

공공시설물 지진대응을 위한 중요도 평가기준에 관한 연구

A Study on Evaluation Criteria for Infrastructure Importance regarding Earthquake

박재우¹, 김석^{2*}

Jae-woo Park¹, Seok Kim^{2*}

〈Abstract〉

The perception of earthquake in Korea has changed due to the earthquake that occurred in Gyeongju and Pohang, and the earthquake has become an important factor in infrastructure management. Damage to infrastructures in the event of an earthquake is extensive. In particular, damage to infrastructures that perform public function used to spread to the whole area. From the point of view of earthquake disaster prevention, it is very important for the public to define what infrastructures are important management targets and to prepare a countermeasure. In this study, we propose a method to evaluate the importance of infrastructure to effectively manage infrastructures for earthquakes. For this purpose, important factors for the railway bridges, power generation and electric power facilities, and apartment complexes are suggested. AHP analysis is conducted to suggest priorities. In addition, the evaluation criteria for infrastructure importance are presented.

Keywords : Infrastructure Importance, Earthquake, Evaluation factor, Infrastructure management

1 정회원, 주저자, 한국건설기술연구원, 건설정책연구소, 수석연구원

1 Construction Policy Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

2* 정회원, 교신저자, 한국교통대학교 철도인프라시스템공학과, 조교수, E-mail: kimseok@ut.ac.kr

2* Dept. of Railroad Infrastructure System Engineering, Korea National University of Transportation

1. 서론

지진은 세계적으로 연간 3만 5,000명의 사망자를 내는 치명적 자연재해로 판경계에 위치한 국가를 중심으로 큰 규모의 지진이 계속 발생하고 있다. 국내도 2016년 9월에 규모 5.8의 경주지진과 2017년 11월에 규모 5.4의 포항지진이 발생했으며, 이로 인해 지진에 대한 경각심이 사회적으로 확산되고 있다[1].

가까운 일본에서는 매달 크고 작은 지진소식이 들려오는 반면에, 한국은 지진학적으로 판 내부에 위치하고 있어, 경주지진 이전까지 상대적으로 지진 빈도가 낮고 지진 규모도 작은 것으로 인식되어 왔다. 하지만, 1978년 지진관측을 시작한 이래 연평균 30회 이상의 지진이 발생하는 것으로 조사되고 있어 안전지대라고 안심할 수 없는 상황이다. 경주와 포항에서 일어난 것과 같이 큰 지진이 발생할 경우, 광범위한 지역에 걸쳐 인적·물적 피해를 끼치게 된다.

지진 발생시 시설물에 발생하는 피해는 광범위하게 이루어진다. 특히, 공익적인 기능을 수행하는 공공시설물에 발생하는 피해는 지진 발생지점에 머물지 않고 지역 전체로 확산되는 특징이 있다. 지진 발생 이후에도 공공시설물이 기능하기 위해서는 내진성능 확보가 중요하다. 하지만, 내진설계대상 공공시설물별 내진성능 확보율을 살펴보면, 2016년 기준 내진설계대상 공공시설물 가운데 43.7%만이 내진성능을 확보하고 있는 것으로 조사되었다[2].

경주 지진 이후 내진보강예산이 전년대비 6.6배 가량 증가하였으나, 내진율을 높이기에는 역부족인 상황이다. 또한 현재 수많은 시설물들이 기 건설된 상황으로 건설된 시점과 설계시점에 따라 내진 설계여부와 안전도 등에서 큰 차이가 있을 수 있으며 주변 현황에 따라서도 그 피해규모가 달라

질 수 있다.

또한, 성수대교 붕괴사고 이후 시설물관리에 대한 중요성이 커지면서, 시설물안전특별법(이하 시특별법)을 제정하고, 주요 공공시설물에 대한 주기적 관리가 이루어지고 있다[3]. 하지만, 시설물을 관리함에 있어 규모, 위치, 이용자수 등을 고려하지 않고 모든 시설물을 관리하는 것은 제한된 인원과 예산 하에서 관리의 어려움을 발생시킨다[4]. 2015년에는 일반적인 시설물의 특성을 반영하여 시설물별 중요도 항목을 도출하는 연구가 수행되었다[5]. 하지만 2015년 연구[5]에서는 재난재해 유형을 특정하지 않고 시설물의 물리적 특성과 기능만을 고려함으로써 재난 유형에 따른 취약정도를 제대로 반영하지 못하였다.

지진방재 관점에서 사전에 어떤 시설물이 중요한 관리대상인지를 정의하고 대비책을 수립하는 것은 국민안전을 위해 매우 중요한 일이다. 이에 본 연구에서는 국내 지진대응 현황을 파악하고 전문가 설문을 통해 지진으로 인한 피해규모에 영향을 미치는 종합인자와 향후 관리를 위한 우선순위를 시설물별로 도출하였다.

2. 국내 지진대응 현황

2.1 내진설계 연구현황

우리나라에서는 1997년 12월 건설교통부의 연구과제 내진설계기준연구(II)를 통하여 내진설계에 대한 상위개념인 내진설계성능기준을 제정하고 내진성능향상방안을 도출하였다. 내진성능목표를 설정하면서 내진등급을 내진 특등급, 내진 I등급, 내진 II등급의 3가지로 분류하고, 시설물의 구체적인 분류기준은 해당하는 내진설계성능기준에서 규정

토록 하였다[6].

내진성능기준은 도로교, 고속철도, 공항, 항만, 지중구조물, 댐, 터널, 도로, 철도, 건축물, 토목구조물과 연계된 건축구조물로 나누어 총칙, 시설물의 분류와 등급결정, 등급별 내진성능목표, 설계거동한계, 기본적인 내진설계 및 해석방법과 절차, 품질보증에 대한 기본적인 요구사항, 지진응답계측에 관한 요구사항 등이 정해져 있다[6].

내진성능목표는 내진등급별로 시설물이나 구조물이 규정된 평균재현주기를 갖는 설계지반운동에 대하여 기능수행수준과 붕괴방지수준을 만족할 수 있도록 하였고, 각 구조물 및 시설물별로 제정된 설계기준에서는 내진설계기준연구Ⅱ의 기준에 따라 내진설계기준과 설계방법, 상세 등을 제정하였다.

2017년 4월에는 11개 기관에서 각각 관리하던 31종 시설에 대한 내진설계기준의 통일성을 확보하기 위해 내진설계기준 공통적용사항을 제정하였다. 적용사항에는 국내 지반조건 및 지진특성이 반영되었으며, 저층건물 및 소규모교량에 대해 증가된 지진하중을 적용하여 내진설계를 현실화하였다. 또한 내진성능목표를 새롭게 제시함으로써 각 시설물별 내진설계기준에 반영토록 하였다[7].

2.2 내진설계 적용현황

기존의 「풍수해대책법」을 1995년 12월 6일 법률 제4993호의 지진 관련 조항이 포함된 「자연재해대책법」으로 개정하여 건축물 및 도로를 포함한 16개 시설 및 기타 대통령령이 정하는 시설에 대한 내진설계기준 설정을 통한 내진설계를 의무화하였다. 또한 지진재해대책법이 2008년 법률9001호로 제정되었고 지진화산재해대책법으로 개정되었다. 이러한 내진설계는 신설된 시설물에는 적용되나, 내진설계의 도입 이전에 건설된 시설물의 대부분은 지진의 영향을 고려하지 않은 채 설계·

시공되어 있으며 사용년수가 오래 경과하여 노후화가 많이 진행되어 있다.

최근 국토교통부 자료에 의하면 건축법상 내진설계를 해야 하는 건축물 143만 9천 549동 가운데 내진설계가 적용된 건물은 33%인 47만5천335동에 그친다. 전체 건축물(698만 6천 913동) 기준 내진율은 6.8%에 불과하다. 현행 건축법상 내진설계 의무대상은 '3층 또는 높이가 13m 이상인 건축물'과 '연면적 500㎡ 이상 건축물' 등이다. 하지만 이런 건축물에 모두 내진설계가 적용된 것은 아니다. 건축물이 착공될 당시 내진설계 의무대상이 아니었다면 이후 내진성능을 보강할 의무는 없기 때문이다.

건축법에 내진설계를 도입한 1988년부터 모든 건축물에 내진설계를 하도록 규정했다면 지금쯤은 거의 모든 건축물에 내진설계가 적용되었을 것이나, 내진설계 의무대상을 조금씩 늘리다 보니 현재 기준으로는 의무대상이지만 내진설계는 안된 건축물이 여전히 많다. 한편 내진설계가 된 건축물이라도 무조건 안심할 수 있는 것은 아니다. 건축구조기준 내진성능 목표 등을 보면 특등급에 해당하는 건축물은 한반도에서 2,400년에 한번 발생할 지진이 건물에 주는 하중(지진하중)에도 붕괴하지 않도록 설계해야 한다. 재현주기 2,400년 지진을 규모로 따지면 진도 6.5 정도이다.

특등급 건축물은 붕괴했을 때 인명·재산피해가 크고 건축물이 경제활동에 미치는 영향도 커서 중요도가 높은 건축물이다. 나머지 I 등급과 II 등급 건축물에는 통상 재현주기 1천년 또는 재현주기 500년 지진을 기준으로 내진설계가 적용된다. 대략 규모 5.5~6.0의 지진에도 붕괴하지 않고 견딜 수 있는 정도다. 교량·터널·공항(활주로·관제탑·터미널 등)·댐 등 시설물에도 각각의 설계기준에 따라 규모 6.0~6.5의 지진까지 견디도록 내진설계가 적용된다. 지진에 붕괴하면 재

양이 될 수 있는 원자력발전소는 규모 6.5~7.0의 지진에도 문제가 없도록 내진설계를 적용하고 있다.

최근 경주지진으로 인해 저층 건물에서도 피해가 발생하는 것으로 파악되었으며, 국민의 안전향상을 위해 건축물 내진설계대상을 확대할 필요성이 대두되었다. 2017년 2월에 ‘건축법시행령’을 개정하고 2층 이상의 건축물에 대해서도 내진설계 의무대상으로 정하였다. 2017년 말에 연면적 200제곱미터 이상 건축물에 대해서도 내진설계를 의무화하였다.

3. 시설물별 중요도 평가항목 도출

지진방재에 대한 체계화된 대책을 수립하기 위해서는, 특히 시설물별 중요도 평가를 통해 시설물의 중요도를 단계별로 구분하고, 중요도에 따라 관리방안을 마련할 필요가 있다. 본 연구에서는 시설물 분야를 크게 사회기반시설물, 에너지/공업 시설물, 건축시설물로 분류하고, 각 시설물 분야별로 공공성이 높은 세부 시설물을 Table. 1과 같이 선정하였다.

Table 1. Evaluated facilities

Facility Area	Facilities
Infrastructure	Bridge(road, railroad), Tunnel, Harbor, Dam, River facility, Water supply and sewerage, Communication broadcasting
Energy/Industrial Facilities	Power generation, Transmission & Distribution, Major industrial facility
Building	Apartment, Multi-use facility, Retaining wall and cutting slope

본 연구에서는 지진대응 중요도분석 인자별 세부적인 평가기준을 제시하기 위해, 총 13종의 평가대상 시설물 가운데 각 시설물 분야별로 수요가 많은 대표 시설물을 1개씩 선택하였다. 사회간접자본시설물 분야에서는 교량(철도)을, 에너지/공업 시설물 분야에서는 발전·전력시설을, 건축시설물 분야에서는 공동주택을 각각 선정하여 중요도평가 항목을 도출하고 우선순위를 도출하였다.

3.1 AHP분석을 활용한 평가항목 도출

지진재해에 대한 시설물별 중요도 평가항목은 문헌조사 및 전문가들과의 브레인스토밍을 통해 설계 건설관점에서 다양한 중요도평가 항목 후보를 선정하였다. 시설물별로 5개 항목을 도출하였으며, 평가항목들의 우선순위는 5개 항목을 이용하여 AHP분석을 통해 중요도 순으로 1순위에서 3순위까지 도출하였다.

계층분석법(Analytic Hierarchy Process : AHP)은 두뇌가 단계적 혹은 위계적으로 분석을 수행한다는 사실에 착안하여 개발된 분석법이다. 의사결정시 여러 대안을 쌍대비교하면서 단계별로 분석하여 해결하는 의사결정 방법으로, 공공정책 수립 및 대안선정에 활용되고 있다. 비교대상간의 1:1 비교를 통하여 정량화를 수행하는 것이 특징이다. 주요 평가분야 및 세부 평가항목 가중치 계산을 위한 조사 방식은 각 비교대상간 쌍대비교를 실시하여 상대적으로 어느 정도 중요한지에 따라 Table. 2와 같이 1에서 9까지 척도를 기입한다 [8].

시설물별 중요도평가 항목을 분석하기 위해 국내 공공시설물의 설계·시공·운영과 관련된 발주청, 설계 및 시공사, 연구소에 근무하는 지진전문가 25명을 대상으로 조사를 수행하였다(Table 3). 설문조사를 바탕으로, 개별 평가결과에 대한 평균

Table 2. Pairwise comparison scale between two alternatives

Pairwise comparison scale	Definition
1	Equal Importance
3	Moderate Importance
5	Strong Importance
7	Very Strong Importance
9	Extreme Importance
2,4,6,8	Intermediate values

을 산정하여 최종 가중치가 높은 순서대로 중요도 우선순위를 도출하였으며, 우선순위가 낮은 점수를 제외한 상위 3개 요소를 최종 중요도 평가항목으로 선정하였다.

Table 3. Subject characteristics in the survey

	≤5 years	6~10 years	≥11 years	Total
Owner	1	3	2	6
Designer & Construction Manager	3	2	7	12
Researcher	0	2	5	7
Total	4	7	14	25

시설물별 중요도 관련 각 25명의 AHP 조사 결과, 각각 일관성지수(Consistency Ratio : C.R)가 최소 0.018에서 최대 0.030의 범위로 비교대상이 5개 일 때 기준 Random Index 1.12보다 모두 적은 것으로 확인되어 분석결과가 일관성 있음을 검증하였다.

3.1.1 사회간접자본시설: 철도교량

철도교량에 대한 설문결과를 바탕으로 AHP분석을 실시한 결과, 5개 후보 항목 중 내진설계(약 44%)가 가장 높은 순위로 평가되었으며, 2순위로

주경간 길이, 3순위로 선로의 등급의 순서대로 중요도가 높게 나타났다.

Table 4. AHP analysis result of importance factor(Railroad)

Factor		A	B	C	D	E
A	Seismic design	1.000	2.500	3.000	4.100	5.200
B	Main bridge length	0.400	1.000	1.500	2.600	3.700
C	Rating of railroad	0.333	0.667	1.000	2.100	3.200
D	Location	0.244	0.385	0.476	1.000	2.100
E	Ground properties	0.192	0.270	0.313	0.476	1.000

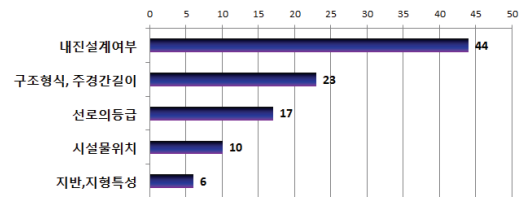


Fig. 1 Importance Evaluation Factors: Railroad

3.1.2 에너지·공업시설 : 발전·전력

발전·전력시설의 경우 5개 후보 항목 중 내진설계(약48%)가 가장 높은 순위로 평가되었으며, 2 순위로 시설의 위치, 3순위로 시설의 노후도가 순서대로 높게 나타났다.

3.1.3 건축시설 : 공동주택

공동주택의 경우 5개 후보 항목 중 내진설계(약 48%)가 가장 높은 순위로 평가되었으며, 2순위로 구조재료, 3순위로 높이가 순서대로 선정되었다.

Table 5. AHP analysis result of importance factor(Power generation)

Factor		A	B	C	D	E
A	Seismic design	1.000	3.000	3.700	4.000	6.300
B	Location	0.333	1.000	1.700	2.000	4.300
C	Degradation	0.270	0.588	1.000	1.300	3.600
D	Ground properties	0.250	0.500	0.769	1.000	3.300
E	Ease of recovery	0.159	0.233	0.278	0.303	1.000

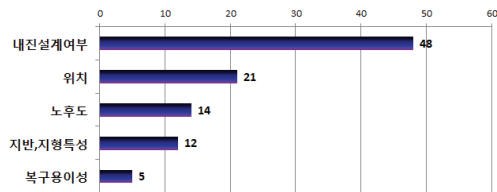


Fig. 2 Importance Evaluation Factors: Power Generation

3.2 인자별 세부평가기준 마련

앞선 AHP분석을 통해 철도교량, 발전·전력시설, 공동주택에 대한 중요도 평가항목을 3개씩 선정하였다. 또한, 해당 시설물에 대해 중요도 점수를 산출하기 위해서는 각 평가항목별로 세부평가기준이 필요하다. 본 절에서는 전문가 의견과 연관된 설계·시공기준 등을 반영하여 각 평가항목에 대한 세부평가기준을 시설물별로 5단계에서 3단계까지 아래와 같이 제시한다.

3.2.1 철도교량

가) 1순위 - 내진설계반영여부

철도는 대량의 승객과 화물을 정해진 시간 내에 안전하게 목적지로 수송하는 것이 주목적이기 때문에 계획·설계·시공·운영 및 유지관리 각 단계에서 규정된 이상의 성능을 발휘할 수 있는

Table 6. AHP analysis result of importance factor(Apartment)

평가항목		A	B	C	D	E
A	Seismic design	1.000	2.900	4.000	4.200	7.000
B	Structural material	0.345	1.000	2.100	2.300	5.100
C	Height	0.250	0.476	1.000	1.200	4.000
D	Degradation	0.238	0.435	0.833	1.000	3.800
E	Ground properties	0.143	0.196	0.250	0.263	1.000

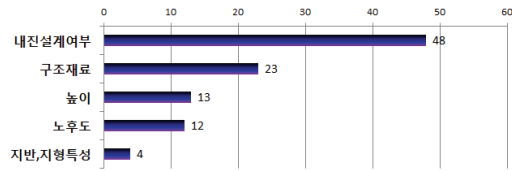


Fig. 3 Importance Evaluation Factors: Apartment

상태를 유지하는 것이 중요하다.

철도교량에 대한 내진설계는 1997년 12월 내진설계기준연구 II(내진설계성능기준과 경제성평가)[6]에서 내진설계에 대한 상위개념이 설정되고 나서, 1999년 내진설계기준의 기본개념이 철도설계기준에 반영되었다. 지진에 대한 철도교량의 안정성은 내진설계가 적용된 경우와 적용되지 않은 경우로 나눌 수 있고, 내진설계 미적용 교량은 내진 보강교량과 내진 미보강 교량으로 구분된다. 지진에 의한 피해규모도 내진설계 반영 및 보강여부에 따라 달라진다. 따라서 철도의 내진설계반

Table 7. Evaluation score of seismic design (Railroad bridge)

Seismic design	Score
Seismic design structure	1
Seismic reinforced structure	3
No seismic design No seismic reinforced	5

영 여부에 따른 점수산정표는 Table 7과 같다.

나) 2순위 - 주경간 길이

철도교량에는 다양한 구조형식이 있으며, 구조형식에 따라 주경간 길이가 달라진다. 구조형식과 주경간 길이를 동시에 적용할 수도 있겠으나, 구조형식에 따른 교량의 중요도를 판단하는 것이 매우 모호하다. 대부분의 교량은 주경간의 길이가 긴 교량일수록 관리의 중요도가 커진다. 따라서, Table 8의 기준에 따라 평가점수를 배정하였다.

Table 8. Evaluation score of main bridge length (Railroad bridge)

Main bridge length	Score
$L \geq 200m$	5
$200m > L \geq 100m$	4
$100m > L \geq 50m$	3
$50m > L \geq 20m$	2
$20m > L$	1

다) 3순위 - 선로의 등급

철도선로 등급은 예전에는 1, 2, 3, 4등급으로 구분하여 관리하여 왔으나, 경부고속철도 건설 단계부터는 건설교통부 철도건설규칙(2009)[9]에 따른 노선의 설계속도에 따라 구분하고 있으며, 아래 Table 9와 같다. 국내철도의 중요성에 의한 구분은 해당 노선의 속도에 따라 다르다. 250km/h

Table 9. Rating of railroad track

Line	Design speed	Note
High speed line	$\geq 250km/h$	High Speed Rail
1 st grade line	$\geq 200km/h$	Main Trunk Railway
2 nd grade line	$\geq 150km/h$	Main Railway
3 rd grade line	$\geq 120km/h$	General Railway
4 th grade line	$\geq 70km/h$	Branch Railway

이상의 노선을 고속철도로 구분하고, 주요간선철도는 200km/h, 간선철도는 150km/h, 일반철도는 120km/h, 지선철도는 70km/h로 구분된다.

따라서 이러한 설계속도 기준을 고려하여 Table 10과 같이 평가점수를 배정하였다.

Table 10. Evaluation score of design speed (Railroad bridge)

Line	Design speed	Score
High speed line	$\geq 250km/h$	5
1 st grade line	$\geq 200km/h$	4
2 nd grade line	$\geq 150km/h$	3
3 rd grade line	$\geq 120km/h$	
4 th grade line	$\geq 70km/h$	2
-	$< 70km/h$	1

3.2.2 발전·전력시설

가) 1순위 - 내진설계

2011년 3월에 발생한 일본 후쿠시마 원전사고에서 본 바와 같이, 발전·전력시설의 지진피해 규모는 상상을 초월할 수 있다. 따라서 내진설계를 통해 지진운동에 대한 내진안전성을 확보하는 것이 최우선이다. 따라서 내진설계반영 여부에 따른 점수산정표는 Table 11과 같다.

Table 11. Evaluation score of seismic design (Power generation)

Seismic design	Score
Seismic design structure	1
Seismic reinforced structure	3
No seismic design No seismic reinforced	5

나) 2순위 - 위치

일본 후쿠시마 원전 사례에서와 같이 특히 해안가에 발전시설물이 위치할 경우에 설계기준을 초과하는 지진으로 인한 해일이 일어날 때에는 감

당할 수 없는 심각한 피해가 발생하는 것을 확인하였다. 이와 같이 지진으로 인한 시설물에 피해가 발생할 경우 발전시설물의 위치에 따라 피해규모가 다르게 나타날 수 있다. 평가점수는 위치에 따라 지진의 피해규모 및 확산정도에 따라 아래 표와 같다.

Table 12. Evaluation score of location (Power generation)

Location	Score
Coast	5
River	4
Inland under-ground	3
Inland mountain	2
Inland plain	1

다) 3순위 - 노후도(사용연수)

발전·전력 시설물 사용연수 초기에는 시설물의 건전도가 높고 결함이 부분적이며 결함개소도 적으나 사용연수가 오래됨에 따라 시설물의 건전도가 떨어지고 결함부위와 개수가 늘어나게 되고 피로도가 쌓이게 되어 전체적인 취약부위가 커진다. 여기서 내구연한이 40년 이상 경과 시에는 구조물 수명이 다하였다고 판단할 수 있으므로 5점을 반영하고 집중관리대상이 되도록 점수를 배정하였다. 노후도에 따른 평가점수는 Table 13과 같다.

Table 13. Evaluation score of degradation (Power generation)

Years	Score
≥ 40 years	5
30 years~40 years	4
20 years~30 years	3
10 years~20 years	2
< 10 years	1

3.2.3 공동주택

가) 1순위 - 내진설계

우리나라에서는 1988년 건설부에서 건축물의 내진설계 기준을 제정하였으며[10], 내진설계시 건축구조설계기준에 설정된 설계지진운동에 대하여 내진안전성을 확보 할 수 있고 피해가 발생하더라도 그 피해규모를 최소화 할 수 있다. 시공후 내진보강을 실시한 경우에는 기둥 및 벽체 등에 대해 일부 내진보강이 이루어져 이를 구분하였다. 평가점수는 Table 14와 같다.

Table 14. Evaluation score of seismic design (Apartment)

Seismic design	Score
Seismic design structure	1
Seismic reinforced structure	3
No seismic design No seismic reinforced	5

나) 2순위 - 구조재료

공동주택 건설시 사용되는 구조재료는 지진 저항능력에 대해 중요한 판단근거를 제공한다. 일반적으로 공동주택의 내력벽 구조는 철근콘크리트를 주로 사용하고 있으나, 규모가 크고 층수가 높아지면 철골구조로 강성을 높인다. 또한 초고층화 건축물일수록 철골+철근콘크리트 합성구조를 적용하여 지진 대응력을 증대시키고 있다. 따라서, Table 15와 같이 구조재료별 평가점수를 도출하였다.

Table 15. Evaluation score of structural material (Apartment)

Structural material	Score
Steel + Reinforced concrete composite	1
Steel structure	3
Reinforced concrete structure	5

다) 3순위 - 높이(층수)

공동주택의 높이(층수)는 특히 지진으로 인한 화재 발생시 대피가능성 및 소방활동 가능 범위 등에 영향을 미치는 중요한 요인이다. 현재의 소방헬기, 고가사다리차, 펌프카 등 소방장비의 성능을 감안하여 소방 활동을 적극적으로 할 수 있는 범위를 기준으로 평가점수를 구분하였다. 50층 이상의 경우 지진이나 화재 발생 시 가장 큰 취약점을 가지고 있어 5점을 배정하였다. 등급별 평가점수는 Table 16과 같다.

Table 16. Evaluation score of height (Apartment)

Height	Score
≥ 50 floors	5
30 floors~50 floors	4
15 floors~30 floors	3
5 floors~15 floors	2
< 5 floors	1

4. 시설물 중요도평가 방법

이전 연구에서는 중요도 산정점수를 활용하여 시설물에 관리등급을 부여하고 재해대응 우선순위를 계산하였다[5]. 본 연구에서는 해당 방법론을 이용하여 지진에 효과적으로 대응하는 것을 목적으로 시설물별 우선순위를 도출하기 위한 구체적인 방안을 제시하고자 한다.

시설물별 중요도 항목은 앞서 제시한 세부평가 기준 등급에 따라 최대 5점에서 1점까지 배정하였다. 다음으로 항목별로 가중치를 고려해 우선순위별로 1순위에는 15점, 2순위는 10점, 3순위는 5점을 배당하였다. 예를 들어, 철도교량의 경우, 내진설계가 1순위로 15점, 주경간길이가 2순위로 10점, 선로등급이 3순위로 5점이 배정된다. 앞서

제시한 중요도 항목의 평가점수(5~1점)에 대한 가중치(1순위 15점, 2순위 10점, 3순위 5점)를 곱한 점수 및 합계를 보여준다. Table 17은 우선순위별 평가점수 산정방법 및 평가점수범위를 나타내며, 시설물별 최대 150점과 최소 30점의 점수를 얻을 수 있게 된다.

Table 17. Evaluation method and score range by priority

Score	Priority of importance factors			Total Score
	1st (15 points)	2nd (10 points)	3rd (5 points)	
5	15×5=75	10×5=50	5×5=25	150
4	15×4=60	10×4=40	5×4=20	120
3	15×3=45	10×3=30	5×3=15	90
2	15×2=30	10×2=20	5×2=10	60
1	15×1=15	10×1=10	5×1=5	30

지진대응 시설물 최종 평가등급은 기존 내진설계등급과의 비교를 고려하여 3개 구간으로 나누었으며, 해당점수가 111~150점이면 1등급, 71~110점 미만이면 2등급, 30~70 미만이면 3등급이 되도록 부과하도록 설정하였다. 산정된 평가등급을 기반으로 평상시 혹은 지진발생시 적절한 인원과 예산을 배분하여 시설물을 효과적으로 관리할 수 있다. 예를 들어, 1등급 철도교량의 경우, 평상시 집중관리대상으로 철저히 관리가 되어야 하며, 지진 발생 시에는 우선적으로 대응 및 복구 작업이 이루어져야 하겠다.

5. 결론

경주와 포항에서 발생한 지진을 계기로 국내에서도 지진을 고려한 시설물 관리의 중요성이 커지

고 있으나 여전히 명확한 기준 없이 물리적 규모 정도를 고려한 시설물 관리가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 지진에 대한 시설물 관리를 보다 효율적으로 수행하기 위한 시설물별 중요도를 평가할 수 있는 기준 및 방법을 제시하였다. 이를 위해 시설물 분야별 대표 시설물인 철도교량, 발전·전력시설, 공동주택에 대해 중요한 인자를 도출하고, 전문가 설문기반 AHP분석을 사용하여 평가항목에 대한 우선순위를 도출하였다. 뿐만 아니라, 도출된 중요도 평가항목에 대한 구체적인 평가점수 산정기준을 제시하였다.

AHP 분석 결과, 3가지 시설물 모두에서 내진설계 적용여부가 1순위 중요도(40% 이상)를 차지하는 것으로 나타났다. 전문가 설문을 통해 지진관련 시설물 관리에 있어서 내진설계기준이 절대적으로 중요하다는 결론을 얻을 수 있었다. 내진설계 적용여부에 따라 내진안전도에 차이가 분명한 것을 알 수 있으며, 시공 이후 내진보강여부도 지진으로 인한 피해와 크게 관련되어 있음을 확인할 수 있었다. 2순위로는 지진으로 인하여 개별시설물이 붕괴되거나 기능이 마비되었을 때 일어나는 시설물과 주변의 예상피해를 가정하고 비교하여 그 영향이 큰 인자가 선정되었다. 그러한 인자로는 시설물의 크기 및 높이, 시설물의 건설위치 및 영향범위 등을 비교 검토하여 피해규모가 큰 인자들을 선정토록 하였다. 3순위로는 지진 발생 시 시설물자체의 붕괴피해와 시설물 파괴에 영향을 크게 미치는 요소들을 고려하였고 이들 요소들이 피해를 입었을 때 피해규모가 큰 요소들을 비교하여 선정토록 하였다. 이러한 인자로는 시설물의 노후도, 형식, 높이 등이 검토되었다.

본 연구에서는 제시한 지진대응 시설물 중요도 평가항목들은 평상시와 지진발생시 중요 시설물에 대한 적절한 관리에 활용할 수 있는 기준으로 제시되었다. 향후 제도화를 통해 시설물관리에 활용

되기 위해서는 각 평가항목에 대한 기술적인 검토가 이루어져야 할 것이며, 제도화를 위한 추가연구가 이루어져야 할 것이다.

사 사

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 건설기술연구사업의 연구비지원(17SCIP05)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] H.I. Lee, "Social Trend in Korea" pp 268-278, (2017).
- [2] Ministry of Public Administration and Security, "2016 Announcement of Results of Promotion of seismic retrofit measures for existing public facilities", (2017).
- [3] E.Y. Shin, J.W. Park, K.S. Lee, "A study on Criticality Criteria of National Facilities", Korea Facility Security Corporation, pp.12-18, (2010).
- [4] J.W. Park, M.J. Chae, G. Lee, M.Y. Cho, "Test-bed Development for Long-term Monitoring of Small Bridge Asset Management", Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management, vol.13, no.6, pp.13-23, (2012).
- [5] J.W. Park, S. Kim, "Development of Importance Evaluation System for National Major Infrastructures using AHP Method" Journal of Korea Contents Association, vol.15, no.8, pp 532-543, (2015).
- [6] Earthquake Engineering Society of Korea, Seismic Design Criteria Research(II), Ministry of Construction and Transportation, (1997).
- [7] K.S. Park, "9.12 Earthquake and Disaster Prevention Comprehensive Measures", Journal of Korean Society of Hazard Mitigation,

- vol.17, no.5, (2017).
- [8] J.W. Park, D.H. Lee, J.D. Koo, K.S. Noh, “Development of Evaluation Factor of Certification System for Korean Green Road”, Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management, vol.15, no.6, pp.16-25, (2014).
- [9] 건설교통부, 철도건설규칙, (2009).
- [10] J. Kang, “Seismic Performance Evaluation According to Seismic Retrofit Techniques of Existing School Buildings”, Journal of The Korean Society of Industry Convergence, vol.15, no.1, pp.29-36, (2012).

(접수: 2018.10.29. 수정: 2018.11.13. 게재확정: 2018.12.03.)