

# 국내외 교육시설물 내진보강공법에 대한 가이드라인 비교 분석 연구

## A Study on Comparing and Analyzing Seismic Retrofit Method Guideline of the Existing Education Facilities between South-Korea and Overseas

나 영 주<sup>1</sup>

하 선 근<sup>2</sup>

손 승 현<sup>3\*</sup>

손 기 영<sup>4</sup>

이 주 형<sup>5</sup>

Na, Young-Ju<sup>1</sup> Ha, Sun-Geun<sup>2</sup> Son, Seung-Hyun<sup>3\*</sup> Son, Ki-Young<sup>4</sup> Lee, Joo-hyeong<sup>5</sup>

Assistant Professor, Department of Architectural Engineering, UI University, Yeongdong, Chungcheong-Do, 17104, Korea<sup>1</sup>

Master's, School of Architectural Engineering, University of Ulsan, Nam-Gu, Ulsan, 44610, Korea<sup>2</sup>

Doctor's course, Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University, Yongin-Si, Gyeonggi-Do, 17104, Korea<sup>3</sup>

Assistant Professor, School of Architectural Engineering, University of Ulsan, Nam-Gu, Ulsan, 44610, Korea<sup>4</sup>

Master's course, School of Architectural Engineering, University of Ulsan, Nam-Gu, Ulsan, 44610, Korea<sup>5</sup>

### Abstract

The domestic earthquake-resistant regulation was legislated firstly in 1988. However, The magnitude and frequency of earthquakes has been risen in South Korea. Therefore, the mandatory target of earthquake-resistant has been expanded. The earthquake-resistant rates of public facilities have been increased by 58.3%. On the other hand, education facilities are low with 24.8%. For the reason, more than 50% of the educational facilities are expected to be damaged by the earthquake. Especially, the 45% of educational facilities were damaged at Po-Hang earthquake. As a result, the importance of the seismic retrofit for applying existing education facilities was ended up attracting people's interesting. In this respect, in order to develop a effective seismic retrofit method, many researchers have been conducted researches and it is expected to be actively carried out in the future. However, it is insufficient to consider that how far technology has been developed. Therefore, the purpose of this study is a comparative analysis of precedent guidelines in regard to seismic retrofit applying existing education facilities between domestic and other countries. Finally, the directions of future research are suggested.

Keywords : seismic retrofit, guideline, the existing education facilities, the directions of future research

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근에 발생한 진도 5.4의 포항지진과 진도 5.8의 경주

지진은 공공시설물 뿐만 아니라 사유시설물에도 피해를 입힘으로써 내진에 대한 국민들의 관심과 중요성이 대두되고 있다. 특히, 포항지진의 경우 공공시설물 중 교육시설물의 피해가 가장 큰 것으로 나타났다[1]. 현재, 소수의 교육시설물은 지진 대피소 및 실내 구호소로 활용되고 있으나 그 역할을 충분히 수행하지 못하고 있다. 교육시설물이 지진 대피소로 활용되기 위해서는 내진설계 또는 내진보강이 적용된 건축물이어야 한다. 하지만 국민안전처에 따르면 2017년 기준, 교육시설물의 내진 보급률은 24.9%에 불과하며[2] 오히려 지진이 발생한다면 국내 초·중·고 학교

Received : November 2, 2018

Revision received : January 2, 2019

Accepted : March 28, 2019

\* Corresponding author : Son, Seung-Hyun

[Tel; 82-31-201-3685, E-mail: seunghyun@kuu.ac.kr]

©2019 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

건축물의 50%이상이 대규모피해를 받을 것이라 예측되고 있다[3]. 이를 방지하기 위하여, 기존 교육시설물에 적용 가능한 내진보강 공법 개발연구가 활발히 진행되고 있다. 그 결과, 기둥 섬유감기, 기둥철판감기, 철골 가새 증설 등 다양한 공법이 개발되었다[4,5]. 이와 같이 내진보강 공법에 대한 새로운 개념을 제시하거나 성능, 경제성을 평가하는 연구는 양적인 면에서 매우 증가하였다[6]. 또한, 최근에는 내진 관련 연구들이 내진 가이드라인이라는 주제로 변화하고 있는 추세이다. 하지만, 아직까지는 국내의 연구들은 구조체 내진보강 공법개발에 집중되어 있으며, 비구조체에 대한 내진보강과 가이드라인에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다. 비구조체의 내진보급률이 아직 집계되지 않았다는 것을 고려하였을 때에 비구조체 내진보강에 대한 중요성을 인식하지 못하는 것으로 판단된다. 건축물이 내진성능을 확보하여 인명피해를 방지하기 위해서는 구조체와 비구조체 2가지의 측면으로 고려해야한다. 이때, 적절한 내진성능은 내진설계기준에서 제시한 성능목표를 달성하는 것을 말한다. 교육시설물의 경우 교육부에서 배포한 ‘2018년 학교시설 내진 성능 평가 및 보강 매뉴얼’을 ‘학교시설 내진설계 기준 고시’에 포함하여 시행중에 있다. 그에 따라 가이드라인은 내진설계 기준중 하나로 중요하며, 앞으로 진행될 연구에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 때문에 국내 가이드라인을 해외와 비교분석하여 미비한 점을 파악하고 향후 연구 및 개선 방향 설정에 의미 있는 정보를 제공하고자 한다.

## 1.2 연구 방법

국내 기존 교육시설물에 대한 내진보강공법 가이드라인을 분석하기 위해 본 연구는 다음과 같이 진행된다. 첫째, 한국 교육시설물 내진보강사업 현황을 파악한 후 내진보강사업 조직체계에 대해 한국, 미국, 일본을 비교분석한다. 둘째, 구조체와 비구조체에 대한 국내 가이드라인을 해외와 비교분석한다. 구조체의 경우 시설물 항목 분류체계, 보강전략, 공법 선정 방법과 같이 3가지 기준별로 비교한다. 비구조체는 내진보강 동향, 분류체계, 평가방법과 같이 3가지 기준에 따라 비교분석한다. 셋째, 국내외 비교분석을 통하여 도출된 결론을 바탕으로 국내 내진보강공법 가이드라인이 향후에 연구 및 개선 해야할 방향을 제시한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 국내 교육시설물의 내진적용 현황

국내의 지진위험도는 높지 않게 나타났으나 향후에 지진에 대한 대책이 필요하다 판단하여 1988년 최초로 국내 내진규정이 제정되었다[7]. 이때의 내진설계 의무대상은 6층 이상 또는 연면적 100,000㎡ 이상의 건축물이 해당되었으며 1995년에는 6층 이상 또는 10,000㎡ 이상으로 확대되었다.

Figure 1은 국내 교육시설물의 용도에 따라 1동당 평균 연면적을 나타낸 것이다. 전체 교육시설물의 1동당 평균연면적은 2,743.0㎡으로 내진설계 의무대상인 10,000㎡에 밑도는 수치이다[8]. 이에 2005년에 3층 이상 또는 연면적 1,000㎡ 이상으로, 2015년에는 3층 이상 또는 연면적 500㎡ 이상의 건축물로 확대하였다. 그러나 2016년 경주 지진으로 인해 고층 건축물이 아닌 중·저층 건축물들 위주로 피해를 입은것으로 확인되었다[9]. 지진에 대한 경각심이 다시 생기게 되었고, 2017년 모든 신규주택과 2층 이상 또는 연면적 200㎡ 이상의 건축물로 확대하였다.

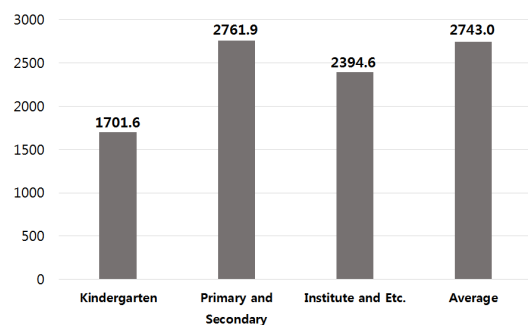


Figure 1. The average total floor area of education facilities per building

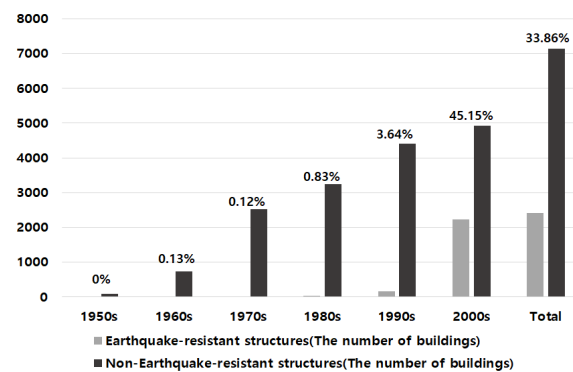


Figure 2. Distribution rate of earthquake-resistant by year

또한 ‘건축법’ 내진능력 공개 의무 범위도 16층 이상 또는 연면적 5,000㎡ 이상인 건물에서 2층 이상 또는 연면적 200㎡ 이상으로 확대되었다. 지속적으로 내진설계 의무대상을 확대해온 결과, 국내 내진보급률은 Figure 2와 같이 나타났다. 1980년대에 0.83%였던 내진보급률이 2000년대에는 45.15%로 증가하였다. 신축되는 건축물뿐만 아니라 기존 건축물에 내진성능을 보강하기 위해 국민안전처에서는 2000년대 이후 5년 단위 기존 공공시설물의 내진보강 기본계획을 수립하여 운영하고 있다. 2011년부터 2015년까지 1단계를 수행하였으며 현재 2단계(2016~2020)가 진행 중이다. 그 결과, Table 1과 같이 내진 대상 시설물의 보급률은 매우 증가한 것으로 나타났다. 1단계 기본계획을 실시함으로써 2010년 전체 시설물에 대한 내진율이 37.3%에서 2015년 45.6%로 8.3%p 증가하였고 교육시설물의 경우 10.2%p 증가하였다.

Table 1. Earthquake-resistant rate by basic plan of seismic retrofit

Category		Before step1 (2010)	After step1 (2015)	Step 2 in progress (2017)
Public Facilities	Targets	123,201	116,768	184,560
	Applications	45,905	53,206	107,563
	Rates (increase)	37.3%	45.6% (8.3%p)	58.3% (12.7%p)
Education facilities	Targets	18,329	31,900	32,846
	Applications	2,417	6,975	8,163
	Rates (increase)	13.5%	23.7% (10.2%p)	24.9% (1.2%p)

1단계 내진보강 기본계획 전후로 전체 시설물 수가 상이한 이유는 시설물이 민간으로 이전되거나 과도하게 조사되었던 부분 등이 있었기 때문에 2010년 1단계 기본계획 조사 자료는 정확한 조사 결과로 판단하기 힘들다. 그에 따라, 교육시설물 내진율의 높은 상승률 또한 기존 교육시설물 약 7,800동과 2010~2014년 사이 신축된 교육시설물 약 5,000동이 누락 조사되었기 때문에 10.2%p는 정확한 상승률이라고 볼 수 없다[10]. 이에 2단계와 1단계 후를 비교하였을 시, 교육 시설물 내진율 상승은 1.2%p 증가하였으며 전체 사업 진행속도 12.7%p에 비해 진행율이 매우 느리다고 할 수 있다.

## 2.2 교육시설물의 내진 보강 조직체계

2004년 ‘재난 및 안전관리기본법’에서 재난관리책임기관으로 소방 방재청이 총괄 역할을 담당하게 되었다. 소방 방재청은 공공시설물 유지관리 및 내진보강이 필요하여 2010년 공공시설물 내진보강 사업계획을 진행하였다. 이때 교육시설물은 교육부의 소관으로 명시되었으며, 내진화를 진행하였지만 결과는 좋지 못했다. 교육시설물은 교육부에서 시·도 교육청에게 내진보강사업 예산을 자체적으로 조달 편성하도록 하였다. 그에 따라 내진화에 소요되는 사업비를 각 시·도 교육청에서는 한정된 예산으로 실행해야 했기 때문에 예산을 소극적으로 편성한 것으로 판단된다 [11]. 또한 내진보강사업 대상은 1988년 내진설계기준이 생기기 이전에 지어졌던 교육시설물들로 노후화되고 내진보강이 필요한 시설물들이다. 그렇기 때문에 교육시설물 내진성능평가 마다 전문가 혹은 전문업체를 통해서 진행해야 하며, 추가적인 예산이 필요하게 된다[12]. 현재 소방방재청은 행정안전부에 업무 이관 및 폐지되었으며, 행정안전부에서 공공시설물 내진보강 대책을 지속적으로 진행하고 있다. 미국은 「Field Act」와 「Green Act」에서 건축국<sup>1)</sup>에게 교육시설물 설계, 관리, 시공, 감독의 권한을 주었으며 내진전문가를 자체적으로 보유하고 있으며 사전에 계약된 전문 업체들을 통해 설계, 감리 등을 진행한다. 또한 지진 안전위원회에서 지진 관련 정책 수립 및 제안, 조사, 연구를 담당하고 있어 각 분야 마다 전문성이 높은 책임기관이 있다. 일본은 문부과학성과 국토교통성이 협력을 통해 학교 지진 관련 사업을 진행하고 있으며, 중앙정부와 지자체가 함께 교육시설물 내진보강 예산 및 기술 인력 등을 지원해주며 기관간의 역할분담 및 협업을 하고 있다 [13]. 또한 미국, 일본은 교육 시설물을 지속적인 유지관리와 내진성능에 대한 결과를 분석 및 점검 하는 전문기관을 두어 체계적인 운영을 하고 있다[12].

## 3. 국내외 내진보강 가이드라인 비교분석

### 3.1 구조체

국내 구조체 내진설계 기준은 대한건축학회를 주관으로 미국의 ATC 3-06을 기반으로 하고 있다. 한국 교육시설물 내진보강 가이드라인에서도 미국의 선행연구 및 가이드라인을 참고하고 있기 때문에 비교분석 대상을 미국으로

1) 건축국 : Division of the State Architect, DSA

선정하였다. 비교분석 기준은 구조부분의 경우 내진보강 시 학교시설물이 구조적 특징을 우선적으로 분류 후 특징에 맞는 내진보강전략 및 공법 선정하여 사업을 진행한다 [14,15]. 따라서 내진보강 진행 순서를 고려하여 구조적 특징 분류 기준을 비교한 후 내진보강전략, 공법선정법을 기준으로 미국과 비교분석 하였다.

### 3.1.1 시설물 항목 분류체계

구조체 내진보강의 경우 시설물 항목 분류 기준을 가장 먼저 실시한다. 분류 기준 비교대상으로는 한국 가이드라인 간의 개선점을 확인하고 미국과의 차이점을 비교분석하기 위하여 2011년도 한국교육개발원의 학교시설 내진성능 평가 및 내진보강 가이드라인[16]과 2018년도 교육부의 학교시설 내진성능 평가 및 보강 매뉴얼[14], 미국의 FEMA-547[17]을 선정하였다. Table 2는 한국과 미국의 시설물 항목 분류 기준을 비교분석 하여 정리한 표이다.

Table 2. Types of seismic retrofit building

Building Types	
2011 guideline on seismic evaluation and upgrading of school buildings	-
2018 manual on seismic performance evaluation and retrofit for school	RC moment frame RC shear frame Steel moment frame Steel braced frame Unreinforced masonry bearing wall
FEMA-547	Concrete moment frame Concrete shear wall Concrete frame with infill masonry shear wall Steel moment frame Steel braced frame Steel frame with concrete shear wall Steel frame with infill masonry shear wall Reinforced masonry bearing wall Unreinforced masonry bearing wall

2011년 한국가이드라인에서는 내진보강에 대한 시설물 구조 분류 기준을 전혀 고려하지 않았다[16]. 하지만 2018년 교육부에서 제시한 매뉴얼에서는 RC 모멘트 골조, RC 전단벽, 철골모멘트 골조, 철골 가새 골조, 비보강 조적조로 시설물 구조를 5가지를 2011년에 대비해 세부적으로 구분하였다[14]. 미국 가이드라인의 경우 콘크리트 모멘트 골조, 콘크리트 전단벽 골조, 조적조 전단벽으로 채워진 콘크리트 골조, 철골 모멘트 골조, 철골 가새 골조, 콘크리트 전단벽으로 채워진 철골 골조, 조적조 전단벽으로 채워진 철골 골조, 보강된 조적조, 비보강 조적조로 9가지로 분류하고 있

대[17]. 즉, 미국이 한국보다 다양한 교육시설물 구조에 적합한 내진보강을 진행 할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 3. Classification of seismic retrofit strategic

Deficiency			
South Korea		U.S.A	
Category	Deficiency	Category	Deficiency
System	Strength	Global strength	Insufficiency of the frame - number Weakness of frames
	Stiffness		
System configuration	Ductility and energy dissipation capacity	Global stiffness	Insufficiency of the frames or frames with inadequate - stiffness
	Weak story		
Component detailing	Torsional	Configuration	Soft story or weak story Torsional
	Cross section		
Load path	Joint	Load path	Incidental walls failing or causing torsion
	Verticality load path		
Foundations	Horizontal load path	Component detailing	Inadequate collector Lack of ductile detailing - general Lack of ductile detailing - strong column weak beam
	Ground		
-	-	Diaphragms	Lack of ductile detailing - inadequate shear strength in column or beam Lack of ductile detailing - confinement for ductility or splices
		Supplement(Foundation -plate, Ground)	

### 3.1.2 내진보강 보강전략

한국 교육시설물은 대부분 일자형 보-기둥 철근콘크리트 보통모멘트 골조이며 내진설계가 적용되지 않았던 1980년대의 건물 또한 보통 모멘트 골조이다[18]. 이에 내진보강 보강전략의 경우 철근콘크리트 보통모멘트 골조에 대해 미국 FEMA-547과 비교하였으며 비교결과, 한국과 미국 모두 부재신설, 부재단면증설, 연결성제고, 하중저감/연성능력, 부재제거와 같이 5가지를 제안하고 있다. 하지만 Table 3과 같이 국내의 경우 시스템, 시스템 형상, 하중경로, 기초, 부재와 같이 크게 5가지와 하위항목 10가지로 구성되는 반면에 미국은 강도, 강성, 형상, 하중 경로,

구성요소 구분, 다이어그램, 기초와 같이 7가지 및 하위항목 14가지로 구성된다. 두 국가 간의 분류체계는 유사하지만 미국이 보다 세분화되어 있다. 부재부분의 경우 한국은 결함요소를 단면, 접합부로 구분하여 단순히 증설하는 방향을 제시하고 있지만 미국은 단면을 기둥과 보로 재분류하고 1)기둥은 문제없지만 보가 약한 경우, 2)기둥 및 보의 전단강도가 부족한 경우와 같이 결함요소를 보다 세분화하고 있다. 이는 구조물의 내진 성능 평가 시, 파악된 결함요소를 내진 공법에 대한 개발과 선정 논의를 더욱 편리하게 할 수 있기 위함이다[14,17].

### 3.1.3 내진보강 공법 선정

공법 선정의 경우, 한국 2011년 가이드라인은 ‘강도 및 연성 보강, 에너지흡수 능력 개선 등 내진 보강 효과에 따라 검증된 공법을 사용하되 가장 적절한 공법을 선정해야 한다’ 라고 명시되어 있을 뿐 적절한 방법을 선택할 수 있는 가이드라인은 제시되어있지 않다[16]. 이에, 2018년 매뉴얼에서는 ‘보강 효과에 따라 공법을 선정할 뿐 아니라 경제성, 시공성, 사용성, 미관도 고려하여 공법을 선택해야 한다’고 명시되어 있으며 ‘항목에서 제시되지 않는 제진, 면진 공법 등은 특수공법으로 분류되며 책임구조기술사의 판단에 따라 선정이 가능하다’ 라고 서술하고 있다. 즉, 2018년도에는 내진 성능, 설계 공법 선정 등에 대한 결과에 책임을 질 수 있는 내진 공학 및 내진 설계에 전문지식을 갖춘 책임구조기술사를 선정함으로써 보다 확실한 구조재의 내진 성능을 확보하기 위한 노력을 요구하고 있다[14].

미국의 경우 기술성, 비 기술성으로 2가지를 고려하여 내진보강공법을 선정하고 있다. 기술성에서는 내진보강공법의 성능이 내진설계에 맞는 충분한 성능을 발휘하여야 하며, 적절한 기초가 있는지 고려하여야 한다. 비 기술성의 경우, 경제성, 내진성과, 사용성, 장기적인 건물 성능, 미관 5가지 세부항목을 고려하고 있다. 한국에선 고려하지 않는 내진성과에서는 내진성능성과에 대한 확실한 목표를 설정하여야 한다. 장기적인 건물 성능은 보강작업의 일부로 수행되는 새로운 구조요소로 인한 새로운 공간이 생기기도 하지만 미래의 공간 재구성시 유연성이 감소하는 영향도 고려하여 내진보강 공법을 선정하고 있다[17].

## 3.2 비구조체

해외에서 비구조체에 대한 관심 및 중요도가 높아지면서

비구조체 가이드라인이 필요성이 제기되었다. 이에 선행 연구 되어있던 미국과 일본의 가이드라인을 기반으로 한국 비구조 가이드라인을 제작하였기 때문에 비교분석 대상을 미국과 일본으로 선정하였다. 비구조체는 구조체에 비해 상대적으로 관심이 적었던 부분이다. 따라서 한국, 미국 일본의 비구조체 내진동향을 파악한다. 또한 비구조체 평가 순서는 분류 항목에 따라 평가를 진행한다. 그에 내진 보강 동향, 분류체계, 평가방법을 기준으로 비교분석을 하였다[12].

### 3.2.1 비구조체 내진보강 동향

한국의 경우, 교육시설물에 대한 내진보강사업은 구조적 요소에 집중되어있어 비구조적인 문제는 구조적 요소에 비해 체계적인 평가방법 및 대응방안이 제시되어 있지 않다. 1차 내진보강 사업을 실시한 2009년도부터 비구조체에 대한 가이드라인을 분석한 결과는 다음과 같다. 2009년에는 천장재, 조명, 파이프(배관), 칸막이벽 등 9가지 유형에 대해 간단한 참고사례와 대책만 제시하였으며[19] 2011년에는 비구조물에 대한 평가는 제외되어 있어 평가방법 및 보강사례는 언급되지 않고 있다[20,21]. 2012년도 또한 비구조적 요소에 대한 평가는 제외되어 있다[22].

미국의 경우, 미국연방재난관리국(FEMA)에서 구조적 요소보다는 비구조적인 요소로 인한 2차 피해가 더 많다는 것을 파악하였다. 이에, 비구조체에 의한 피해를 감소시키기 위하여 비구조체에 대한 내진보강 가이드라인을 포함하고 있는 Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage(FEMA E-74)를 제시하였다[23].

일본의 경우, 구조적 요소에 대한 내진보강은 상당히 발전하고 적용된 수준이나 비구조체로 인한 피해가 발생함에 따라 문부과학성에서 2010년에 학교시설 비구조체 내진 가이드북을 개발하였다. 2015년에는 개정안을 발표하였으며 평가항목으로는 천정, 조명기기, 설비기기 등 10가지로 분류하고 있다[24]. 이와 같이 비구조체에 대해서도 많은 노력을 기울인 결과, 2013년 비구조체의 내진화에 대한 조사를 실시하였으며, 내진화 진행율은 60% 이상으로 상당히 높은 수준으로 나타났다. 문부과학성에서는 2020년까지 내진율 95%를 목표로 하고 있다. 해외에서 비구조체에 의한 피해가 발생함에 따라 국내에서도 비구조체 대한 내진성능확보의 중요성이 증가하였다. 그에 따라 2015년에 한국교육개발원은 ‘학교안전강화를 위한 내진성능 통합

평가모형'을 개발하였으며 비구조체에 대한 가이드라인을 제시하였다. 이 가이드라인은 국내 9개 학교의 실태조사와 미국의 FEMA E-74, 154, 일본의 비구조체 가이드북, 기타 선행연구를 바탕으로 개발되었다[12]. 하지만 국내 비구조체의 내진율은 집계는 되지 않은 실정이다[25].

### 3.2.2 비구조체 분류체계

비구조체의 경우, 분류체계를 이용하여 비구조체 내진성을 평가한다. 따라서 분류체계를 각 나라별로 Table 4와 같이 정리하였다.

Table 4. Domestic and Foreign Nonstructural Classification System

Category	Details
South Korea	Building finishing materials ①Ceilings ②Glass, Window ③Door ④Exterior finishing material
	Facility equipment and piping ①Air-conditioner ②Electric fan ③Hitting coil ④Light fixtures ⑤Gas piping ⑥Etcetera piping ⑦Air-conditioner outdoor units
	Electrical and communications equipment ①Television ②PC ③Beam projector ④Speaker
	Miscellaneous component ①Refrigerator ②Drinking fountain and water purifier ③Furniture ④Showcase
	Architectural components ①Exterior wall component ②Interior partitions ③Interior veneers ④Ceilings ⑤Parapets and appendages ⑥Canopies-Marquees-Signs ⑦Chimneys and stacks ⑧Stairways ⑨Freestanding walls and fences
U.S.A	Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) ①Mechanical ②Storage tanks and water heaters ③Pressure piping ④Fire protection piping ⑤Fluid piping, not fire protection ⑥Ductwork ⑦Electrical and communications Equipment ⑧Electrical and communications distribution ⑨Light fixtures ⑩Elevators and escalators ⑪Conveyors
	Furniture, Fixtures, and Equipment (FF&E) and Miscellaneous component ①Storage racks ②Bookcases, Shelving ③Computer and communication equipment ④Hazardous materials storage ⑤Miscellaneous FF&E ⑥Miscellaneous contents
	Emergency component
Japan	Ceilings ①Ceilings and ceilings finishing materials
	Light fixtures ①Light fixtures
	Window and glass ①Glass, Window, ②Locking device, ③Glass window periphery, ④ door
	Exterior walls ①Exterior materials
	Interior walls, ①Interior materials
	Facility-equipments ①Broadcasting equipment, ②Air conditioner, ③Outdoor unit of airconditioner
	Television ①Ceiling type, ②tray type, ③Move mode
	Storage racks ①Shelf•Locker, ②Shelf load, ③Medicine cabinet
	Piano ①Piano
	Building joint ①Joint and peripheral of building

한국 가이드라인의 분류체계는 크게 건축마감재, 설비기기 및 배관, 방송 전자기기, 기타기기와 같이 비구조체를 4가지로 분류하고 있다. 4가지 항목은 19가지 하위세부항목으로 구성되어있다. E등급, 20년 이상 사용된 3층 이상 교육시설물 9곳을 선정하여 조사하였으며, 9곳의 결합 부분을 분류하여 분류체계를 구축하였다. 여기서 E 등급은 시설물의 안전등급으로 시설물이 불량한 상태로 주요부재에 심각한 결합으로 즉시 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 해야 하는 등급을 말한다[12].

미국의 경우, 건축구성부분, 기계 및 전자기기와 배관, 가구 및 기구와 장비, 비상시스템으로 4가지로 한국과 동일한 가짓수로 하고 있으나 항목명이 다르고 하위세부항목은 총 27가지로 넓은 범위를 고려하고 있다. 구조부분을 제외한 모든 부분을 비구조 부분으로 분류하였으며 기존건축물을 조사하여 생명안전, 재산손실 여부, 기능 손실시 피해 여부 3가지 기준으로 공공시설물, 다용도 건물 등에서 볼 수 있는 품목들을 분류하였다[23].

일본의 경우, 총 10가지로 항목으로 하위세부항목 총 19가지로 구분하고 있다[24]. 항목의 분류 기준은 교육시설물에서 내에서 발견하기 쉬운 항목들로 주로 육안검사에 의해 손쉽게 관찰이 가능한 것들을 기준으로 항목을 분류하고 있어 사용성이 높다[12].

### 3.2.3 비구조체 평가방법

한국 교육시설물 관련자 교사, 학생 등이 쉽게 활용할 수 있도록 평가시트 형식으로 개발하였으며 건축마감재, 설비기기 및 배관, 방송 전자기기, 기타기기와 같이 비구조체를 4가지, 19가지 하위항목으로 구성된 분류별 구조 고정, 배치상태, 파손상태 등에 따라 평가점수를 산정하는 방법이 제시되어 있다[12].

미국은 각 항목별 평가방법으로는 비준수, 해당사항 없음과 같이 3가지로 측정하고 있으며 원활한 사업추진과 사업 우선순위를 결정하기 위해 지진 위험지역에 따라 1) 생명안전, 2) 재산피해, 3) 기능상실의 측면에서 분류된 항목들을 각각 기준에 따라 낮음, 중간, 높음으로 평가하여 우선순위를 정하고 있다. 또한 각 분류를 공학적, 비공학적, 관행적 3가지로 구분하여 평가품목의 내진보강 여부를 전문가에 의한 검토가 필요한지 여부 등을 제시하고 있다. 하지만 모든 시설물의 사례를 분류하지 않았기 때문에 평가 역시 한계가 존재 한다[23].

일본의 경우, 점검 주체를 학교와 학교 설치자 두가지로 나누어 역할을 분담하고 있다. 학교에서는 육안점검을 통한 평가를 실시한다. 평가결과를 보고 받은 학교설치자는 전문가 점검 실시여부와 대책 수립 역할을 담당하고 있다. 분류체계는 각각 항목별 내진, 열화, 사용방법에 해당하는 평가항목을 부여받으며 정상, 비정상, 확인불가 3가지로 평가된다. 또한, 피아노, 수납장, 조명기구 등이 낙하나 전도에 의해 사람에게 피해를 줄 수 있는 직접피해와 가스관 등의 파열로 발생할 수 있는 화재, 즉 2차 재해로 나누고 있다[24]. 주로 육안으로 점검을 실시하며, 비전문가에 의한 평가가 가능하게 하여 사용성이 높고 교육시설물의 현황이 한국과 매우 유사하다[12].

#### 4. 제 언

본 연구에서 구조체와 비구조체에 대한 국·내외의 가이드라인을 비교분석하였으며 도출된 결과를 토대로 국내의 기존 교육시설물 내진보강이 향후에 나아가야할 방향을 제안하면 다음과 같다.

##### 4.1 구조체 내진보강 보강전략 세분화 필요

한국 구조체 시설물 분류체계의 경우, 교육시설물의 대부분 철근콘크리트 구조라는 것을 고려하였을 때, 분류체계는 충분한 역할을 할 수 있다고 판단된다. 그러나 보강전략의 경우, 보강전략의 결합요소가 단순히 단면, 접합부를 통해 증설 방향을 제시하고 있다. 하지만 미국은 접합부를 기둥-보로 나누어 부재간의 영향을 고려하여 세분화된 분류로 보강전략을 제시하고 있다. 이를 통해 내진성능평가 시 더욱 명확하고 효율적으로 내진보강공법 선정 및 논의를 진행하고 있다. 즉, 단순한 내진보강 보강전략은 비효율적인 논의가 이루어지고 잘못된 내진보강 방향으로 인해 원하는 목표하는 내진 성능을 확보 못하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 한국은 보강전략의 결합요소에 대한 연구 및 보완하여 세부적, 효율적인 보강전략을 구축할 필요가 있다.

##### 4.2 비구조체에 대한 추가적인 사례조사 및 분석 필요

비구조체의 경우, 현재의 가이드라인은 E등급의 9등에서 발견된 결합요소만을 대상으로 항목을 제안하였다. 이는 2017년 기준 총 32,846동의 교육시설물 중 극히 일부

의 사례만 조사된 것이다. 이는 지진이 발생하게 된다면 그 이외의 항목으로 인한 인명사고와 2차 사고에 노출될 수 있다는 것을 의미한다. 그렇기 때문에 조사 기준을 완화하여 더욱 많은 사례를 조사하여 신뢰도를 높일 필요가 있다. 또한 국외 가이드라인과 비교분석한 결과 교사용 대지와 저장탱크, 난간 등의 시설물 필수요소 전반에 걸쳐 교육시설물을 구성하는 모든 비구조체를 조사하여 재분류할 필요가 있다. 세분화하여 조사된 비구조체 분류체계 항목들은 향후 시설물 안전관리 체크리스트의 점검목록의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 5. 결 론

본 연구는 국내의 기존 교육시설물에 적용 가능한 내진보강 공법연구를 국외와 비교하여 우리나라의 수준을 진단하고 앞으로 나아가야할 개선방향 설정에 의미 있는 정보를 제공하기 위해 수행되었다. 비교하기에 앞서 국내 교육시설물의 내진적용 현황(2010~2017년)을 조사한 결과, 2017년 기준 교육시설물의 내진보급 상승률(1.2%p)은 전체 공공시설물의 내진보급 상승률(12.7%p)에 비해 진행률이 매우 느린 것으로 나타났다. 현재 내진보강에 대한 연구 및 가이드라인은 구조체와 비구조체로 구분되어 있어 본 연구에서도 두 가지로 구분하여 분석하였다. 구조체는 시설물 항목 분류체계, 보강전략, 공법 선정과 같이 3가지 항목에 대해 분석하였으며 그 결과 다음과 같다. 내진 보강 시설물 항목 분류체계의 경우, 2011년에는 내진보강 시설물 항목을 분류하지 않은 반면에 2018년에는 5가지 구조로 구분하여 분류하고 공법을 제시하고 있고 미국 FEMA-547은 한국보다 많은 9가지로 분류하고 있지만 추가항목에 대해서는 한국의 현황과 잘 맞지 않다고 판단된다. 국내의 구조체 내진 보강전략은 미국과 유사하지만 미국이 보다 세분화되어 있으며 미국이 내진 공법에 대한 개발과 선정 논의가 더욱 편리할 것으로 판단된다. 공법 선정의 경우, 2011년에 비해 보다 확실한 구조체의 내진 성능을 확보하기 위하여 책임구조기술사를 선정하는 등의 노력을 하고 있다. 공법 선정 시 고려사항은 미국과 비교하였을 때 내진성과, 장기적인 건물 성능에 대해서는 고려하지 않고 있다. 비구조체의 경우, 4가지 항목과 19가지 하위항목에 대해 고려하고 있으며 비구조물의 지지물 강도와 대피과정에 방해물이 될 수 있는 요소 등을 고려하고



있다. 2011년 가이드라인보다 매우 진전되었으나 미국과 비교하였을 시, 저장탱크나 난간과 같은 필수요소가 고려되지 않았으며 교실, 과학관, 생활관 같은 건물에만 한정되어 있다는 한계가 있다. 위의 내용을 종합한 결과, 우리나라의 기존 교육시설물에 적용 가능한 내진기술수준은 선진국(미국, 일본)에 크게 뒤처지는 않으나 몇몇의 개선점이 있는 것으로 나타났다. 이에 향후에 나아가야 할 연구 방향을 다음 2가지 제언을 하였다. 1) 구조체 내진보강 보강 전략에 대한 세분화가 필요하다 2) 비구조체에 대한 추가적인 사례조사 및 분석이 필요하다.

본 연구의 결과는, 향후 국내실정에 맞는 기존 교육시설물에 적용 가능한 내진보강 가이드라인 구축연구의 기초자료 활용될 것이다.

## 요 약

국내 내진규정은 1988년에 최초로 제정되었으나 국내에서 발생하는 지진의 규모와 발생빈도가 증가하면서 내진 의 무대상을 지속적으로 확대시켜왔다. 공공 시설물의 내진율은 58.3%로 증가한 반면에 교육 시설물의 내진율은 24.8%에 그치고 있는 실정이다. 이로 인해, 지진발생 시 국내 교육시설물의 50% 이상이 대규모피해를 받을 것이라 예측되고 있다. 실제로 포항지진에 의해 발생한 피해는 45%가 교육시설물로 나타남에 따라 국내 기존 교육시설물에 대한 내진 보강은 국민들의 주요 관심사가 되었다. 보다 효과적인 내진 공법을 개발하기 위하여 국내외 많은 연구자들이 연구를 수행해왔으며 앞으로도 활발히 진행될 것으로 예상된다. 하지만, 국내 기술의 발전이 어느 정도까지 이루어졌는가에 대한 고찰은 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내·외 기존 교육시설물의 내진에 대한 가이드라인을 비교·분석하고 향후 연구 방향을 제언하고자 한다.

**키워드** : 내진보강, 가이드라인, 기존 교육시설물, 연구방향 제언

## Acknowledgement

This research was supported by a grant (NRF-2018R1C1B6004123) from the National Research Foundation of Korea by Ministry of Science, ICT and Future Planning.

## References

1. Ministry of the Interior and Safety. The Pohang earthquake white paper in 2017. Seoul (Korea): Ministry of the Interior and Safety; 2018 Agu. 154p. Report No.: 11-1741000-000123-01.
2. Hwang HK. The earthquake rate of public facilities is 58.3%, 14.6%p increase year-on-year[Internet]. 2018 Mar 1, Ministry of the Interior and Safety. Available from: [https://www.mppss.go.kr/home/news/disasterInfo/disasterNews/;jsessionid=e54uCKKUJCoI0k06cS6c5CJV.node10?boardId=bbs\\_00000000000046&mode=view&cntId=35668&category=&pageIdx=195&searchCondition=&searchKeyword=](https://www.mppss.go.kr/home/news/disasterInfo/disasterNews/;jsessionid=e54uCKKUJCoI0k06cS6c5CJV.node10?boardId=bbs_00000000000046&mode=view&cntId=35668&category=&pageIdx=195&searchCondition=&searchKeyword=)
3. An H. The non-earthquake-proof structure rate is 55%, it might be damaged[Internet]. Yonhap News Agency. 2011 Mar 14. Available from: <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2011/03/14/0200000000AKR20110314035400001.HTML>
4. Ko HB. A Study on the mechanical characteristics of compression member confined the cast frame using continuous fiber mesh. Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2014 Dec;2(4):99-104.
5. Kwon HJ, Yang KH, Sim JI. Proposals of reliable shapes of supplementary v-ties for section jacketing method of columns. Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2018 Apr;18(2):99-107.
6. Kang SB, Kwak JM, Shin DW, Son KY. Economic analysis of a 5-story rc omrf retrofitted with modified epoxy mortar for improving seismic performance. Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2014 Jun;14(3):207-15.
7. Ju CG, Han JY, Park TW. Seismic performance evaluation of school building short column effect. Journal of the Korean Institute of Educational Facilities, 2014 Mar;21(2):33-9.
8. Yu US. Establishing specialized institution and safety management methods of education facilities. Seoul(Korea): Korean Educational Development Institute; 2014 Oct. 136p. Report No.: CR2014-69.
9. Ministry of the Interior and Safety. The 9,12 white paper. Seoul(Korea): Ministry of the Interior and Safety; 2017 408 p.
10. Kim HJ. The basic plan for seismic retrofit of existing public facilities-phase 2(2016~2020). Seoul(Korea): Ministry of Public Safety and Security; 2015. 371 p.
11. Jung SC. An analysis on the formation and implementation process of the earthquake hazard mitigation policies, the case of the program for seismic retrofit of school buildings in the seoul metropolitan office of education [dissertation].



- [Seoul(Korea)]: University of Seoul; 2013, 262 p.
12. Korean Educational Development Institute, Development of seismic performance evaluation model for school safety, Jincheon(Korea): Korean Educational Development Institute; 2015 Dec, 448 p, Report No.: RR2015-38.
  13. Presidential commission on architecture policy, Public hearings on reasonable seismic retrofit policies for the safety of education facilities[Internet], Korea:Presidential commission on architecture policy; 2017 Nov [cited 2017 Nov 21], Available from: [http://www.pcap.go.kr/public/reference/reference\\_view.jsp?tnum=4&lnum=1](http://www.pcap.go.kr/public/reference/reference_view.jsp?tnum=4&lnum=1)
  14. Ministry of Education, Development of seismic retrofit guideline and performance evaluation of education facilities, Seoul(Korea): Ministry of Education; 2018, 356 p.
  15. Han SW, Korean seismic design code and application status, Review of Architecture and Building Science, 2011 May;55(5):22-6.
  16. Korean Educational Development Institute, Development of seismic retrofit guideline and performance evaluation of education facilities, Seoul(Korea): Korean Educational Development Institute; 2011 Agu, 183 p, Report No.: CR2011-41.
  17. Federal Emergency Management Agency(FEMA), Techniques for the seismic Rehabilitation of existing buildings—a practical guide, fourth edition(FEMA-547), Washington DC:Federal Emergency Management Agency; 2006, 571 p.
  18. Ryu SH, Yun HD, Kim SW, Lee KS, Kim YC, Nonlinear behavior of seismic-strengthened domestic school building, Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection, 2011 Jan;15(1):243-53.
  19. Korean Educational Development Institute, Seismic retrofit design criteria of education facilities, Seoul(Korea): Korean Educational Development Institute; 2009, 44 p.
  20. Choi KS, You YC, inventors; Song SG, assignee, Brace damping system having connection for preventing out plane buckling, Republic of Korea RK 10-1425444, 2014 Agu 1.
  21. Ahn CW, Kim SJ, A study about seismic evaluation and rehabilitation of Existing Buildings, rev, ed, Jinju(Korea): Korea Infrastructure Safety Corporation; 2011, 255 p. Korean,
  22. National Fire Agency, Seismic evaluation guideline of buildings, Sejong(Korea): National Fire Agency; 2012, 156 p.
  23. Federal Emergency Management Agency(FEMA), FEMA E-74 Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage, Washington DC:Federal Emergency Management Agency; 2012, 885 p.
  24. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, The seismic resistant guidebook for non-structure member of education facilities(revising version)[Internet], Tokyo:MEXT; 2015 Mar [cited 2015 Mar 27], Available from: [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shisetu/shuppan/1291462.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/shuppan/1291462.htm)
  25. Korea Institute of Sustainable Designs and Educational Environment(KISEE), A study on the actual condition survey and maintenance improvement of school facilities, Seoul(Korea): Korea Institute of Sustainable Designs and Educational Environment; 2013, 162 p.