학교시설 내진보강 정책 및 방향

2018. 10. 24 (수)

제주대학교 시설과장 윤석훈

목 차

1. 지진의 이해

2. 최근 발생한 지진현황

3. 내진설계에 대한 법체계

4. 학교시설 내진설계 기준

5. 학교시설의 특징

목 차

6. 대학시설 내진보강

7. 내진보강의 현주소 및 해결과제

8. 내진보강 공법 소개

9. 비내진 구조의 설계 및 시공사례

1. 지진의 이해

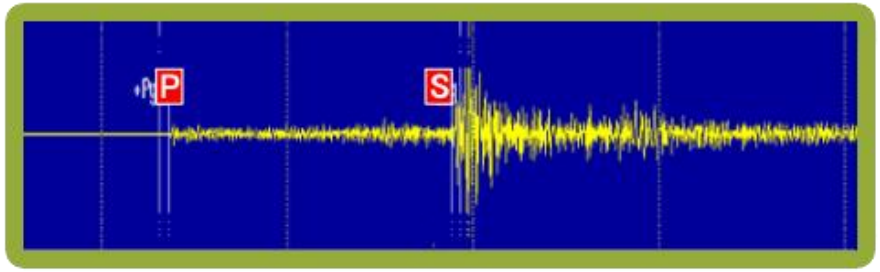
지진의 이해

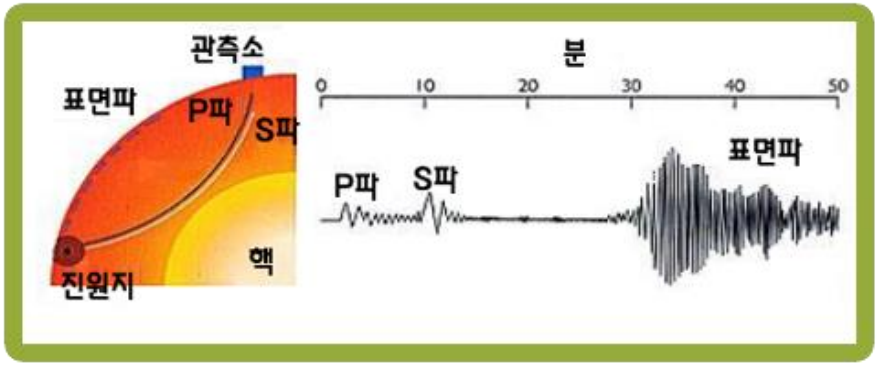
지진이란?

- 지하 암석 내에 **축적된 변형에너지가 암석의 탄성한계를 초과**할 때 암석이 갑자기 파괴되면서 일시적으로 에너지가 **방출되는 자연현상**
- 이 때 에너지의 일부가 파동으로 변환되어 지부 내부를 통해 지표면까지 전해져 지반을 진동시킴

지진파

- 지진이 발생할 때 전파되는 진동으로서 **지진파분석**을 통해 지진의 위치와 크기 등을 규명할 수 있음
- 지진파의 종류에는 **P파, S파, 표면파** 등이 있음





지진의 이해

지진의 원인

탄성 반발설

지각에 기존의 단층이 존재한다고 가정하여 이 **단층**에 가해지고 있는 **힘(탄성력)**에 의해 어느 부분이 견딜 수 없게 되는 순간 **급격한 파괴**를 일으켜 **지진이 발생**한다는 가설

판구조론

지구의 표층인 **암석권**은 유라시아판, 태평양판, 북미판 등 **10여개의 판**으로 나뉘어져 있음. 이들은 각각 서로 부딪치거나 밀고 때로는 포개지면서 매년 수cm 정도의 속도로 맨틀 위를 **제각기 이동**하여 단층을 움직이고 지진을 일으킨다는 이론

지진의 이해

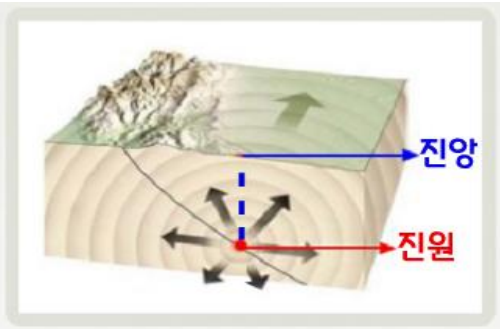
진원과 진앙

● **진원 (Hypocenter)**

지진이 발생한 영역 중 최초 지진파가 발생한 지하지점

● **진앙 (Epicenter)**

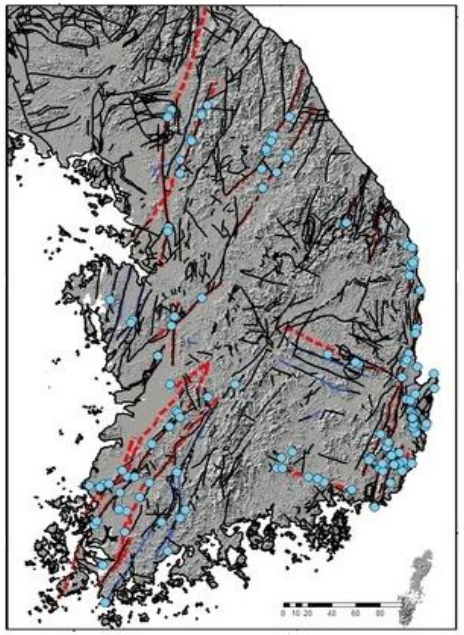
진원의 바로 위의 지표면 지점



지진이 발생하는 곳은?

- **지진대** : 지구의 판(Plate) 경계와 일치 하는 띠 모양의 지진발생 구역 –> 일본, 인도네시아, 칠레 등
- **활성단층** : 지진이 일어날 위험성이 높은 단층, 지역적·산발적으로 분포
- **우리나라 활성단층** : 양산단층(경주지진 진원), 추가령단층(미 공인단층, 수도권관통) 등

지진대에 속하지는 않으나,
활성단층에 의한 지진발생 위험 상시 존재



한반도 추정활성단층도(한국지질자원연구원, 2012)

2. 최근 발생한 지진현황

최근 발생한 지진 현황

16. 9. 12. 경주지진

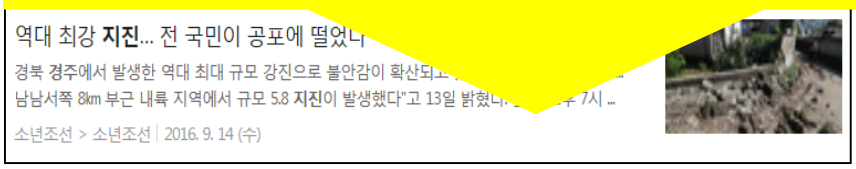
✓경주 규모 5.8지진 … 국내 5대 병원 · 교육시설도 내진설계부족 논란

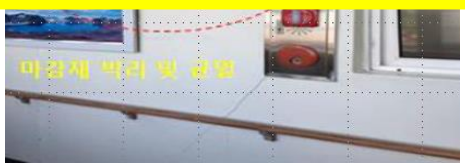
✓건물 70% 내진 무방비 … 부산 · 서울 취약

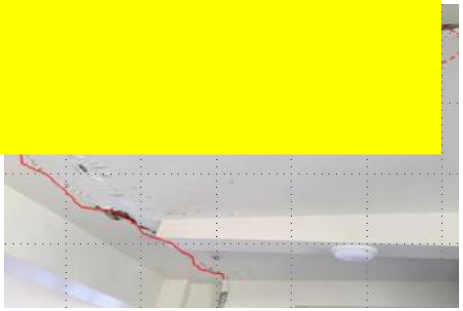
✓경주서 규모 1.9~2.6 여진 발생…여진 총 325회 발생

✓역대 최강 지진 ,,, 전 국민이 공포에 떨었다

✓역대 최강 지진 … 월성 원전 스톱







최근 발생한 지진 현황

17. 11. 15. 포항지진

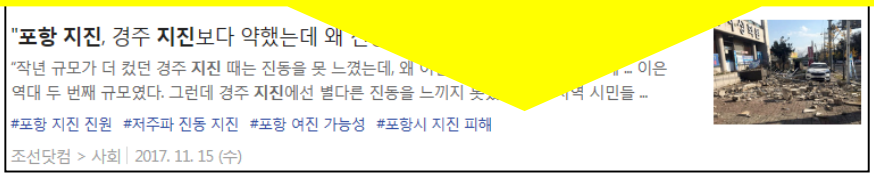
✓기상청 " 경북 포항시 북구 북쪽 9㎞ 지역 규모 5.4 지진" … 9.12 경주 지진 이후 최대 규모

✓포항시 규모 5.4 지진 발생, 지진 원인은?

✓한동대, 건물 외벽 " 와장창" 무슨 일?

✓ "포항 지진, 경주 지진보다 약했는데 왜 진동 느꼈지?"

✓한수원 "지진에도 국내 원전 24기 모두 정상 운영"


"**포항 지진**, 경주 **지진**보다 약했는데 왜

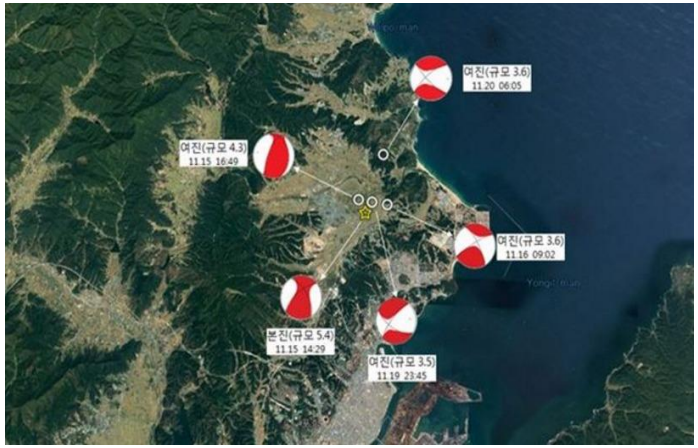
"작년 규모가 더 컸던 경주 **지진** 때는 진동을 못 느꼈는데, 왜 … 이은 역대 두 번째 규모였다. 그런데 경주 **지진**에선 별다른 진동을 느끼지 … 시민들 …

#포항 지진 진원 #저주파 진동 지진 #포항 여진 가능성 #포항시 지진 피해

조선닷컴 > 사회 | 2017. 11. 15 (수)

최근 발생한 지진 현황

- 16년 9월 12일 경상북도 경주시에서 **규모 5.8**의 지진 발생 (지진 관측 이후 한반도에서 발생한 **최대 규모**)



- 17년 11월 15일 경상북도 포항시에서 **규모 5.4**의 지진 발생 (경주지진에 이어 한반도에서 발생한 **두번째 규모**)

활성단층인 양산단층에서 발생

⇒ **강진 발생의 위험성 상시 존재**

최근 발생한 지진 연황

포항과 경주지진 비교

3. 내진설계에 대한 법체계

내진설계에 대한 법체계

지진·화산재해대책법

제14조(내진설계기준의 설정) 관계 중앙행정기관의 장은 지진이 발생할 경우 재해를 입을 우려가 있는 다음 각호의 시설중 대통령령으로 정하는 시설에 대하여 관계 법령 등에 **내진설계기준을 정**하고 그 이행에 필요한 조치를 취하여야 한다.

25. 「학교시설사업 촉진법」에 따른 학교시설

제15조(기존 시설물의 내진보강 추진 등) ① 관계 중앙행정기관의 장과 시·도지사등은 기본계획에 따라 소관 **시설물에 대한 내진보강대책을 수립하여 추진**하고, 그 추진상황 등을 행정안전부 장관에게 통보하거나 보고하여야 한다.

건축법(내진설계 의무 대상)

’ 88년	’ 95년	’ 05년	’ 15년	’ 17. 2월	’ 17. 12월
•6층 이상 •10만m^2 이상	•6층 이상 •1만m^2 이상	•3층 이상 •1천m^2 이상	•3층 이상 •500m^2 이상	•2층 이상 •500m^2 이상	•2층 이상 •200m^2 이상

※ 건축법 제21조(착공신고 등), 동법 시행령 제32조(구조안전 확인))

내진설계에 대한 법체계

부처별 지진관련 업무

- **행정안전부**
  - 「지진·화산재해대책법」 소관부처로서 기존 시설물(공공시설물)의 내진보강기본계획 수립
  - 국가지진위험지도 제작 및 공포
  - 지진·화산재해 경감을 위한 연구 및 기술개발, 단층조사 및 활성단층 지도의 작성 등
  - 내진설계기준 등에 활용하기 위한 공통적용사항 작성
- **국토교통부**
  - 「건축법」 소관부처로 일반건축물의 내진설계(보강설계)의 내용을 담은 건축구조기준 개정
  - 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 소관부처로 1종 시설물의 내진성능평가에 대한 세부지침 관리
- **교 육 부**
  - 학교시설 내진설계기준 제정 및 개정
  - 기존 학교시설의 내진보강대책 수립 및 추진 등

우리나라의 지진 방재 대책

9.12 경주지진 이전

- 일본 고베지진(95년 1월, 규모 7.3)을 계기로 「자연재해대책법」에 지진관련 규정 반영(95년 12월) → 「지진재해대책법」 제정(08년 3월) → 「지진·화산재해대책법」으로 개정(15년 7월)
- 법 · 제도 정비위주로 예산투자, 지진연구 등 미흡
  - 공공시설물 1단계 내진보강(11 ~ 15년) 결과 계획 대비 21% 투자
  - 내진화는 3.6%상승에 그침(37.3% →40.9%)
- 단층 · 지진연구 미흡, 전문인력 부족 등 근원적 문제 상존

9.12 경주지진 이후

- 기존 대책 중 제도 정비의 주요 성과는 발전시키고, 9.12 지진을 계기로 도출된 문제점에 대해 종합대책 마련
- 내진대상 확대 및 내진보강 강화
  - 내진설계 의무대상 확대 및 기준 향상
  - 공공시설 조기 내진보강 및 안전관리 강화
- 지진연구 및 민관협력 확대
- 지진대응역량 강화(매뉴얼 및 대응체계 개선, 인력 및 예산 확대)

우리나라의 지진 방재 대책

정책 추진경과

- 교육시설 내진설계 현황 전수조사(08년 5~7월)
- 학교시설 개축 및 내진화 판정을 위한 가이드라인 연구(한국교육환경연구원, 08년 8~11월)
- 지진·화산재해대책법 제정(08년 3월 28일) [※지진재해대책법 변경]
- 비내진 학교시설 내진보강 우선도 전수조사(09년 2~7월)
- 학교시설 내진설계 기준고시(09년 4월 30일)

  * 학교시설 내진설계기준 연구(08년 12월)
- 학교시설 내진성능평가 및 내진보강 가이드라인 연구(한국교육개발원, 10년 9~11년 8월)
- 학교시설 비구조부재 내진진단 및 보강방법 가이드라인 용역(11년 11~12년 1월)
- 학교시설 내진보강 1단계 수정 계획 수립(11년 12월)
- 기존 공공시설* 내진보강현황 전수조사 및 투자계획 조사(15년 10~12월)

  * 교육청, 소속기관, 국립대학, 국립대병원 소관 건물
- 학교시설 통합내진성능 우선도평가 연구(교육시설재난공제회, 16년 3~11월)

학교시설 내진보강사업 정책 사례(일본)

- 1981년 이전 건축된 **전국 공립초중등학교 시설에 대해 내진진단**(내진성능평가) 실시
  -> 학교 내진화사업 재정 지원
- 1995년 한신 아와지 대지진 이후 "지진방재대책특별조치법" 제정, 학교 내진보강공사의 국가 재정지원 보조율 향상, 중국 쓰촨성 대지진을 계기로 2차로 보조율 상향
- 건축물 내진성 확보 외에도 **학교 내 설비, 기구 등에 대한 설치 기준** 마련
- 학교시설 일부의 대피시설 전환방안, 교육활동 조기 재개를 위한 정책 마련
- 재난 발생 시 피난 훈련 뿐만 아니라 정보통신 단절, 사용불능 등과 같은 상세 상황에 대한 학생 교육 실시
- **일본의 학교시설 내진화를 위한 가이드라인 개발 및 보급**
  - 2003. 학교건물 내진화 증진을 위한 가이드라인
  - 2003.~2004. 유치원시설, 고교 시설 정비 지침
  - 2006. 실내운동장 등 내진성능 진단 기준
  - 2007. 초중고 및 특수학교 시설정비 지침
  - 2010. 학교시설 비구조재 내진가이드

용어정리

지진관련

- 규모 : 진원에서 방출된 지진에너지의 크기를 나타내는 척도(예:규모5.0)
- 진도 : 어떤 장소에서 진동의 크기를 사람이 느끼는 감각, 구조물 영향 등으로 분류한 척도
- 내진보강 : 내진성능이 부족하다고 판단되었을 경우, 최소한의 비용으로 피해를 최소화하기 위한 방법
- 내진성능평가 : 시설물이 평가기준 지진*하중에 대해 성능목표**를 보유하고 있는지 평가

* 내진성능 평가기준 지진 : 기존 건축물의 내진성능을 평가할 때 기준으로 정하는 지진하중의 크기
(예 : 2,400년 재현주기의 2/3 수준의 지진)

** 성능목표 : 평가기준 지진이 작용하는 경우 시설물이 유지하여야 하는 성능 수준

- 즉시거주수준(Immediate Occupancy Level, IO)
- 인명안전수준(Life Safety Level, LS)
- 붕괴방지수준(Collapse Prevention Level, CP)

건축물관련

- 전단벽 : 벽의 면내력으로 수평력을 저항할 수 있도록 설계된 구조체
- 조적채움벽 : 골조내부를 조적(벽돌)으로 채운 벽체
- 허리벽 : 건물 벽체에서 밑부분부터 사람의 몸이 닿는 높이까지 마무리를 달리 한 부분
- 가새골조 : 골조의 변형을 방지하기 위하여 대각선 방향으로 설치하는 경사재

4. 학교시설 내진설계 기준

학교시설 내진설계기준

학교시설 내진설계기준 개정

- 배경 및 목적
  - 최근 국내에서 발생한 큰 지진으로 학교시설 안전확보에 대한 사회적 요구 고조
  - 행안부『내진설계 공통적용사항』및 국토부『건축구조기준(2016)』개정 반영
  - 기존 학교시설 내진보강사업의 전문성, 효율성 제고와 제도 운영상 미비점 개선
  - 기존 학교시설 내진보강사업의 체계적 추진 및 전문성 확보

- 사업추진 경과
  - 교육시설 내진설계 현황 전수조사(2008. 5~7.)
  - 지진·화산재해대책법 제정(2009. 3. 1. 공포)
  - 학교시설 내진설계 기준 제정(2009. 4. 30. 고시)
  - 기존 공공시설 내진보강 현황 및 투자계획 조사(2015. 10~12.)
  - 학교시설 내진설계 기준 개정(2018. 1. 1. 고시)
  - 학교시설 내진성능평가 및 보강 매뉴얼 개발(2018. 1. 1. 보급)

학교시설 내진설계기준

학교시설 내진설계기준 개정 방향

- 행안부『내진설계 공통적용사항』, 국토부『건축구조기준』개정사항 반영
  - 법령의 요구기준을 만족하고, 학교시설 내진등급과 중요도계수 개선
  - 연면적에 따른 내진등급을 현실화하고, 특수학교를 특등급으로 정함
- 학교시설 “내진성능평가 및 보강설계” 를 설계기준에 포함한 법적근거마련
  - 기존 학교시설 내진성능평가 및 보강설계의 기술적 기준, 절차 통일
  - 선형구조해석 우선적용을 통해 설계자의 편의성 제고 및 기술 표준화
- 내진성능평가와 보강설계 분리 및 검증 제도 도입마련
  - 불필요한 내진보강(설계) 배제, 성능평가 결과의 신뢰성 확보
  - 『건축구조기준』의 제3자 검토(Peer Review) 도입 및 적용기준 구체화
- 제진장치, 신기술 등 특수공법에 대한 검증 강화 및 검증된 공법 우선 적용
- 학교시설 비구조요소의 특수성을 감안하여 설계방법 및 적용기준 제시

5. 학교시설의 특징

학교시설의 특징

학교시설(교육시설)이란?

- 교육을 목적으로 설치되는 모든 시설(학교 교육시설 및 사회 교육시설)
- 유·초중등학교, 대학 등(유아교육법, 초중등교육법, 고등교육법)

학교시설의 특성과 역할

- 학생들의 학습과 생활의 장소
- 지역주민의 평생학습, 스포츠 활동, 문화활동의 장
- 지진 등 재해발생시 이재민수용 및 피난시설로 활용

사회적 주요 시설물로 내진성능 확보 반드시 필요

학교시설의 특징

편복도 구성

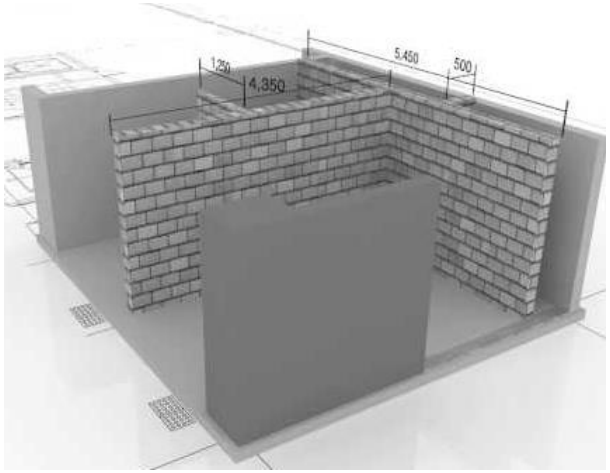
- 한 쪽이 복도로 구성되어 있어 지진 발생시 일부 기둥에 힘이 쏠리는 **비틀림 현상**을 유발하여 붕괴위험 증가

빈번한 증·개축

- **접합부위 취약** 및 **구조 연속성**의 문제 발생

끼움벽-조적조의 존재

- 철근콘크리트 **골조와 조적조***인 끼움벽 사이의 균열 발생 빈번
- 내부 **조적벽 붕괴** 시 인명피해 우려
- **비내력벽****으로 가정하여 설계를 수행하나, **실제** 거동과 차이가 있음



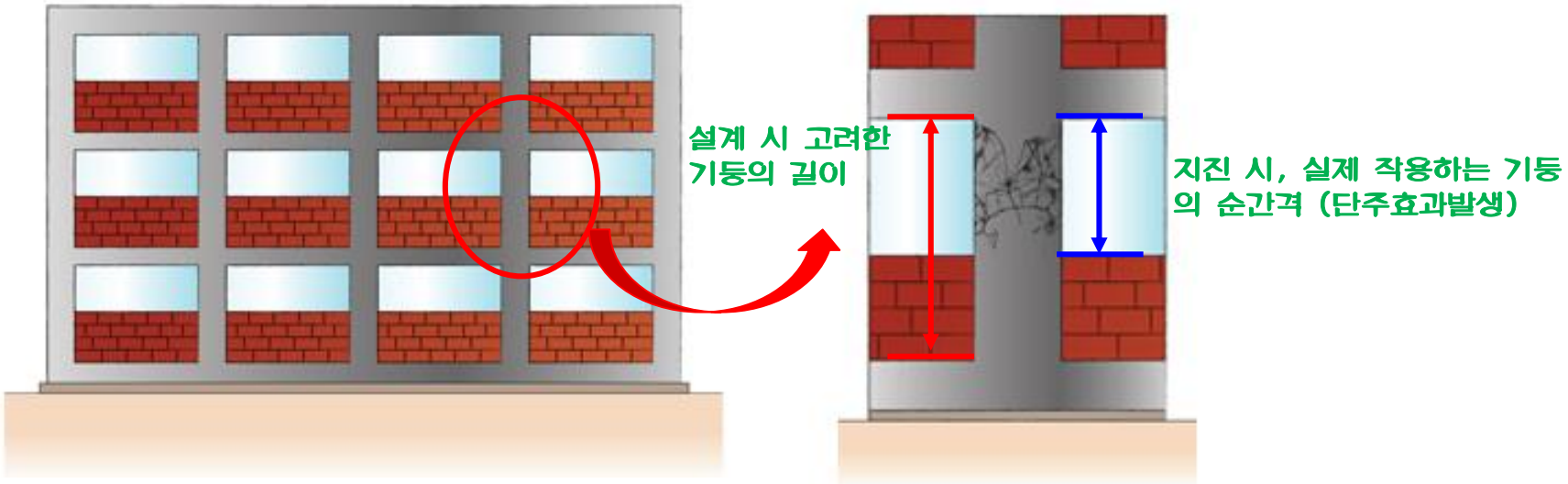
* 조적조(조적벽) : 벽돌 등을 쌓아 올려 만드는 벽식 구조

** 비내력벽 : 하중을 지탱하지 않고 **단순히 공간을 나누는 역할을 하는 벽체**

학교시설의 특징

단주효과

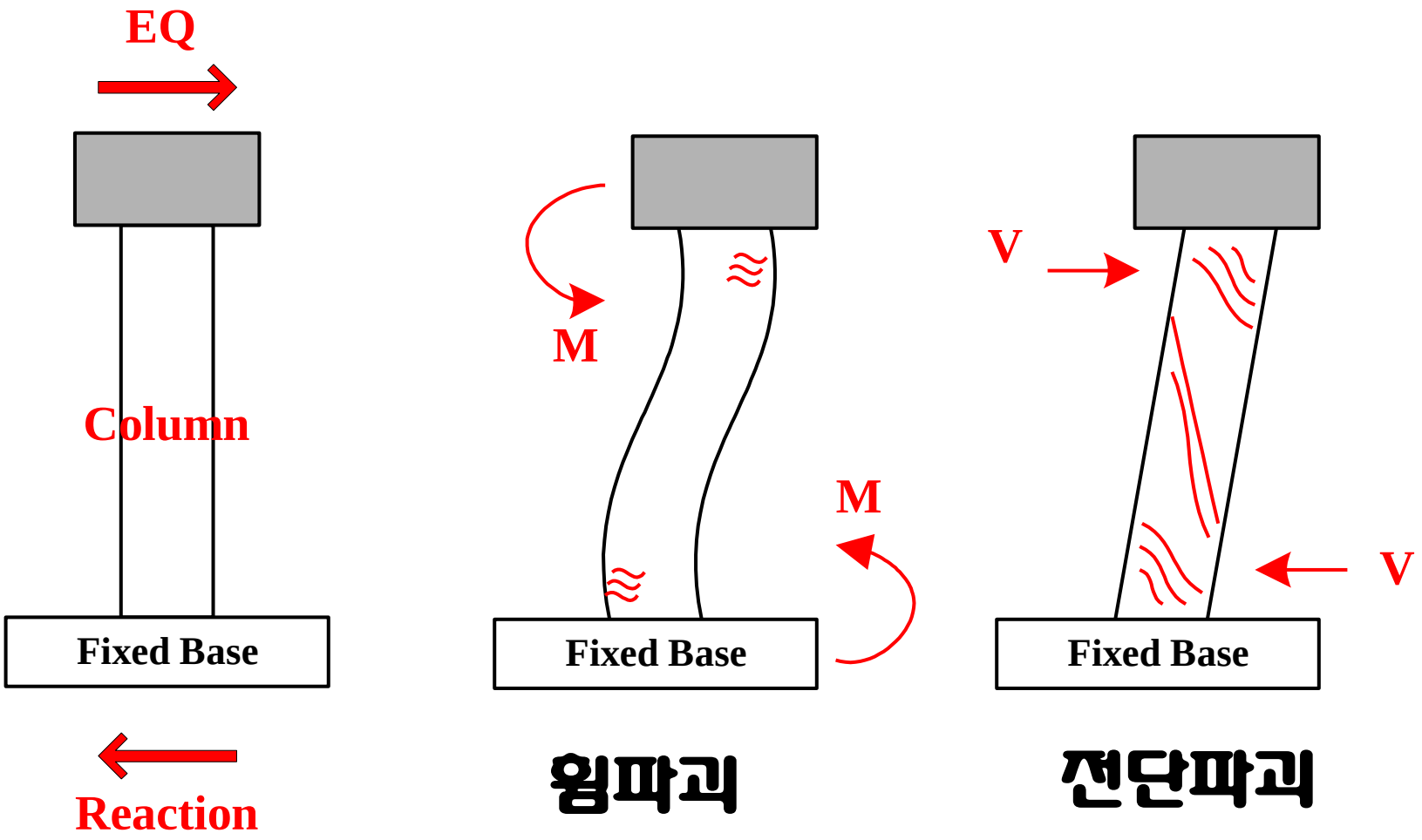
- 단주(짧은 기둥) : 기둥 단면에 비해 길이가 짧은 기둥으로 갑자기 파괴가 일어날 가능성이 높음 (**취성 전단파괴**)
- 학교건물 전면 창호하단에 조적조 등으로 허리벽을 만드는 경우 기둥의 순간격이 감소하여 지진발생 시 단주파괴 현상 발생 -> 급격한 건물 붕괴 우려



단주 효과 개념도(서울특별시 건축물 내진성능 자가점검 자료 참조)

학교건물의 지진에 대한 취약성

전단 및 휨 파괴의 메커니즘



학교건물의 지진피해

해외사례(일본)

학교건물의 지진피해

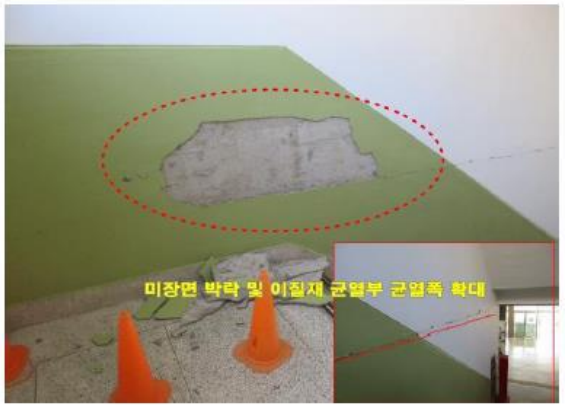
해외 사례(중국-쓰촨성 지진)

- 50여개 이상의 학교 건물 붕괴, 1만명 이상의 사상자 발생
- 낮 시간에 발생하여 학교붕괴로 학생들의 피해 심각

학교건물의 지진피해

국내 사례(9.12 경주지진)

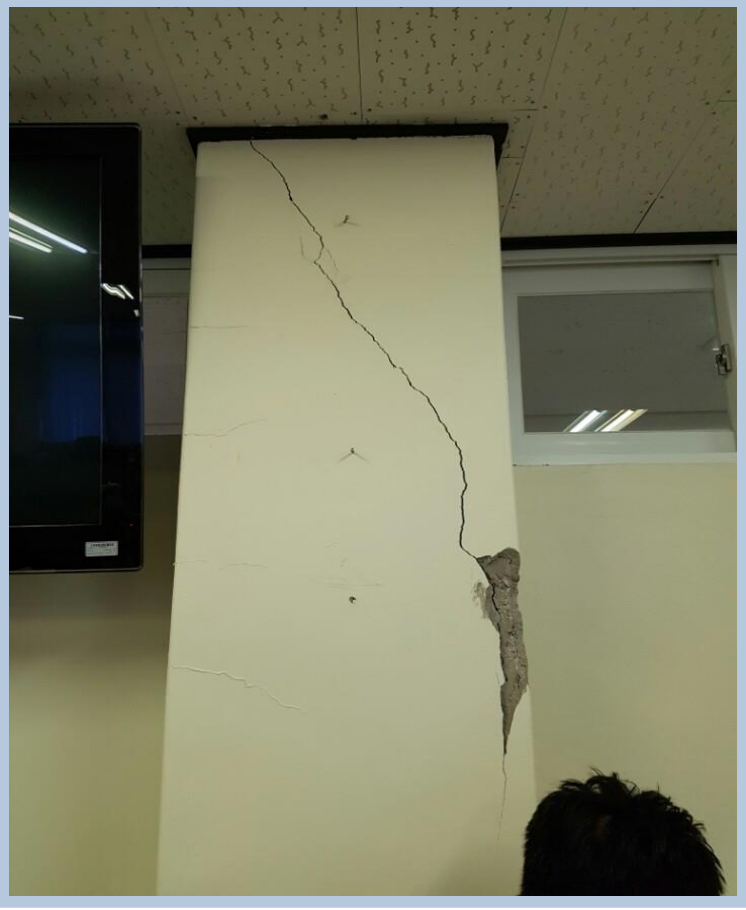
- 마감재 및 조명 탈락, 비구조재 피해, 조적벽체 균열



사진참조 : 김익현, 방관순 2016 지진공학회

학교건물의 지진피해

국내 사례(9.12 경주지진)



단주효과로 의한 기둥 전단 파괴

전단벽체 균열

학교건물의 지진피해

국내 사례(9.12 경주지진)

외벽 치장벽돌 균열 및 변형

철근 콘크리트조와 조적조 끼움벽 균열

학교건물의 지진피해

국내 사례(9.12 경주지진)

조적벽체 상부 벽돌 낙하

지붕 기와 파손 및 탈락

학교건물의 지진피해

국내 사례(9.12 경주지진)

지붕 스페이스프레임 부재 파손

지붕 브레이싱 부재 파손

6. 대학시설의 내진보강

학교시설 내진보강 추진현황

내진보강사업 투자 확대

- 사립대학 : **사학진흥기금 융자 예산지원 확대**

  – (융자확대) 현재 사립대학의 **건축물 신.증축 및 기숙사 확충 사업** 등에 사학진흥기금(시설자금)을 융자하고 있으나,

  – **사학진흥기금(시설자금) 융자* 예산을 증액****하여 사립대학에서도 적극적으로 내진보강을 추진 할 수 있도록 지원 확대

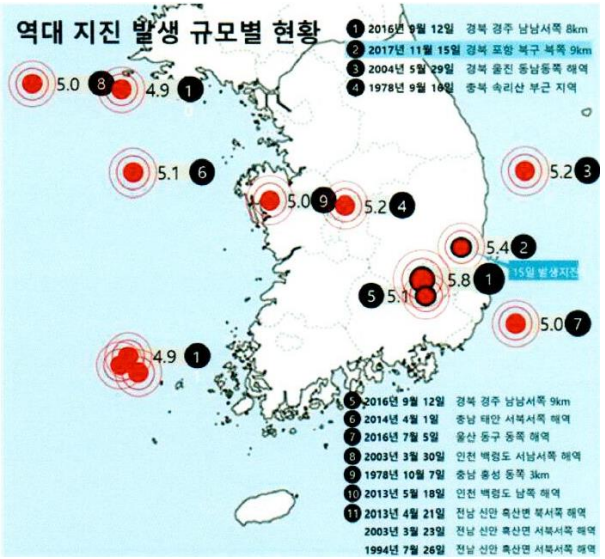
* **(융자기간)** 10년, **(상환방법)** 거치 5년, 균등상환 5년, **(이율)** 2.3%, **(융자조건)** 연간 200억 및 누계 500억 한도(비리사학 또는 상황능력 부족 대학 융자 불가)

** '18년 예산안에 1,003억원이 반영, 기금 여유자금으로 **시설자금 융자 예산 1,000억원 활용** 가능

학교시설 내진보강 추진현황

- **영남지역에 집중된 지진발생 이력**

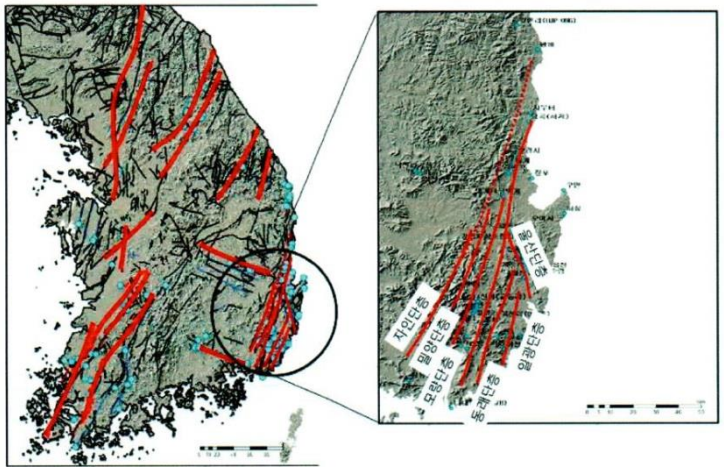
  규모 5.0이 넘은 **대규모 지진은 1987년 이후 10회** 가량이 관측되었고, 이중 **절반이 영남지역과 그 연안에서 발생**함



역대 지진 발생 규모별 현황(데이터: 기상청)

- **지질의 특성**
  - 현시점까지 확인된 국내의 **활성단층은 영남지역에 집중적으로 분포**
  - 영남권 지반은 **연약한 충적층이 비교적 깊게 분포**되어 있어, 지진발생 시 그 **피해가 가중될 가능성**이 높음

➡ **영남지역을 우선 투자해야 할 필요성**



활성단층지도 (한국지질자원연구원)

7. 내진보강의 현주소 및 해결과제

학교시설 내진보강사업의 현주소

내진보강사업 절차

내진보강사업 계획 수립

- 시·도 교육청 내진보강 중장기 계획 수립 및 연간 사업추진 계획 수립
- 우선도 평가 및 지표에 따른 가중치 등을 바탕으로 사업 우선순위 결정

➡ 내진성능평가, 설계 등 사업예산 확보

내진성능평가

- 기존 건물이 **현재 보유하고 있는 내진성능을 평가** 하는 단계
- 기준에 따라 예비평가, 상세 평가 등 수행(안전진단업체, 구조사무소 수행)
- 상세 평가(비선형해석)를 통해 보강방법제안(공법, 개소, 위치 제안)

보강공법 선정

내진보강 설계

- 선정된 공법을 기준으로 상세 설계도서 작성
  (설계도면, 내역서, 시방서 등 보고서 작성)
- 건축사사무소와 구조기술사사무소 등 공동도급 또는 하도급

➡ 내진보강 사업비 부족분 확보

내진보강 공사

- 공사범위 및 규모에 따라 전문업체 및 종합건설회사 참여
  (주로 시설물유지관리업체에서 공사 실시)
- 필요 시, 반영 공법 해당업체와 협약체결
- 내진자문위원회,책임감리용역, 사전준공검사 등을 통해 공사 관리 감독

학교시설 내진보강사업의 현주소

공법 선정 단계

- 공법선정위원회 전문성 부족 : 인원구성의 부적절성(다수의 비전문가 참여 등)
- 특허·신기술 공법 다수 선정(77%) ⇒ 공법선정의 투명성 및 건전성 확보 필요

* 특허 등록 ≠공학적 검증 -> 주의 필요

⇒ 공법선정위원회 전문성 부족 문제 개선 및 선정 기준 마련

⇒ 내진보강 공법의 검증 시스템 구축 필요

공사 관리 단계

- 공사관리 : 공사 감리, 구조 감리, 자문 위원회 등 다양한 방법 적용
- 구조전문관리(자문위원회, 구조감리 등) 미 실시 사업 다수 존재(19%)
- 공사 후 내진보강 의 유지 관리 시스템 미흡(특수 장치에 대한 관리 미흡)

⇒ 관리 감독 체계 강화 및 유지관리 시스템 구축 시급

내진보강 시 해결과제

- **적정한 공사기간 확보**
  - 방학기간 중 내진보강공사 완료하기 위한 **미검증 공법** 적용 및 **부실 시공** 등 우려
  - 적정한 공사기간 확보를 위한 **지원대책** 및 관계자 **협력 체계** 마련
- **우리나라 학교시설 특성에 적합한 공법 마련**
  - 학교시설의 **특성을 반영한 검증된 공법 제시** 필요
- **건축 경과연수 40년 이상 된 노후 시설에 대한 내진보강대책**
  - 시설의 **노후도를 고려한 적절한 내진보강기준** 또는 매뉴얼 마련
  - 노후 시설의 내진보강 또는 **개축 여부 판정 기준** 마련
- **해당 분야 전문가 부족 문제 해소**
  - 내진보강사업 **투자확대** 및 완료 소요기간 단축에 따른 **갑작스런 시장확대**
  - **해당 분야 전문가(건축물 내진분야) 부족**에 따른 문제 해소 방안 마련

8. 내진보강 공법 소개

내진보강법

내진보강 공법의 분류

에너지소산 공법

- 진동 에너지를 흡수하는 댐퍼 시스템을 설치해 건물에 작용하는 **지진하중을 감소시키는 공법**
- 마찰형 댐퍼, 점탄성 댐퍼 등을 이용한 다양한 공법 개발
- 비선형동적해석을 통한 적정성검토 후 선정

연성증진 공법

- 기둥과 보에 강판이나 탄소 섬유 시트를 부착해 건물의 급격한 붕괴를 막아주는 공법
- 콘크리트 부재에 전단 보강근을 늘려 **취성 전단파괴를 늦춰주는 공법**

강도증진 공법

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

내진보강 사례

강도증진 공법

전단벽 증설

내부 강판 전단벽

가새골조*

* 가새골조(Braced Frame) : 골조의 변형을 방지하기 위하여 대각선 방향으로 넣는 경사재

내진보강 사례

연성증진공법

아라미드섬유 보강

강판보강

탄소섬유시트 보강

내진보강 사례

에너지소산 공법

가새 댐퍼

토글형 댐퍼

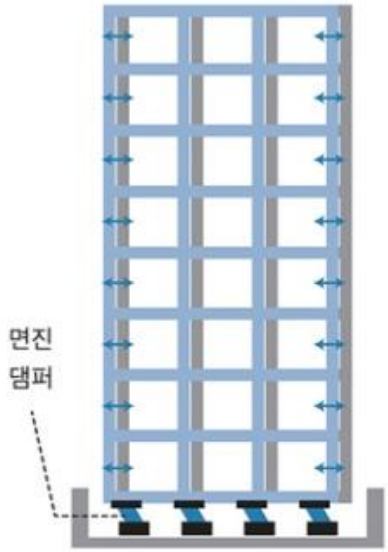
간주형 댐퍼

※ 댐퍼 적용의 적절성 및 성능에 대한 신중한 고찰 필요, 장치의 유지관리 필요

기타 공법

면진 공법

- 지진으로 흔들리는 지면과 건물을 분리시키고 그 사이에 **완충장치(면진장치)를 설치**
- 지반과 건물이 서로 **공진***하지 않도록 하여 피해 최소화
- 기존 건물에 적용할 경우, **시공이 어렵고 면진 장치 자체가 매우 고액**
- 주로 **원자력발전소, 장대교량 등 주요 국가 시설물** 등에 설치

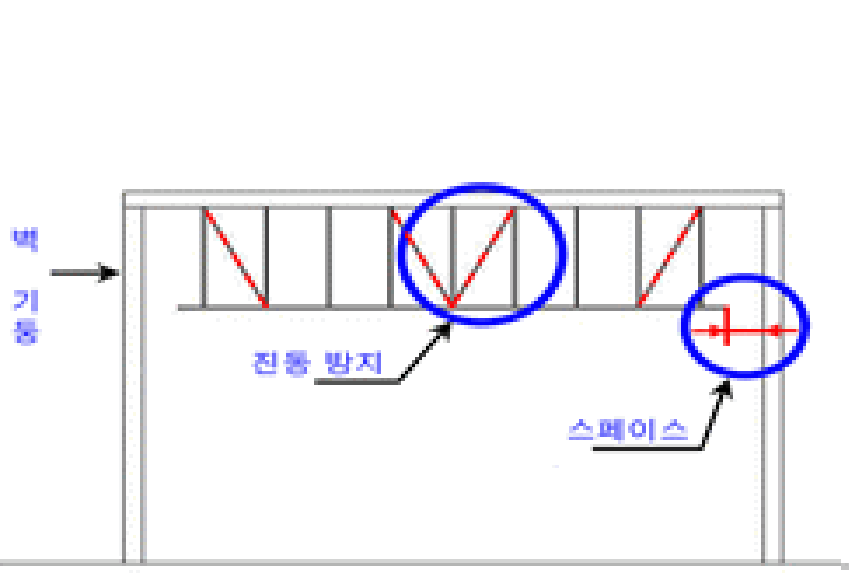


* 공진(Resonance) : 건물의 고유진동수에 지진파의 진동수가 근접할 때 흔들림이 증폭되는 현상

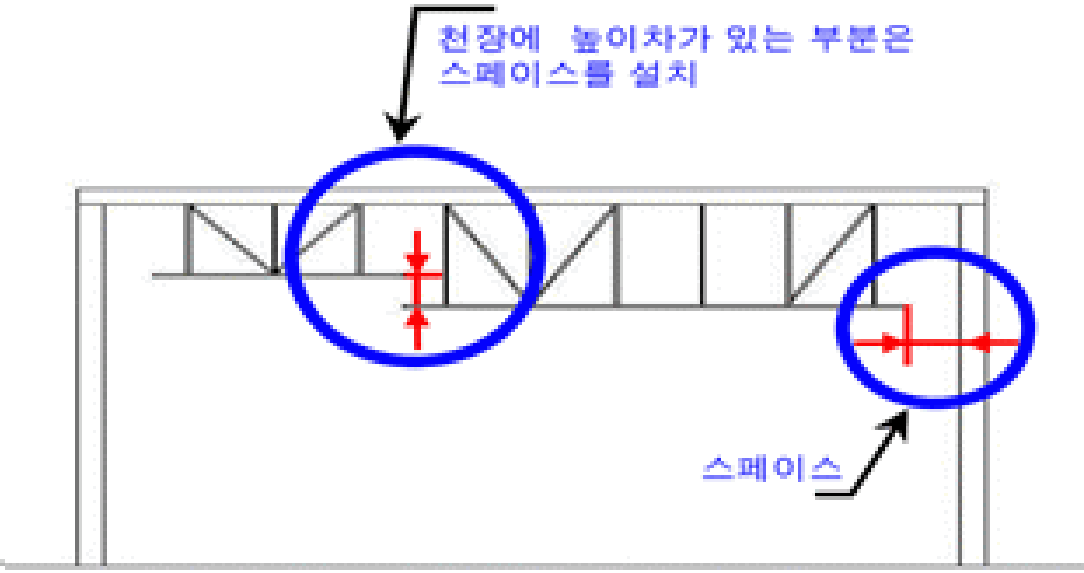
9. 비내진 구조의 설계 및 시공사례

비내진구조의 설계 및 시공사례

<천정재의 지진 대책 사례>



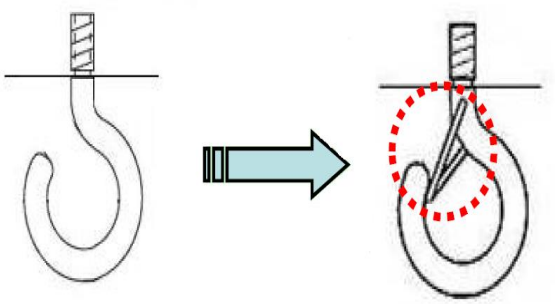
<평탄한 천정>



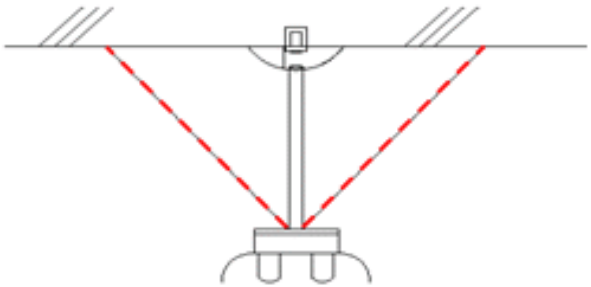
<비평탄한 천정>

비내진구조의 설계 및 시공사례

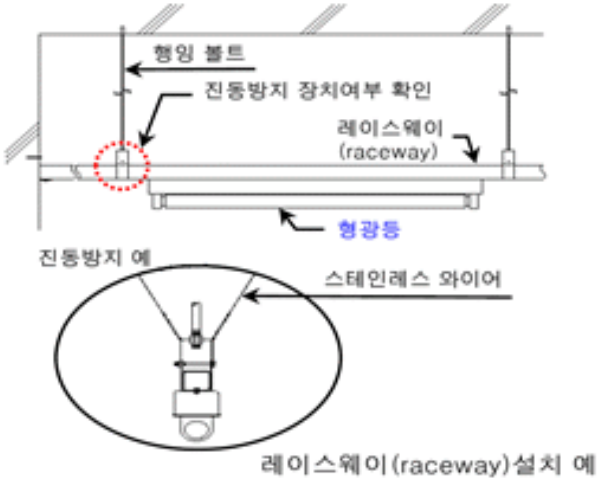
<조명기구의 지진 대책 사례>



<후크의 개선>



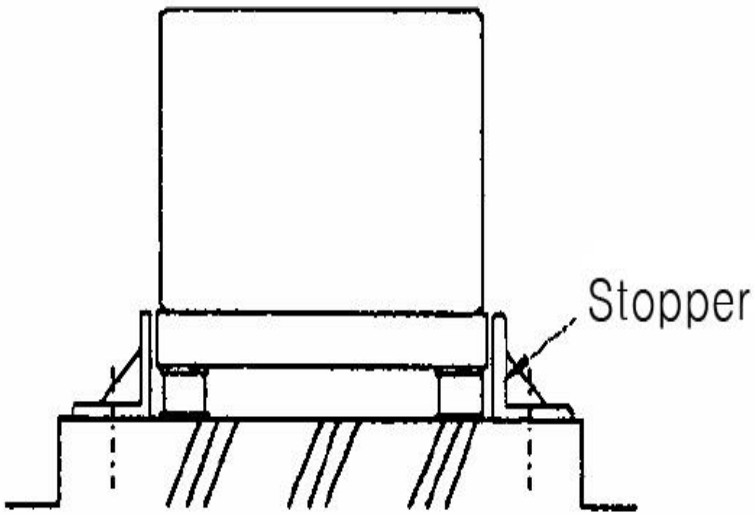
<와이어 설치에 의한 진동방지>



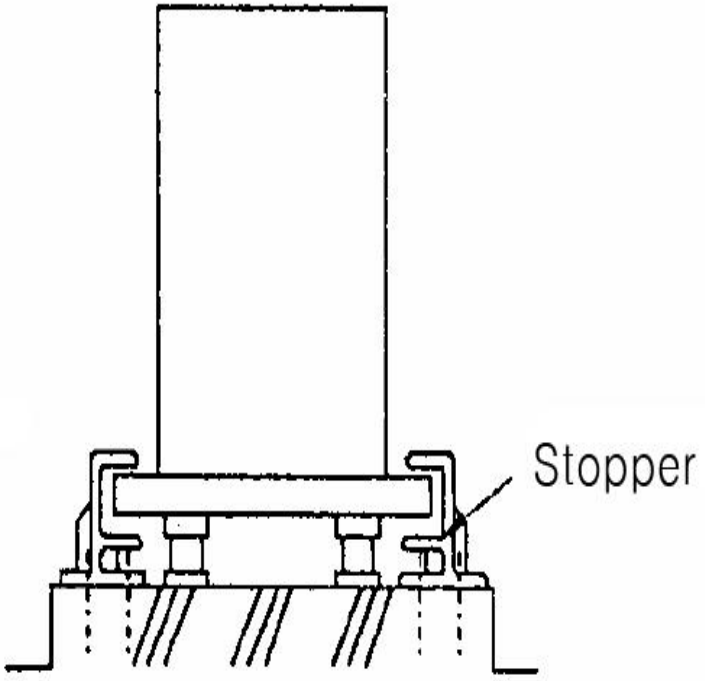
<레이스웨이 설치 예>

비내진구조의 설계 및 시공사례

<물탱크 및 냉각탑의 지진 대책 사례>



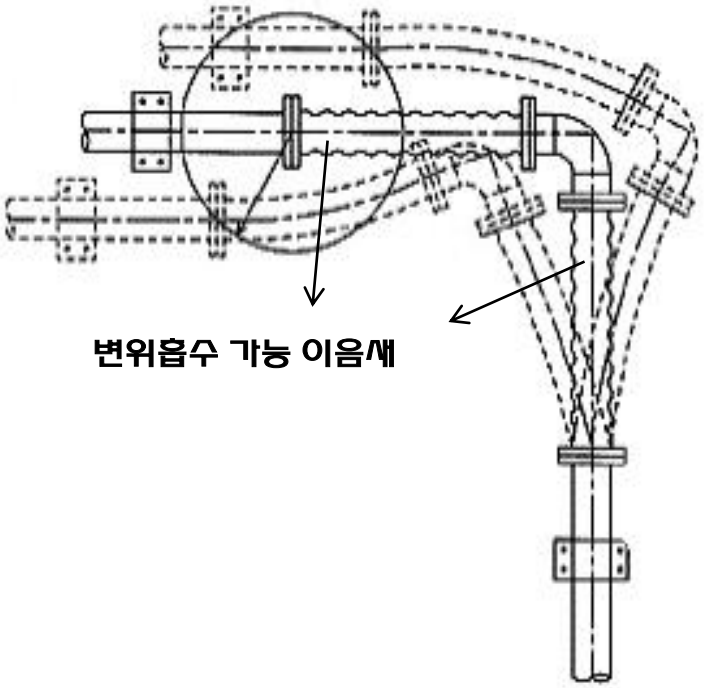
<중심이 낮은 기구>



<중심이 높은 기구>

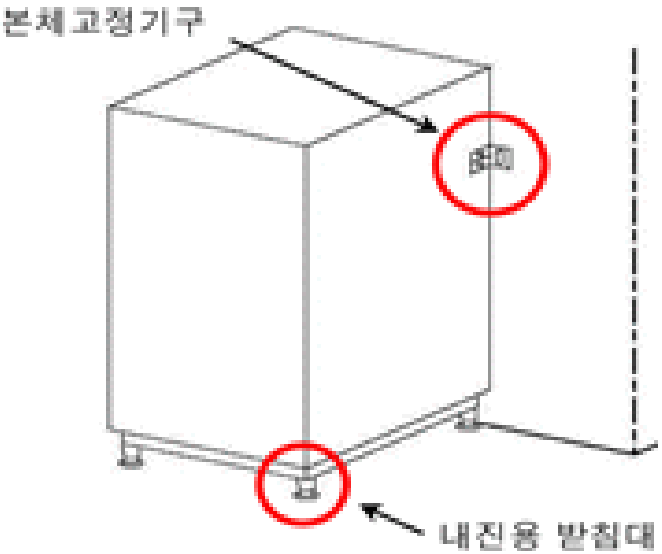
비내진구조의 설계 및 시공사례

<파이프의 지진 대책 사례>

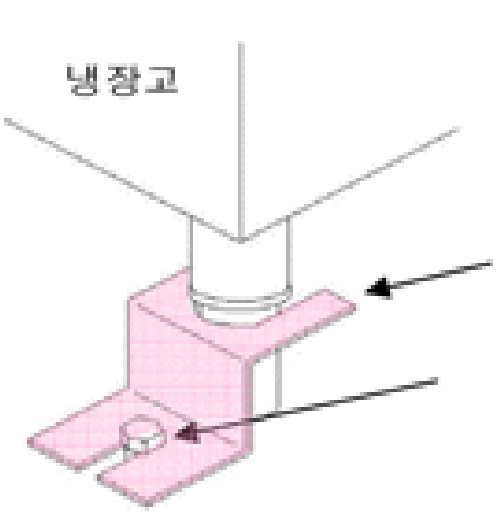


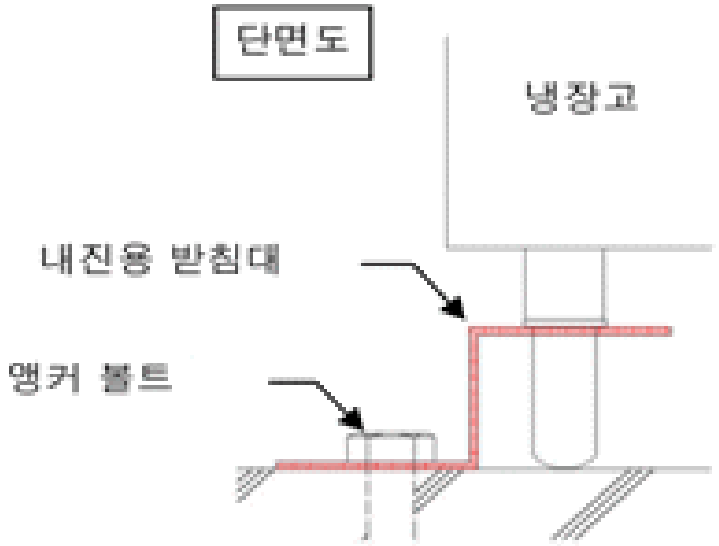
비내진구조의 설계 및 시공사례

<냉장고의 지진 대책 사례>



<본체고정>

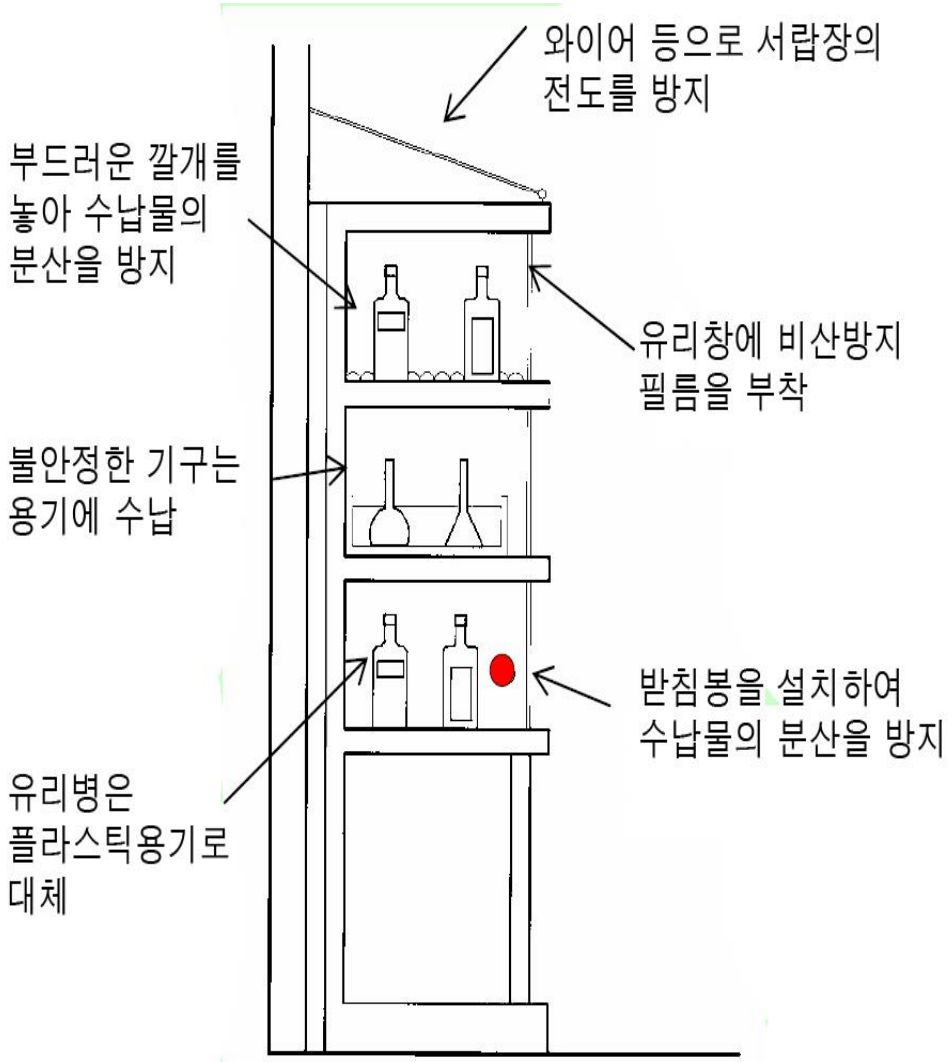




<앵커볼트에 의한 고정>

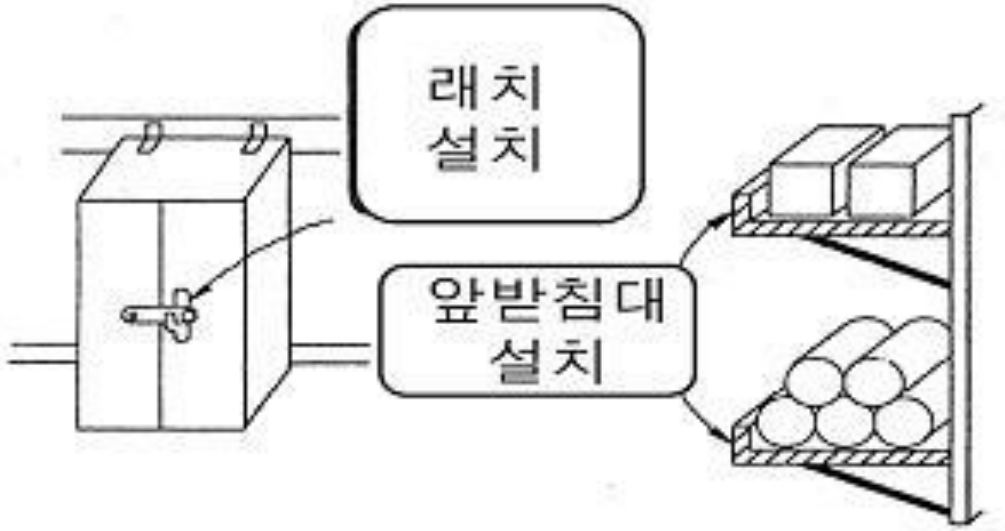
비내진구조의 설계 및 시공사례

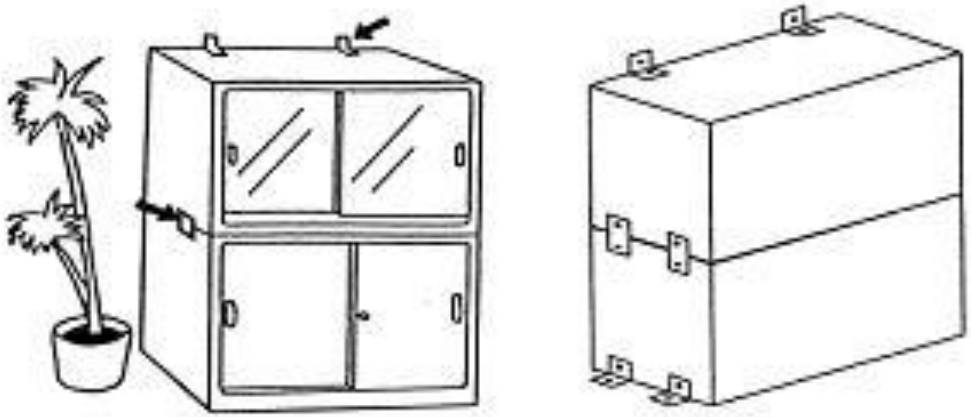
<진열장의 지진 대책 사례>



비내진구조의 설계 및 시공사례

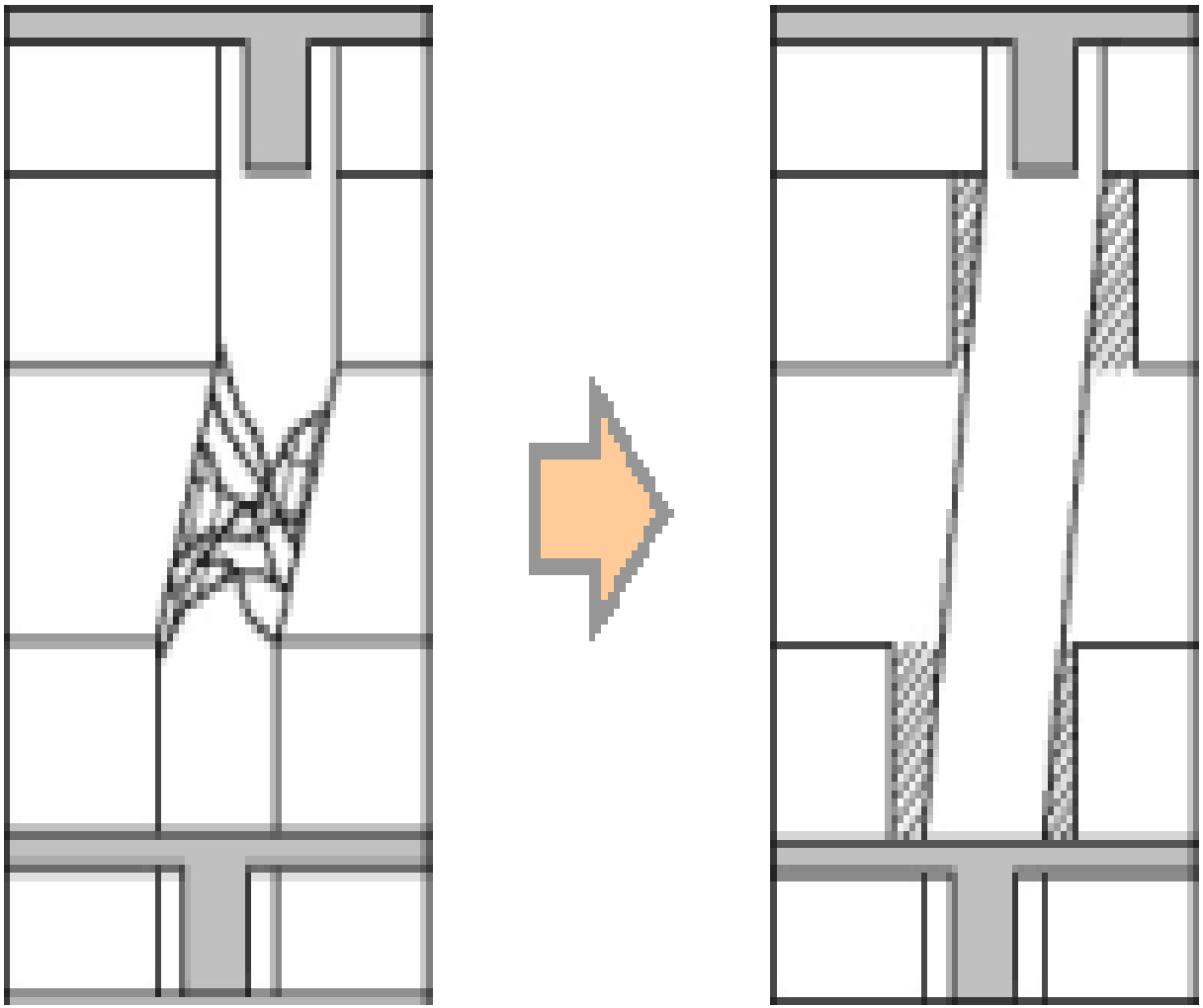
<책꽂이 및 로커의 지진 대책 사례>





비내진구조의 설계 및 시공사례

<기둥과 벽의 분리효과>



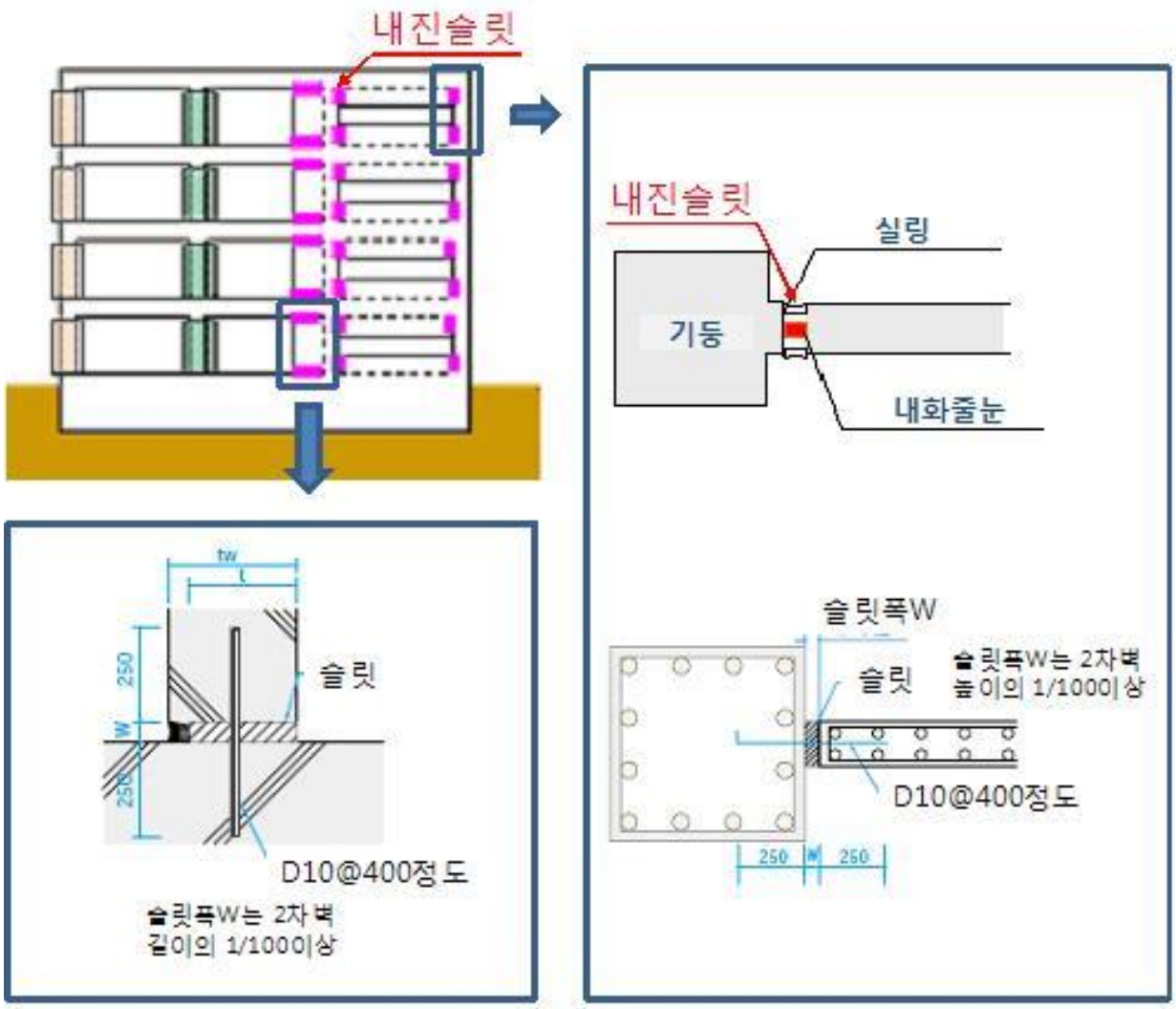
슬릿을 설치하는 것으로 **기둥이 장주로 설계**가 되며, **단주에서 보여지는 취성(전단) 파괴**를 완화 시킬 수 있음

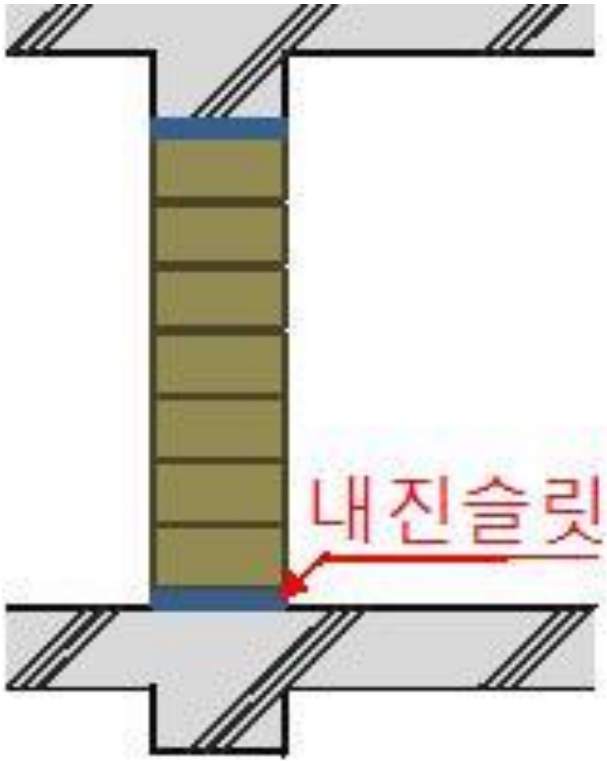
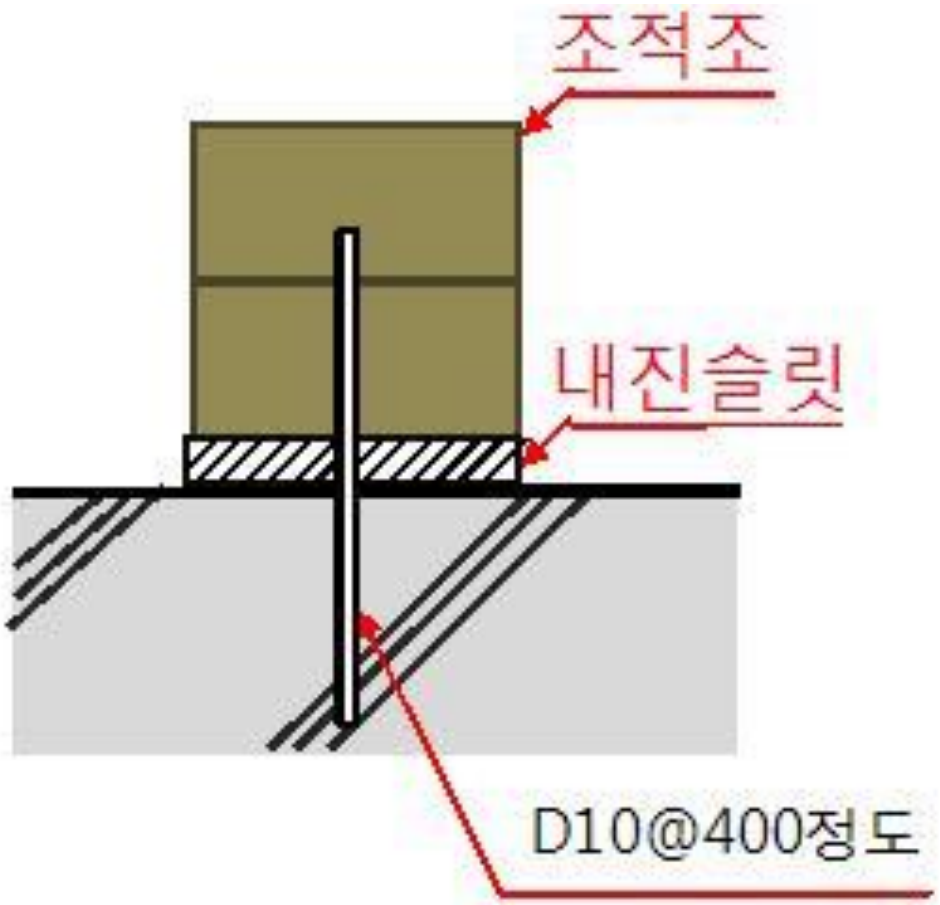
※ "기둥"이라 함은 **높이가 최소단면치수의 3배** 혹은 그 이상 (건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 제2조(정의) 제6항)

※ 콘크리트의 **4주 압축강도는 15MPa**(경량골재 11MPa) 이상 (건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 제48조(콘크리트의 배합) 제1항)

비내진구조의 설계 및 시공사례

<허리벽 · 내림벽 · 날개벽의 지진 대책 사례>



비내진구조의 설계 및 시공사례

<칸막이벽(조적벽)의 지진 대책 사례>