

지진에 대한 학교건축물의 대응

Measures to Seismic Problems for School Buildings



이 주 나 / 서울시립대 건축학부 객원교수
 Lee, Ju-Na / Guest Professor, University of Seoul
 juna@uos.ac.kr

1. 서론

학교 건축물의 구조에 있어서 현재 가장 중요한 이슈는 기존 교사의 지진에 대한 대응능력일 것이다. 최근 지구촌에서는 여러 지역에서 자주 강진이 발생하여 건물의 내진성에 대한 관심이 높아지고 있다.

또한 재해 시 학교건축물의 피해는 어느 건축물보다도 미치는 파장이 크며, 어느 지역이나 위치하고 있는 공공시설물로서 재해시 대피 혹은 피난장소로 사용되는 것이 학교건축물이기 때문에 학교건축물이 지진에 대하여 대비되어야 할 필요성은 더욱 높아지고 있다.

이러한 배경에서 현재 우리나라 학교건축물의 지진에 대한 대응은 어떠한지 살펴보고자 한다. 먼저 국내의 지진 발생현황과 이에 따른 내진설계 도입양상을 살펴보고 이에 따라 학교건축물의 전반적인 내진설계 현황을 파악하여 향후 학교건축물의 내진성능확보를 위한 검토방향을 모색해 보고자 한다.

2. 국내의 내진설계 현황

2.1 국내 지진발생 가능성

우리나라의 경우 유라시아 판 내에 위치하여 지진이 발생하지 않는 것으로 인식되어 왔으나 작거나 중간 정도 규모의 지진들이 과거부터 현재까지 지속적으로 발생하고 있다. 다만 관심 부족과 계측기의 미비로 인하여 측정되고 보고되지 않은 것뿐이라고 할 수 있다.

과거에 일어난 한반도의 지진 기록을 분석해 보면 매우 활발한 지진활동 기간이 있었음을 알 수 있다. 한반도에

대한 지진 활동의 고전자료는 삼국사기, 고려사, 조선왕조실록, 중보문헌비고 등의 사료에서 찾아볼 수 있다. 우리나라에서는 15세기부터 17, 18세기까지 지진활동이 왕성했다(그림 1). 서기 27년~1904년 기간 동안에는 총 309회의 지진이 발생하였다는 기록이 있다. 또한 기상청 통계에 의하면 지진에 대한 계기 관측을 시작한 1978년 이래 규모 4이상의 지진발생 수는 총 36회에 이르는 것으로 보고되고 있다.

그중 1978년 속리산 지진(규모 5.2) 및 같은 해의 홍성 지진(규모 5.0)의 영향으로 재산피해 5억원, 부상자 2명, 건물파손 112여 채, 건물 균열 1,000여 채의 피해를 입었다. 이 후 건축물에 대한 내진 설계기법이 도입되기 시작하였다.

그 후로도 1996년 영월지진(규모 4.5), 1997년 경주지진(규모 4.2), 2004년 울진지진(규모 5.2), 2007년 월정사 지진(규모 4.8), 2008년 제주해역 지진(규모 4.2), 2009년 안동지역 지진(규모 4.0)등이 대표적인 국내 지진 사례이다.

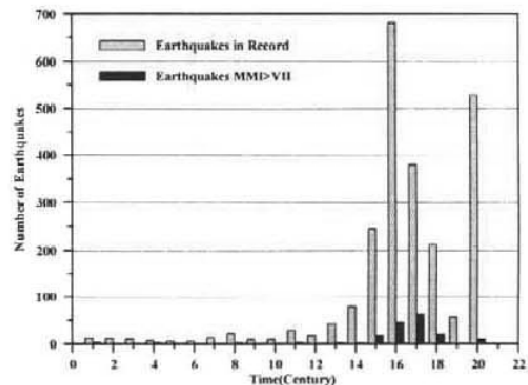


그림 1. 우리나라의 지진발생 횟수

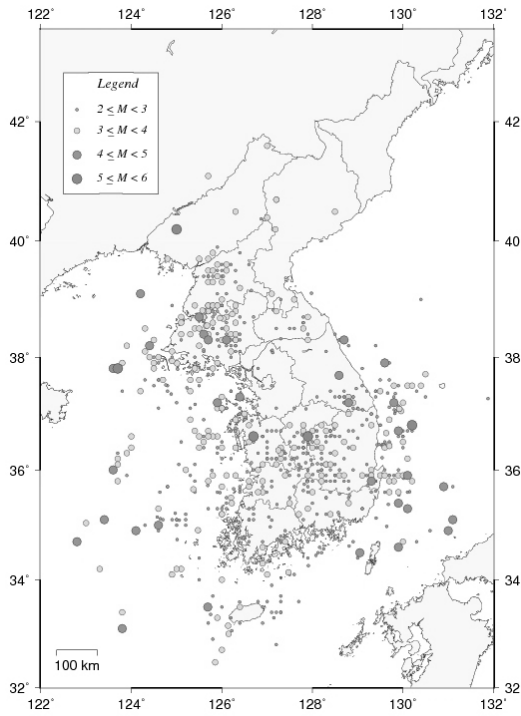


그림 2. 국내 발생 지진의 진앙 분포도(1978~2008)
(출처 : 기상청 지진센터)

이처럼 지진은 지진지역이 아니라고 알려진 우리나라와 같은 지역에서도 한반도 전역에 걸쳐 발생하고 있으며(그림 2) 그 총 횟수는 점점 증가하고 있다. 발생지역은 엄청난 인명피해와 금전적 손실을 입게 되므로 지진이 발생시 내진기준이 적용되지 않은 건축시설물의 경우 건물붕괴의 위험이 그만큼 크므로 내진에 대응이 반드시 검토되어야 한다고 하겠다.

2.2 국내 내진 설계기준의 적용과정

1976년 홍성지진에도 불구하고 1985년 멕시코 지진이전까지 우리나라는 지진의 위험성을 크게 인지하지 못하였으므로, 체계적인 내진설계기준을 갖추거나 전반적인 건축물에 내진설계 개념이 도입되지는 못하였다. 1972년 원자력발전소 설계 시와 같이 일부 중요 건축물에 미국의 기준을 그대로 적용하여 내진설계가 이루어지기는 하였으나, 우리나라에서 건축물에 반영하는 내진기준을 마련한 것은 내진 설계부분 규정을 포함하고 있는 1988년 <건축물의 구조기준 등에 관한 규칙>이 시효이다.

그 후 국내외에 노스리지 지진과 고베 지진 등 대형 지진이 많이 일어났고 내진공학이 획기적으로 발전을 거듭하였기 때문에, 이 같은 연구결과를 바탕으로 2000년 내진설계기준이 다시 변경되었으며, 2005년에 새로운 내진기준

표 1. 내진설계중요도 구분 변천
(건축물의 구조기준 등에 관한 규칙)

1988	1	바닥면적의 합계가 1천제곱미터이상인 종합병원, 병원, 통신, 촬영시설중 방송국 및 전신전화국, 발전소, 공공업무시설
	2	바닥면적의 합계가 5천제곱미터이상인 관람집회시설, 바닥면적의 합계가 1만제곱미터이상인 판매시설, 6층이상의 아파트, 6층이상의 숙박시설
	3	중요도 1 및 2에 해당하는 건축물을 제외한 건축물
1996	1	연면적이 1천제곱미터이상인 위험물저장 및 처리시설, 종합병원, 병원, 방송국, 전신전화국, 발전소, 공공업무시설 및 노유자시설
	2	연면적이 5천제곱미터이상인 관람집회시설, 운동시설, 운수시설 및 전시시설 및 판매시설, 6층이상인 숙박시설, 오피스텔 및 기숙사, 5층이상인 아파트
	3	중요도 1 및 2에 해당하지 아니하는 건축물
2000	특	- 연면적이 1천제곱미터이상인 위험물저장 및 처리시설, 병원, 방송국, 전신전화국, 소방서, 발전소, 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 아동관련시설, 노인복지시설, 사회복지시설 및 근로자복지시설 - 15층 이상인 아파트
	1	- 연면적이 5천제곱미터이상인 공연장, 집회장, 관람장, 전시장, 운동시설, 판매 및 영업시설 - 5층이상인 숙박시설, 오피스텔 및 기숙사 및 아파트
	2	중요도 특 및 1에 해당하지 아니하는 건축물
2005	특	- 연면적이 1천제곱미터이상인 위험물저장 및 처리시설, 병원, 방송국, 전신전화국, 소방서, 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 아동관련시설, 노인복지시설, 사회복지시설 및 근로자복지시설 - 15층 이상인 아파트 및 오피스텔
	1	- 연면적이 5천제곱미터이상인 공연장, 집회장, 관람장, 전시장, 운동시설, 판매 및 영업시설 - 5층이상인 숙박시설, 오피스텔 및 기숙사 및 아파트 - 3층 이상의 학교
	2	중요도 특 및 1에 해당하지 아니하는 건축물
2009	특	- 연면적이 1천제곱미터이상인 위험물저장 및 처리시설, 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 소방서, 발전소, 방송국, 전신전화국 - 종합병원, 수술시설이나 응급시설이 있는 병원
	1	- 연면적이 1천제곱미터미만인 위험물 저장 및 처리시설, 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 소방서, 발전소, 방송국, 전신전화국 - 연면적 5천제곱미터이상인 공연장, 집회, 관람장, 전시장, 운동시설, 판매시설, 운수시설 - 아동관련시설, 노인복지시설, 사회복지시설, 근로복지시설 - 5층이상인 숙박시설, 오피스텔, 기숙사, 아파트 - 학교 - 수술시설과 응급시설 모두 없는 병원, 기타 연면적 1천제곱미터이상인 의료시설로서 중요도(특)에 해당하지 않는 건축물
	2	중요도 특 및 1, 3에 해당하지 않는 건축물
3	- 농업시설물, 소규모창고 - 가설구조물	

을 제정하였고 또한 현재 심화된 연구를 통하여 2008년 기준이 새로 정립되었다.

1988년 내진설계기준이 도입되었다고는 하나, 당시 내진설계 적용대상으로 하고 있는 건축물은 당시 건축법 시행

령 제 16조에 의하여, 6층 이상의 건물과 1,000m² 이상인 종합병원, 병원, 통신촬영시설 중 방송국 및 전신전화국과 발전소, 공공업무시설, 5,000m² 이상인 관람집회시설 및 10,000m² 이상인 판매시설이 해당되었다. 따라서, 6층 미만의 학교건축물은 내진설계 대상에 포함되었을 가능성이 현저히 낮기 때문에 전반적으로 내진설계가 반영되지 않았을 것으로 사료된다.

2000년 기준에서는 내진설계대상이 6층 이상과 연면적 10,000m² 이상의 건축물로 확대되나, 학교건축물은 6층에 미치지 못하는 경우가 많으며, 내진설계 대상이 되는 학교 건축물이라 할지라도 표 1에 나타낸 바와 같이 중요도가 낮게 취급되었다는 것을 알 수 있다.

2005년 기준에 이르러 내진설계 대상 건축물의 범위가 3층 이상이나 1000m² 이상의 건축물로 확대되면서 대부분의 학교건축물이 내진설계의 대상에 포함되었음을 알 수 있다. 또한 중요도 계수 면에서도 중요성이 높게 고려되기 시작하였음을 알 수 있다. 따라서 2005년 이전의 학교건축물은 대부분 지진에 대한 대응이 충분치 못하였을 것으로 짐작되며 보다 면밀한 내진보강 검토가 필요함을 알 수 있다.

더욱이 내진공학이 발달하면서 지진하중은 보다 심각한 규모로 밝혀지고 있고, 기준에서 요구하고 있는 내진수준 또한 1988년 기준보다 엄격해지고 있는 실정이다.

이러한 심각성에 따라 2008년 3월 28일 ‘지진재해 대책법’이 제정되었고, 국내 최초 내진기준이 정립된 1988년 이전에 신축된 공공시설물에 대한 내진보강 대책이 의무화 되었다.

3. 국내 학교건축물의 내진설계 현황

통계자료에 나타나고 있는 바에 따르면, 학교건축물 중에 3층 이상, 1000m² 이상의 건축물로 내진설계 대상이 되는 건물은 18,329동으로 집계되고 있는데, 이중 내진설계 된 건물은 2,417동으로 13.2%에 불과한 것으로 나타난다. 실제 상당히 많은 수의 학교건축물에서 내진설계가 이

루어지지 않고 있는 것을 알 수 있는데, 시기에 따라 세부적으로 내진성능 양상을 살펴보면 다음과 같다.

3.1 1988년 이전의 학교건축물

우리나라의 내진기준이 도입된 시기는 1988년이므로, 1988년 이전의 교사들은 내진에 대한 고려가 거의 이루어지지 않았을 것으로 쉽게 짐작된다.

특히 이 시기까지 지어진 학교건축물들은 그림 3과 같이 표준설계 등에 의하여, 일반적으로 Y방향이 7~9m의 교실스팬과 2.5m내외의 편복도로 구성된 철근 콘크리트 골조 형식을 보인다.(그림 3참조)

현재 이 시기의 학교 교사의 경우 리모델링을 통해 내진보강이 이루어지고 있는 많은 경우를 볼 수 있는데, 현재 요구되고 있는 내진성능에 비하여 주요부재의 부재내력이 부족함을 보이고, 한계상태의 경우 취성적인 거동을 보이기도 하는 것으로 나타나고 있다. 건축물의 방향별 내진성능은 Y방향 보다는 X방향의 내진성능이 부족한 것으로 나타나는데 이는 X방향 대비 Y방향에 교실 칸막이 벽 등 지진에 저항할 수 있는 벽체량이 많은 것에 기인하는 것으로 사료된다.

따라서 이 시기의 학교 건축물은 정밀한 안전진단과 구조검토를 토대로 부재의 내력 및 내진성능 확보를 위한 보강이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

3.2 1990년대의 학교건축물

1990년대 이후의 교사도 2005년 이전에는 범규에서 지정한 내진설계 대상에 해당되지 않는 경우가 많았기 때문에 적절한 내진설계가 이루어졌다고 보기 어렵다.

1990년대 이후의 학교 건축물들은 교육환경 개선사업으로 인해 획일적인 표준설계교사와 비교하여 학교별로 차별화된 구성을 보인다.(그림 4 참조) 용도에 따라서 Y방향으로 중복도를 두고 대칭형으로 3 개의 스펠이 연속되기도 하고 여러 매스가 연결되면서 열이 분리되기도 하는 등 다양한 구성이 나타나고 있다.

이와 같이 1990년 이전의 건축물과는 달리 다양한 구성

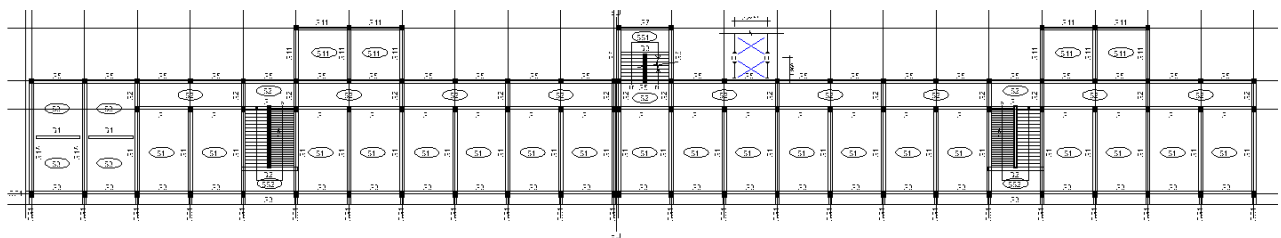


그림 3. 1971년 준공 원주 B중학교의 예

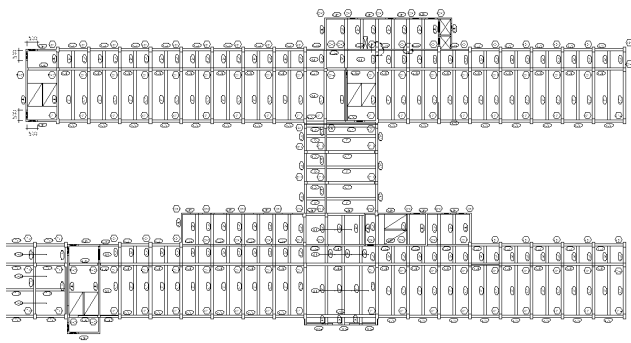


그림 4. 1997년 준공 경북 S 초교의 예

과 배열이 이루어지고, 내진설계에 대한 인식이 높아지면서 경우에 따라서는 일부분에서 지진에 저항하는 전단벽의 배치로 건물에 따라서는 내진성능을 확보하고 있는 경우도 종종 볼 수 있다. 그러나 이 시기의 학교 교사는 오히려 이러한 구조배열의 다양성으로 인해 대부분의 경우가 구조물의 비정형성에 해당되어 내진성능의 예측이 어렵다.

따라서 이 시기의 학교 건축물은 동적해석 및 비선형해석이 수반된 정밀 구조검토와 이를 토대로 한 합리적인 지진보강이 이루어져야 할 것이다.

4. 결론

이미 알려진 바와 같이 우리나라 역시 지진으로부터 자유롭지 않으며, 학교건축물은 학생들이 많은 시간 밀집되어 이용하는 건축물임은 물론 재해시 피난용도로 사용되는 건축물로 어떤 건축물보다 지진에 대한 대비가 필요한 건축물이라 여겨진다.

그러나, 살펴본 바와 같이 학교건축물이 내진설계 대상이 된 것이 2005년 이후이며, 특히, 2005년 기준 이후 지진하중의 요구수준이 높아진 것을 감안하면 2005년 이전의 학교건축물은 증축이나 시설물개선을 의도할 경우 내진보강에 대한 검토가 우선적으로 필요하다는 것을 알 수 있다.

먼저 1990년대 이전의 학교교사의 경우가 중점적으로 보강되어야 할 것으로 사료되며, 특히 시대별로 구성방식이나 설계방식이 다르게 나타나므로, 보유한 성능에 따라서 효과적인 내진성능 확보 방안을 최소한의 수준이라도 마련하는 것이 필요할 것이다.

이를 위하여 교육시설물의 개선사업 일선에서는 학교건축물의 실정에 맞는 내진성능 평가와 보강설계에 관한 기준이 제시되고 있으며, 다양한 보강기술이 검토되고 시행되고 있는 실정이기도 하다. 이와 더불어 각계에서 학교건

축물의 내진검토 필요성을 폭넓게 인식하고 학교실정에 맞추어 보다 현실적으로 유효한 보강방안을 모색하는 것이 바람직할 것이라 여겨진다.

참고문헌

1. 최인학, 김영호, 방중석, “국내 지진재해 대책법에 따른 학교시설물 내진보강안”, Remodeling, 2009.9.
2. 이강석, 위정두, 김용인, 이현호, “1980년대 국내 철근콘크리트 학교건축물의 내진 안전성 평가에 관한 연구”, 한국구조물진단학회지, 2009.9.
3. 최호, “우리나라 학교건축물의 내진성능 및 손상도 평가”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2007.10.
4. 송진규 외 4명, “노후도를 고려한 학교건물의 내진성능평가 및 내진보강에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 구조계, 2010.08.