학교시설 안전을 위한 합리적 내진보강 정책제언

공 청 회



대 통 령 소 속
국가건축정책위원회
Presidential Commission on Architecture Policy

프로그램

| 일시 | 2017년 11월 20일(월) 15:00~17:00

| 장소 | 한국과학기술회관 중회의실 2

사회자: 김형준(서울시립대학교 교수)

시 간	세부내용		
15:00~15:05	개 회 사	제해성 (국가건축정책위원회 위원장)	
15:05~15:45	주제 발표	발표1) 학교내진보강의 현황 (**윤병익** 한국건축구조기술사회 부회장)	
		발표2) 내진보강사업의 개선방향 (**유은종** 한국지진공학회 이사 / 한양대학교 교수)	
15:45~16:00	휴식 및 장내 정리		
16:00~17:00	토 론	좌장	최창식 (국가건축정책위원회 위원 / 한양대학교 교수)
		지정토론자	윤석훈 (교육부 교육시설과장) 박진태 (참교육 학부모회 경주지회 사무국장) 정광량 (한국건축구조기술사회 회장) 윤혁경 (국가건축정책위원회 위원) 이오주은 (한국건설신문 차장)
17:00	폐 회		

학교시설 안전을 위한 합리적 내진보강 정책제언

목 차

Ⅰ **학교내진보강의 현황** ····· 7
윤병익 (한국건축구조기술사회 부회장)

Ⅱ **내진보강사업의 개선방향** ····· 33
유은종 (한국지진공학회 이사 / 한양대학교 교수)

학교내진보강의 현황

건축구조기술사회

부회장 윤병익

CONTENTS

내진보강사업의 현황

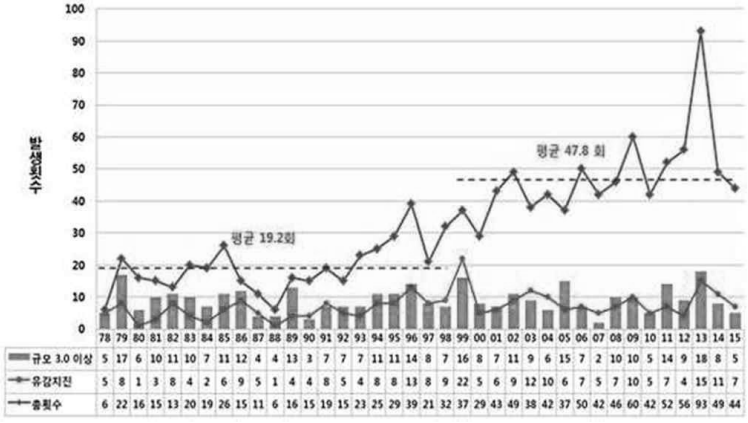
Ⅰ. 지진발생 현황

Ⅱ. 학교 내진보강사업계획

Ⅲ. 주요내용요약

지진발생 현황

- 최근 국내 지진발생 빈도와 지진규모가 지속적으로 증가
- 1978년 이후시설물의 피해를 유발시킬 수 있는 규모 5.0 이상의 지진은 총 9회가 발생하였으며, 이 중에 남한에서 발생한 횟수는 총 8회에 달함.
- 2016년 9월 경주 지진은 최근 발생한 가장 큰 지진으로 비내진건물에 상당한 피해를 유발
- 41개 학교에서 지진피해 발생, 이중 **2개 학교에서 구조체 피해**
- 비구조체 피해는 조적벽체 및 미장면 균열·탈락, 지붕 기와 및 벽 타일탈락, 옥상 방수재료 파손, 조명기구 및 천정마감재(텍스) 파손 등



우리나라의 연도별 지진발생 횟수





경주지진에 의한 학교 건물 피해사례

중국 스촨성 지진

- 2008년 규모 5.8로 우리나라와 같은 판내부에서 발생한 대표적인 지진
- 사망자 69,000명, 부상자 374,000명,
- 약 14000곳의 학교에 피해. 5,335명의 학생이 희생되거나 행방불명됨



쓰촨지진시 붕괴된 학교건물에서 구조된 학생
(AP Photo/EyePress)

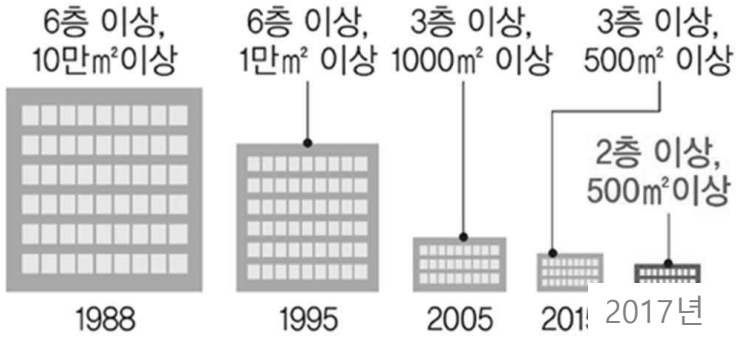


쓰촨성 지진에 의해 붕괴된 학교건물
(지금도 보존중)

학교내진설계 현황

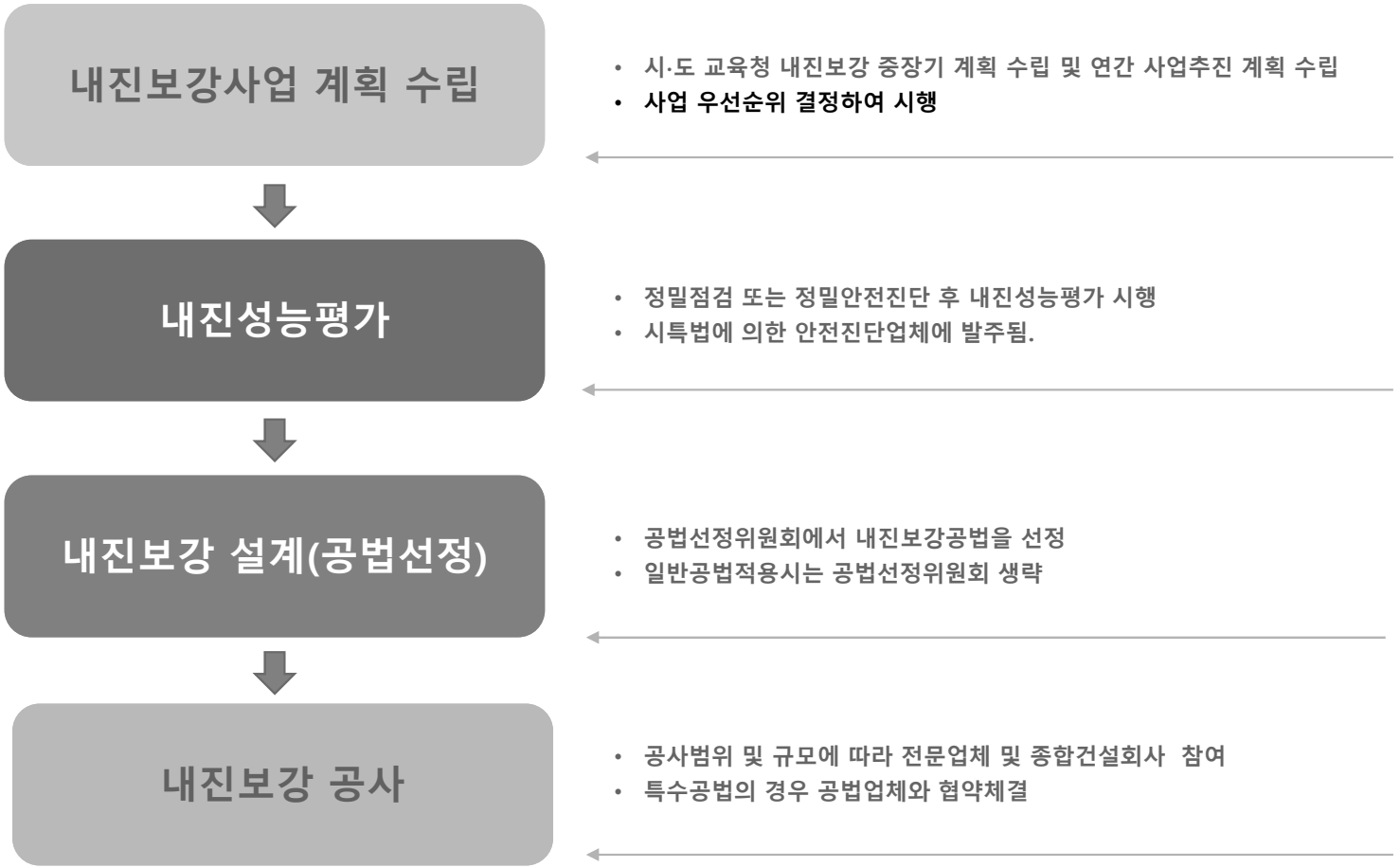
- 1988년 내진설계 도입시 모든 건물에 적용하지 않고 대형건물에만 적용하도록 규정하였음
- 이후 적용대상을 점차적으로 확대하고 있음
- 하지만 대부분의 학교가 5층 이하임을 감안하면 2005년 이전에 설계된 대부분 학교는 비내진건물임. 즉 내진보강필요.





년도	건축구조기술사 구조안전확인	내진설계 확인서
1988	16층 이상, 경간 30m 이상	X
2005	다중이용건축물 추가	X
2009	6층 이상, 경간 30m이상, 다중이용건축물	신설
2015	특수구조건축물, 준다중이용 건축물 추가	2009년 동일

내진보강사업 체계


내진보강사업 계획 수립
• 시·도 교육청 내진보강 중장기 계획 수립 및 연간 사업추진 계획 수립
• 사업 우선순위 결정하여 시행
내진성능평가
• 정밀점검 또는 정밀안전진단 후 내진성능평가 시행
• 시특법에 의한 안전진단업체에 발주됨.
내진보강 설계(공법선정)
• 공법선정위원회에서 내진보강공법을 선정
• 일반공법적용시는 공법선정위원회 생략
내진보강 공사
• 공사범위 및 규모에 따라 전문업체 및 종합건설회사 참여
• 특수공법의 경우 공법업체와 협약체결

내진보강사업계획 - 학교 내진보강 계획

- 2008년 쓰촨성 지진이후로 학교 내진보강사업을 추진
- 행안부 지진재해대책법 제정
- 2016년 경주 지진이후로 조속한 완료를 위해 투자확대
  - ✓ 24,000동 (1990-2009년 건축된 학교건물을 대상)
  - ✓ 연평균 2500억원, 총 4.5조원 규모의 예산 책정
  - ✓ 2034년 완료예정
- 현재 학교의 내진확보율은 24.7%

행정안전부 : 지진재해대책법(2008. 3)

- 내진설계 기준 제정 이전에 건설된 기존 시설물의 내진보강기본계획 수립 요구

교육과학기술부 : 고시 제2009-13호(2009.4)

- 학교시설의 내진안정성을 확보하기 위하여 학교시설을 대상으로 하는 내진설계기준을 제정함

표 – 교육과학기술부에 의한 내진보강 추진계획

연도	2010	2011	2012	2013	2014	합계
보강학교수(동)	61	124	127	124	121	557
사업비(억원)	263.6	595.6	616.4	605.5	594.6	2676

구분	전체건물	대상건물	내진성능 확보(비율)	내진성능 미확보(비율)	총소요액
유초중고	61,670	**31,797**	**7,738**(24.3%)	**24,059**(75.7%)	**44,588**
국립대	3,153	**2,242**	**683**(30.5%)	**1,559**(69.5%)	**4,997**
계	**64,823**	**34,039**	**8,421**(24.7%)	**25,618**(75.3%)	**49,585**

- 모든 비내진설계 건물에 대한 일률적인 내진보강절차를 적용하여 비효율적인 내진성능 평가로 내진보강기간이 늘어나고 보강공사비증가가 우려됨.
- 내진보강평가와 공사를 1년 내에 완료하도록 계획하여 내진보강최적화설계기간이 부족하게 되고 예산낭비의 우려가 있음.

내진보강사업계획 - 대상건물의 선정(사업우선순위)

- 경주지진에 의해 진동이 심하게 발생한 지역에 위치한 학교 건물의 내진보강 사업에 예산을 우선적으로 투입하고 있음.

- 교육부가 제시한 대상학교 선정방법
  - ✓ 지역청별 안배, 지진 시 피해 정도와 가중치 등을 고려하여 우선순위 결정
  - ✓ 증축, 리모델링, 그린스쿨 등의 사업과 연계를 고려하여 계획 변경

선정 방법 1

- **지표에 따른 가중치 적용**
  - 준공연도 : 21~30년 경과 건물 우선(30년 이상 후순위)
  - 초등학교, 특수학교 우선
  - 단위건물면적이 클수록 우선
  - 고층건물 우선
  - 이재민수용시설 가점 부여
- **가중치 적용 교육청**
  - 서울, 강원, 충북 등

선정 방법 2

- **학교시설 내진성능 우선도 평가 실시**
  - 학교의 내진성능을 보수적으로 평가
  - 내진성능 수준 및 등급 결정
- **우선도 평가 기준**
  - 「학교시설 내진성능 평가 및 내진보강 가이드 라인」
- **우선도 평가 결과 + 가중치 지표 복합 적용**
  - 세종, 경남

내진보강사업계획 - 서울시 교육청의 우선순위

- 건축연한 30년 미만의 이재민수용시설 지정학교 건물을 우선하여 선정하되, 지역별 안배를 위해 교육지원청별 우선순위를 선정하고 있음.

순위	선정기준	내용	근거
1	내용연수	건물의 내용연수에 따른 LCC를 고려한 30년 미만 경과 건물 우선	교육부 제시기준('15.12)
2	이재민수용 시설	이재민수용시설 지정학교 우선	서울시 교육청 기준('15.12)
3	학교급별	유.특수 → 초 → 중 → 고 순	교육부 회의자료(16.10)
4	시설유형별	기숙사.체육관 → 교사 → 강당 → 급식시설 순	교육부 회의자료(16.10)
5	효율성*	증축·리모델링 사업계획이 있는 건물 우선 (내진보강 병행추진) *철거 또는 개축계획이 있는 시설은 제외	교육부 제시기준('15.12)
6	규모	규모(연면적)가 큰 건물 우선	서울시 교육청 기준('15.12)
7	피해가능성	지진발생시 대규모피해가 예상되는 건물	교육부 제시기준('15.12)

내진보강사업계획 - 이재민 수용시설

- 지진 실내구호소 : 지진피해 장기화시 주거지가 파손된 이재민등을 대상으로 집단구호를 실시하기 위하여 내진설계가 적용된 시설물 (**내진특등급으로 설계되어야함**)
- 구호시설의 지정주체 : 지자체

지진 실내구호소

지진피해 장기화시 주거지가 파손된 이재민등을 대상으로 집단구호를 실시하기 위하여 내진설계가 적용된 시설물입니다.

지역구분 서울특별시 시군구선택 읍면동선택 시설구분 시설구분선택

시설명 검색

시설구분	시설명	상세주소	수용가능면적	연락처
학교	재동초등학교	서울특별시 종로구 북촌로4길 7 (가회동)	202m²	02-763-1813
학교	독립문초등학교	서울특별시 종로구 통일로12길 9 (무악동)	9338m²	735-7344
관공서	무악동주민센터	서울특별시 종로구 통일로16길 8-3 (무악동, 인왕산아이파크아파...	1200m²	02-2148-5157
관공서	평창동주민센터	서울특별시 종로구 평창문화로 65 (평창동)	108m²	02-2148-5139
학교	매동초등학교(체육관)	서울특별시 종로구 사직로9길 19 (필운동)	703m²	02-737-4263
기타시설	종로문화체육센터	서울특별시 종로구 인왕산로1길 21 (사직동)	2167m²	02-732-9392
학교	청운초등학교	서울특별시 종로구 자하문로 105 (청운동)	12957m²	02-735-1924
학교	청운중학교	서울특별시 종로구 창의문로 51 (청운동)	1915m²	02-730-5060
학교	경복고등학교	서울특별시 종로구 자하문로28가길 1 (청운동)	9044m²	02-397-5301
학교	경기상업고등학교	서울특별시 종로구 자하문로 136 (청운동)	1099m²	02-720-6510

1/51 이동

← 재난안전포털의 지진실내구호소 목록 (학교, 주민센터 등)



- 대상건물의 현황과 상관없이 지정되는 경우가 많아 무리한 내진보강이 우려됨.

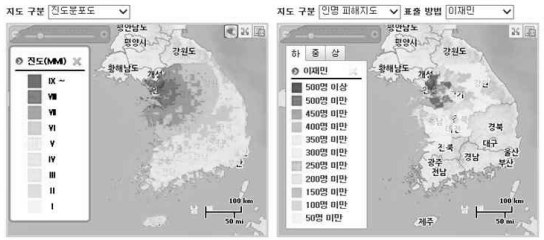
내진보강사업계획 - 이재민 수용시설

- **지진대비 임시주거시설 규모·위치:**
  이재민 예측 시스템 신뢰도 검증 필요

▪지진피해 시뮬레이션 정보 — 다른 분석번호 조회

번 호	0000588	규 모	8.8	깊 이	50km	위경도	37.47 °N / 126.73 °E
진원시	2013-12-18 12:12:15	진 앙	인천광역시 남동구 만수3동 북북동쪽 0.56km			지진명	인천 만수지진

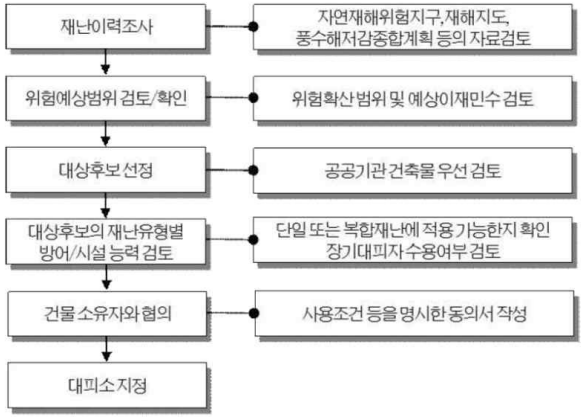
분석번호	1809	그룹명	EMS98-그룹(2)	아이디	sicho00	추정시간	2014-11-24 15:45:03
사용 함수목록	【진도분포도】 지진감쇠식 : EMS98-그룹(2), 증폭률 : 마츠오카/미도리카와식(1995) 진도환산식 : Murphy and Obrien식(1977) 【피해추정】 건축물 피해 : 건축률 취약도, 인명피해률 : 인명 피해식, 가스 : 가스시설 취약도 통신 : 통신시설 취약도, 전력 : 전력시설 취약도, 토로 : 도로시설 취약도 상수도 : 상수도시설 취약도, 하수도 : 하수도시설 취약도 가스(관) : 가스관 취약도, 상수도(관) : 상수도관 취약도, 하수도(관) : 하수도관 취약도						



[진도분포도] [인명 피해추정]

[지진피해 시뮬레이션 정보: 국립재난안전연구원 2014]

- **대피소 지정절차 안**



[재난유형별 대피소 통합관리 및 대피생활지원 기술개발, 2014, 국립재난안전연구원]

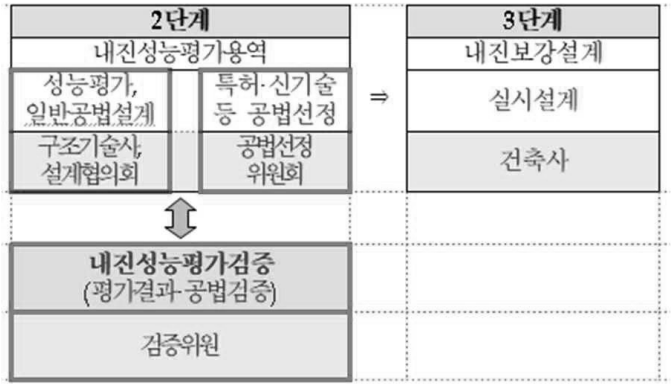
내진성능평가 및 보강설계 – 내진성능평가기준

- 내진성능평가에 적용되는 기준 또는 지침
  - 건축구조기준(KBC2016)
  - 한국교육개발원, 학교시설 내진성능평가 및 내진보강 가이드라인
  - 한국시설안전공단, 기존건축물 내진성능평가 요령
  - 그 외 해외 기준 (FEMA 310, 365, ASCE 41-6 등)
- 내진성능목표의 혼란 초래
- 지침간 내용상 상호 충돌로 불필요한 작업을 수행

- 대가산정
  - 용역 대가가 연면적, 용역범위등 지역적 차이가 큼
  - KBC2016의 두가지 성능목표신설로 인한 업무량증대가 반영되지 않음.

내진성능평가 및 보강설계 – 발주와 책임

- 서울시교육청 안



책임구조기술자

- 일반공법적용시 : 원 내진성능평가자
- 특수공법적용시 : 원 내진성능평가자
  특수공법회사나 대표
  특수공법 내진성능평가자
- 최종적인 내진성능평가의 책임이 불분명함.

통합발주 vs 분리발주

- 통합발주 (최근 3년간 보강사업중 81.1%)
  - 내진성능평가와 (건축)보강설계를 하나의 용역으로 발주
  - 비교적 행정절차 간단, 수행기간 단축
  - 현재, 대부분의 사업에서 통합발주 채택
- 내진성능평가와 (건축)보강설계간 비율의 적정성

- 분리발주 (18.9%)
  - 내진성능평가 완료 후, (건축)보강설계 용역 발주
  - 채택 교육청 : 서울,세종(100%), 충북(66%), 광주(29%), 전북(20%), 울산(13%), 경기(4%)
  - 일부 사업을 분리발주하였던 교육청의 경우, 최근 사업에서 분리발주를 채택하고 있음

내진성능평가 업무와 책임구조기술자

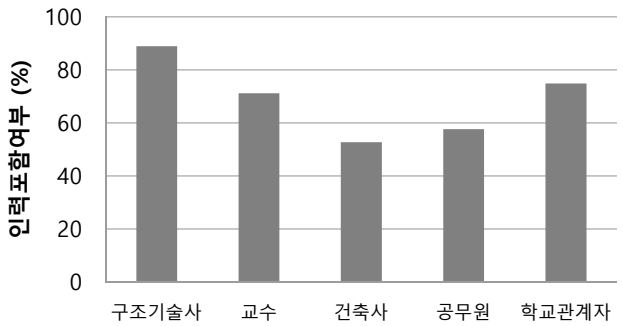
- **내진성능평가수행시 외주형태로 수행되는 경우 내진성능평가에 대한 책임구조기술자가 분명하지 않음.**

내진성능평가 및 보강설계 – 공법선정

- 공법제안 주체 : 용역업체(진단, 설계 업체) 78.4%, 공법제안입찰 21.6%
- 공법선정 주체
  - 교육청 자체 결정 : 14% (교육청 자체 선정 사업 중, '일반공법'인 경우 : 78.8%)
  - 공법선정위원회 : 85.5%

공법선정위원회

- *공법선정위원회* : 투명하고 건전한 내진보강 공법 선정을 위한 위원회로 관련 분야 전문가 및 사용자 등으로 구성됨
- 운영 주체 : 시·도 교육청 18.4%, 교육지원청 77.9%, 단위학교 3.7%(사립학교)
- 위원회원 수 : 3~4명 9.8%, 5~7명 63.2%, 8~10명 16.6%, 10명 초과 : 10.4%
- 인력구성 현황 (위원회 구성 시 분야별 전문인력의 포함비율)



- 대표적인 위원 구성(예)
  - 구조전문가 (기술사+교수) : 3명
  - 건축사 : 1명
  - 공무원 : 1명
  - 학교관계자 : 2명

⇒ 비전문가 참여로 기술검증 기능 약화

내진성능평가 및 보강설계 – 내진보강 공법

내진보강공법 분류



강도증진공법

- 기둥과 보의 단면을 증가시켜 건물의 강도를 높이는 공법, 일반적인 내진성능향상 공법
- 예) 내진벽 보강, 브레이스보강 등



연성증진공법

- 기둥과 보에 강판이나 탄소 섬유 시트를 부착해 건물의 급격한 붕괴를 막아주는 공법



에너지소산공법

- 진동 에너지를 흡수하는 댐퍼 시스템을 설치해 건물에 작용하는 지진하중을 감소시키는 공법 (제진공법)
- 마찰형 댐퍼, 점탄성 댐퍼 등을 이용한 다양한 공법 개발
- 비선형동적해석을 통한 공법 적성성검토 수행 후 선정

내진성능평가 및 보강설계 – 내진보강 공법

- 적용 공법 분류 : 강도증진공법 및 에너지소산공법(제진공법)이 보편적으로 적용
- 특허·신기술 공법 적용 여부 : 전체 사업 중 77% 적용(특허 58%, 신기술 19%)

순위	공법명	사업 수	비고
1	H형강 창호프레임 내진보강공법	37(18.7%)	H형강 창호프레임의 보 기둥 연결부에 경사재를 사용한 공법 특허 : 방재신기술
2	SAM 기둥단면증설 (SAM 접합공법)	24(12.1%)	철골프레임을 개구부 외부 또는 면내에 부착하는 공법 특허 : 기존시설물과 철골의 접합 방법에 대한 특허
3	간주형 점탄성댐퍼 (VES 댐퍼)	23(11.6%)	점탄성댐퍼를 간주형태로 설치하는 공법 특허 : 점탄성댐퍼에 대한 특허
4	전단벽	19(9.6%)	전통적인 강도증진공법
5	철골브레이싱	11(5.6%)	전통적인 강도증진공법
6	SRC 접합구조 및 접합공법	9(4.5%)	H형강을 기둥에 접합하고, 콘크리트를 타설하는 단면증설 공법 특허 : H형강을 기존 기둥에 접합하는 방법에 대한 특허
7	창문형강재댐퍼	8(4.0%)	횡방향으로 구멍이 뚫린 강판이 소성변형을 일으키며 댐퍼 역할 특허 : 강재댐퍼 시스템에 대한 특허

- 선호도가 높은 공법은 보강범위가 작고 공사기간 단축효과가 있는 것으로 판단해왔음.
- 보강효과는 공법회사가 제공하는 자료에 의존한 경우가 많음.
- 건물과의 상호작용(합성효과포함)에 의한 구조해석적 검증이 미흡함.
- 구조형식에 적합한 보강공법인지 검증이 필요함.
- 구조해석결과에 적합한 연결부나 기초보강 필요성 검토 등

내진성능평가 및 보강설계 - 대만의 학교내진 보강사례

- 1999년 치치지진으로 학교 건축물의 50% 가량(656개의 학교 건물)이 붕괴 또는 심각한 손상을 입음

M = 7.3; 01:47 am, Sep. 21, 1999



■ **피해사례**

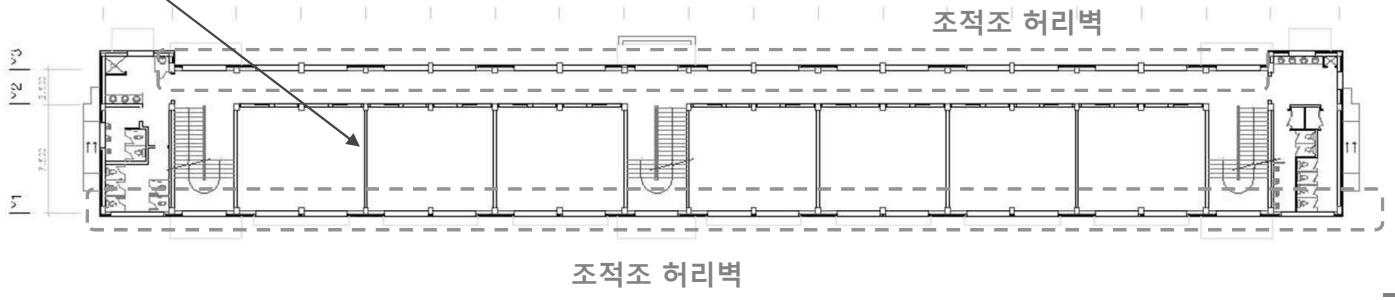
장변 방향으로 취약



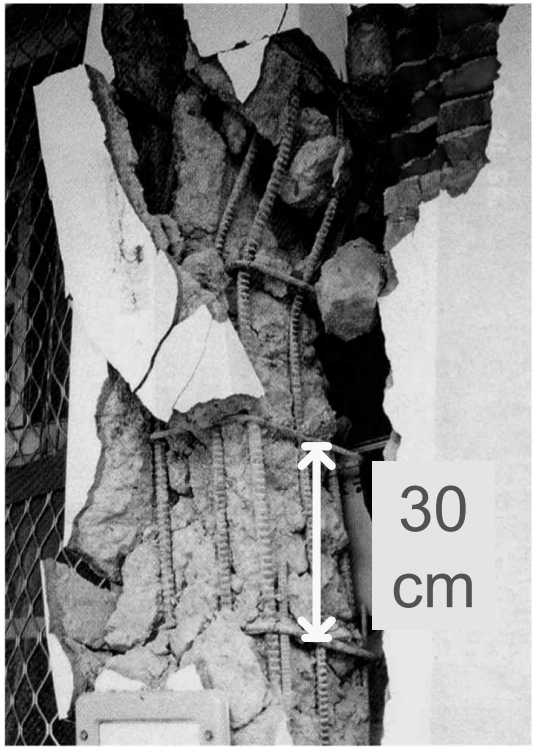


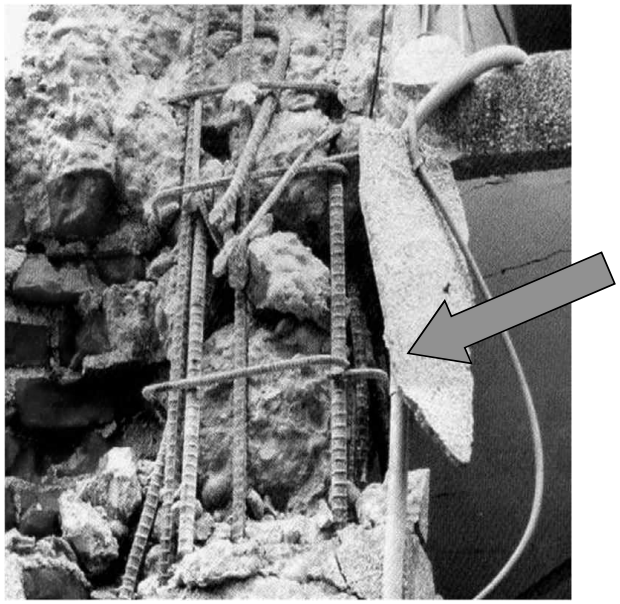
교실간 조적채움벽

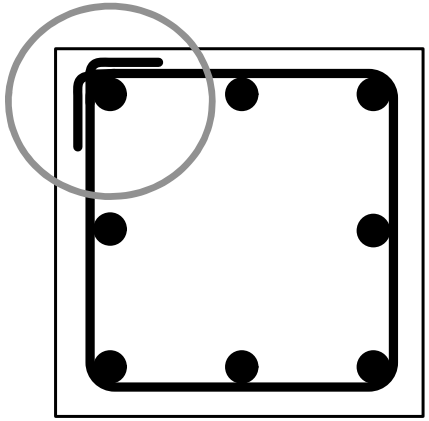
표준도면에 의해 건설된 국내의 학교건물과 유사



- **피해사례**







표준도면에 의해 건설된 국내의 학교와 유사한 단면

내진성능평가 및 보강설계 - 대만의 학교내진 보강사례

- **보강공법 : 콘크리트 기둥 증타**









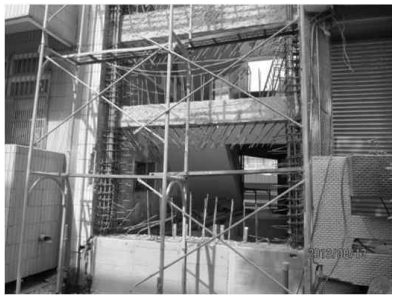




내진성능평가 및 보강설계 - 대만의 학교내진 보강사례

- **보강공법 : 콘크리트 전단벽 추가**



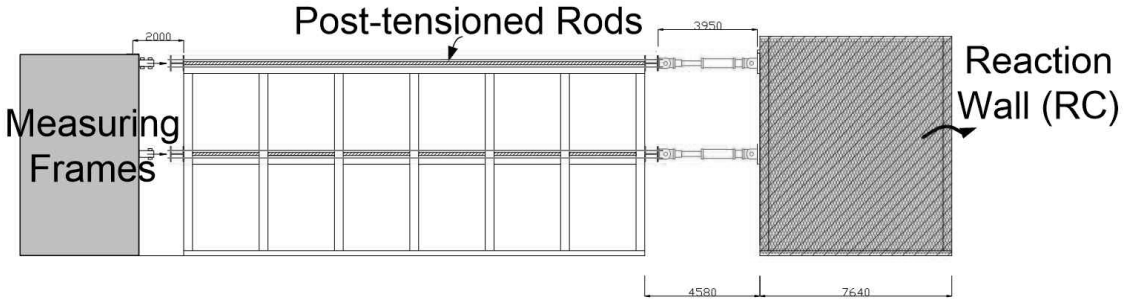





내진성능평가 및 보강설계 - 대만의 학교내진 보강사례

- **실제 구조물 실험을 통한 내진성능확인**





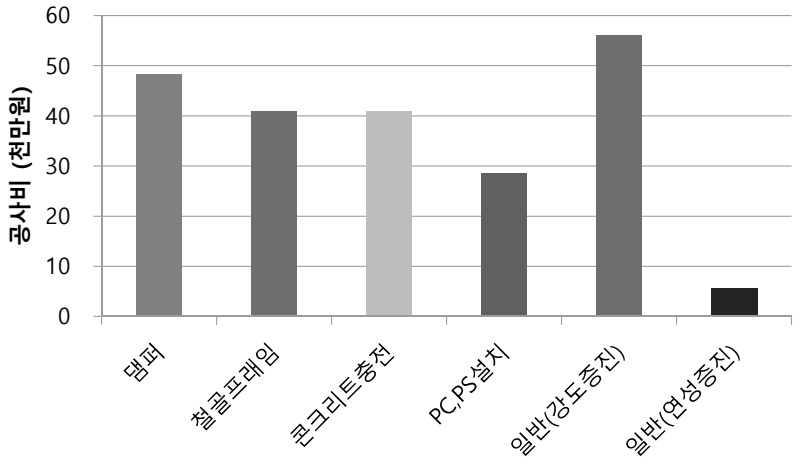
- **보강을 위한 연구와 검증이 필요**
  - **조적채움벽효과와 보강안등**

내진보강 공사비

- 전체 사업 공사비 평균 : 4억 4800만원(교육부 기준단가 적용 공사비 대비 122% 수준*)

  * 내진보강 시, 다른 보수보강 공사와 병행하는 경우가 많아 공사비가 다소 클 수 있음

- 공법 별 공사비



공법 설명

- 댐퍼공법 : 에너지소산형(특허)
- 철골프레임 : 강도증진 (특허 및 신공법)
- 콘크리트충전 : 강도증진 (특허)
- PC,PS설치 : 강도증진 (특허)
- 일반(강도증진) : 전단벽, 브레이싱, 기초보강 등
- 일반(연성증진) : 탄소섬유, 강판 보강 등

➡ 공법별 표준단가가 없어 공사비의 적정성판단이 어려움.

내진보강 공사 관리감독

- 자문위원회를 통해 감리 또는 감독 업무 등 실시
  - 자문위원회 운영 (공사 감독) : 55.4% (부산, 인천, 울산, 강원, 충남, 충북)
  - 구조감리 실시 : 59.7%
  - 부산과 충북의 경우, 구조감리는 실시하지 않고 자문위원회 운영을 통해 공사 감독
- **자문위원회 및 구조감리 미 실시 : 18.8%**
- 내진보강설계자(책임구조기술자)의 감독부재로 시공확인은 물론 구조적 변동성에 대한 확인과 조치가 미흡함.

공사 후 유지 관리

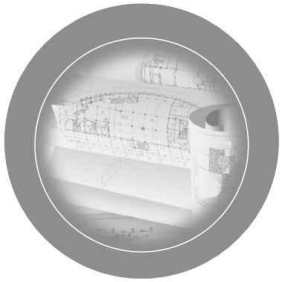
- 공사 후 내진보강 구조물의 유지 관리 시스템 미흡
  - 내진보강 성능을 발휘하기 위해서는 꾸준한 유지 관리 필요
    (특히, 기존 구조물과의 연결 부위, 내진보강을 위한 특수 장치(댐퍼 등)의 유지 관리 중요)
  - 내진보강이 된 구조물에 대한 별도의 유지 관리 체계 없이 일반 정기점검 등만을 수행

주요 내용 요약



내진보강사업계획

- 일률적인 내진보강절차 적용으로 비효율적인 보강계획 우려
- 설계와 공사가 1년 안에 완료하도록 하여 보강설계최적화 기간 부족으로 예산낭비 우려
- 대상건물의 성능과 관계없이 임시주거시설로 지정되어 무리한 내진설계가능성이 높아짐.



내진성능평가

- 다양한 내진성능평가기준의 혼용으로 일관된 내진보강설계가 어렵고 불필요한 작업수행으로 시간과 노력이 낭비될 수 있음.
- 통합발주시 내진성능평가용역의 합리적인 대가적용이 어려움.
- 특수공법적용시 책임구조기술자가 명확하지 않음.
- 외주형태로 내진성능평가수행시 내진성능평가의 책임구조기술자가 불분명하게 됨.



내진보강설계(공법선정)

- 공법선정 시 공법선정위원회의 전문성이 결여되어 있음.
- 특수공법적용시 내진성능향상의 검증절차가 없음.
- 학교특성을 감안한 연구가 미약함.



보강공사 및 유지관리

- 보강공사시 구조적변동성을 고려한 감독절차가 없음.
- 공법별 보강공사비의 표준단가가 없어 공사비의 적정성 판단이 어려움.
- 공법에 따른 유지관리방안과 예산이 계획되어 있지 않음.

감사합니다.

본 자료는 교육시설공제회의
시·도 교육청 내진보강사업 현황 분석
발표자료를 참고하여 작성하였습니다.

내진보강사업의 개선방향

한국지진공학회 이사

한양대학교 교수 유은종

CONTENTS

내진보강사업의 개선방향

Ⅰ. 현 절차의 요약

Ⅱ. 외국의 사례

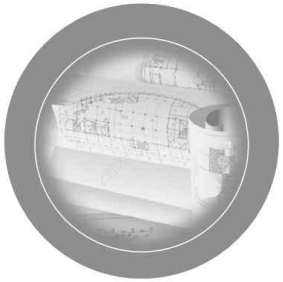
Ⅲ. 합리적 정책제안

주요 내용 요약



내진보강사업계획

- 일률적인 내진보강절차 적용으로 비효율적인 보강계획 우려
- 설계와 공사가 1년 안에 완료하도록 하여 보강설계최적화 기간 부족으로 예산낭비 우려
- 대상건물의 성능과 관계없이 임시주거시설로 지정되어 무리한 내진설계가능성이 높아짐.



내진성능평가

- 다양한 내진성능평가기준의 혼용으로 일관된 내진보강설계가 어렵고 불필요한 작업수행으로 시간과 노력이 낭비될 수 있음.
- 통합발주시 내진성능평가용역의 합리적인 대가적용이 어려움.
- 특수공법적용시 책임구조기술자가 명확하지 않음.
- 시특법에 의한 진단업체수주시 내진성능평가의 외주화율이 높고 내진성능평가의 책임기술자가 불분명하게 됨.



내진보강설계(공법선정)

- 공법선정 시 공법선정위원회의 전문성이 결여되어 있음.
- 특수공법적용시 내진성능향상의 검증절차가 없음.
- 학교특성을 감안한 연구가 미약함.



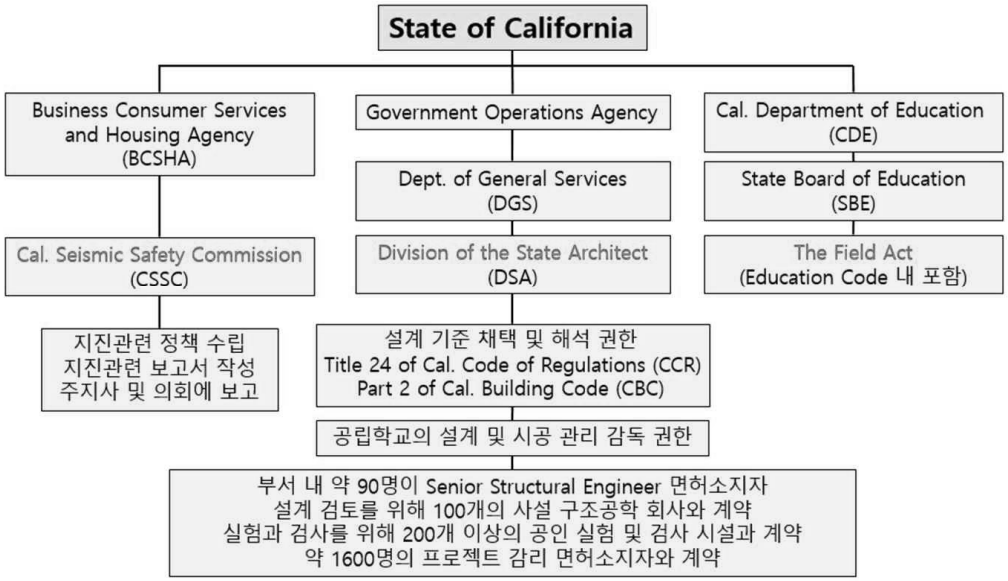
보강공사 및 유지관리

- 보강공사시 구조적변동성을 고려한 감독절차가 없음.
- 공법별 보강공사비의 표준단가가 없어 공사비의 적정성 판단이 어려움.
- 공법에 따른 유지관리방안과 예산이 계획되어 있지 않음.

미국 캘리포니아의 학교 내진정책

5

- 주 정부산하의 특정 담당부서에 공립학교 건물의 내진안전성 확보에 관련된 거의 모든 권한과 책임이 집중됨
- 주 교육부나 주 지자체의 역할은 거의 없음.
- 담당부서
  - 건축국(Division of the State Architect, DSA)
  - 지진안전위원회(Seismic Safety Commission)



미국 캘리포니아의 학교 내진정책

6

- 건축국(Division of the State Architect, DSA)
  - ✓ 학교건물의 설계기준, 설계 관리 및 시공 감독의 권한 보유
  - ✓ 90여명의 내진전문가(SE) 보유.
  - ✓ 계약된 100개의 구조엔지니어링 회사의 설계업무를 관리
  - ✓ 200곳 이상의 공인 실험 및 검사 시설, 1600명의 프로젝트 감리 면허소지자와 계약

- 지진안전위원회(Seismic Safety Commission)
  - ✓ 지진 안정성 확보를 위한 조사 및 연구, 정책제안을 담당

- 법적 근거 : Field Act (1933), Green Act(1968)
  - ✓ Long Beach 지진 직후 공립학교의 내진설계 시공의무화, DSA에 권한집중

- Field Act의 효과
  - ✓ 이후 진도 10이상의 지진 5건에도 구조 손상없음
  - ✓ 타분야 (병원, 주요 관공서)에 유사한 절차 적용 : 병원의 경우 전담부서(OSHPD) 설립

미국 캘리포니아의 학교 내진정책

- **Field Act & Non Field Act 비교**

집행 기관 비교

	Field Act	Non-Field Act
대상	**공립학교**	일반건물
집행기관	**DSA**	지방정부, 지자체
담당자의 수준	**높음, 일정함**	의문, 큰 편차
기준 해석 및 적용	**단일 기관에 의해 일관성 유지**	지역에 따라 편차가 있어 일관성이 없음

행정적인 요구사항 비교

	Field Act	Non-Field Act
설계자 자격	**주 등록 구조기술자/ 건축가 면허소지자**	토목기술사 면허소지자*
허가 단계	**DSA 검토 필수**	요구사항 없음
공사 감독	**DSA가 인가한 감리자에 의한 공사감독**	지역 관할부서의 정기적인 특별 검사
공사 중 계획 변경	**책임건축가/기술자. 필요하다면 DSA의 허가**	일반적으로 검토하지 않음
보고서 제출	**모든 관련자료 제출의무, 위증죄 적용 가능**	요구사항 없음

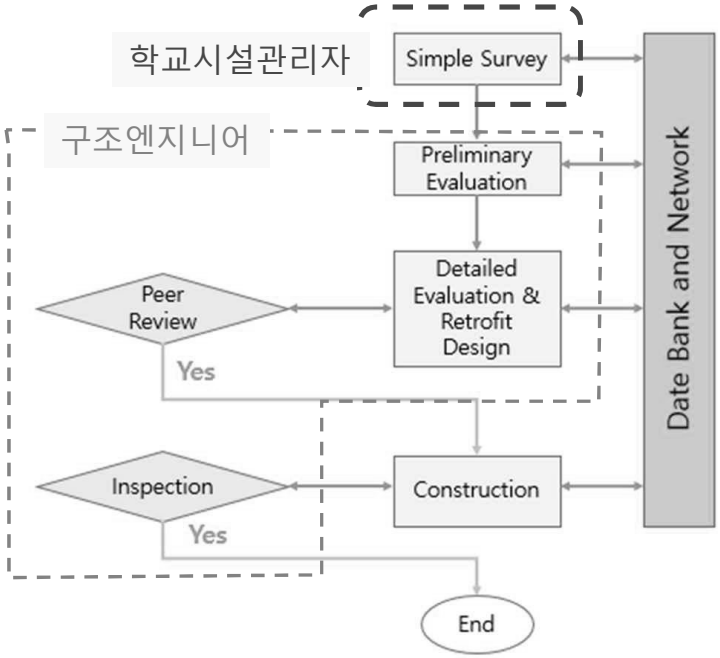
- **사립학교의 경우 지자체에서 관리, 감독 : 공립학교에 비해 느슨함.**
- **노스리지 지진후 진앙지 부근 피해 학교의 비율**

	Red-tagged	Yellow-tagged
사립학교	9.5%	28.6%
공립학교	1.4%	7.3%

대만의 학교내진 보강사례

- 1999년 치치지진으로 학교건물의 약50%(656개의 학교 건물)가 붕괴 혹은 심각한 손상
- 1999년 이전에 지어진 대부분의 초/중등 학교 건물들은 비내진건물
- 연구단체인 NCREE에서 구조실험을 통한 검증이후 학교건물의 내진성능평가 절차, 보강강법을 개발/보급

❖ 조사 → 예비평가 → 상세평가 및 보강설계(피어리뷰) → 시공 (감리) → 완료의 단계를 통한 효율화



연도	2009	2010	2011	2012
간략평가	6000	-	-	-
상세평가	1560	850	375	276
보강설계	450	650	261	152
보강시공	423	620	253	217

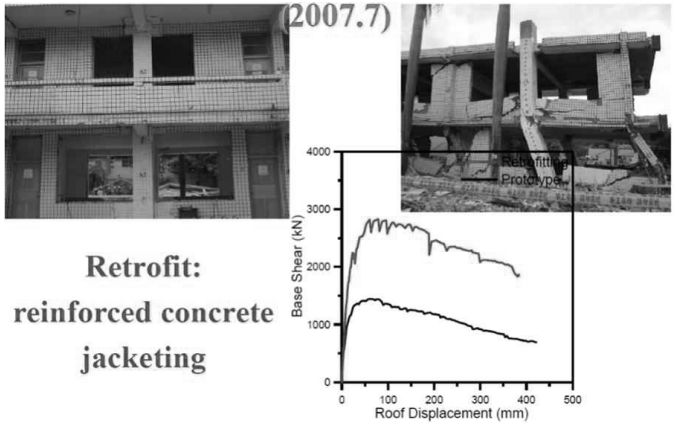
❖ 주된 보강방법은 날개벽보강, 전단벽 추가, 콘크리트기둥 증타 등의 일반공법

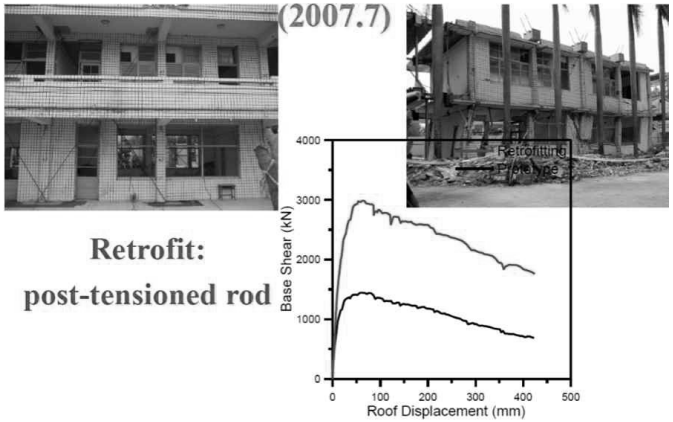
대만의 학교내진 보강사례

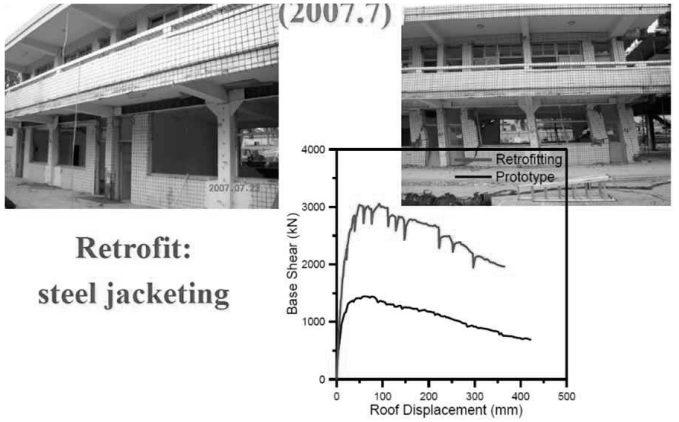
- **실제 구조물 실험을 통한 보강효과 검증**



Guan-Miao Elementary School (Chung 2015)

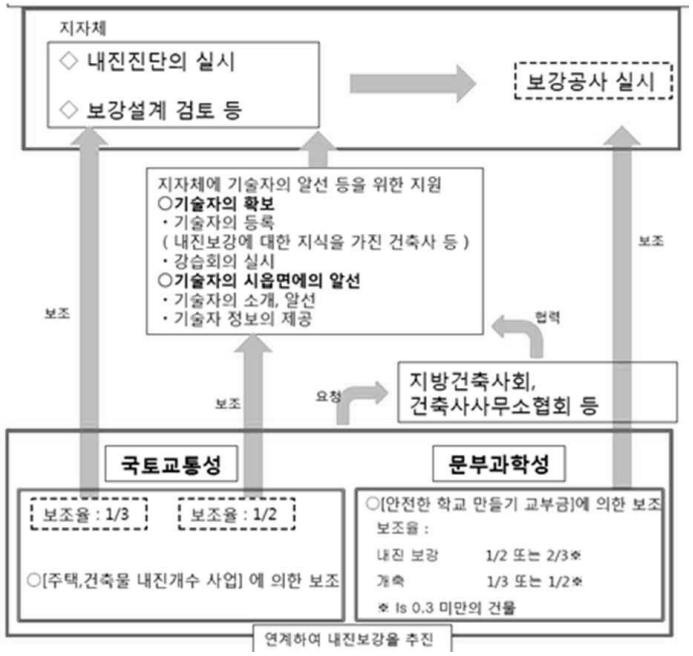






일본의 학교내진 보강사례

- 국토교통성과 문부과학성 공동 추진
  - ✓ 학교건물 내진보강과 관련한 예산 공동지원
  - ✓ 내진성능평가, 보강사례검토, 보강공사에 협업
- 중앙정부와 지차체가 함께 참여
  - ✓ 피난시설로 사용되는 건물의 경우 중앙정부가 공사비의 1/6을 지원



- 공립학교 내진보강을 위한 제도

- 국토교통성 : 내진성능평가와 보강설계비용의 1/2~1/3 지원, 기술인력 지원

- 문부과학성 : 보강공사비용의 1/2~2/3 지원

일본의 경우 구조1급 건축사가
구조분야 업무는 담당

시사점

11

- 미국 : 내진성능 확보를 우선
  - ✓ 설계품질의 확보 : 발주자 혹은 허가권자의 전문지식 → 설계결과물의 검증
  - ✓ 시공품질의 확보 : 시공감리
- 미국과 대만의 경우 단일 관리주체에서 실행/감독
  - ✓ 미국의 경우 공공조직인 DSA에서 총괄 감독
  - ✓ 대만의 경우 관련분야 민간전문가 활용 (NCREE)
- 일본의 경우 역할분담 및 협업
- 대만 : 효과적인 예산집행/성능확보를 위한 치밀한 사전계획
  - ✓ 사전조사 및 간략평가법 → 대상건물선정 → 상세평가 및 보강

미국 : 담당자의 전문지식 확보, 상위기관에서 의사결정

대만 : 성능이 확실한 표준화된 공법 적용, 충분한 사전 계획.

일본 : 관계 부처, 관계자들 간의 협업 및 역할분담

- 철저한 사전조사 및 계획
- 효율적인 사업시행절차
- 적절한 평가법 및 보강공법
- 전문가에 의한 설계 및 시공품질의 검증

1. 투자계획수립 (우선순위의 산정)

▪ 서울시 교육청의 우선순위 (교육지원청별)

순위	선정기준	내용
1	내용연수	건물의 내용연수에 따른 LCC를 고려한 30년 미만 경과 건물 우선
2	이재민수용 시설	이재민수용시설 지정학교 우선
3	학교급별	유.특수 → 초 → 중 → 고 순
4	시설유형별	기숙사.체육관 → 교사 → 강당 → 급식시설 순
5	효율성*	증축·리모델링 사업계획이 있는 건물 우선 (내진보강 병행추진) *철거 또는 개축계획이 있는 시설은 제외
6	규모	규모(연면적)가 큰 건물 우선
7	피해가능성	지진발생시 대규모피해가 예상되는 건물

✓ 지역청별 안배 및 직관적인 판단기준

✓ 일률적인 사업진행 : 모든 건물에 동일한 절차 적용 → 비효율적 예산집행, 전문기술인력의 부족

1. 투자계획수립 (우선순위의 산정)

- 개선안
  - ✓ 1단계 : 전체건물을 그룹화 : 개축필요, 1순위, 2순위, 3순위, 4순위로 분류
  - ✓ 2단계 : 동일그룹내의 우선순위 선정

- 1단계 분류
  - ✓ 개축대상 : 1980년 이전 건물
  - ✓ 1순위 : 이재민 수용시설로 사용되는 건물
  - ✓ 2순위 : 대피시설로 지정되지 않은 유치원과 초등학교
  - ✓ 3순위 : 기숙사가 있는 중, 고등학교
  - ✓ 4순위 : 나머지

정책적인 판단

현 절차와 유사

- 2단계 분류
  - ✓ 건물의 상대적인 중요도
  - ✓ 자료 확보 : 설계도서, 재료강도, 배근상황, 증축이력, 신축줄눈, ...
  - ✓ 우선도 평가 : 간략평가법을 통한 상세평가/보강설계로의 진행 여부판단.

세심한 자료확보 및 우선도평가수행 필요

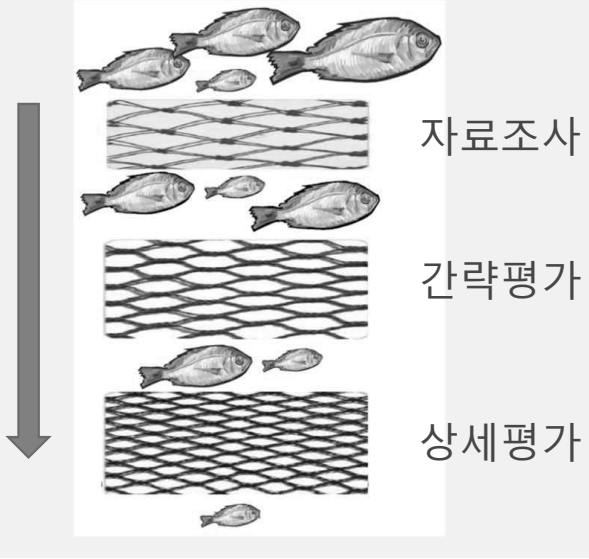
☞ 간략평가를 통해 보강이 필요치 않은 건물 제외

☞ 내진평가를 위한 자료가 불충분한 경우 정밀한 조사 및 재료시험 수행

1. 투자계획수립 (우선순위의 산정)

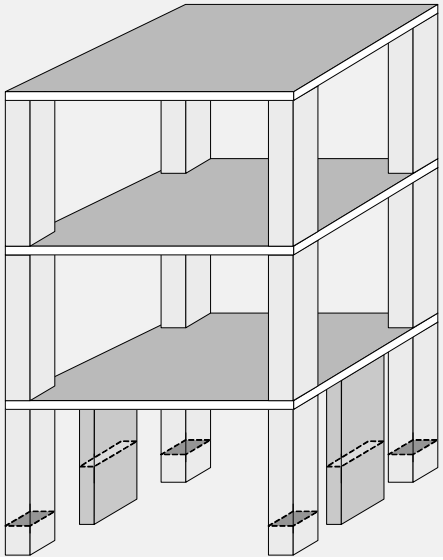
- 내진보강사업의 효율화 및 전문인력의 부족해소 방안
  - ✓ 모든 건물을 동일한 절차에 따라 평가 → 내진 보강이 필요 없는 건물도 동일한 절차에 따라 검토하게 되어 비효율적, 전문인력 부족
  - ☞ 대상학교의 유형별 분류 → 간략평가법을 통한 Screening → 정밀해석 및 피어리뷰 대상건물 축소

❖ 대만의 사례



간략평가법

$$DCR = \frac{Demand}{Capady} = \frac{a_g \times W \times \sum A_f}{\sum \tau_c A_c + \sum \tau_w A_w}$$



$\sum A_f$

Total Floor Area above 1st Floor

A_C

A_W

1st Floor Capacity

1. 투자계획수립 (우선순위의 산정)

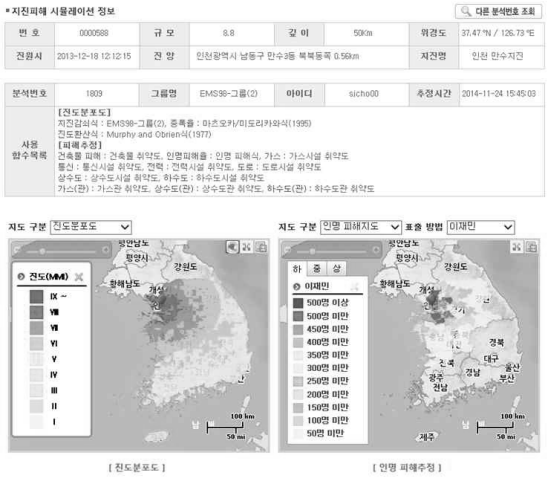
- 임시주거시설 지정시
  - ✓ **이재민을 위한 임시주거시설은 재난시 기능유지가 필요함 : 수도, 전기, 외장재 파손, ...**
  - ✓ **내진특등급으로 설계되어야 하나 보유내진성능의 고려없이 지정**

  - ☞ **지자체가 이재민 임시주거시설로 지정하기 전에 교육청과 사전협의 필요**
  - ☞ **재난시 피해 예측시스템에 근거한 계획적인 대피시설 지정이 필요함.**

- 국가 연구과제 수행중
  - ✓ **"국가주요시설물의 내진성능향상 기술 개발")에 건축물 내진보강 우선순위기준 마련**



[거주 환경을 고려한 지진대비 임시주거시설]



[지진피해 시뮬레이션 정보: 국립재난안전연구원 2014]

2. 내진성능평가

- 내진성능평가의 합리화 방안
  - ✓ 사업의 특성상 다양한 업무가 혼재됨
    : 안전진단(정밀점검)+내진평가+보강설계+보강공사시공+환경개선

  - ✓ 과거 안전진단(정밀점검)+내진평가+보강설계로 통합발주가 많았으나 최근 보강설계는 분리발주 되는 추세
  - ✓ 하지만 분리발주 이후에도 내진성능평가 업무는 정밀안전진단업무에 준해 발주가 이루어짐 (내진성능평가업무의 표준절차 및 대가기준가 마련되지 않음)

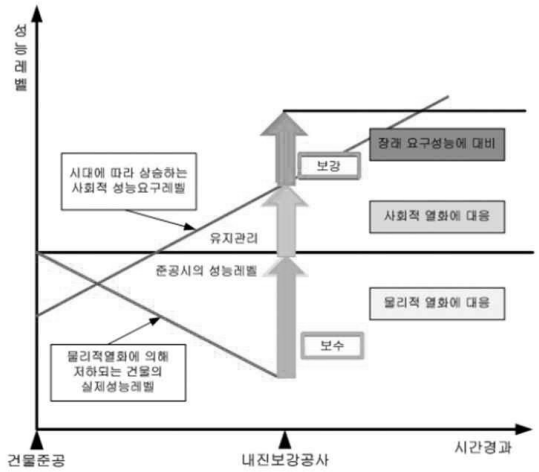
  - ✓ 내진성능 평가가 주된 업무임에도 불구하고, 정밀안전진단의 형태로 발주하게 되어 비선형해석의 능력이 있는 전문가에게 발주되지 않고, 일반 안전진단 전문기관에서 낙찰되는 경우가 많음.
  - ✓ 이러한 경우, 내진성능평가 업무가 외주처리가 되어 부실한 내진성능평가의 우려가 있음.

  - ☞ **관련업체(안전진단, 내진평가, 보강설계)별로 전문분야에 집중할 수 있도록 단계별로 분리발주하고, 역할 및 책임을 명확히 해야 함.**
  - ☞ **각 업무별 표준 매뉴얼 및 표준대가 기준 마련이 필요함**

2. 내진성능평가

▪ 정밀점검

- ✓ 시설물의 안전관리에 관한 특별법에 의한 절차
- ✓ 정밀점검의 목적: 설계된 성능을 유지할 수 있도록 – **보수 (내구성 확보)**
- ✓ 내진보강의 목적: 설계시 고려되지 않은 성능확보 - **보강 (하중에 대한 저항성능확보)**
- ✓ 정밀점검의 일부항목은 내진성능평가와 직접적인 관련이 없으며, 정밀점검 결과가 내진성능평가에 반영되지 않음



▪ 정밀점검항목

- ✓ 주요부재 규격 실측
- ✓ 부재의 변위·변형여부 : 기울기, 부등침하
- ✓ 균열, 박리, 박락, 철근노출
- ✓ 콘크리트 강도 : 반발경도법
- ✓ 철근배근조사 : 초음파 탐사
- ✓ 콘크리트 중성화
- ✓ 안전성평가 : 중력하중에 대한 검토

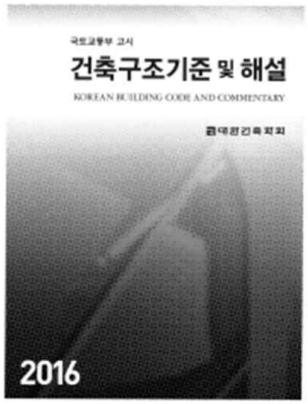
정확한 내진성능평가를 위한 검사절차필요

☞ **정밀점검 → 재료시험 및 상태평가**

☞ **불필요한 항목삭제 및 재료시험규정의 강화가 필요함**
(비파괴시험 → 콘크리트 코어테스트, 철근 쿠폰테스트)

2. 내진성능평가 (보강설계)

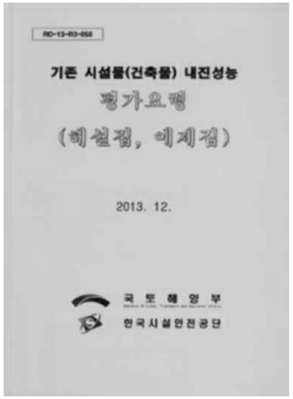
- **평가/내진보강설계의 품질확보 방안**
  - ✓ **다양한 기준의 혼용 → 적용기준의 모순규정 존재**



건축물의 구조성능에 대한 기본규정 (국토부)



교육부의 성능평가절차



국토부의 성능평가절차

과업지침서상 적용기준

(1) 지진재해대책법, 지진재해대책법시행령

(2) 학교시설내진설계 기준

(3) **학교시설 내진성능 평가 및 내진보강 가이드라인**

(4) 건축법(시행령), 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙

(5) **건축구조기준**

(6) **기존 건축물의 내진성능 평가 및 향상요령**

(7) 시설물의 안전관리에 관한 특별법

(8) 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침

(9) 콘크리트 구조설계기준(국토해양부)

(10) 콘크리트 표준시방서(국토해양부)

(11) 건설기술관리법 품질시험 규정

☞ **각 업무별 기술기준의 통일이 필요 → 현재 학교내진기준 및 평가매뉴얼 작성중**

☞ **평가/보강설계 결과의 검증이 반드시 필요함 (피어리뷰)**

☞ **발주자의 교육강화를 통한 전문지식 확보**

☞ **평가/내진보강설계수행자의 교육강화**

3. 공법선정 및 공법 검증

- 공법의 분류 : 일반 공법과 특수공법
  - ✓ 일반공법 : 현행 설계기준 및 지침에 의해 설계가 가능한 내진보강방법
  - ✓ 특수공법 : 설계를 위해 추가의 실험이나 정보가 요구될 경우

- 일반공법의 경우 현행기준으로 설계안의 검증이 가능(신뢰성이 높음)하나 특수공법은 검증이 어려울 수 있음
- 일반공법의 경우 기초공사가 필요한 경우가 많아 공기가 길어짐

☞ 일반공법 적용의 확대를 위한 공기확보 : 이동식교사확보 혹은 공사중 타학교로 학생이동 등의 대책 마련 필요

☞ 특수공법의 경우는 강화된 검증절차 마련 필요

내진보강공사의 공기확보

보강설계의 최적화를 위한 설계기간 확보





3. 공법선정 및 공법 검증

- 공법선정위원회
  - ✓ 모든 공법이 동일한 성능을 가지는 것은 아님. 성능확보를 위해서는 설계안의 검증과 시공정밀도의 확보가 필요함.
  - ✓ 따라서, 내진보강공법은 전문가그룹에 의해 설계의 타당성과 공법의 신뢰성 등에 대해 면밀한 검토를 통해 선정되어야 함.
  - ✓ 하지만 현재는 비전문가가 다수 포함된 공법 선정 위원회에서 선정하고 있음.
    예) 구조전문가 3명, 건축사 1명, 공무원 1명, 학교관계자 2명

  - ✓ 그 결과, 내진성능이외의 요인(미관, 공기 등)에 의해 내진성능이 불명확하거나 부실하게 설계된 공법이 선정될 수 있는 여지가 높음
  - ✓ 새로운 공법일수록 부실설계 혹은 예상치 못한 문제가 발생할 가능성이 높음. 외국에서도 일반보강(전단벽과 가새)이 주로 사용됨

  - ☞ 설계안의 검증, 시공정밀도 확보가 보다 엄격해야 함.
  - ☞ 공법선정의 주체 : 공법선정위원회(학교자치) → 전문기술위원회(교육지원청 혹은 상위기관)가 바람직

4. 내진보강공사

- 시공의 품질확보 방안
  - ✓ 설계에 사용된 정보가 완벽하지 않음 (마감재로 인해 사전에 정확한 조사 불가능)
  - ✓ 시공시 연결재 및 보강부재의 변경이 필수적임 → 구조감리 필요
  - ✓ 하지만 관련 규정의 미비로 공사감리가 시행되지 않음

  - ☞ 공사감리를 위한 법적 규정마련이 필요함
  - ☞ 시공중 기술감리를 위한 전담기구 설립 검토
    예) 광역교육청별 로 지역건축안전센터의 역할을 하는 기구 설립

- 공사후 유지관리
  - ✓ 내진보강 성능을 발휘하기 위해서는 꾸준한 유지 관리 필요.
  - ✓ 특히, 기존 구조물과의 연결부, 내진보강을 위한 특수 장치(댐퍼 등)의 유지관리중요
  - ✓ 설계도서(최종 준공도면)와 공사기록의 보존, 정기적인 유지관리가 필요함

  - ☞ 내진보강 후, 시설물 유지관리를 위한 시스템 구축 필요

결론 및 정책제언

❖ 외국의 사례 참고

미국 : 담당자의 전문지식 확보, 상위기관에서 의사결정
대만 : 성능이 확실한 표준화된 공법 적용, 충분한 사전 계획.
일본 : 관계 부처, 관계자들 간의 협업 및 역할분담

❖ 개선점 도출

발주자/의사결정권자의 전문지식부족 사전계획의 부족 합리적 용역발주/관리 부재	부실한 검증시스템 명확한 기술지침/매뉴얼 부재 일률적인 사업집행
부실설계, 부실검증 공법선정의 여지 통합발주에 의한 전문성결여 비전문가 참여에 의한 품질저하	예산 및 전문인력의 비효율적 활용 설계 및 시공 공기부족 전문기술인력 부족

❖ 개선방향

충분한 사전계획
법/제도의 확충
전문가의 역할 증대

⇒

효율적 사업진행방안 마련
공기확보, 단계별 검증절차 마련
합리적인 기술절차 마련

❖ 개선안

- ❖ 자료조사 및 사례연구 우선수행
- ❖ 적절한 간략평가법 개발
- ❖ 통일된 성능평가절차 마련
- ❖ 피어리뷰를 통한 평가/설계결과의 검증
- ❖ 단계별 분리발주를 통한 전문성강화
- ❖ 일반공법 적용의 확대를 위한 공기확보 방안 마련
- ❖ 품질확보를 위한 현장기술감리 제도화
- ❖ 유지관리시스템 구축
- ❖ 내진평가/보강설계수행자의 교육강화
- ❖ 임시주거시설 지정의 합리화

❖ 정책제언

- ❖ 단일관리기구 설립
- ❖ 부처간 역할분담을 위한 법/제도 개선
- ❖ 내진전문가의 육성

학교시설 안전을 위한 합리적 내진보강 정책

감사합니다.

본 자료는 교육시설공제회의
시·도 교육청 내진보강사업 현황 분석
발표자료를 참고하여 작성하였습니다.

MEMO

MEMO