학교시설 지진피해 현황과 대책

Earthquake Damage Status and Its Countermeasures for School Facilities

이 정 한 / 국립방재연구소 시설연구사
Lee, Jung-Han / Researcher, NIDP
ljhunk@nate.com

1. 서론

2010년 1월 전 세계에 엄청난 충격과 아픔을 전해주었던 아이티 지진의 충격이 채 사라지기도 전에 최근 2011년 2월 22일 규모 6.3의 뉴질랜드 크라이스트처치 지진을 비롯하여 3월 11일 규모 9.0의 대지진이 일본 동북부 지역을 강타하며 전세계는 또다시 충격에 빠지게 되었다. 특히 동일본 대지진의 경우 지진과 더불어 지진해일을 동반하며 그 피해가 가중되었으며, 일본 경시청 광보자료(4월 27일 현재)에 따르면 사망자 14,517명, 실종자 11,432명, 부상자 5,314명이 발생한 것으로 보고하고 있다. 또한 건축물의 경우 대파 76,800동, 반파 28,040동, 전소/반소 260동, 침수 8,701동 그리고 일부파손이 218,227동, 비주거시설 25,028동 등 총 357,056동의 건축물에 피해가 발생하는 등 막대한 인명피해와 경제피해가 발생하였다. 아직까지 피해상황이 정확하게 집계되지 않은 상황이지만 이번 지진으로 학교 건축물의 피해 역시 클 것으로 예상되고 있는 상황이다.

지진방재와 관련해서 전 분야에서의 철저한 대비 및 대응이 중요하지만 특히 학생들의 안전을 확보하는 것은 무엇보다도 중요한 과제 것이다. 실제 69,226명의 사망자가 발생된 규모 8.0의 중국 쓰촨성 대지진(2008. 5. 12. 14:28)에서는 7백 86만여 동의 건축물에서 피해가 발생된 가운데 학교 건축물이 7,000여동이 붕괴되며 수많은 어린생명들이 목숨을 잃은 것으로 보고되었다. 지진 직후 뉴욕타임스에서는 '세계 각지의 많은 학교건물이 쓰촨대지진으로 무너진 학교들처럼 지진에 무방비 상태로 노출돼 있다"면서 "지진 때마다 반복되는 현상"이라며 대책 촉구하였다. 중국 쓰촨성 지진 당시 2008년 5월 26일 십방시 락수진 이병촌의 한 산등성이에 108명의 학생들을 매장하였으며 그림 1에서 보는 바와 같이 이름이 없는 번호만 새겨 넣은 벽돌 묘비를 사용하며 그 아픔을 더하였다. 또한 그림 2의 경우 도강언시 신건 초등학교 4학년 2반 학생들의 단체 사진으로 40명의 학생들 중 9명의 학생들만이 살아남은 것으로 보고되며 수많은 학생들의 인명피해로 인하여 당시 중국 전역에서 그 아픔이 가중되었다.

본 원고에서는 국내외 학교 건축물의 지진피해 현황을

그림 1. 중국 쓰촨성 지진피해 학생들 벽돌 묘비

그림 2. 도강언시 신건초등학교 4학년 2반 단체사진

분석하며 국내 지진방재종합대책과 더불어 현재의 국내 학교 건축물의 내진실태를 살펴보고자 한다.

2. 학교시설 지진피해 현황

2.1 국내 학교시설 지진피해

국내 지진발생현황을 살펴보면, 그림 3에서 보는 바와 같이 계기관측이 시행된 1978년 이후 2010년까지 33년간 총 906회, 연평균 27회 빈도로 지진관측이 되고 있으며, 규모 4.0이상의 지진이 총 42회 가량 발생하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 90년도 중반이후 전체 지진발생 횟수는 증가하고 있지만 규모 3.0이상은 뚜렷한 증가가 없는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 최근 해외에서의 지속적인 강진발생과 더불어 2010년 2월 규모 2.3, 2.4, 2.6 등의 제주해역 연속지진을 비롯하여 경기도 시흥시에서 발생된 규모 3.0의 지진으로 인하여 국민적 불안감이 늘어나고 있는 상황이다.

계기관측 이후 국내 주요 지진발생 현황 및 피해현황은 표 1과 같다.

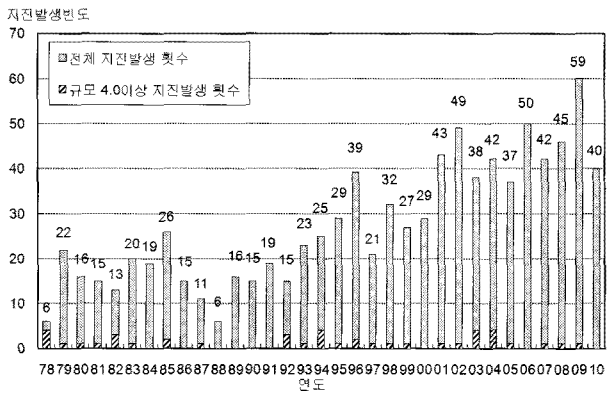


그림 3. 우리나라 연도별 지진발생현황

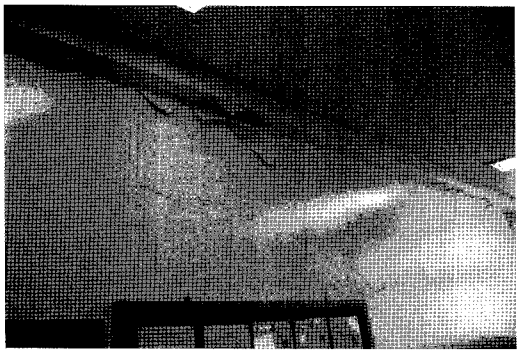
표 1. 국내 지진발생 및 피해현황

지진명	규모	인명피해(명) 계	사망	부상	실종	재산피해
속리산지진 1978.9.16	5.2	0	0	0	0	• 우리나라 전역에서 고른 진동 감지 (재산피해 : 없음)
홍성지진 1978.10.7	5.0	2	0	2	0	• 재산피해 : 3억1백 만원 • 건물피해 : 홍성군청을 중심으로 건물파손 100여 동, 건물균열 1,000여 동 • 성곽붕괴 : 사적 231호 홍주 성곽 붕괴 • 도로파손 : 홍성읍 오관리 6구 한전출장소 앞 포장도로 (8m폭) 약 20m가 너비 1cm가량 균열 • 유리창파손 : 홍성군청 등 12개 공공기관 유리창 500여장 • 기타 : 일시 정전, 전화불통
영월지진 1996.12.13	4.5	0	0	0	0	• 건물 피해 : 영월군과 정선군 일대 10여개 구조물에서 균열 발생, 도로변 낙석 발생 • 한반도 전역에서 진동 감지
울진 앞바다지진 2004.5.29	5.2	0	0	0	0	• 재산피해 : 없음 • 울진지역(진도V)에서 건물이 심하게 흔들림 • 속리산지진 이후 가장 큰 규모의 지진
후쿠오카지진 2005.3.20	7.0	0	0	0	0	• 부산에서 엘리베이터가 일시 가동 중지 • 부산항 하역작업 30분간 중단
오대산지진 2007.1.20	4.8	0	0	0	0	• 건물 피해 : 노후 건축물의 벽체에 균열 발생

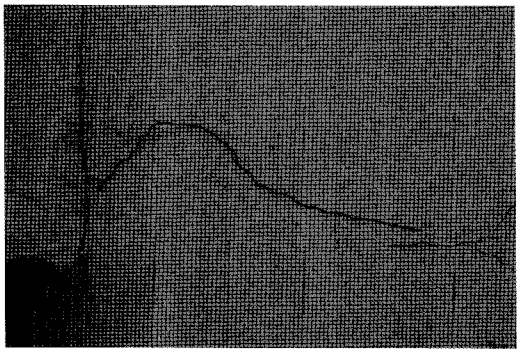
국내 지진발생과 관련하여 학교 건축물에서의 지진피해는 1978년 규모 5.0의 홍성지진 및 2007년 규모 4.8의 오대산지진에서 일부 학교 건축물에서 지진피해가 발생한 것으로 보고되고 있다.

먼저 홍성지진의 경우 1978년 10월 7일(금) 18시 19분 52초에 충청남도 홍성읍 지역(북위 36.6도, 동경 126.7도)에서 규모 5.0의 지진이 발생하였다. 지진발생으로 인명피해 2명, 재산피해 3억 1백만원이 발생하였으며 홍성군청을 중심으로 건물파손 100여동, 건물균열 1,000여동의 피해가 발생된 것으로 기록되고 있다(이리형 외, 1978). 학교 건축물의 경우 9동에서 피해가 발생하였으며 홍성국민학교의 경우 2층 조적조 건축물로서 벽체에 다수의 균열이 발생되었고 교실내부의 천장 파손이 심했던 것으로 나타났다.

오대산 지진의 경우 2007년 1월 20일(토) 20시 56분 53초에 강원도 평창군 도암면-진부면 경계지역(북위 37.68도, 동경 128.59도)에서 규모 4.8의 지진이 발생하며 제주도를 제외한 전국에서 지진동이 감지되었다. 인명피해는 발생하지 않았지만, 대다수 노후 건축물에서 균열이 발생한 것으로 나타났다. 학교 건축물의 경우 평창군 도암면

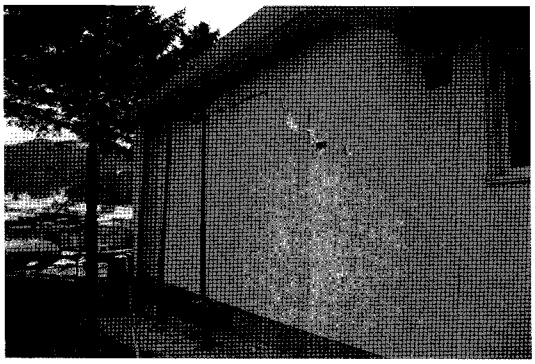


(a) 교실 내부 균열발생

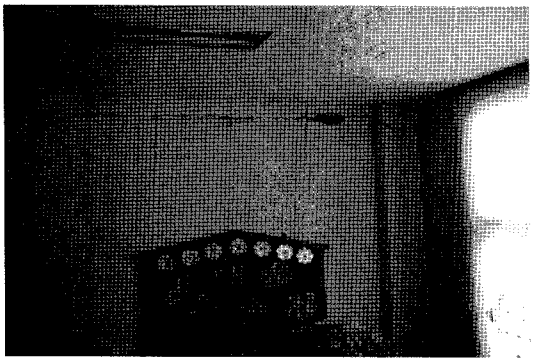


(b) 교사동 벽체 균열

그림 4. 강원도 평창군 상지대관령 고등학교 지진피해



(a) 교사동 벽체 균열

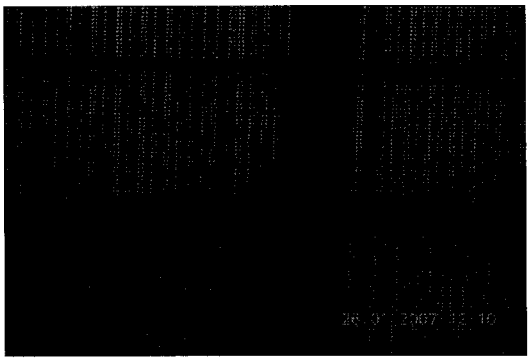


(b) 교실 내부 횡방향 및 종방향 균열

그림 5. 강원도 평창군 거문 초등학교 지진피해

소재 상지대관령 고등학교, 진부면 소재 거문 초등학교 및 진부 초등학교 등에서 피해가 발생하였다(소방방재청,

(a) 체육관 내부 브레이싱



(b) 파단된 브레이싱

그림 6. 강원도 평창군 진부초등학교 체육관 피해

2007. 1. 20 강원도 오대산 지진, 2007). 철근콘크리트조 2층 규모의 상지대관령 고등학교는 그림 4에서 보는 바와 같이 교사동의 기둥, 보 및 조적벽체 사이에 다수의 수평, 수직균열이 발생되었으며 교실간 칸막이 조적벽체의 균열 발생과 교실 창틀의 미장이 파손되었다.

평창군 진부면 거문리 거문초등학교에서는 교사동의 벽체 슬래브 접합부 부분이 그림 5에서 보는 바와 같이 약 1.5cm정도 밀려났다. 남측 및 북측 모서리 조적조 기둥에 수평, 수직방향으로 균열이 발생되었고, 교실 칸막이 조적벽체에 심각한 균열이 발생하였다. 교무실 교사동은 기둥과 조적벽체 사이에 균열이 발생되었고, 기존 균열은 더욱 확대 진행되었다.

진부면 하진부리 진부초등학교에서는 그림 6에서 보는 바와 같이 체육관 지붕 트러스 브레이싱 타이 5개가 파손(3개 탈락, 2개 끊어짐)되었고, 커튼과 무대를 작동시키는 전동시설 일부가 작동하지 않았으며, 전등 45개소 중 14개소만 점등되었고 나머지는 점등 불능 상태였다.

2.2 국외 학교시설 지진피해

국외 학교시설의 지진피해와 관련하여 우리나라와의 인접국인 일본과 대만, 중국을 대상으로 학교 건축물의 지진피해사례를 살펴본다.

표 2. 고베시립 학교원 및 피해 학교수(고베시 교육위원회, 1995)

종류	학교수	피해 학교수	비율(%)
초등학교	173	161	93.1
중학교	82	78	95.1
고등학교	12	12	100
유치원	71	37	52.1
맹 양호학교	6	6	100
고등전문학교	1	1	100
계	345	295	85.5

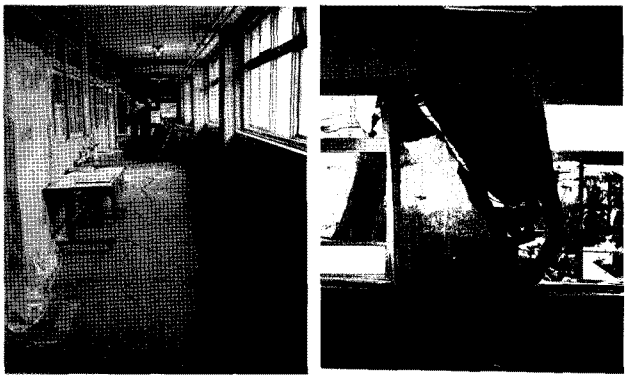


그림 7. 고베시립 타카쇼 중학교 지진피해

표 3. 니가타 지진 학교 건축물 피해현황(문부과학성, 2007.8.10)

구 분	시설수
국립학교시설	7
공립학교시설	270
사립학교시설	20
계	297

그림 8. 시모구니 초등학교 지진피해

일본의 경우 6,434명의 사망자가 발생한 규모 7.2의 고베지진(1995. 1. 17. 05:46)에서 학교안전신화가 붕괴된 바 있다. 고베시 보고(고베지진 피해학교 복구 부흥 기록집-고베시 교육위원회 간행)에 따르면 표 2에서 보는 바와 같이 347개 학교원의 85.5%에 해당하는 297개 학교원에서 피해가 발생하였으며, 중규모 이상의 개수가 필요한 피해가 총 50개 학교원 84개동에 이르는 것으로 보고되었다.

11명의 사망자가 발생한 규모 6.8의 니가타지진(2007. 7. 16. 10:13)에서는 준공연도가 오래된 학교시설에서 지진피해가 발생되었으며 학교시설물의 전체 피해현황은 표 3과 같다.

피해 학교시설중 1963년 준공된 나가오카시 소재 시모구니 초등학교의 경우 그림 8에서 보는 바와 같이 기둥 및 벽체에서 전단균열 발생하였다.

2,416명의 사망자가 발생한 7.6의 대만 치치 지진(1999. 9. 21. 01:47)에서도 다수의 학교시설물에서 피해가 발생되었으며 특히 Guangfu 중학교의 경우 그림 9~그림 11에서 보는 바와 같이 지진피해 이후 현장 보존과 더불어 현재 921 지진 박물관으로 활용되고 있다.

68,109명의 사망자가 발생한 규모 8.0의 중국 쓰촨성 지진(2008. 5. 12. 14:28)에서는 500,000채 이상의 건축물이 붕괴 된 것으로 발표되었으며 16,000여동의 학교시설물이 지진피해를 받은 것으로 보고 되었다. 학교시설물의 경우 총 7,000 여동이 붕괴되었으며 지진피해로 인해 수많은 학생들이 목숨을 잃었다. Xuankou 중학교 및 취원

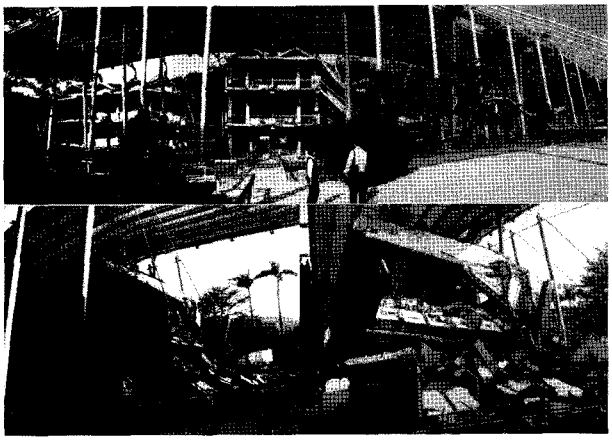


그림 9. Guangfu 중학교 지진피해 및 현장보존

그림 10. Guangfu 중학교 지진피해 및 현장보존

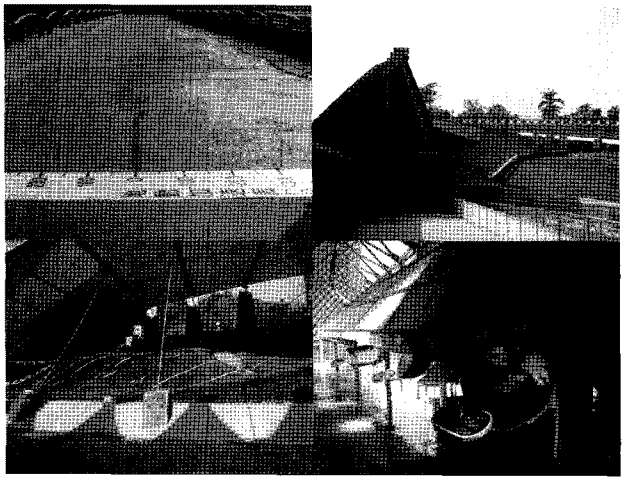
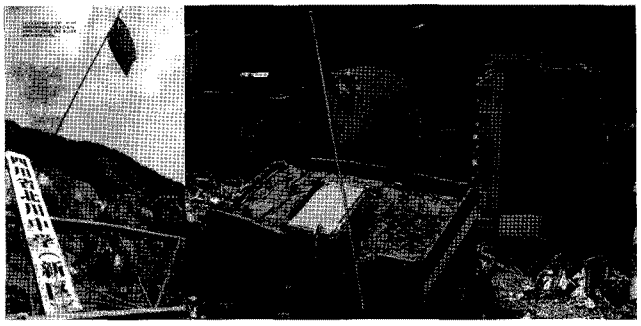


그림 11. 921 지진박물관(광푸중학교 지진피해 현장)

그림 12. Xuankou 중학교 지진피해

그림 13. 취원 중학교 지진피해

중학교의 경우 대부분의 교사동이 붕괴되었으며 지진피해 현황은 그림 12 및 그림 13과 같다. Beichuan 중학교의 경우 그림 14에서 보는 바와 같이 기존 교사동 대부분이 붕괴 되었고, 특히 그림 14(c)에서 보는 바와 같이 신축 교사동에서도 붕괴가 발생하는 등 시공부실에 따른



(a) 지진피해현장의 오성홍기

(b) 기존교사동 완전붕괴 (c) 신축교사동 하부 2개층 붕괴

그림 14. Beichuan 중학교 지진피해

그림 15. 보육시설 지진피해

지진피해가 컸던 것으로 나타났다. 이러한 학교시설 외에도 그림 15에서 보는 바와 같이 유치원 등 다수의 보육시설에서도 붕괴가 발생된 것으로 나타났다. 쓰촨성 지진 발생 이후 중국 정부는 학교 건물의 붕괴 원인에 대한 조사결과를 통해 문제가 있는 업자에 대한 엄중문책 결정한 바 있다.

3. 학교시설 지진방재대책

3.1 지진방재종합대책

1995년 1월 17일 발생한 일본 고베 지진을 계기로 제1

차 지진방재종합대책(1996~2004)이 수립되어 1995년 12월 6일 자연재해대책법에 지진방재대책 등이 법제화 되며 내진설계 대상을 확대 적용하였다. 이후 2005년 3월 20일 발생한 후쿠오카 근해 지진에 따른 지진 및 지진해일 경각심 고조에 따라 국가차원의 내진성능 목표설정 및 법 제정 등 각종 제도정비를 통한 지진재해에 강한 국가건설을 목표로 2005년 12월에 제2차 지진방재종합대책(2005~2008)이 수립되었다. 특히 제2차 지진방재종합대책에 따라 관계부처청 관련의 기존시설물에 대한 내진성능 평가 및 내진보강이 추진되었다. 한편, 오대산 지진 발생 이후 2007년 1월 30일 행정자치위원회에서 지진재해대책법(안)을 발의하였으며, 2008년 3월 28일 법률 제9001호로 '지진재해대책법'이 제정, 2009년 3월 25일 지진재해대책법이 시행되었다. 지진재해대책법 시행령 및 시행규칙 역시 2009년 3월 25일, 3월 26일 각각 제정 및 시행되며 지진재해 경감대책, 기존 시설물의 내진성능에 대한 평가 및 보강대책 수립, 그리고 공공시설과 저층 건물 등의 내진대책 강구를 법제화하기에 이르렀다. 또한 지진재해대책법의 제정 및 공포에 따라 내진보강 기본계획 수립 등 법정 업무 추진을 위하여 제2차 지진방재종합대책의 수정과 보완의 필요성이 대두 되었으며 2009년 3월 제3차 지진방재종합대책(2009~)이 수립, 추진되고 있다.

건축물의 내진설계와 관련해서는 1988년 7월, 관계법령에 내진설계관련 조항이 처음으로 추가되며 지진방재에 대한 인식이 시작되었으며, 2005년 4월 6일에 이르러 건설교통부에서 공포한 "건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 전부 개정령"을 통해 3층 이상의 학교 건축물에 대해 내진등급 1로 조정하는 등 대상범위가 대폭 확대되었다. 특히 학교시설과 관련해서는 "학교시설 내진설계기준"(교육과학기술부, 2009)이 고시되며 2009년도 이후부터 건설되는 학교건물에 적용할 수 있게 되었다.

3.2 학교시설 내진설계 및 내진보강 기본계획

학교시설의 시설물분류는 "학교시설사업 촉진법" 규정에 따라 교사, 교사용 대지, 체육장, 교지, 교구 그리고 급수, 온수시설 등으로 구분할 수 있다. 학교시설의 내진등급은 학교시설의 중요도에 따라 특등급, Ⅰ등급, Ⅱ등급 등 총 3개 등급으로 구분하며 적용 지진하중에 대하여 기능수행수준, 즉시복구수준, 인명보호수준 그리고 붕괴방지수준 등 네 가지 성능 수준에 따라 내진성능 목표를 산정하게 된다. 소방방재청의 기존 공공시설물 내진보강 기본계획(2011)에 따르면, 2010년 10월 현재 내진설계 대상 학교 건축물 18,329동에 대하여 2,478동에 대하여 내진설계 및 내진보강이 적용되어 내진화율이 13.51%인 상황으로 향후 15,851동에 대하여 교육과학기술부에서는 총 5단계의 중장기계획에 따라 지속적인 내진보강을 수행할 예정으로 보고하고 있다.

4. 마치며

중국 쓰촨성 지진발생시 상조중학교 엽지평 교장(그림 16)은 평소 건축물을 보강 및 대피 연습을 통해 학교 교사와 학생 2,300명 모두 피해가 없음을 강조한바 있다.

현재 1자녀 가정이 급격히 늘어나고 있으며 학교시설은 어린 학생들이 생활하는 터전임과 동시에 재해발생시 응급대피장소로 활용되고 있는 매우 중요한 공간이다. 때문에 어린 생명의 보호뿐만 아니라 응급대피장소로서의 역할을 위해서는 학교시설의 내진성능 확보가 매우 중요하고 시급한 상황이다. 더불어 재해 발생 시 대처능력이 현저히 떨어지는 어린학생들을 위한 충분한 지진대비 교육과 훈련 등 충분한 지진방재대책이 추진되어야 할 것이다.

그림 16. 상조중학교 엽지평 교장

참고문헌

1. 박병용, 김용부, 이리형, "홍성지진에 의한 건축물의 피해에 대하여", 대한건축학회지 22권 85호, 1978.12 pp.61-74
2. 방재연구소, "2007.7.16 일본 니가타현 주에스 지진", 2007.
3. 방재연구소, "2008.5.12 중국 쓰촨성 원촨 대지진", 2008.
4. 소방방재청, "2007.1.20 강원도 오대산 지진", 2007.
5. 소방방재청, "제3차 지진방재종합대책", 2009.
6. 소방방재청, "기존 공공시설물 내진보강 기본계획", 2011.