

# 현행 고층아파트 구조설계 문제가 심각하다.

李昌男/선構造 建築士事務所



이 그림은 기사내용과 직접관련이 없습니다.

서울의 원효대교를 건너다보면 시속 100km가 오히려 답답하다. 속도 제한표시에는 분명히 60km로 되어 있으나 이 제한 속도를 지키는 자동차는 아마도 고장이 났거나, 힘없는 고물차 뿐일 것이다. 그래서 필자는 양심의 가책도 느끼지 않고 날마다 속도 위반을 하면서 운전하고 있다.

목욕탕이 요금인하 지시를 듣지 않으면 위생검사, 세무조사를 하겠다고 공공연히 으름장을 놓는 현실이다. 그러니까 위생검사, 세무조사를 유보하고 있는 것은 불결한 영업이나, 탈세가 자행되고 있음을 인정해 준다는 암시인 것 같다. 요즘은 위법도 일종의 유행이고, 대중이 가는 길이면 바른 길인 것처럼 인식되고 있는 것 같다. 하기가 옛말에도 “君者大路行”이란 명언(?)이 있었으나, 獨也靑靑하게 살던 정몽주는 타의로 제명을 살지 못했지 않았던가?

현재 우리는 30층 고층 아파트가 눈에 설지 않게 되었고 유능한 구조전문가들이 단 1주일만에 연건평 수만평의 고층 아파트 구조설계를 해치우는 세월이다. 필자도 구조설계계산 속도가 느려서 설계자와 건축주에게 피해를 주어본 적이 없다고 자부하는 데도 유독 아파트 구조계산에서만 도저히 그들을 쫓아갈 수

없어서 벌써 2, 3년전부터 도태되는 감이 없지 않다.

오래 전부터 예약 받았던 단 1건을 취급한 것이 작년도의 아파트 설계 실적인데, 그 하나뿐인 아파트 설계 결과가 구설수에 오르기 시작한 것이다.

우리 건설회사를 봉으로 아느냐?!! 남들은 15, 16층 아파트 벽체두께가 전부 15cm로 해결되었는데 무슨 이유로 너만 20cm를 고집하느냐? 다른 사람들도 다 전문자격증을 가지고 있으면 최신 “Computer Program”과 “Ultimate Strength Design”을 적용하면 그렇게 된다는데, 당신네 연구소만 구닥다리 방식에 집착하여 우리 건설회사의 경쟁력을 약화시키는 것이 아니냐며 해명을 요구해 왔다.

정몽주는 죽을 때 영원히 남을 시 한수를 남겼는데 필자는 하늘 쳐다보고 손가락만 빨아야 할 판이다.

200만호나 되는 아파트 건설을 위해 “獨也靑靑”메아리를 묻어 버리고 다수가 걷는 “민주주의”의 길에 뛰어들 것인지 한심하기 그지없다.

필자는 앞에 언급한 바와 같이 시속 60km 원효대교를 100km로 달리는 상습 범법자이다. 우리나라가 세계에서

교통사고율이 가장 높다는 것을 알면서도, 그 시속 60km가 필요 이상의 체재인 것같은 막연한 생각이 들어서인데, 요즘의 아파트 구조계산에는 이보다 훨씬 심각한 문제가 있음이 발견하게 되어 심히 걱정스런 마음으로 이 글을 발표한다.

## 1. 철근콘크리트 내력벽이란 무엇인가?

벽돌이나 블럭으로 벽을 쌓고 그 위에 콘크리트 슬래브를 올려 놓으면 훌륭한 2층집이 된다. 그러나 3층, 4층, 5층으로 올라가게 되면 조적조 내력벽으로는 도저히 감당하지 못할 한계점에 도달하게 되는데 이를 편의상 “재료의 구조상 한계”라고 붙여 보겠다.

모든 재료에는 그 재료에 적합한 구조상 한계가 있다. 올림픽 대교(사강교)는 재료의 구조상 한계가 너무나 못미치는 설계이며, 30m스팬의 트라스를 경량 C형강으로 조립하는 것은 재료의 구조상 한계를 넘는 무식의 소치이다. 우리나라에서 아파트를 내력벽으로 설계하기 시작한 효시는 필자의 잠원동 대림아파트이다. 당시만 해도 철근콘크리트는 비싼 재료이고 조적조는 싼 것으로만 인식되던터라 간벽은 의당히



조적조로 하고 꼭 필요한 부위만을  
철근콘크리트 기둥으로 설계하여야 하는  
것으로 알던 때였다.

설비공사업자가 이곳저곳에 구멍을 내야  
하는데 콘크리트 내력벽은 너무 단단해서  
불편하다는 항의도 받았고 입주자가  
사진들을 걸기 위하여 박는 못이 들어가지  
않는다는 웃지못할 불평이 들리기도 했다.  
그러나 지금은 아무도 아파트 간벽이  
철근콘크리트 내력벽임을 시비하지 않는다.  
10~13층 정도의 벽식 아파트라면

철근콘크리트 내력벽으로도 무리없는 설계가  
가능하다.

철근콘크리트 내력벽이란 벽체의 중앙  
또는 양면에 가로 세로 철근을 배근한  
것으로서 단위면적당 축하중이 별로 크지  
않을 때 제법 합리적인 구조이다.

이는 일반적으로 두께가 얇고 높이는  
높아서 콘크리트를 부어 넣을 때 밀실하게  
채워 넣기가 어렵고 따라서 Slump 값을  
적게 하면 곱보가 나는 등의 하자가 발생하기  
쉽다.

그림1과 같이 가로 세로 철근이 배근된  
사이에 슬래브 철근까지 정착되다 보면  
골재분리 현상이 일어나기 쉽고 콘크리트  
치기전 좁은 거푸집사이에 들어간 각종  
오물도 내력을 약화시키는 원인이 되기도  
한다.

얇은 벽체의 높이가 높으면 압축력을  
받았을 때 좌굴현상까지를 감안하여야 하며  
슬래브에서 전달되는 Bending Moment 는  
물론 바람, 지진 등 횡력에 의한 추가응력도  
부담해야 한다.

한편, 철근콘크리트 내력벽 배근은 수직  
수평근의 피복이 정확하게 유지되도록  
시공하는 현장을 보기가 어려운 것이 오늘날  
우리나라 실정이다. 내력벽은 거푸집  
재활용을 위하여 콘크리트가 제대로  
양생되기도 전에 탈형을 하며 특히 물을  
뿌리거나 보온 보양하는 작업대상에서  
제외되는 것이 보통이다.

구조계산 당시에는 미처 예상하지 못했던  
구멍들, 설비, 전기, 소화전, 엘리베이터,

스위치 같은 것들도 내력약화의 요인이  
된다. 이상과 같은 여러가지 이유 때문에  
철근콘크리트 내력벽이 받을 수 있는  
압축력은 다음에 설명할 띠기둥 내력의  
차이를 두고 있는 것이 각 나라의 구조계산  
규준이다.

## 2. 띠기둥이란 무엇인가?

띠기둥은 내력벽에 비하여 작은  
단면으로도 큰 축하중을 지지할 수 있도록  
설계된 주요구조부재이다. 빗짚을 하나씩  
세워 놓을 수는 없는 것이다. 그래서 가을철  
농촌에 가면 짚을 서로 묶어 뗏단을 만들어  
세워 놓는 것이다. 빗자루도 가느다란 짚을  
뽁뽁 묶으면 제법 단단해지는 것과 같은  
이치이다.

철근도 한두 개가 따로 따로 놓면 압축력을  
받아 구부러지고 만다. 시험실에서  
연구원들이 수많은 압축파괴시험을 해보고  
그 결과를 가지고 만들어낸 식이 ACI 의  
Tied Column 공식이라는 기록이 있다. 즉  
ACI 의 띠기둥 공식은 탁상에서 만든  
이론식이 아니라, 임상시험으로 유도된  
실제적인 공식인 것이다. 그래서 그들의  
기둥배근에 관한 제약조건은 유별나리만치  
엄격하다. 철근량을 늘여서 기둥단면을  
줄이는 설계가 보편화되어 있는 미국  
현실에서는 매우 필요한 조치일 것이다.

띠기둥(Tied column)에서는 띠철근이  
너무나 중요하기 때문에 이름자체도  
띠기둥이라고 붙였을 것이다. 우리는 위기에  
처했을 때 “허리띠를 졸라매고” 대응한다

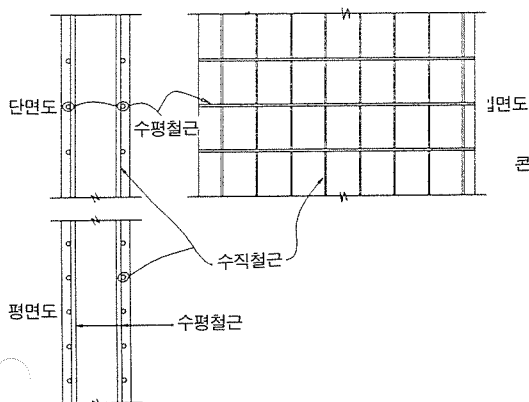


그림1 철근콘크리트 내력벽

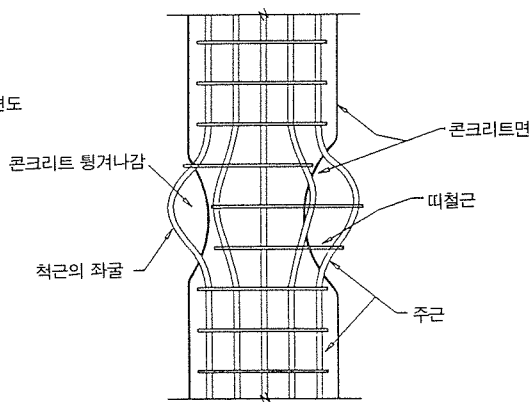


그림2 띠기둥의 압축파괴

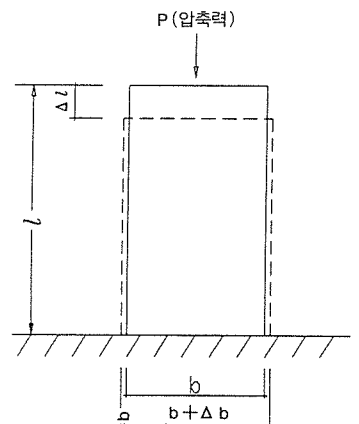


그림3 기둥의 압축변형

라고 하며, 좌수를 무력화하는 방법으로도 허리띠를 압수하고 “고무줄 없는 팬티”가 어떻다고도 얘기들 한다.

띠기둥이 초과하중을 받았을 때 파괴되는 모양은 거의가 그림2와 같다.

모든 재료는 압축력을 받을 때 그 압축력이 작용하는 방향으로 길이가 줄어들게 된다. (그림3참조)

그런데 한가지 재미있는 일은 길이가 줄어들 때는 대신 옆으로 늘어난다는 것이다. 재료마다 그 비율이 다른데 우리는 그 비율을 Poisson's Ratio (프와송비)라고 배웠다. 콘크리트의 Poisson's Ratio는 약 1/6이며, 이는 길이가 6cm줄어들기 위하여 ( $\Delta L = 6\text{cm}$ ) 폭이 1cm 늘어난다는 뜻이다. ( $\Delta b = 1\text{cm}$ )

모든 구조부재는 힘겨운 하중을 받았을 때 변형을 일으키면서 파괴까지로 이어진다. 만약 하중을 받았는데도 변형이 덜 생기게 하려면 단면을 크게 하거나 다른 강재조치를 취하여야 한다. 그 한가지 방법으로 개발한

것이 띠철근이다. 즉, 콘크리트 기둥의 길이가 줄어드는 것을 방지하는 수단으로 띠철근으로 기둥을 묶어 폭이 늘어나는 것을 방지하면 길이도 줄지 못하게 되더라는 경험을 적용한 것이다.

이 원리는 비단 구조재료에서 뿐만 아니라 여러 다른 분야에서도 적용된다. 예컨대 김일성이가 복한 주민을 통치하는 방법도 그것인데, 외부와는 철통같이 차단하여 밖으로 뛰쳐나가는 것을 방지하면 웬만큼 눌러대도 터지지 않더라는 40년의 경험을 갖고 있다는 것이다.

비록 물이나 공기일지라도 주사가같은 Piston 에 몰아넣어 외부로의 탈출을 막아 놓으면 큰 힘으로 눌러도 잘 견뎌낸다. 자동차 타이어, 고무풍선, 자동차엔진, 수압 또는 유압 Jack, 이 모든 것도 같은 이론에 근거한 것으로 누르는 힘이 클수록 주위로 터져나가려는 힘도 커지게 되는데 만약 어느 한 부위라도 약하면 그 곳으로 뿔어 나가는 내용물은 그야말로 “분수”같이 격렬해진다.

가느다란 주사 바늘로도 주사액이 분출하는 것처럼……

띠기둥에서 주근의 굵기나 갯수가 많다는 것은 이렇게 기둥 축력(압력)이 크다는 것을 뜻하며 다시 말하면 옆으로 밀어내려는 압력이 비례적으로 커진다는 것을 이해했을 것이다. 그래서 띠철근을 배근하는 요령을 표준화한 것인데, 예컨대 띠철근이 간격은? 굵기는? 각도는? 정착방법은? 하고 제한하는 것이다. 띠기둥에서 띠철근이 없다는 것은 마치 논바닥의 벼단을 묶은 새끼줄을 끊어 버리거나 빗자루를 묶은 철사를 풀어버린 것과 마찬가지로이다.

띠철근은 간격이 좁을수록, 굵기는 굵을수록, 각도는 적을수록 효과적이지만 그 또한 돈드는 일이므로 최소한 필요한 것을 표준화한 것으로, 띠철근이 경제적 효율적이기 위하여는 기둥 단면이 원형일 때가 좋다. 더 좋게 하려면 원형단면 기둥의 띠철근을 나선형으로 연속배근하여 이음이나 갈구를 없게 하면 된다는 것이다. 이렇게 한

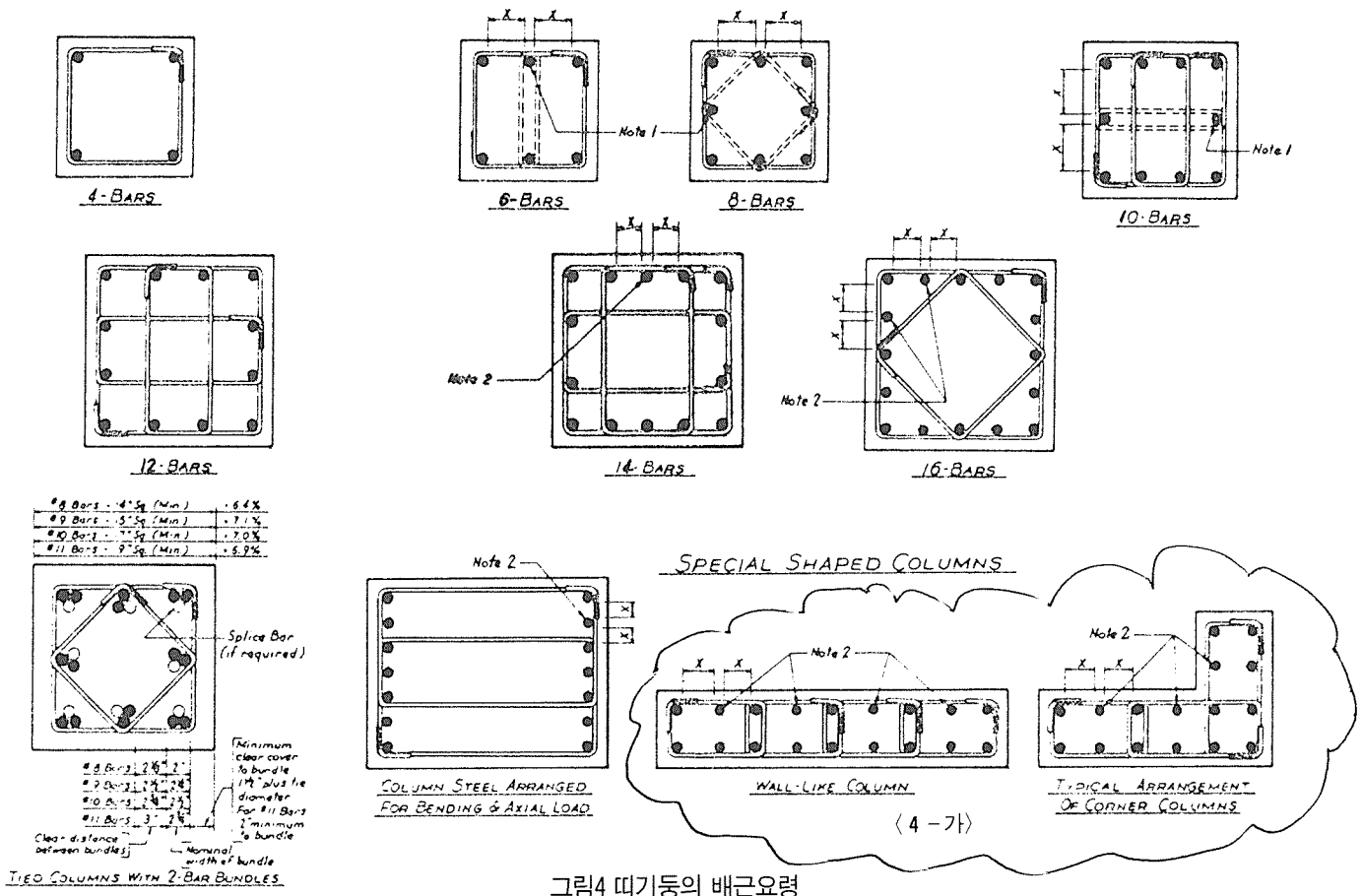


그림4 띠기둥의 배근요령

것이 이른바 나선기둥(Spiral Column)인데 시공이 까다롭기 때문에 잘 이용되지 않을 따름이다.

최근 들어서는 이 나선형 띠철근을 더 강화하여 아예 원형강관으로 대체하면 더 엄청난 기둥내력을 얻는다는 것이 확인되었다. 다만 강관과 콘크리트화를 분리시켜 누를 때 자유로 변형할 수 있게 시공하여야 한다는 시공상의 까다로움이 있다. (보와 슬래브 주위에서의 문제와 강관 자체의 내화피복 등의 문제점이 있음)

한편 우리나라 규준은 기둥배근 요령중에서 띠철근 특히 보조띠철근 규준이 별로 엄격하지 않다. 우리나라 철근콘크리트 구조물의 기둥에 일반적으로 철근을 배근되도록 설계하는 습성 때문에 띠철근의 역할이 그렇게 심각하지 않았기 때문으로 기둥 단면이 견디기 어려울만큼 커지면 철골조로 설계하면 되고 실제로 일반 사무실 건물에서 30여 층을 넘는 것이면 철골조로 설계하는 것이 여러가지로 바람직하다는 “유행”때문이기도 하다. 이 유행은 다분히 일본에서 건너온 것이며 초창기 우리 규준이 일본 것을 번역 사용했던 것에서 정착화한 부작용이다.

또한 특별히 철근콘크리트 기둥으로 큰 축력에 견디도록 해야 할 때는 띠철근을 충분히 배근하여도 별 어려움이 없었다. 이제 ACI에서 규정하는 Tied Column의 배근 요령을 복사해 보겠다. (그림4)

### 3. 철근콘크리트 내력벽과 띠기둥과의 차이점

위에서 보는 바와 같이 철근콘크리트 내력벽과 띠기둥과의 차이점은 다만 띠철근의 유무이다. 철근콘크리트 내력벽도 띠기둥처럼 배근하면 모양만 벽일 뿐 구조역학개념상으로는 띠기둥으로 취급되는 것은 당연하다.

위 그림(4-가)가 그것이다. 이름하여 Wall Like Column이다. 그런데 문제는 벽체 두께가 너무 얇으면 시공상 띠철근을 배근할 수가 없다는 것이다. 그러지 않아도 좁은 공간에다 띠철근까지 배근하다 보면 콘크리트가 들어갈 공간조차 없을 뿐만 아니라 실제로는 철근을 구부리고 정착시킬 방법이 없다는 뜻이다.

이런 부작용 발생을 감안하여 일찌기

띠기둥으로 취급받을 수 있는 기둥의 최소 단면두께를 20cm로 정한 것이 우리 규준이다.

다만 ACI 규준에는 그런 것이 명문화되어 있지 않다는 것이 오늘날 위법 구조설계자들을 양산하게 된 동기이다. 그런데 규준이나 법조문을 해석할 때는 그 제정상 기본 뜻을 제대로 파악하지 않으면 안된다는 것을 강조하여야 하겠다.

“A 건축사가 작성한 도면에 잘못이 있었다. 라는 건설업자의 증언에 따라 조사한 결과 사실이 아님이 증명되었다”라는 글에서 처음 한 문장만 읽으면 A 건축사는 엉터리임에 틀림없을 것이다. 이같은 잘못을 범해서는 안되기 때문에 법규의 해석에는 신중을 기하여야 하며 언어문화가 다른 외국 규준이나 법규를 적용할 때는 더구나 신경을 곤두세워야 하는 것이다. ACI 318-89의 14. 3. 6항에 보면 “벽체의 수직철근은 그 철근량이 벽체 단면적의 0.01배 이하이거나, 또는 압축철근으로 산정된 것이 아닐 때는 수평띠 철근으로 묶지 아니하여도 무방하다.”라고 되어 있다. 바꾸어 말하면 두께 15cm의 벽체에서  $0.01 \times 15 \times 100 = 15 \text{cm}^2 \rightarrow D 13-170@$ (복배근)보다 철근량이 많거나 수직철근이 벽체의 압축내력을 증진시키기 위한 보강이라면 당연히 수평띠 철근으로 묶어야 한다는 뜻이다. 띠철근으로 묶는다는 것은 벽체를 기둥으로 취급하여 계산하라는 뜻이다.

두께 15cm벽체에 D 16-100또는 D 19-100을 복배근으로 한다면 철근비가 0.0265 및 0.0383로 모두 0.01의 2.65배와 3.83배의 보강이 이루어진 것이다. 이를 기둥처럼 배근하려면 수직방향으로는 매 15cm 간격으로 띠철근이 있어야 하며 수평방향으로는 매 20cm마다(수직철근 하나걸러 하나씩) 수직철근을 잡아주어야 한다.

참고로 최근 건설부에서 용역을 받아 1988년 대한건축학회에서 발간한 극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조계산규준 및 해설 P. 53에도 기둥의 최소두께는 20cm로 규정하고 있다.

즉 현재 시중에서 유행하고 있는 고층아파트의 15cm두께의 압축 내력벽 배근중에서 D 13-170@보다 더 보강된 것들은 재래식 구조계산 규준 뿐만 아니라

최근 제정된 극한강도 설계법에 의한 규준 및 ACI 규준 모두에 위배되는 불법설계임이 증명된 셈이다. 왜냐하면 두께 15cm 내력벽을 띠기둥설계 규준에 맞도록 설계된 도면을 본 적이 없기 때문이다.

### 4. 구조도 유행에 따라야 하는가?

필자가 자주 쓰는 말 중 하나는 “와우아파트도 무너지기 하루전까지는 안전했다.”이다. 얼어붙은 한강을 어느 한 사람이 건너가면 용기를 얻어 뒤따라가게 된다. 만약 100명이 무사히 건너갔다면 눈 감고도 건너가고 싶은 것이 인지상정인 것이다.

분당, 일산을 비롯하여 수많은 아파트들이 규준을 무시하고 설계되고 있으며 설계심사위원들의 경고에도 불구하고 허가를 받아 시공하고 있다. 이를 따르지 못하는 일부 기술사들은 구닥다리로 취급받아 아파트구조설계에서는 소외당하고 있는 실정이다.

필자에게 시비를 걸어온 건축주측 기술자에게 모범 답안이라고 생각하는 도면과 구조계산서 및 시방서를 보내달라고 했다. 필자도 차체에 겸허한 자세로 배워서 날선한 구조로의 아파트 설계에 임해보려는 각오에서였다. 그러나 구조계산서와 도면이 위법임은 물론, 시방서는 아예 마련되지도 않았다는 어이없는 답변이다.

콘크리트는 잘 양생할 경우 초기 얼마동안은 오히려 강도가 증가한다고 배웠다. 그러나 15cm 벽체같이 얇은 단면이 오랫동안 축축하게 양생되는 것은 어려울 뿐만 아니라, 단면적에 비하여 표면 피복 비율이 커서 중성화 속도가 빠르므로 그 수명이 Mass Concrete인 경우보다 짧은 것이 분명하다.

더구나 요즘 들어 크게 걱정되는 것은 골재 수급난으로 인한 바다 모래의 공공연한 사용과 중공산 저질 시멘트의 유통 등으로 콘크리트의 질이 보장되지 못하고 있는 것이다.

특히, 나이 젊은 건축사들은 앞으로 남을 날이 상대적으로 많을 것이다. 자기의 작품 속에 담긴 사람들이, 재해를 입는 것을 볼 확률이 많음을 생각하여 현명한 선택을 할 것을 호소하는 바이다.