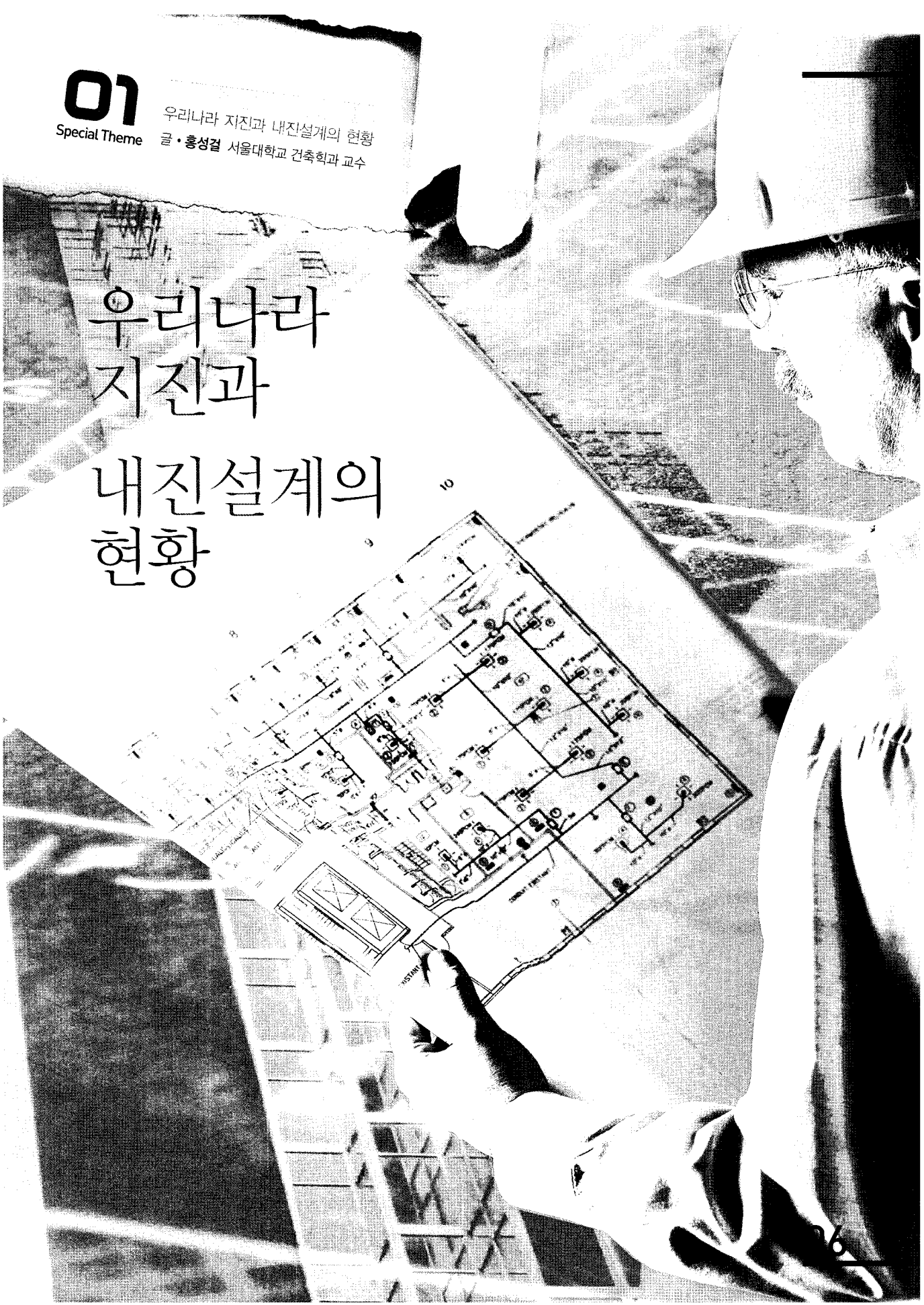


01

Special Theme

우리나라 지진과 내진설계의 현황  
글·홍성걸 서울대학교 건축학과 교수

# 우리나라 지진과 내진설계의 현황



# 1. 머리말

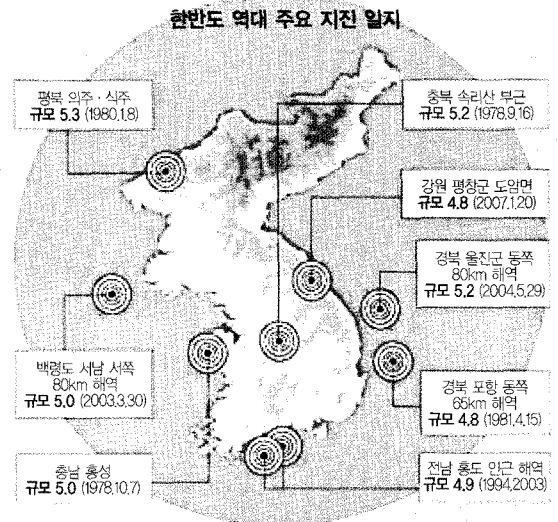
우리나라 지진 발생과 그 피해에 대한 예측과 대비는 한 번도 시험을 거치지 않은 진행형의 과업이다. 지진 발생으로 화재가 뒤따르는 경우는 도심지에서 매우 많다. 우리나라는 1980년 말에 발생한 멕시코 지진 피해의 자극과 소위 1세대 해외유학파의 공헌으로, 1988년 건물에 대한 내진설계제도가 도입되기 시작하여 2000년도 중반부터 성능기초내진설계기법으로 옮겨가고 있다.

내진설계의 기본적인 개념은 건물의 자체 무게의 10~20%의 횡방향의 하중이 작용한다고 보면 간단하다. 이러한 횡하중에 건물의 위치, 고유주기의 영향을 고려하여 기초부터 부재의 취약부가 파괴 및 붕괴로 발전하지 않도록 필요한 부위를 적절하게 보강하는 방법을 제시하여야 한다.

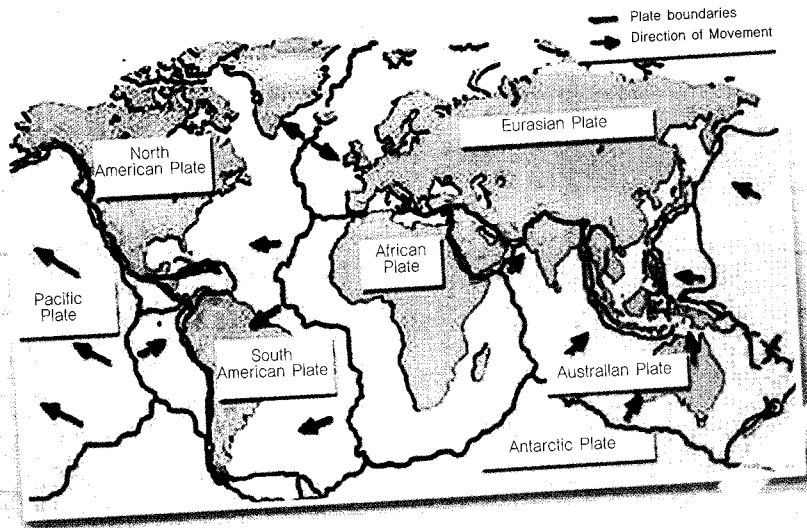
근대적인 내진설계의 도입은 1906년에 발생한 샌프란시스코 대지진 참사 이후 인명 피해를 최소화하기 위한 노력에서, 1990년대 후반에 발생한 일본 코베지진, 미국 서부지진의 교훈에서 인프라의 붕괴 및 경제적인 손실 등 다각도의 내진설계 기술의 발전을 요구하게 되었다. 그동안 기술자가 너무나 공학적인 언어로 지진·내진에 대해 일반 시민 및 행정가와 소통하려 했으나 어려운 용어와 설득력 없는 개념이 문제가 되었다. 이에 성능기초내진설계법은 비전문가에게 지진에 대한 대책 및 내진설계의 필요성을 설득하기 위해 경제성으로, 그리고 사회적인 관심인 물류, 재난 등의 언어로 접근할 수 있는 포괄적인 설계법이다. 성능기초내진설계법은 구조물의 변형 정도와 지진 하중과의 관계가 비교적 신뢰성이 높은 범위에서 확인되어야 한다. 종전의 설계방법보다 구조시스템과 부재의 구조적인 특성을 잘 파악해야 한다. 종전의 강도 위주의 설계관점에서 변형, 경제성, 내구성 등 다양한 요구조건에 대한 검토가 필요한 방향으로 발전하고 있다. 이러한 설계법의 성공은 구조공학자의 폭넓은 식견과 경험, 판단능력, 설득력, 의사소통력이 필요하다.

# 2. 국내 내진설계기법 및 지진 발생 현황

현재 국내 내진설계의 주요한 설계기법은 콘크리트 설계기준 및 강구조 설계기준 등을 포함한 하중 기준의 주요 개념이 KBC 기준 틀 속에서, 미국에서 발전된 내용에 많은 부분을 참조하고 있다. 우리나라의 지진 피해는 1936년의 상계사지진, 1978년 홍성지진은 규모 5.0 크기의 지진으로 조적조, 토담집 등에 피해를 주었으며 1996년 영월지진은 규모 4.5 정도의 지진으로 진양지 중심으로 균열 발생 등의 경미한 지진 피해가 발생하였다. 다행히 2007년에 발생한 오대산지진은 지진동(지진파가 전달됨으로써 일어나는 진동)의 기간이 10초에 불과한 지진 규모가 4.8 정도의 지진이였다. <그림 1>에서 보면 20~30년간 국내의 지진은 5.0 정도 크기의 지진이 지속적으로 발생되고 있다. 다만 진양이 깊거나 지진동의 기간이 짧은 경우가 많아



<그림 1> 우리나라 역대 주요 지진 발생인터넷 세계일보, 2007. 1. 21



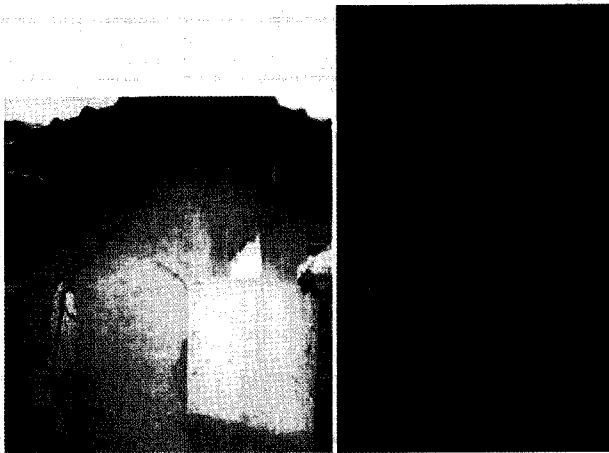
〈그림 2〉 우리나라 지각 환경

그러나 작은 지진 피해만 나타나고 있다. 그러나 일본 코베지진의 지진동 시간도 20초 동안 발생되어 막대한 인명 및 경제적인 손실을 보면 오대산 지진의 경우도 간과할 일은 아닌 듯하다. 우리나라는 유라시아판에 속해 있으면서 태평양판과의 경계와도 떨어져 있고 진앙지가 깊을 가능성이 높다. 최근에 발생한 중국의 쓰촨지진은 히말라야산맥의 높이가 상승하게 하는 지각운동과 밀접한 판의 움직임에 있으며 진앙의 깊이가 낮아 그 피해가 큰 것으로 알려졌다.

### 3. 국내 내진 취약부

#### 가. 저층의 조적조 주택건물

지금까지 알려진 우리나라의 대표적인 내진 취약부는 첫 번째로 저층의 조적조 주택건물을 들 수 있다. 설계 당시 내진설계의 기본적인 원칙을 따르지 않고 지어진, 소위 짐장사가 지은 주택건물로 바닥이 주로 콘크리트슬래브로 이루어져 횡방향 가속도에 의한 횡하중이 크며 조적조벽체에 인장강도가 매우 취약하다. 또한 철근콘크리트 건물의 경우, 기둥의 철근 배치가 주근에 비해 횡보강이 약하게 보강되어 횡방향 변위에 따른 전단 강도가 매우 약한 중저층 건물이 지진에 취약하다. 특히 우리나라 건물은 대체로 중량이 무거운 콘크리트를 과다하게 사용하여 하중의 크기 및 횡변위에 대한 안정성이 떨어진다. 조적조의 취약성은 우선 벽체를 간단한 방법을 통해 인장 강도를 확보하도록 하고 지붕과의 연결을 시켜야 할 것이다.



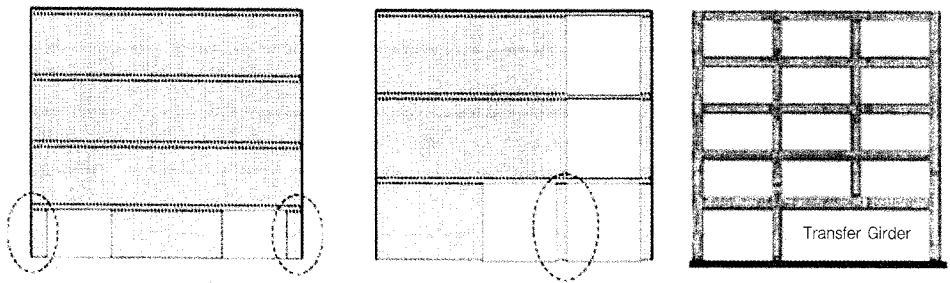
〈그림 3〉 전형적인 주택의 칸막이 조적조와 영월지진으로 인한 조적조 건물 피해

### 나. 다세대주택

두 번째로 전문가가 판단하는 내진 취약건물은 연립주택에서 다세대주택으로 이름을 바꾼 도시 주거건물을 들 수 있다. 자동차 주차문제 때문에 1층이 몇 개의 기둥으로 이루어진 상태에서 상부층은 벽체로 이루어져 1층이 상대적으로 약하며, 예상되는 지진 하중도 턱없이 작은 경우가 많다.

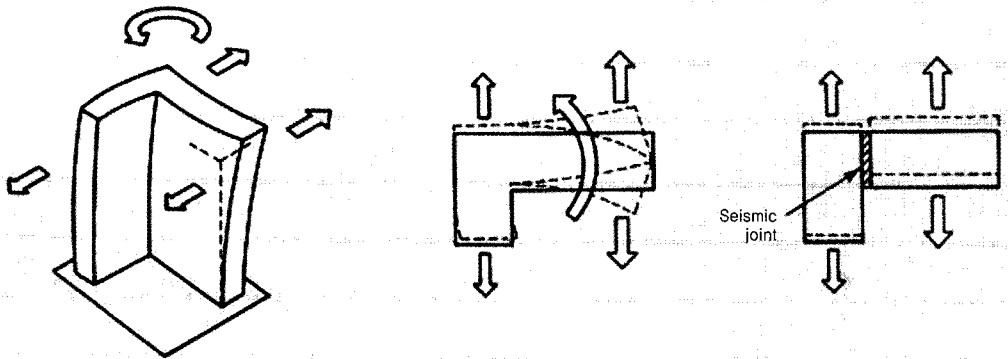


〈그림 4〉 쇠아슬미 기둥으로 구성된 건물의 지진 피해(보세신)



〈그림 5〉 내진 취약성의 주요 원인인 수직부재의 불연속성

게다가 평면적으로 비대칭성은 건물이 비틀어져 한쪽 벽체나 기둥이 과도하게 변형되거나 강도에 못 미쳐 건물 전체가 붕괴되는 경우가 지진피해보고서에서 종종 발견된다.



〈그림 6〉 평면상의 구조적 비대칭성

### 다. 초·중·고 학교시설물

세 번째로 초중고의 학교시설물을 들 수 있다. 최근 지어진 평면이 다양한 건물의 경우 구조설계를 거친 것으로 추측되지만, 군대막사 같은 일자형 건물은 대개 소위 표준설계도에 따른 건물이다. 우리나라 공공건물의 관리주체가 각 부처별로 운영되기 때문에 별도의 내진설계기준이 적용되었는지 현재로는 알 수 없다. 게다가 사립교육기관의 경우 통계적으로 무허가 건물이 부지기수로, 이는 공공연한 사실이다. 무허가 건물을 짓는데 절차가 있고 원칙이 있는 내진설계를 자발적으로 시도한

경우가 있을지는 상상에 맡길 수밖에 없다.

이러한 비내진 상태로 이루어진 학교건물은 정말로 큰일이다. 후진국형 지진 피해의 전형적인 참상은 어린 학생들의 희생이다. 우리나라도 지진에 대해서 학교 교수는 선진국 수준인지 몰라도 학교 내진설계실태는 아르바이잔 수준일 수도 있다. 지진을 포함한 자연재해 발생 후 이재민의 임시 거처로 이용하는 곳이 학교시설물이다. 비상시 임시 피난처로 이용하기 위해서는 다른 건물에 비해서 기본적인 구조만이라도 피해를 입지 않도록 설계 및 시공, 그리고 관리에 각별한 대책이 필요하다. 다른 대표적인 무허가 건물인 옥상 위에 있는 건물은 문제가 많다. 그러나 아무도 책임을 질 수 없다.



〈그림 7〉 대만지진으로 발생한 학교건물의 피해

지진 피해는 도심지와 농어촌에 따라 엄청난 차이가 난다. 도시의 지진 피해는 인구 및 건물의 밀집 정도뿐만 아니라 인프라의 기능 정지 및 후속적인 피해가 크기 때문에 선진국들은 종합적인 대책 마련에 부심하고 있다. 지진이 일어난 후 발생하는 2차적인 피해는 화재 및 가스 폭발을 들 수 있다. 또한 교통시설의 마비 등도 고려해야 한다. 예를 들어 일본의 경우 지진 발생 후 수 초 이내에 신칸센을 정지시킬 수 있을 정도의 예보시스템을 운영하고 있다.

우리나라도 고속철, 가스, 전기 등 주요 사회기반시설의 안전에 대해 도시형 지진 피해를 염두에 두고



〈그림 8〉 지진 발생 후 가스관 화재 피해



다시 한 번 점검하고 대책을 수립할 필요가 있다. 많은 도심지 건물의 경우 커튼 월의 부착장치 및 지진 피해를 예상한 탈락 검토가 필요하다. 30년 이상 된 건물은 커튼 월의 부착물이 이미 부식되어 일반적인 상태에서도 점검이 필요한 사항이다.

#### 4. 맺음말

내진설계를 통한 건물 안전도의 확보는 매우 간단하다. 즉 원칙을 지키기만 하면 그만이다. 경제성을 고려한 내진설계의 방향은 우선 설계자에게 충분한 대가를 지불할 각오가 서야 한다. 표준상세도만으로 해결되기도 하지만 시스템상으로 치졸한 비대칭적인 배치, 상하층의 급격한 변화에 대해서 별도의 구조적인 검토나 자연법칙에 맞는 설계개념 없는 건축가의 만용은 정말로 비난받을 일이다.

작은 일에 대해서도 전문적인 검토 없이 결과물을 제시하는 관행은 이제는 없어져야 한다. 제도나 기준은 부리나케 선진 내진설계를 따라가려고 하지만 현실에서는 행정적인 처리과정에서 현실성이 부족하다는 이유에서 내진에 대한 설계가 형식적인 경우로 끝난다. 현재 주거용 건물이나 중저층 상업용 건물들은 건축용도의 한계로 실효공간의 확보, 경제성 그리고 건축가의 무지로 대개 기본적인 내진설계의 원칙이 지켜지지 않고 있다. 일선행정의 1차 관리주체의 미온적인 처리방식도 그 몫을 하고 있음을 부인할 수 없다. 교수들도 현실성이 떨어지는 설계기준을 제시하기보다는 현재 일선행정의 눈높이에 맞는 간단한 설계기준과 검토사항을 제시해야 한다. 우선 도서관의 책장부터 벽체에 적절하게 연결하도록 하며 조적조 벽돌건물에 대하여는 적절한 제재와 인센티브를 주면서 보강하도록 주민을 설득해야 한다. 또한 무허가 건물은 용도에 맞게 적절한 절차를 거치고 보강하도록 홍보해야 한다. 우선 공공건물에서 저질러버린 무허가 건물부터 보강해야 한다.

현재 대한민국이 겪고 있는 큰 문제는 전문가의 의견을 존중하고 각각 제자리에서 각자 맡은 일을 해야 풀 수 있다. 어렵듯이 알고 있는 전문성은 사람을 잡는 일이다. 내진설계는 철저하게 전문가에 맡기고 이를 지켜야 준법정신도 살아나고, 정말로 지진이 내습하면 들통이 나버리는 꿈수를 피지 않게 된다. ☹