

해외 피해 사례로 본 자연재해로부터 안전한 학교 시설 및 유지관리 방안

A Case Study to Make Safe School Facility against Natural Disaster



김 지 명 / 공학박사, 삼성화재 방재연구소 책임연구원
Kim, Ji-Myong / PhD, Samsung Fire & Marine
jimyong.kim@samsung.com

1. 자연재해의 위험성

올해는 자연재해로 인한 피해가 많았던 해이다. 태풍 매미 이후 최대풍속을 기록하고 남부지방에 큰 피해를 일으킨 태풍 차바, 지진관측이래(1978년) 내륙에서 발생한 최대 진도(규모 5.3)의 경주 지진이 있다. 태풍 차바는 주변 기압계의 급속한 변화로 인한 태풍 예측경로의 오차와 늦은 사전대처로 인해 그 피해가 더 컸다. 경주 지진은 현재까지도 규모 3.0이상의 여진을 발생하고 있어 그 두려움을 증폭시키고 있다.

자연재해로 인한 위험의 증가는 명백한 사실이 되었다. Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) 제5차 보고서보고서(20014년)에 의하면 최근 기후 시스템은 인간에 의해 확실하게 영향을 받고 있으며, 변화된 기후 시스템은 자연과 인간의 많은 부분에 영향을 주고 있다. 통계로 보자면, 지난30년간(1983~2012년) 북반구 표면온도는 1,400년 중 가장 따뜻했으며, 이러한 기온 상승은 지구생태 시스템을 무너뜨려 극단적인 이상 기상 현상의 발생빈도와 강도가 높아 질 것으로 전망하고 있다. 따라서 허리케인, 태풍, 가뭄, 홍수, 폭염, 한파 등 극한 기상으로 인한 위험은 더 증가 되고 있다. 최근의 대표적인 사례로 해외에서는 2005년 미국 남동부를 내습하여 2,576명의 사상자와 110만명의 이재민을 발생시킨 허리케인 카트리나, 2011년 일본 산리쿠 연안에 발생하여 1.8만명의 사상자가 발생한 도호쿠 강진과 후쿠시마 쓰나미, 2011년 연이은 태풍과 폭우로 발생한 태국 대홍수, 2012년 미국 동부 해안에 상륙하여 253명의 사상자와 253억달러의 경제적 손실을 불러온 허리케인 샌디등 자연재해로 발생하는 인적·

물적 피해는 기하급수적으로 증가하고 있다. 우리나라 또한 비슷한 상황이다. 최근의 사례로 보면 245명의 사상자와 5조원 이상의 경제적 손실을 발생시킨 2002년 태풍 루사, 기록적인 호우와 강풍으로 135명의 사상자와 4조원이상의 피해를 발생시킨 2003년 태풍 매미, 6천억원이상의 경제적 손실과 7천 세대이상의 이재민을 발생시킨 2004년 중부지방 폭설, 2005년의 남부지방 폭설, 폭우로 인해 63명의 사상자와 우면산 산사태, 강남역과 광화문 일대 범람을 일으킨 2011년 폭우, 6천억원의 경제적 손실을 발생시킨 2012년 태풍 볼라벤과 덴빈이 있겠다. 이는 자연재해에 의한 피해는 해외뿐만 아니라 우리나라에서도 간과할 수 없는 전지구적인 핫이슈임을 잘 보여 준다.

따라서 태풍, 지진, 홍수등 자연재해의 발생빈도는 계속 증가하고 그 강도 또한 증가 할 것으로 전망되므로 그에 대한 대책마련이 시급하다. 이에 본고에서는 자연재해로 발생하는 여러 국가의 학교 피해 사례 살펴보고 그 예방 대책을 제시함으로써 자연재해로부터 안전한 학교시설 및 유지 관리 방안에 대해서 알아보려고 한다.

2. 본론

2.1 풍수해 Vs. 인적 재난

국민안전처에서는 매년 국내 자연 재해 피해와 기후 변화 등을 분석하고자 자연재해로 발생한 인명 피해, 피해액, 복구비용의 집계 자료를 발행하고 있다. 이를 바탕으로 최근 3년간(2011~2013년) 풍수해와 인적재난으로 발생한 피해액은 아래와 같다. 표1와 같이 풍수해로 인한 평균 피해액은 673억원으로 인적재난으로 발생한 413억원보다

24%보다 높았다. 이는 자연재해가 우리에게 얼마만큼 큰 피해를 주는지 잘 보여주는 통계이다.

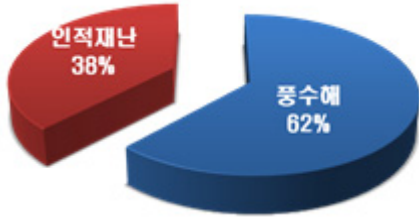


그림 1. 풍수해와 인적재난

표 1. 풍수해와 인적재난 통계

구분	2011	2012	2013	총 피해액	평균 피해액
풍수해	783	1,066	171	2,020	673
인적재난	393	364	485	1,241	413

※ 2011~2013년(단위:억원)

※ 구분 :

- 풍수해:태풍, 호우, 대설, 강풍, 풍랑 등
- 인적재난:화재, 붕괴, 폭발, 교통사고, 환경오염사고등

2.2 자연재해로 인한 학교 시설 피해 해외 사례

해외 학교시설에서 발생한 각 자연재해별 대표적인 피해 사례는 아래와 같다.

- 쓰나미

파푸아 뉴기니 Wanapu와 Arop은 1998년 7월 17일 발생한 쓰나미로 인해 전지역이 파손되었다. 이 지역들에 위치한 5개 학교는 모두 파손되었으며, 233명의 학생과 5명의 교사가 사망하였다. 안타깝게도 일부 어른들은 지진과 쓰나미의 상관 관계를 잘 이해하고 안전한 지역으로 이동하였으나 피해 학생들과 교사는 그러하지 못해 피해가 컸다.

- 지진

지진으로 인한 피해는 학교 시설물 중 비구조체와 많은 연관이 있다. 1994년 1월 17일 발생한 Northridge 지진은 LA지역 900여개 학교에 많은 피해를 주었다. 예를 들어 교실 천정에 설치된 조명이 학생에게 떨어지는 등의 사고로 천여명의 학생들이 지진으로 발생한 비구조체 피해에 의해 심각한 부상 혹은 상처를 입었다. 이 지진으로 발생한 구조체의 피해는 5,500개 또한 학교 건물에서 140만달러가 넘는다. 1999년 9월 30일 멕시코 Oaxaca 지진은 1,500여 개의 학교에서 피해가 발생하였으며, 약 삼십만명의 학생에게 등교 금지가 내려졌다. 1997년 베네수엘라의

Cariaco 지진에서는 구조체에 발생한 피해가 아주 적었으나 두개의 학교 건물이 붕괴 되면서 삼십명의 학생이 사망하였다.

1999년 터키에서 발생한 지진은 5개 지역에 36,000여명의 학생과 1,140명의 교사에게 영향을 주었는데, 이 지역의 43개 학교가 파괴 되었다. 인근지역 380개의 학교도 심각한 피해를 입어 복구가 필요 했다. 집계된 피해액은 약 4,000만 달러이며 약 55만명의 학생들에게 영향을 주었다.

1993년 콰에서 발생한 지진에서는 1965년과 1986년 사이에 지어진 낮은 층의 건물에서 피해가 주로 발생하였는데, 이는 자중이 많은 높은 지붕에 짧은 기둥을 설치하는 등의 구조적인 문제점과 시공 부실등이 문제로 지적되었다. 2000년 6월 4일 서수마트라에서 발생한 Bengkulu earthquake은 136개의 학교건물에서 전손이 발생했으며 116개 학교에서 부분 파손이 발생하였다.

- 열대 저기압과 폭풍

1990년 1월 25일 벨기에는 Burns' Day storm으로 백여개의 학교에서 피해가 발생하였다. 직접적인 손해액만도 3백만유로가 넘는다. 벨기에 앤트워프 지방에서는 1992년 8월 9일 New Year's Day Storm으로 37개 학교 건물이 파손되며 십만유로의 피해가 발생하였다. 또한 1985년과 1994년 사이 미국에서는 천둥번개로 7개 학교가 파손이 되었다. 기상관련 재해로 인해 미국에서는 1988년부터 2000년까지 1,800억원달러 이상의 손실이 발생하였다. 이 뿐만 아니라 지난 수세기 동안 마이애미에서는, 틀레인 대학교와 동 캘리포니아대학교가 허리케인에 의해 폐쇄되었다. 아울러 노우스 다코다주, 콜로라도 주, 시라큐스 소재의 많은 대학들은 홍수로 인한 피해로 장기 휴교가 발생하기도 했다.

- 산사태

미국에서 산사태는 연평균 2십억달러의 피해와 35명의 사상자를 발생시킨다. 비록 학교 시설물에 대한 정확한 피해 데이터가 존재하지는 않지만, 산사태 위험으로 발생한 실제 피해 및 위험도는 통계보다 더 클 것으로 예상된다.

3. 자연재해 취약도 개선 및 결론

앞에서 살펴본 피해 사례와 같이 학교 건물은 자연재해(태풍, 쓰나미, 지진, 홍수등) 위험에 많이 노출되어 있다. 빈도와 강도가 증가하고 있는 자연재해에 대해 지속적인

학교 시설의 유지 관리를 위해선 Pre-assessment가 반드시 필요하며 시설물 강화에 대한 제도적 보완도 필요하다. 학교시설은 용도 및 거주자의 특성에 맞게 보다 자연재해에 강한 구조물로 설계되고 보강되어야 하며, 시설물의 관리를 위해서는 구조체와 비구조체로 나누어 관리되어야 하겠다. 학교시설물이 자연재해에 취약한 원인 및 그 개선방안에 대한 자세한 세부 사항은 아래와 같다.

1. 긴창이 연속되어 있는 벽면에 설치된 짧은 콘크리트 기둥은 지진에 의해 파손되기 쉽다.
 - 새로 증축된 학교 건물의 경우는 인가에 가까운 곳에 지어지기 때문에 지반 조건이 불안정한 상태에서 지어질 수도 있다. 이는 지진 및 산사태와 같은 자연재해에 노출되기 쉽고 그에 따른 구조물의 보강이 필요하다.
2. 학교 건물은 일반 건물에 비해 건물 기둥간 거리가 길어 자연재해에 취약하다
 - 이러한 이유는 일반 건물에 비해 학교 건물이 상대적으로 오래 전에 설계되었고, 이는 예전 건축법규에 따라 지어져 오래된 건축 재료 및 기술이 적용되었기 때문이다. 이는 학교 시설물의 자연재해에 의한 취약도를 높인다
3. 길고 가새가 없는 벽은 강풍 및 지진의 횡파에 취약하다
 - 길고 가새가 없는 벽은 강풍과 지진과 같은 불균형 하중에 취약하므로, 벽 중간에 가새 및 하중 지지용 가설재등을 설치하여 구조물 보강하고 긴 벽의 설치는 지양한다.
4. 학교 건물의 지붕 구조가 자연재해 취약도를 높인다
 - 무거운 자중을 가진 지붕(무거운 프리캐스트 강화 콘크리트 구조등)을 가진 건물은 지진에 의해 쉽게 피해가 발생하므로, 지붕의 자중을 낮추고 경량지붕으로 설계를 지향한다.

저자약력

현재 삼성화재 방재연구소에서 책임연구원으로 근무하며 각종 위험의 분석 및 자연재해와 그 위험의 정량화 연구를 통한 컨설팅과 재해예측모델 개발을 주업무로 하고 있음, 2010년 University of Florida 졸업(석사), 2013년 Texas A&M University 졸업(박사)