	2.601		
		Artificial element	Condition of foundation soil	2	0.241	0.482	3.861	
			Structural defects of facilities	1	0.187	0.187		
Wood pillar			4	0.798	3.192			
Social element		Environmental factors(elevation area of the building)	4	0.380	1.520	1.806		
		Land use	1	0.286	0.286			
Wind damage risk assessment index				12.971		4,249~21,245(min.~max.)		

Table 6. Disaster risk assessment of Dogok park

Site	Disaster type	Assessment item	Item value	Complex weight	Item assessment value	Subtotal	
Dogok park	Flood damage	Natural element	Slope	2	0.459	0.918	7.481
			Slope height	1	0.101	0.101	
			Soil type	3	0.647	1.941	
			Soil depth	3	0.344	1.032	
			Tree size	4	0.098	0.392	
			Moisture resistance degree	4	0.118	0.472	
			Drainage condition of planting ground	3	0.875	2.625	
		Artificial element	Condition of slope protection	3	0.447	1.341	3.651
			Condition of foundation soil	5	0.219	1.095	
			Structural defects of facilities	2	0.12	0.240	
			Impervious area ratio	1	0.167	0.167	
			Condition of pavement	1	0.093	0.093	
		Social element	Retarding basin/deteion pond	5	0.143	0.715	1.839
			Environmental factors(slope)	4	0.410	1.640	
			Land use	1	0.199	0.199	
			Flood damage risk assessment index	12.971		4,440~22,200(min.~max.)	
	Wind damage	Natural element	Slope	2	0.103	0.206	6.686
			Slope height	1	0.271	0.271	
			Soil type	3	0.089	0.267	
			Soil depth	3	0.622	1.866	
			Tree size	4	0.465	1.860	
Tree stem density			4	0.348	1.392		
Type of root system			1	0.824	0.824		
Artificial element		Condition of foundation soil	4	0.169	0.676	3.084	
		Structural defects of facilities	4	0.116	0.464		
		Wood pillar	3	0.648	1.944		
Social element		Environmental factors(elevation area of the building)	5	0.351	1.755	1.990	
		Land use	1	0.235	0.235		
			Wind damage risk assessment index	11.760		4,241~21,205(min.~max.)	

3. 수해로 인한 대상지 유형별 위험도 평가 분석

1) 평지형 공원

수해로 인한 평지형 공원의 위험도 평가 결과를 살펴보면 아시아 공원 11.852, 서울숲 10.997의 평가지수가 도출되었다. 평가항목별 특징을 살펴보면 우선 상위항목에서 아시아 공원의 위험도 평가결과는 자연적 요소가 6.019로 가장 높았고, 인공적 요소 3.310, 사회적 요소 2.523의 순으로 영향을 미치고 있었다. 서울숲의 경우는 자연적 요소가 5.346으로 가장 높았고, 사회적 요소 3.107, 인공적 요소 2.544의 순으로 나타났다. 아시아 공원과 서울숲의 경우, 수해를 유발하는 요소로 자연적 요소에서는 수목의 내습성 정도와 식재지 배수상태가 각각 1.884, 1.574로 두 대상지 모두 순위가 동일하였고, 토질종류는 각각 1.770,

1.180으로 나타났다. 인공적 요소에서는 기초지반상태가 각각 0.831, 0.554, 불투수 면적 비율은 0.812, 0.406, 우수지 및 저류지 유무는 각각 1.390, 1.112, 사회적 요소에서는 주변환경 요소(경사도) 항목이 각각 2.336, 2.920으로 수해로 인한 위험도 평가항목 중 높은 점수가 도출되었다. 아시아 공원이 서울숲보다 수해로 인한 위험도 평가 지수가 높은 이유는 다음과 같이 유추해볼 수 있다. 첫째, 토질의 종류에서 아시아 공원의 토양은 서울숲보다 토양 내 점토성분 함유량이 높아, 호우 시 식재지의 배수상태가 원활하지 못한 이유로 침수로 인한 피해가 높아질 수 있다. 둘째, 아시아 공원은 서울숲에 비해 상대적으로 조성연도가 오래 되었으므로 시설의 노후화 및 기초지반의 침식상태가 서울숲에 비해 불량하였으며, 이로 인해 호우 시 침수로 인한 지반침식 및 구조적 결함의 피해가 높다고 볼 수 있다.

Table 7. Disaster risk assessment of Baebongsan park

Site	Disaster type	Assessment item	Item value	Complex weight	Item assessment value	Subtotal	
Baebongsan park	Flood damage	Natural element	Slope	3	0.459	1.377	7.715
			Slope height	2	0.101	0.202	
			Soil type	4	0.647	2.588	
			Soil depth	3	0.344	1.032	
			Tree size	3	0.098	0.294	
			Moisture resistance degree	4	0.118	0.472	
			Drainage condition of planting ground	2	0.875	1.750	
		Artificial element	Condition of slope protection	3	0.447	1.341	3.405
			Condition of foundation soil	4	0.219	0.876	
			Structural defects of facilities	1	0.120	0.120	
			Impervious area ratio	1	0.167	0.167	
			Condition of pavement	2	0.093	0.186	
		Social element	Retarding basin/deteion pond	5	0.143	0.715	1.839
			Environmental factors(slope)	4	0.410	1.640	
			Land use	1	0.199	0.199	
			Flood damage risk assessment index	12,959		4,440~22,200(min.~max.)	
	Wind damage	Natural element	Slope	3	0.103	0.309	7.508
			Slope height	2	0.271	0.542	
			Soil type	4	0.089	0.356	
			Soil depth	3	0.622	1.866	
			Tree size	3	0.465	1.395	
Tree stem density			4	0.348	1.392		
Type of root system			2	0.824	1.648		
Artificial element		Condition of foundation soil	4	0.169	0.676	3.616	
		Structural defects of facilities	3	0.116	0.348		
		Wood pillar	4	0.648	2.592		
Social element		Environmental factors(elevation area of the building)	3	0.351	1.053	1.288	
		Land use	1	0.235	0.235		
			Wind damage risk assessment index	12,412		4,241~21,205(min.~max.)	

셋째, 아시아 공원은 서울숲에 비해 시설면적 및 포장면적 등의 불투수 면적 비율이 높게 나타나는데, 이는 호우 시 유출계수 및 우수유출량 등의 영향이 상대적으로 불리하게 작용할 수 있으므로 수해로 인한 피해가 높다고 할 수 있다. 넷째, 우수지 및 저류지의 유무 항목에서 이 두 대상지는 차이가 있는데, 이는 서울숲의 경우 저류기능을 하는 시설이 일정면적 설치되어 있으나, 아시아 공원의 경우 저류시설이 없으므로 수해로 인해 피해가 서울숲의 경우보다 높아 상대적으로 위험도 지수가 높게 나타났다고 사료된다.

2) 산지형 공원

수해로 인한 산지형 공원의 위험도 평가 결과는 도곡 공원 12.971, 배봉산 공원 12.959의 평가 지수를 나타내고 있다. 평가

항목별 특징을 살펴보면 우선 상위항목에서 도곡 공원은 자연적 요소가 7.481로 가장 높았고, 인공적 요소 3.651, 사회적 요소 1.839의 순서로 도출되었다. 배봉산 공원의 경우는 자연적 요소가 7.715로 가장 높았고, 그 뒤로 인공적 요소 3.405, 사회적 요소 1.839의 순으로 나타났다. 도곡 공원과 배봉산 공원의 경우, 수해를 유발하는 요소로 자연적 요소에서는 경사도가 각각 0.918, 1.377, 토질종류 1.941, 2.588, 토심은 1.032로 순위가 동일하였고, 식재지 배수상태는 각각 2.625, 1.750의 점수를 나타냈다. 인공적 요소에서는 사면보호공 상태가 1.341로 두 대상지가 동일하였고, 기초지반 상태는 1.095, 0.876, 사회적 요소에서는 주변환경 요소(경사도) 항목이 두 곳 모두 1.640, 평가지수 결과가 도출되었다. 도곡 공원이 배봉산 공원보다 수해 위험도 평가 지수가 높은 이유로는 다음과 같이 유추해볼 수 있

다. 첫째, 도곡 공원은 배봉산 공원에 비해 식재지의 배수상태가 양호하지 않았으며, 이는 호우 시 토양 내 수분함량의 증가로 인해 식재기반의 토양침식 및 사면붕괴로 이어져 수해로 인한 피해 발생이 높아진다고 볼 수 있다. 둘째, 도곡 공원은 배봉산 공원에 비해 기초지반의 상태가 불량하였으며, 시설물 및 구조물의 노후화가 진행되어 구조적 안전상태도 양호하지 않았다. 또한 대상지 내 기초지반의 침하가 곳곳에서 진행되고 있었으며, 호우 시 세굴현상으로 인해 수해로 인한 피해 위험도는 높아진다고 볼 수 있다.

4. 풍해로 인한 대상지 유형별 위험도 평가 분석

1) 평지형 공원

풍해로 인한 평지형 공원의 위험도 평가 결과는 아시아 공원 13.759, 서울숲 12.971로 평가지수가 도출되었다. 평가항목별 특징을 살펴보면 우선 상위항목에서 아시아 공원은 풍해로 인한 피해는 자연적 요소가 7.851로 가장 높았고, 그 뒤로 인공적 요소 4.102, 사회적 요소 1.806의 순으로 영향을 미치고 있었다. 서울숲의 경우는 자연적 요소가 7.304, 인공적 요소 3.861, 사회적 요소 1.806의 순으로 나타났다. 영향을 미치는 주요 항목으로 자연적 요소에서는 토심이 1.827로 두 대상지 모두 동일하였으며, 수목크기는 각각 1.768, 1.326, 근계유형은 두 대상지 모두 2.601의 점수결과가 도출되었다. 인공적 요소에서는 지주목 유무가 3.192로 동일하였으며, 사회적 요소에서는 주변환경 요소(건축물 입면적) 항목이 1.520으로 평가지수가 도출되었다. 아시아 공원이 서울숲보다 풍해 위험도 평가 지수가 높은 이유로는 다음과 같이 유추해볼 수 있다. 첫째, 아시아 공원은 서울숲에 비해 수목의 크기가 크므로 강풍 시 풍압력에 대한 단면적이 증가하므로 수목 전도 등의 피해 위험이 크다고 볼 수 있다. 한편, 서울숲은 아시아 공원과 달리 일정면적 개활지의 성격을 가지므로 아시아 공원에 비해 주변 건축물 입면적 비율이 낮고, 건축물로 인한 난류현상의 발생 정도가 약하므로 상대적으로 위험도 지수가 낮게 나타났다고 사료된다.

2) 산지형 공원

풍해로 인한 산지형 공원의 위험도 평가 결과를 살펴보면 도곡 공원과 배봉산 공원이 각각 11.760, 12.412로 평가지수가 도출되었다. 우선 상위항목에서 도곡 공원의 경우 자연적 요소가 6.686으로 가장 높았고, 그 뒤로 인공적 요소 3.084, 사회적 요소 1.990의 순으로 나타났다. 배봉산 공원은 자연적 요소가 7.508, 인공적 요소 3.616, 사회적 요소 1.288의 순으로 나타났다. 자연적 요소에서는 토심과 수간밀도가 두 대상지 모두 1.866, 수목 크기는 각각 1.860, 1.395, 근계유형은 각각 0.824, 1.648의 점수 결과를 나타냈다. 인공적 요소에서는 지주목 유무가 각각 1.944,

2.592, 사회적 요소에서는 주변환경 요소(건축물 입면적) 항목이 각각 1.755, 1.053으로 평가지수가 도출되었다. 배봉산 공원이 도곡 공원보다 풍해 위험도 평가 지수가 높은 이유로는 다음과 같이 유추해볼 수 있다. 첫째, 수목의 근계유형에서 배봉산 공원의 주요 식생 중 천근성 수목이 도곡 공원에 비해 점유율이 높았으며, 이에 강풍 시 수목전도로 인한 피해가 도곡 공원에 비해 크다고 볼 수 있다. 둘째, 배봉산 공원은 도곡 공원에 비해 자연식생 및 인공식재 수목의 지주목 설치 비율이 낮아 강풍 시 수목전도로 인한 피해가 도곡 공원의 경우보다 높아, 상대적으로 위험도 평가 지수가 높게 나타났다고 사료된다.

5. 고찰

재해 유형별에 따른 대상지별 위험도 평가 지수의 특징을 살펴보면 다음과 같다. 수해로 인한 오픈스페이스 유형별 재해 위험도 평가 지수를 살펴보면 우선 평지형 공원의 경우, 아시아 공원이 11.852로 서울숲 10.997 보다 높은 지수를 보이고 있는데, 이는 재해영향 요소인 토질종류, 기초지반 상태, 불투수면적 비율, 우수지 및 저류지 유무의 항목에서 아시아 공원의 위험도 평가 점수가 높게 나타난 결과로 볼 수 있다. 산지형 공원의 경우 도곡 공원 12.971이 배봉산 공원 12.595보다 높은 지수를 보이고 있으며, 이는 재해영향 요소인 식재지 배수상태, 기초 지반상태, 시설물 구조적 결함 항목에서 도곡 공원의 위험도 평가 점수가 높게 나타난 결과에 기인한다. 풍해로 인한 오픈스페이스 유형별 재해 위험도 평가 지수를 살펴보면 우선 평지형 공원의 경우, 아시아 공원이 13.759로 서울숲 12.971보다 높은 지수를 나타냈으며, 이는 재해영향 요소인 평가항목에서 수목크기, 기초 지반상태 항목에서 아시아 공원의 위험도 평가 점수가 높게 나타난 결과로 볼 수 있다. 산지형 공원의 경우, 배봉산 공원이 12.412로 도곡 공원 11.760보다 높은 지수를 보이고 있는데, 이는 재해영향 요소인 근계유형, 지주목 유무 항목에서 배봉산 공원의 위험도 평가 점수가 높게 나타난 결과로 볼 수 있다.

재해 유형별 · 오픈스페이스 유형별 위험도 평가 지수의 분석결과, 평지형 공원은 풍해로 인한 위험도 평가 지수가 높았으며, 산지형 공원은 수해로 인한 위험도 평가 지수가 높았음을 알 수 있었다. 이는 평지형 공원의 경우, 강풍으로 인한 수목전도 및 시설물 전도의 위험성이 높고, 산지형 공원의 경우, 호우로 인한 사면붕괴와 수목 및 시설물 침수 피해의 위험성이 높다는 것을 유추할 수 있다. 이와 같이 재해 유형별 · 오픈스페이스 유형별에 따라 재해영향 요소, 즉 평가항목의 중요도는 다르며, 이에 따른 재해 위험도 평가 지수도 각각 다르게 도출됨을 알 수 있었다. 이는 재해 유형에 따른 피해 메커니즘에 따라 피해양상이 다르고, 오픈스페이스 유형별 피해원인의 영향

력이 다르기 때문이라 사료된다. 또한, 대상지 적용을 통해 오픈스페이스의 재해 위험도 평가는 평가항목별 가중치의 결과에 따라 재해 위험도가 평가됨을 알 수 있었다. 한편, 재해 유형별·오픈스페이스 유형별 위험도 평가 지수를 표준화 시켜 백점환산점수를 도출해 본 결과, 평지형 공원의 아시아 공원의 경우 수해 55,800, 풍해 64,763, 서울숲은 수해 51,775, 풍해 61,054, 산지형 공원의 도곡 공원의 경우는 수해 58,428, 풍해 55,459, 배봉산 공원은 수해 58,374, 풍해 58,533의 점수 결과가 도출되었다.

IV. 결론

오픈스페이스의 재해 위험도 평가를 위해 재해 유형에 따른 피해 유형을 살펴보고, 피해를 유발하는 요소도출 및 정량적 평가를 통해 위험도를 평가하였다. 재해 위험도 평가는 재해 유형별(수해, 풍해)·오픈스페이스 유형별(평지형 공원, 산지형 공원)로 구분하고, 유형별 피해원인 및 피해양상의 특징을 구분하여 적용하였다. 평가방법으로는 전문가 설문조사(델파이 조사)를 통한 평가항목 선정 후 최종 도출된 평가항목의 가중치 부여(AHP 조사)를 통해 위험도 평가 지수를 도출하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 수해로 인한 오픈스페이스 유형별 재해 위험도 표준화 점수는 우선 평지형 공원의 경우, 아시아 공원이 55,800점으로 서울숲 51,775점보다 높은 지수를 보이고 있는데, 이는 재해영향 요소인 토질종류, 기초지반 상태, 불투수 면적 비율, 유수지 및 저류지 유무의 항목에서 아시아 공원의 위험도 평가 점수가 높게 나타난 결과로 볼 수 있다. 둘째, 수해로 인한 산지형 공원의 재해 위험도 표준화 점수는 도곡 공원이 58,428점으로 배봉산 공원 58,374점보다 높은 지수를 보이고 있는데, 이는 재해영향 요소인 식재지 배수상태, 기초지반상태, 시설물 구조적 결합 항목에서 도곡 공원의 위험도 평가 점수가 높게 나타난 결과로 볼 수 있었다. 셋째, 풍해로 인한 오픈스페이스 유형별 재해 위험도 평가 지수를 살펴보면 우선 평지형 공원의 경우, 아시아 공원이 64,763점으로 서울숲 61,054점보다 높은 지수를 보이고 있는데, 이는 재해영향 요소인 평가항목에서 수목크기, 기초지반 상태 항목에서 아시아 공원의 위험도 평가 점수가 높게 나타난 결과로 볼 수 있다. 넷째, 풍해로 인한 산지형 공원의 재해 위험도 표준화 점수는 배봉산 공원이 58,533점으로 도곡 공원 55,459점보다 높은 지수를 보이고 있는데, 이는 재해영향 요소인 근계유형, 지주목 유무 항목에서 배봉산 공원의 위험도 평가 점수가 높게 나타난 결과로 볼 수 있다. 이와 같이 재해 유형 및 오픈스페이스 유형에 따른 재해영향 요소, 즉 평가항목의 중요도 및 영향력은 다르게 나타났으며, 이에 따른 재해 위험도 평가 지수 또한 유형별로 다른 결과가 도출되었다. 이

는 재해 유형에 따른 피해 메커니즘이 구분되고, 이로 인한 피해양상은 오픈스페이스 유형별 공간이 갖는 자연적 요소·인공적 요소·사회적 요소에 따라 피해원인의 중요도가 결정되기 때문이라 사료된다.

본 연구는 재해로 인한 오픈스페이스 위험도 평가의 필요성 및 가치를 제기하고, 이에 오픈스페이스만의 재해 위험도 평가 모형을 정립하여 재해 위험성을 분석함으로써, 재해로부터 도시 녹지공간의 재해 위험도를 제고하였다. 자료의 구득성 및 제한적 요소로 인해 연구의 범위를 일부 오픈스페이스에 한정시킬 수밖에 없었으며, 향후 실증적 현장조사를 통한 오픈스페이스의 구조적인 위험도 평가와 위험도 등급 부여를 통한 관리 방안 제시가 이루어져야 할 것이다. 또한 조경공간만의 세분화되고, 다각적 측면에서 재해 위험도 평가의 시행과 더불어 기후변화에 대한 적응정책 및 제도개선 연구가 필요하다.

주 1. 전문가 패널의 크기에 관한 상관관계에서 평균그룹의 오차를 최소화하고 그룹의 신뢰성을 최대화시키기 위해서는 최소한 10명 이상의 패널이 필요하다고 하였으며, 10~15명의 델파이 패널을 선정할 것을 권고한 바 있다(Kwon, 2008). 또한 AHP를 적용하기 위해 필요한 문제에 대한 실무 지식과 전문적 경험이 있는 집단의 규모는 동일 집단 전문가로 10명 이내로도 충분하다고 하였으며(Jeong and Han, 2006), 본 연구에서는 조사의 전문성과 공정성을 확보하기 위하여 델파이 조사의 전문가 패널로 선정되었던 전문가로 선정하였다. 델파이 조사와 동일하게 전체 30명을 표집목표인원으로 선정하여 AHP 설문지를 배포하였으며, 30부의 설문지 가운데 총 25부를 회수하였다.

References

1. Choi, Chung Ik(2004) A empirical research on the factors causing natural disasters in metropolitan urban area. Journal of the Korea Regional Development Association 16(4):23-49.
2. Jeong, Il Han(2009) The Disaster Risk Evaluation of the Steep Slope and the Field Application. Ph. D. Dissertation, Kyungpook National University, Daegu, Korea.
3. Jeong, Seung Jun and Bum Su Han(2006) Assessment of "Visit Gyeonggi 2005": The analytic hierarchy process. Journal of Tourism Sciences 30(3): 183-202.
4. Kwon, Tae Il(2008) Study on Drawing Priority of the Influence Factors of Tourist Resort Remodeling Business: Delphi Technic & Analytic Hierarchy Process. Ph. D. Dissertation, Sejong University, Seoul, Korea.
5. Kim, Kyung Tae, Sung Gwan Jung, Kyung Hun Park and Jeong-Hak Oh(2005) Evaluation of landslide susceptibility using GIS and RSI. Korean Journal of Geographic Information Studies 8(1): 75-87.
6. Kim, Kyung Tae, Sung Gwan Jung, Ju Han You and Gab-Su Jang (2008) An assessment of ecological risk by landslide susceptibility in Bukhansan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 22(2): 119-127.
7. Kim, Gi Hong, Sang Yeon Won, Jun Hee Youn and Yeong Sun Song (2008) Hazard risk assessment for national roads in Gangneung city. Korean Journal of Geospatial Information System 16(4): 33-39.
8. Lee, Seok min and Chang Hee Lee(2006) Development of the Regional Safety Assesment Model in Seoul -Focusing on Flood-. The Seoul Institute.
9. Myung, Su Jung(2009) Assessing Vulnerability to Climate Change of the Physical Infrastructure in Korea and Developing Adaptation Stra-

- tegies I, Korea Environment Institute.
10. National Institute of Disaster Prevention Education(2006) A Study on the Damage Mitigation of Slope and Maintenance.
 11. National Disaster Management Institute(2012) Trial and Improvement of community-based Flood Risk Assessment Methods.
 12. Yang, In Tae, Ki Sun Chun and Jae Hoon Park(2006) The effect of landslide factor and determination of landslide vulnerable area using GIS and AHP. Korean Journal of Geospatial Information System 14(1) : 3-12.

Received : 22 July, 2015

Revised : 18 August, 2015 (1st)

1 September, 2015 (2nd)

Accepted : 1 September, 2015

3인익명 심사필