

공원녹지 공간의 지진대피 기능 적절성 평가체계 연구

차오린썬* · 장종평* · 강태호**

*동국대학교 대학원 조경학과 · **동국대학교 경주캠퍼스 조경학과

The Construction of Earthquake Resistance and Hazardous Reduction Suitability Evaluation Systems for Comprehensive Parks

Cao, Lin-Sen* · Zhang, Zhong-Feng* · Kang, Tai-Ho**

*Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Dongguk University

**Dept. of Landscape Architecture, Dongguk University-Gyeongju

ABSTRACT

The lack of research on the suitability of park green spaces as a form of earthquake shelter leads to difficulties in highlighting the functions of these shelters. In this study, the weight value and priority of 27 indexes derived from previous studies are calculated by the AHP method and then a score table was established via a transformed score method. The final evaluation grade is divided into five levels: very inadequate, inadequate, general, adequate, highly adequate. Finally, indexes that were difficult to judge were explained. Based on this, the suitability evaluation of park green spaces as a form of earthquake shelter can be performed. The evaluation results can reflect the advantages and disadvantages of park green space as a form of earthquake shelter and indicate directions for construction in the future.

Key Words: AHP Method, Weight Value, Score Table, Index Description

국문초록

도시 공원녹지의 지진대피 기능에 대한 적절성 연구의 부족으로 지진 발생 시 피난 장소로 활용되지 못하고 있는 경우가 많다. 본 연구는 이전 연구를 통하여 도출된 총 27 개의 평가지표들을 중심으로 AHP 기법을 이용하여 각 평가지표별 가중치와 우선순위를 도출하였다. 또한, 이러한 평가지표들 간의 상대적인 중요도를 토대로 100점을 기준으로 변환점수 계산을 통하여 공원녹지 적절성 평가지표들에 대해 점수화하여 평가점수표를 작성하였다. 그리고 최종 평가점수 등급은 매우 부족, 부족, 보통, 양호, 우수 등 5 개 등급을 설정하였다. 따라서 공원녹지 공간의 지진대피 기능 적절성을 평가할 수 있는 평가체계가 구축되었다. 마지막으로 판단하고 이해하기가 쉽지 않는 지표들에 대한 평가 방법을 설명하였다. 평가 결과는 공원녹지의 지진대피 공간으로써의 장단점 분석이 가능하여 도시 공원녹지의 지진대피 기능을 향상시킬 수 있는 방향을 명확히 제시할 수 있다.

주제어: AHP 기법, 가중치, 평가점수표, 지표 조사

Corresponding author: Tai-Ho Kang, Dept. of Landscape Architecture, Dongguk University-Gyeongju, Gyeongju 38066, Korea, Tel.: +82-54-770-2232, E-mail: kth@dongguk.ac.kr

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

2016년 경상북도 경주지역에서 빈번히 발생한 지진은 한국이 더 이상 지진으로부터 안전한 지대가 아님을 전 국민에게 확실히 인지하게 하였다. 도시의 공원 녹지는 넓은 공간, 적은 건축물, 상대적으로 충분한 생활시설과 안전한 시설을 갖추었기 때문에 도시의 중요한 피난 장소이다. 따라서 공원녹지는 도시의 재해대책 체계 수립에 있어 중요한 부분이므로 다른 피난 장소 또는 학교 운동장이나 주차장과 유기적으로 결합하여 도시 전체의 재해 대책 능력을 향상시킨다(Chu *et al.*, 2008).

그러나 대부분 도시의 공원녹지는 계획 및 설계, 시공과 관리에 있어 적합한 지침이 부족하기 때문에 지진 발생 시 재해대피 기능을 충분히 발휘할 수 없는 실정이다. 이는 공원녹지 공간의 지진대피 장소로서의 기능에 대한 연구가 부족하여 공원녹지 조성 시 적절하게 반영하지 못하였기 때문이다. 따라서 공원녹지가 지진대피공간으로서의 적절성을 갖는지에 대한 판단은 도시 방재 체계 수립에 매우 중요한 요소가 된다.

따라서 본 연구는 '공원녹지 공간의 지진대피 기능은 적절한가?'라는 질문의 답을 모색하는 과정이다. 우선 이전 연구를 통하여 관련 연구 성과에 부응하면서 국제적 경험이 반영된 적절성 평가후보지표들을 설정하였으며, 델파이기법을 이용하여 공원녹지 적절성 평가지표를 도출하였다. 다음으로 본 연구는 도출된 총 27 개의 평가지표들을 중심으로 계층분석적 의사결정(AHP: Analytic Hierarchy Process)을 활용하여 각 평가지표별 가중치와 우선순위를 도출하여 공원녹지 공간의 지진대피 기능 적절성 평가체계를 구축하고, 변환점수를 통하여 각 지표의 평가점수표를 작성을 목적으로 한다. 연구 결과는 도시의 공원녹지 계획 수립 시 지진대피 기능 적절성 평가에 적용 가능하다.

2. 이론적 고찰

일본은 자연 재해가 빈번히 발생하고 있는 국가이기 때문에, 도시의 방재공원녹지 조성에 많은 노력을 기울여 왔다. 일본은 이미 1993년 도시공원법 시행령을 개정하면서 도시공원을 긴급 구호 시 필요한 시설로 규정하고, 방재공원 개념을 정립하였다(Shen and Saito, 2007). 특히 규모가 큰 도시 공원은 평소에는 운동과 휴식, 유희 등의 기능을 제공하나, 재해 발생 시에는 좋은 피난 장소가 된다(Lei, 2007). 일본에서는 재해 상황 속에서 피난지역의 면적, 일인당 피난 면적, 피난 시간, 피난 거리와 피난 속도 등 지진 대피와 관련된 녹지 지표를 수립하였다(Hu, 2013). Shen(2007)은 일본 대주(大洲)공원을 대상으로 평소와 재해 발생 시에 공원의 이용 상황을 분석하여 '평상시'

와 '재해시'를 서로 결합해야 한다고 강조하였다. 공원의 안전성과 재해시 서비스 효과성 측면에서 대주 공원의 방재 기능을 설명하였으며, 식물 배치, 도로와 광장, 물 관련 시설, 정보시설과 보존장고 등의 중요성을 강조하였다(Shen and Saito, 2007). Zhang(2007)은 일본의 주요 방재공원들에 대한 현장답사에 근거하여 에너지 공급, 정보통신 및 조명시설, 수처리시설 등 방재공원 건설의 주요 요소를 제시하였다. 일본의 방재공원은 자체의 안전성과 이체민에 대한 서비스 효과성 등이 주요 지표로 구성되어 있다(Zhang, 2007).

2008년 5월 발생한 원촨(汶川) 지진으로 인해 중국은 지진대피 장소으로써 공원녹지의 중요성을 인식하게 되었다. 이를 계기로 중국은 도시의 공원녹지 피난 기능을 주요 설계 원칙으로 설정하였고, 방재공원녹지에 대한 학술 연구도 활발하게 이루어졌다. Xiao는 공원녹지의 안전 환경, 공간 분포와 응급 능력 등 3가지 측면에서 지질지형, 수문환경, 건물과 인구밀도, 녹지 서비스 범위 등 47개의 지표들을 포함하는 평가 체계를 수립하였으며, ArcGIS를 활용하여 창사(長沙)시에 대한 공원녹지의 지진대피 적절성을 평가하였다(Xiao, 2010). 그러나 과도한 지표들은 적절성 평가 과정에 불편을 겪을 수 있다. Fu는 재해 예방, 재해 저항과 재해 복구 능력 등 3가지 측면에서 녹지의 서비스 용량, 교통, 방화 능력과 정치와 경제 상황 등 19개의 지표들을 포괄하는 평가 체계를 제시하였지만, 정치와 경제 지표는 공원녹지의 지진대피 적절성을 반영하지 못한다(Fu, 2012). Ouyang은 선행 연구의 토대 위에서 원촨지진과 관련된 조사보고를 참조하여 공원녹지의 안전성, 접근성과 서비스 효과성 등 3가지 요소들을 제시하였다. 이에 근거하여 지질조건, 위험성, 시설 안전성 등 23개의 지표들을 도출하였으며, 구린(古林)공원을 대상으로 지진대피 적절성을 연구하였다(Ouyang, 2013). Hu는 공원녹지 체계 및 개소 등 2가지 측면에서 평가 지표들을 각각 도출하여 녹지 분포, 녹지 규모와 도로망 등 15개의 지표들을 포함하는 녹지 체계의 평가 체계와 공원 형태, 도로와 광장, 화장실 등 26개의 지표들을 포함하는 평가 체계를 제시하였다. 그리고 환현(環縣) 공원을 대상으로 평가 방법에 대한 검증을 진행하였다(Hu, 2013). Yu는 공원녹지의 주변 도로상황, 격리 상황과 인구 분포 상황을 바탕으로 방재공원녹지의 접근성에 대한 전문 연구를 진행하여 접근성이 공원녹지의 지진대피 기능에 주요 역할을 하고 있는 것으로 제시하였다. 또한, 염청(鹽城)시를 대상으로 ArcGIS 네트워크해석법을 이용하여 접근성을 분석하였다(Yu, 2014).

선행 연구 분석 결과, 이전의 연구 성과는 공원녹지의 지진대피 기능에 대한 적절성 평가는 이루어졌지만, 바탕이 되는 평가지표가 체계적으로 구축되어 있지 못한 것으로 판단되어 보다 엄격한 분석 과정을 거친 평가지표 설정이 필요한 것으로 판단된다. 평가 체계를 구축하는 한 방법은 평가지표 후보군을 바탕으로 델파이와 AHP 기법을 통하여 분석을 수행하여야 하

나, 선행 연구에서는 이들 과정이 부족하였다. 본 연구는 이전 연구에서 수행한 델파이 분석 결과에 근거하여 AHP 기법, 변환점수 관련 지표 조사를 통하여 공원녹지 공간의 지진대피 기능 적절성 평가체계 수립을 목적으로 한다.

3. 연구 방법

AHP는 1970년대 Saaty에 의해 개발되었으며, 다수의 구성 요소 하에서 다수의 대안들에 대한 우선순위를 산정하는 기법이다. AHP 분석 기법은 요소 간 상호 의존성을 계층구조로 조직화하고, 평가자들의 논리적 판단뿐만 아니라, 직관, 감정 그리고 경험까지도 함께 고려하여 문제를 해결하는 의사결정 기법이다(Saaty, 1987). AHP는 각 단계별 두 개의 요소들 사이의 중요도를 결정하는 과정이다. 중요도는 동일한 단계의 두 개의 요소들에 대한 쌍대비교를 통해서 얻을 수 있다. 즉, n 개의 평가기준이 존재한다고 가정할 때 Matrix $A=(a_{ij})$ 와 같은 쌍대비교 행렬을 조직할 수 있다. 중요도를 평가할 때 9등급의 척도를 이용하면 유연성 있는 가중치를 도출할 수 있다(Zang and Wu, 2000).

각 요소의 중요도를 산정하기 위해서 요소별로 행렬값을 표준화 하고, 이를 $\sum w_i = 1$ 이 되도록 W_i 를 $\sum w_i$ (Column Total)로 나누어서 표준화 행렬(Normalized Matrix)을 도출한다. 도출된 표준화 행렬로 행의 합과 평균을 산정할 수 있으며, 그 값은 각 요소의 가중치로 나타난다.

$$A=(a_{ij}) = \begin{Bmatrix} w1/w1 & w1/w2 & - & - & - & w1/wn \\ w2/w1 & w2/w2 & - & - & - & w2/wn \\ - & - & - & - & - & - \\ - & - & - & - & - & - \\ wn/w1 & wn/w2 & - & - & - & wn/wn \end{Bmatrix}$$

따라서 정합도 지수(CI)와 일관성 비율(CR)에 의거하여 쌍대비교로 도출된 가중치에 대한 일관성을 갖는지를 검증한다. CI와 CR은 다음의 산식과 같다. RI(Random Index: RI)는 무작위 지수이다(Table 1 참조). CI는 응답자의 응답이 일관될 수록 작은 값을 갖는다. 일관성 비율이 0.1 이하이면 일관성이 있는 것으로 판단할 수 있다.

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad C.R. = C.I./R.I.$$

II. 평가지표 최종 도출

Table 1. Random consistency index(RI)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.46	1.46

1. 평가지표 후보군 도출

재해 발생 시 장소의 안전성은 재해 대피 장소가 되기 위한 선결 조건이므로 학교 운동장과 도시 공원 등이 피난 장소가 될 수 있는 이유이다(Fu, 2012). 이들 장소는 기본적인 생활 보장 서비스를 제공할 능력을 가지고 있어야 한다. 또한, 도로는 지진 발생으로 인해 크게 훼손될 우려가 크므로 주민의 순조로운 피난 장소 도출에 필요한 주요 요인이 된다. 그러므로 도시의 공원녹지의 내진과 피난 기능의 적절성은 주로 공원녹지 내부와 주변 환경의 안전성, 접근성과 서비스 효과성에 달려 있다(Bao and Chen, 2004)(Figure 1 참조). 또한, 선행 연구 성과를 기초로 하여 일본과 중국 등 해외 지진 대피 경험과 관련 기준을 참조하고, 관련 전문가의 지도를 받아 평가 후보군 지표를 선정하였으며, 그 결과, 안전성·접근성·서비스 효과성 3개 평가분야에 각 11개, 11개, 15개 총 37개의 후보지표가 선정되었다(Table 2 참조).

2. 평가지표 최종 도출

평가지표 후보군에 대한 델파이기법의 3차 라운드에 걸친 폐쇄형·선택형 질문을 통해 각 항목의 필요성 및 중요도에 대해 분석하고, 생성된 이론을 토대로 전문가들의 합의를 도출하였다. 그 결과, 후보평가지표가 총 37개 중에서 10개의 평가지표들을 제거하고, 27개의 평가지표들을 최종적으로 도출하였으며, 안전성 분야에서 총 8개 지표, 접근성 분야에서 총 6개 지표, 서비스 효과성 분야에서 총 13개의 지표가 선정되었다. 분석 결과는 Figure 2와 같다(Cao and Kang, 2017).

III. AHP 기법을 통한 평가체계의 구축

1. 전문가 설문

방재공원을 효과적으로 조성하거나 평가하기 위해서는 선정

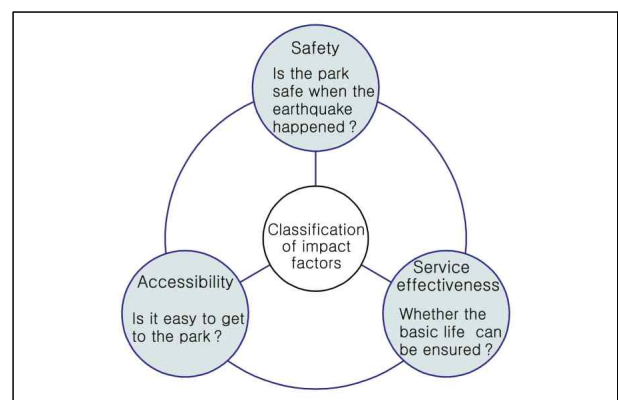


Figure 1. Classification of impact factors

Table 2. The evaluation indexes of candidate group

Fields	Evaluation indexes	
Safety (11개)	Natural environment	Geology, landform, hydrology
	Artificial environment	Peripheral disaster source, peripheral building, building in the park, fire-proofing capability, buffer zone
	Plant protection	Plant distribution, plant number, plant species
Accessibility (11개)	Park form	Park location, function partition, park and urban tissue
	Road conditions	Peripheral roads, park entrance, park road conditions, tarmac
	Urban resistance	Insulation condition, crowd congestion
	Degree of fit	Distance perception, residents psychological habits
Service effectiveness (15개)	Service capacity	Park scale, effective refuge area
	Convenience	Toilet, power supply and lighting, water supply and drainage, information dissemination, square area, green rate, landscape fragmentation, landscape shape
	Cooperation ability	Medical treatment agencies, fire agencies, public security organization, living material supply, park management facility

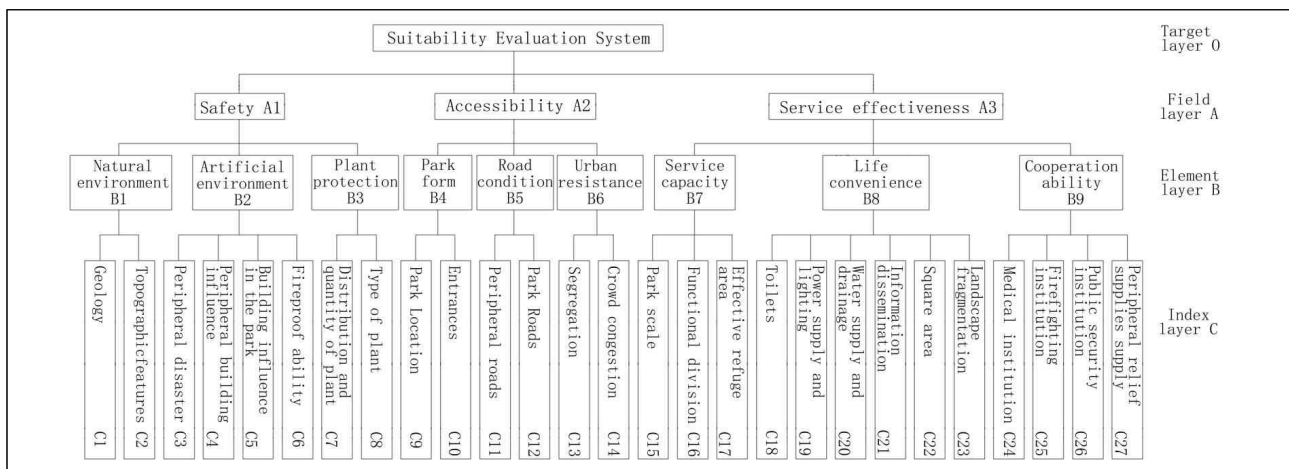


Figure 2. The suitability index system of a comprehensive park as an emergency shelter

된 공원녹지의 지진대피 적절성 평가 지표에 대한 중요도 값을 측정하여야 한다. 이를 위해 전문가 집단을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 전문가 집단은 AHP 척도의 원리를 이해하고 판단할 수 있는 능력을 갖춘 도시계획, 건축학, 조경학, 방재학 등 관련 분야 전공자로서 박사학위과정 이상 27명을 선정하였다. 전문가 집단의 인구통계학적 특성을 정리하면 Table 3과 같다. AHP 분석에 사용된 전문가 집단의 학력수준별 분포적 특성을 살펴보면, 전체 응답자의 48.2%가 박사 그리고 전체 응답자의 29.6%가 석사학위 소지자 이상인 것으로 나타났다. 한편, 전체 응답자의 63.0%가 관련분야에서 20년 이상의 종사 경력을 가진 전문가 집단으로 구성되어 있는 것으로 분석되었다. 조사기간은 2017년 6월 12일부터 25일까지 14일간에 걸쳐서 조사를 실시하였다. 설문 내용은 각 계층별로 분류된 지표간의 쌍대비교를 통하여 중요도를 측정하였다.

2. 요소층 가중치 산정

Table 3. AHP experts profiles

	Item	Number of experts	Ratio(%)
Profession	Landscape	10	37.0
	Architecture	4	14.8
	Disaster-prevention	4	14.8
	Planning	5	18.6
	Geography	4	14.8
	Total	27	100.0
Education	Doctor	13	48.2
	Master	8	29.6
	Bachelor	6	22.2
	Total	27	100.0
Seniority	5~10 years	3	11.1
	10~20 years	7	25.9
	20~30 years	13	48.2
	>30 years	4	14.8
	Total	27	100.0

요소층(B)에 대한 각 항목의 중요도 평가는 다음과 같은 과정을 통해 구할 수 있다. 먼저 9개 항목 간의 상대적 중요성을 평가하기 위해 Table 4와 같은 쌍대비교행렬을 작성하였다. AHP 기법의 요구에 따라 판단 행렬M(0-B)을 구축하여 각 항목의 가중치가 산출되었다. 평가 결과, 일관성 비율(CR)이 0.0193이고, 0.1 이하로 되어서 일관성 검증을 통과되었다. 이에 따라 9개 항목별 우선순위를 정하였다(Table 4 참조).

지진대피공간으로써의 공원녹지 적절성 평가에 대한 9개 요소 중 자연 환경이 0.225점으로 가장 높은 가중치가 있는 요소로 나타났으며, 식물의 보호 효과가 0.056점으로 가장 낮은 요소로 나타났다. 다른 항목들의 가중치는 인공 환경 0.164, 공원 형태 0.115, 팀워크 0.104, 도로 상황 0.098, 서비스 용량 0.089, 대피 생활 편의성 0.078, 도시 장애가 0.069로 나타났다. 분석 결과, 전문가의 의견은 방재공원 자신의 안전성과 공원의 위치와 그에 따른 주변 지원 능력도 중요하다고 판단하였다.

3. 지표층 가중치 산정

지표층(C)에 각 지표들에 대한 가중치를 구하기 위하여 먼저 각 요소층 하부 지표간의 상대적 중요성을 Table 5~13과 같이 쌍대비교행렬로 평가하였다. AHP 기법의 요구에 따라 판단 행렬 1M(B1-C), 2M(B2-C), 3M(B3-C), 4M(B4-C), 5M(B5-C), 6M(B6-C), 7M(B7-C), 8M(B8-C), 9M(B9-C)을 구축하여 각 지표의 가중치가 산출되었다. 이들은 모두 일관성 검증을 거쳐 기준에 도달하였다(CR<0.10)(Table 5~13 참조).

분석 결과, 자연 환경 요소 중 지표 지질은 0.65점으로 나타났고, 지표 지형보다 더 중요하다. 인공 환경 요소 중 지표 방화 능력은 0.38점으로 가장 높게 나타났으며, 주변 재해 요소(0.30), 주변 건물 영향(0.18), 내부 건물 영향(0.14) 순으로 나타났다. 식물의 보호효과 요소 중 지표 식물 배치 및 수량(0.58)은 식물 종류(0.42)보다 약간 중요하다. 공원 형태 요소 중 지표 공원 입지는 0.79점으로 가장 높게 나타났고, 도로 상

Table 5. M(B1-C)Judgment matrix and factor weights

Natural environment	C1	C2	W
Geology C1	1.00	1.86	0.65
Topographic features C2	0.53	1.00	0.35

$\lambda_{\max}=2$, CR=0.00<0.10, RI=0.00.

Table 6. M(B2-C)Judgment matrix and factor weights

Artificial environment	C3	C4	C5	C6	W
Peripheral disaster C3	1.00	1.61	2.46	0.69	0.30
Peripheral building influence C4	0.62	1.00	1.36	0.43	0.18
Building influence in the park C5	0.41	0.74	1.00	0.47	0.14
Fireproof ability C6	1.45	2.33	2.13	1.00	0.38

$\lambda_{\max}=4.0274$, RI=0.90, CR=0.0103<0.10.

Table 7. M(B3-C)Judgment matrix and factor weights

Plant protection	C7	C8	W
Distribution and quantity C7	1.00	1.38	0.58
Type of plant C8	0.72	1.00	0.42

$\lambda_{\max}=2$, RI=0.00, CR=0.00<0.10.

Table 8. M(B4-C)Judgment matrix and factor weights

Park form	C9	C10	W
Park location C9	1.00	3.71	0.79
Entrances C10	0.27	1.00	0.21

$\lambda_{\max}=2$, RI=0.00, CR=0.00<0.10.

Table 9. M(B5-C)Judgment matrix and factor weights

Road condition	C11	C12	W
Peripheral roads C11	1.00	2.09	0.68
Park roads C12	0.48	1.00	0.32

$\lambda_{\max}=2$, RI=0.00, CR=0.00<0.10.

Table 4. M(0-B)Judgment matrix and factor weights

Layer B	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	W
Natural environment B1	1.00	1.64	3.8	3.20	2.43	2.65	2.10	2.54	1.82	0.225
Artificial environment B2	0.61	1.00	3.21	2.16	1.75	2.55	1.64	1.86	1.38	0.164
Plant protection B3	0.26	0.31	1.00	0.61	0.85	1.04	0.47	0.59	0.38	0.056
Park form B4	0.31	0.46	1.64	1.00	1.36	1.72	2.14	1.65	1.27	0.115
Road condition B5	0.41	0.57	0.18	0.73	1.00	1.04	1.13	1.43	1.78	0.098
Urban resistance B6	0.37	0.39	0.96	0.58	0.96	1.00	0.78	0.84	0.68	0.069
Service capacity B7	0.48	0.61	2.13	0.47	0.89	1.28	1.00	1.13	0.88	0.089
Life convenience B8	0.39	0.54	1.69	0.61	0.70	1.19	0.89	1.00	0.67	0.078
Cooperation ability B9	0.55	0.72	2.63	0.79	0.56	1.47	1.14	1.49	1.00	0.104

$\lambda_{\max}=9.225$, RI=1.45, CR=0.0193<0.10

Table 10. M(B6-C)Judgment matrix and factor weights

Urban resistance	C13	C14	W
Segregation C13	1.00	1.86	0.65
Crowd congestion C14	0.54	1.00	0.35

$\lambda_{max}=2$, $RI=0.00$, $CR=0.00<0.10$.

Table 11. M(B7-C)Judgment matrix and factor weights

Service capacity	C15	C16	C17	W
Park scale C15	1.00	2.47	0.65	0.36
Functional division C16	0.40	1.00	0.43	0.17
Effective refuge area C17	1.54	2.33	1.00	0.47

$\lambda_{max}=3.0268$, $RI=0.58$, $CR=0.0258<0.10$.

Table 12. M(B8-C)Judgment matrix and factor weights

Life convenience	C18	C19	C20	C21	C22	C23	W
Toilets C18	1.00	1.70	0.46	1.41	2.78	2.33	0.21
Power supply and lighting C19	0.59	1.00	0.66	0.88	1.78	1.52	0.150
Water supply and drainage C20	2.17	1.52	1.00	1.56	2.60	3.03	0.290
Information dissemination C21	0.71	1.14	0.64	1.00	1.70	1.58	0.160
Square area C22	0.36	0.56	0.38	0.59	1.00	1.44	0.097
Landscape fragmentation C23	0.42	0.66	0.33	0.63	0.69	1.00	0.089

$\lambda_{max}=6.0919$, $RI=1.24$, $CR=0.0146<0.10$.

Table 13. M(B9-C)Judgment matrix and factor weights

Cooperation ability	C24	C25	C26	C27	W
Medical institution C24	1.00	0.63	2.24	1.98	0.29
Firefighting institution C25	1.59	1.00	3.37	2.65	0.43
Public security institution C26	0.45	0.30	1.00	0.59	0.12
Peripheral relief supplies supply C27	0.51	0.38	1.70	1.00	0.17

$\lambda_{max}=4.0174$, $RI=0.90$, $CR=0.0065<0.10$.

항 요소 중 지표 주변 도로(0.68)는 내부 도로(0.32)보다 중요한 것으로 나타났다. 도시 장애 요소 중 지표 격리 상황(0.65), 군중 밀집도(0.35) 순으로 나타났으며, 서비스 용량 요소 중 유효한 피난 면적은 0.47점으로 높게 나타났다. 대피 생활 편의성 요소 중 지표 급·배수 시설(0.29)과 화장실(0.21)은 가장 높게 나타났으며, 팀워크 요소 중 지표 소방 기관(0.43)은 제일 중요하다고 판단하였다.

4. 평가지표 가중치 최종 도출

AHP 기법을 통해 평가지표 체계 중 요소층 각 요소들이 목적층에서 차지하는 가중치와 지표층 각 지표들이 요소층에서 차지하는 가중치를 산출하였다. 이를 근거하여 분야층 각 분야들과 지표층 각 지표들이 목적층에서 차지하는 가중치를 산출할 수 있다. 산출 결과, 지표들의 중요성 순위는 Table 14와 같다.

분석 결과, 분야층에 있어서는 3개의 분야 중 안전성은 0.445 점으로 가장 높게 나타났으며, 접근성과 서비스 효과성이 중요도 점수 각각 0.283, 0.272로 비슷하게 나타났다. 이로부터 공원녹지 공간은 지진대피공간으로서 자신의 안전성 분야가 가장 우선적으로 고려되어야 하는 것을 알 수 있다.

지표층 중 지표들의 전체 가중치를 선정하여 우선순위를 도출하였다. 결과를 보면 지질 환경은 0.146점으로 가장 높게 나타났다. 공원 입지와 지형 상황은 각각 0.091, 0.079로 그 뒤를 이었다. 그러므로 공원녹지의 자연 환경과 위치는 지진대피 공간으로써의 선결 조건이라고 판단된다(Table 14 참조).

Table 14. Weight of related evaluation indexes

Layer A	Layer B	Layer C	Partial. W	Overall. W	Ranking
Safety 0.445	Natural environment 0.225	C1	0.65	0.146	1
		C2	0.35	0.079	3
	Artificial environment 0.164	C3	0.30	0.049	6
		C4	0.18	0.030	13
		C5	0.14	0.023	18
		C6	0.38	0.062	5
	Plant protection 0.056	C7	0.58	0.032	10
		C8	0.42	0.024	15
Accessi- bility 0.283	Park form 0.115	C9	0.79	0.091	2
		C10	0.21	0.024	17
	Road condition 0.098	C11	0.68	0.067	4
		C12	0.32	0.031	12
	Urban resistance 0.069	C13	0.65	0.045	8
		C14	0.35	0.024	16
Service effec- tiveness 0.272	Service capacity 0.089	C15	0.36	0.032	11
		C16	0.17	0.015	22
		C17	0.47	0.042	9
	Life convenience 0.078	C18	0.21	0.016	21
		C19	0.15	0.012	23
		C20	0.29	0.023	19
		C21	0.16	0.012	24
		C22	0.097	0.008	26
		C23	0.089	0.007	27
	Cooperation ability 0.104	C24	0.29	0.030	14
		C25	0.43	0.045	8
		C26	0.12	0.012	25
		C27	0.17	0.018	20

5. 변환점수 계산 및 평가점수표 작성

1) 평가분야에 대한 평가지표의 변환점수 계산

상대적 중요도를 고려한 공원녹지 공간의 지진대피 기능 적절성 평가지표를 개발하기 위하여 먼저, 평가요소 간 변환점수를 종합점수 100점을 기준으로 도출하였다. 평가요소 간 변환점수는 Table 15와 같다. 평가요소의 변환점수를 살펴보면, 종합점수와 상대적 중요도(가중치)를 고려하며, 자연 환경은 22.5점, 인공 환경은 16.4점, 식물 보호는 5.6점, 공원 모양은 11.5점, 도로는 9.8점, 도시 저항은 6.9점, 서비스 능력은 8.9점, 생활 편리성은 7.8점, 협력 능력은 10.4점으로 나타났다.

2) 각 요소별로 평가지표의 변환점수 계산

자연 환경에 대한 평가지표의 변환점수는 위의 평가분야에서 상대적 중요도를 고려하여 도출된 종합점수를 기준으로 하였다. 자연 환경은 상대적 중요도와 종합점수 100점을 기준으로 22.5점의 중요도로 나타났다. 따라서 자연 환경에 대한 평가지표의 변환점수는 자연 환경 지표 간 상대적 중요도와 종합점수 22.5점을 기준으로 도출하였다. 공원녹지 자연 환경에 대한 평가지표의 변환점수는 Table 16과 같다. 다른 요소별로 평가지표의 변환점수는 같은 이치로 계산될 수 있다. 본 논문의 간결성을 고려하여 다른 지표의 계산과정을 더 반복하여 서술하지 않는다.

3) 변환점수를 이용한 평가점수표 작성

위의 상대적 중요도와 변환점수를 이용하여 최종적으로 지진대피공간으로써의 공원녹지 적절성 평가점수표를 개발하였

Table 15. Transformed score of the evaluation elements

Fields	W	Formula	Transformed score
Natural environment	0.225	0.225×100	22.5
Artificial environment	0.164	0.164×100	16.4
Plant protection	0.056	0.056×100	5.6
Park form	0.115	0.115×100	11.5
Road condition	0.098	0.098×100	9.8
Urban resistance	0.069	0.069×100	6.9
Service capacity	0.089	0.089×100	8.9
Life convenience	0.078	0.078×100	7.8
Cooperation ability	0.104	0.104×100	10.4
Total	1.000	-	100.0

Table 16. Transformed score of the related evaluation indexes

Evaluation indexes	W	Formula	Transformed score
Geology	0.65	0.65×22.5	14.6
Topographic features	0.35	0.35×22.5	7.90
Total	1.00	-	22.5

다. 종합점수는 100점을 기준으로 하였고, 각 평가지표는 5개의 평가등급(매우 부족함, 부족함, 보통, 양호, 매우 양호)으로 설정하여 공원녹지 적절성 상태에 평가할 수 있는 평가점수표를 작성하였다(Xu *et al.*, 2013). 그 내용은 Table 17과 같다.

4) 최종 평가점수 선정

따라서 지진대피공간으로써의 공원녹지 적절성을 평가할 때 최종 얻은 평가점수는 5등급으로 구분할 수 있다(Table 18)

Table 17. Evaluation score table

Field	Element	Index	Evaluation grade				
			A	B	C	D	E
Safety	Natural environment	C1	0	3.7	7.3	11.0	14.6
		C2	0	2.0	4.0	5.9	7.9
	Artificial environment	C3	0	1.2	2.5	3.7	4.9
		C4	0	0.8	1.5	2.3	3.0
		C5	0	0.6	1.2	1.7	2.3
		C6	0	1.6	3.1	4.7	6.2
	Plant protection	C7	0	0.8	1.6	2.4	3.2
		C8	0	0.6	1.2	1.8	2.4
Accessi-bility	Park form	C9	0	2.3	4.6	6.8	9.1
		C10	0	0.6	1.2	1.8	2.4
	Road condition	C11	0	1.7	3.4	5.0	6.7
		C12	0	0.8	1.6	2.3	3.1
	Urban resistance	C13	0	1.1	2.3	3.4	4.5
		C14	0	0.6	1.2	1.8	2.4
Service effective-ness	Service capacity	C15	0	0.8	1.6	2.4	3.2
		C16	0	0.4	0.8	1.1	1.5
		C17	0	1.1	2.1	3.2	4.2
	Life convenience	C18	0	0.4	0.8	1.2	1.6
		C19	0	0.3	0.6	0.9	1.2
		C20	0	0.6	1.2	1.7	2.3
		C21	0	0.3	0.6	0.9	1.2
		C22	0	0.2	0.4	0.6	0.8
		C23	0	0.2	0.4	0.5	0.7
	Cooperation ability	C24	0	0.8	1.5	2.3	3.0
		C25	0	1.1	2.3	3.4	4.5
		C26	0	0.3	0.6	0.9	1.2
		C27	0	0.5	0.9	1.4	1.8

Note: A=Very inadequate, B=Inadequate, C=General, D=Adequate, E=Very adequate.

Table 18. The grade of final evaluation score

Final score	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
Grade	Very inadequate	Inadequate	General	Adequate	Very adequate

참조). 0~20점은 공원녹지 지진대피공간으로의 적절성이 매우 부족해서 이런 공원녹지가 지진 대피 공간으로 가능할 수 없거나 당장 개선할 필요가 있고, 20~40점은 공원녹지의 적절성 수준이 부족해서 약한 지표에 대해 당장 개선할 필요가 있으며, 40~60점은 보통수준이고 공원 현황이 개선할 점이 많다는 뜻이다. 60~80점은 공원녹지 지진대피공간으로의 적절성 수준은 양호해서 개별 약한 지표에 대해 개선할 필요가 있고, 80~100점은 우수 수준이며, 이런 공원녹지가 지진 대피 장소를 되기에 매우 적합해 현황이 그대로 유지하면 된다는 뜻이다.

IV. 관련 지표의 조사

평가 체계에는 대부분의 지표들이 이해하기 쉽고 계량화하기도 어렵지 않다. 다음에 평가 체계 중에 이해하기 비교적 쉽지 않은 5개 지표들에 대한 의미와 계량화 방법을 설명하였다.

1. 지형 상황

지진 발생 시 산지나 분지 지형에서는 산사태나 유출 수 등에 의한 제2차 재해 발생이 수반된다. 또한, 평지가 아닌 곳에서는 천막 등 임시 숙소를 건립하기도 힘들다. 따라서 일반적으로 이상적인 방재공원의 경사도는 10° 보다 낮아야 한다(Fei *et al.*, 2012). 공원의 지형 평가는 수치 지형도를 기초자료로 지리 정보 시스템(ArcGIS) 프로그램의 경사도 분석 기능을 활용한다.

2. 식물의 보호 효과

방재공원의 식물 선정은 식물의 방화 성능을 고려하여야 한다. 일반적으로 식물의 함수율이 높을수록 방화 성능은 더 높다(Tang *et al.*, 2008). 그리고 식물의 크기와 수형도 고려되어야 한다. 식물 배치 방식도 식물의 방화 성능에 직접적인 영향을 미친다. 일본은 방재공원 건설에 대한 장기적인 경험을 근거하여 'FPS' 식물 배치 방식을 수립하였다(Yohei and Shen, 2007). FPS는 발화원에서 피난 공간까지의 구역을 나누는 기준으로 F구역: 화재위험지대(Fire danger zone), P구역: 방화 식생지대(Vegetation areas against fires), S구역: 피난 공간(Refuge square)으로 구분한다(Figure 3 참조). 각 구역은 서로 다른 기능에 따라 맞춤형 식물 배치를 진행한다. F구역은 함수율이 높고 가연성 기체가 적은 식물을 선정하여야 한다. P구역은 F구역보다 내화성이 더 강한 식물을 배치하여야 하고, 일반적으로 상록활엽수를 고려한다. S구역에서는 발화원과 거리가 멀기 때문에 일반적인 식물이 배치될 수 있지만 큰 교목은 광장 이용에 제한적 영향을 주므로 피해야 한다. P구역을 이용하여 화재위험지대와 피난 공간을 분리시키고, 효과적

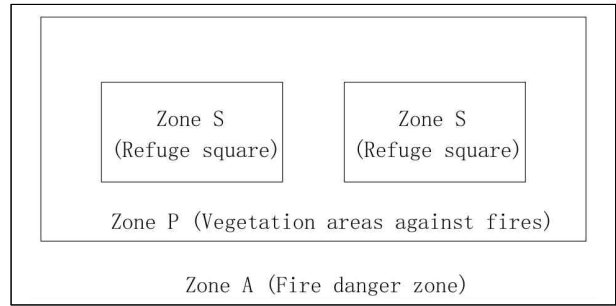


Figure 3. Japan 'FPS' plant planting pattern

로 S구역을 보호한다.

3. 접근성 관련 지표

접근성은 한 곳에서 다른 곳으로 이동하는 난이도도로 항상 시간과 비용, 거리 등의 지표로 평가할 수 있다(Sung and Shin, 2005). 공원 접근성에 대한 연구방법은 크게 간격법, 기회법과 네트워크해석법(Network Analysis Method)으로 나뉘어 있다. 네트워크해석법은 네트워크(교통 도로망, 전력 계통)의 상태를 연구하며, 네트워크에서 자원의 배분 상황을 분석하는 것을 통하여 실제 문제를 추상화고, 모형화 하여 처리하는 연구 방법이다(Chen and xiu, 2016). 방재공원 접근성에 대한 평가는 도시 교통 도로망의 벡터 데이터와 인구 분포 상황을 기초자료로 지리정보 시스템 프로그램의 네트워크 분석 기능을 이용하고 진행할 수 있다(Ye *et al.*, 2008).

4. 공간 구분

공원의 공간 구분은 같거나 비슷한 기능을 가진 장소나 시설을 한 지역에 배치하여 집단화 시키고 기능의 중복을 줄이는 것이다(Gao, *et al.*, 2012). 공간 구분은 공원 기능의 완전 정도, 균형 수준과 호환 능력과 관련 있다. 지진 발생 후 양호한 공간 구분은 각 공간 특성에 따라서 효과적으로 신속하게 피난을 위한 공간과 시설로 전환할 수 있다. 2011년 준공된 일본 대주(大洲)공원은 평소에는 주변 주민을 위한 휴식과 오락의 장소로 제공되고, 재해 발생 시 임시의 피난 장소로 제공될 수 있도록 조성되었다(Yohei and Shen, 2007)(Figure 4 참조).

5. 경관 파쇄도

경관 파쇄도는 공원 공간 구조의 복잡 정도를 반영한다. 같은 면적의 공원녹지에 대하여 패치수가 많을수록 경관의 복잡 정도가 커진다. 지진 발생 후 기본적인 열린 공간으로서 공원녹지 내 포장, 광장과 잔디 등은 피난 생활의 편의성을 위하여 크기와 규모를 보장해야 하고, 같은 규모의 공간에 대해 전체

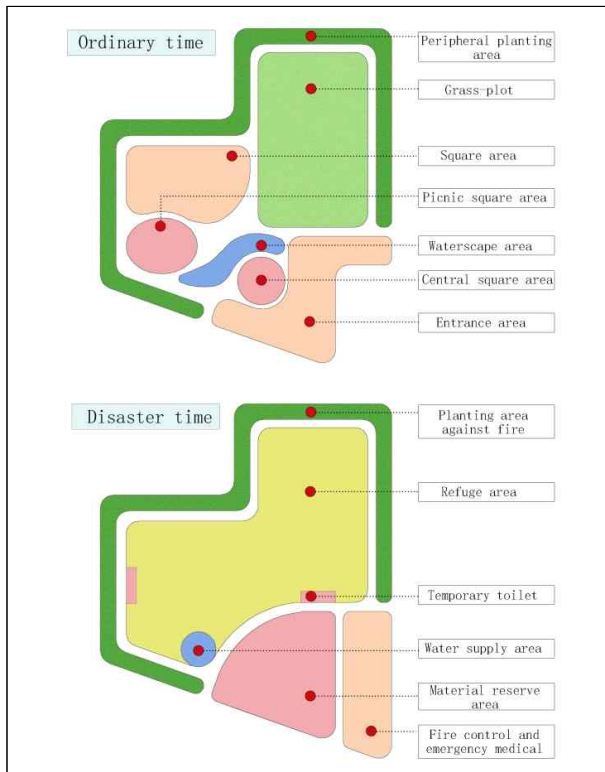


Figure 4. Function transformation of the park

성이 좋을수록 이용 효율이 높다(Figure 5 참조). 경관 파쇄도에 대한 계량화 계산 공식은 다음과 같다(Ouyang, 2013).

$$W = M/S$$

여기서 W: 공원녹지 경관 파쇄도

M: 도로, 광장, 녹지 등 패치수

S: 공원녹지의 전체 면적

V. 결론

본 연구는 '공원녹지 공간의 지진대피 기능은 은 적절한가?'라는 물음에서 시작하였다. 도시의 공원녹지는 중요한 시설로 재해 발생 시 방재와 피난 역할을 하고 있다(Bao and Chen,

2004). 그러나 공원의 위치는 접근성과 시설 등 여건이 부족하여 효과적인 방재 기능을 발휘하지 못하고 있다. 본 연구는 '공원녹지 공간의 지진대피 기능 적절성 평가' 임을 기본전제로 하여, 앞 연구 성과를 기초하여 공원녹지 적절성을 평가할 수 있는 평가체계를 구성하고 평가지표들을 점수화하는 과정에 대한 해결책을 모색하는 것이다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 37개의 평가지표 후보군에 대한 델파이기법의 3차 라운드에 걸친 폐쇄형·선택형 질문을 통해 27개의 평가지표들을 최종적으로 도출하였으며, 안전성, 접근성, 서비스 효과성의 3개 평가분야의 각 8개, 6개, 13개의 평가지표가 선정되었다.

둘째, 도출된 총 27개의 평가지표들을 중심으로 AHP를 활용하여 각 평가지표별 가중치와 우선순위를 도출하였다. 그 결과, 평가분야에 있어서는 '안전성'이 중요도 점수 0.445로 가장 높게 나타났으며, 접근성(0.283), 서비스 효과성(0.272) 순으로 나타났다. 또한, 평가요소에 있어서는 자연 환경(0.225), 인공 환경(0.164), 공원 형태(0.115)는 3개의 가장 중요한 지표로 나타났다. 세부 평가지표에 있어서는 '안전성' 분야에 있어서는 '지질 안전'이 중요도 0.146으로 가장 높은 우선순위로 나타났고, '서비스 효과성' 분야에 있어서는 '경관 파쇄도'가 중요도 0.007로 가장 낮게 나타났다. 다음에 평가지표들 간의 상대적인 중요도를 바탕으로 가중치와 변환점수를 분석하여 공원녹지 공간의 지진대피 기능 적절성 평가지표들의 평가점수표를 작성하였다. 그리고 적절성에 대해 평가할 때 최종 평가점수 등급은 매우 부족, 부족, 보통, 양, 우수 등 5개 등급을 설정하였다.

셋째, 본 연구에서는 지형 상황, 식물의 보호 효과, 접근성 관련 지표, 공간 구분, 경관 파쇄도 등 판단하고, 이해하기가 쉽지 않는 지표들에 대한 평가 방법을 설명하였다.

후속연구로 각 평가지표의 의미와 각 지표 평가등급의 기준을 설정하며, 본 연구에서 도출한 적절성 평가체계와 평가점수표를 활용하여 도시 공원녹지 공간의 지진대피 기능 적절성 평가를 통해 공원녹지 공간에 대한 지진대피공간으로서의 강약점을 진단해 볼 수 있고, 공원녹지가 피난공간으로 입지하는데 적절성 판단에 적용할 수 있으며, 응급 대피 수준을 높이기 위한 보다 명확한 건설 방향을 제시할 수 있다.

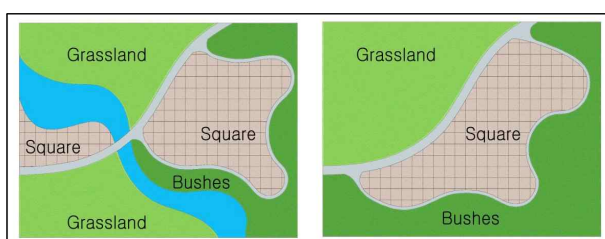


Figure 5. The schematic diagram of landscape fragmentation

References

1. Bao, Z. Y. and B. Chen(2004) Construction of urban green space system and reduction and prevention of urban disaster. Journal of Natural Disasters 13(2): 155-160.
2. Cao, L. S. and T. H. Kang(2017) A study on the suitability impact factors of a comprehensive park as an emergency shelter for earthquakes. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 45(4): 62-70.

3. Chen, C. and C. L. Xiu(2016) Accessibility of disaster prevention green space in shenyang based on betweenness centrality, Chinese Landscape Architecture 3: 122-127.
4. Chu, J. Y., Y. P. Su and R. X. Liu(2008) The integrated design principle of urban disaster prevention parks, World Earthquake Engineering 24(1): 99-102.
5. Fei, W., H. Wang, Y. Shi, K. Zhang and H. U. Wei(2012) Research on urban green space suitability for earthquake resistance and hazardous reduction, Journal of Nanjing Forestry University 36(5): 92-96.
6. Fu, Y.(2012) Study on Suitability Evaluation of Emergency Response to Urban Green Space, Ph.D. Dissertation, Central South University of Forestry and Technology, China.
7. Gao, J., A. Zhang and Y. Z. Zhao(2012) Planning design and practice of disaster prevention park in Japan, Modern Landscape Architecture 4:004.
8. Hu, W.(2013) Study on Suitability for Urban Comprehensive Park Earthquake Resistance and Hazardous Reduction, Master's Dissertation, Nanjing Forestry University, China.
9. Lei, Y.(2007) The planning and construction of urban disaster- prevention parks in Japan after the Hanshin Awaji Earthquake, Chinese Landscape Architecture 7: 13-15.
10. Ouyang, Y. F.(2013) Function Evaluation of the Urban Park Green Space with Earthquake Resistance and Hazard Prevention-Taking Gulin Park as an Example, Master's Dissertation, Nanjing Tech University, China.
11. Saaty, R. W.(1987) The analytic hierarchy process-what it is and how it is used, Mathematical Modelling 9(3-5): 161-176.
12. Shen, Y. and Y. Saito(2007) Inspirations from the disaster prevention with public green space in Japan, Chinese Landscape Architecture 23(7): 6-12.
13. Sung, H. C. and J. Y. Shin(2005) Strategies to improve parks' accessibility in city-focus on Gyeonggi-do region, Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 33(2): 83-91.
14. Tang, J. Q., D. M. Liu and J. Z. Jia(2008) Urban green space planning and construction in consider of city safety in case of disasters, Chinese Landscape Architecture 9: 004.
15. Xiao, S. H.(2010) Function Evaluation of the Urban Green Space System with Disaster Prevention and Danger Avoidance, Ph.D. Dissertation, Central South University of Forestry and Technology, China.
16. Xu, H., W. D. Yu., M. J. Seok and T. H. Kang(2013) A study on construction of management effectiveness evaluation system for world cultural heritage, Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture 31(4): 51-61.
17. Ye, M. W., J. Wang., Y. L. Liu and S. Y. Xu(2008) Study on refuge accessibility of park in inner-city of shanghai based on GIS technique, Geography and Geo-Information Science 2: 024.
18. Yohei Saito and Y. Shen(2007) A study of disaster prevention plan on city green space in Japan, Chinese Landscape Architecture 23(7): 6-12.
19. Yu, S. M.(2014) Spatial Layout Analysis of Urban Park Green Space for Earthquake Resistance and Hazardous Reduction based on Disaster Accessibility, Master's Dissertation, Nanjing Forestry University, China.
20. Zang, C. G. and Z. N. Wu(2000) Improvement and analysis of scale of AHP, Journal of Zhengzhou University of Technology 2: 024.
21. Zhang, J. H.(2007) Trends of Japanese city park disaster prevention and alleviation technologies, Chinese Landscape Architecture 7: 20-21.

Received : 12 November, 2017

Revised : 08 December, 2017 (1st)

02 January, 2018 (2nd)

17 January, 2018 (3rd)

Accepted : 17 January, 2018

3인익명 심사필