

철근콘크리트 고층건물을 옹호하며

Reinforced Concrete Could Still Be the Sensible Solution for High-Rise Structures



전 봉 수*

1. 처음에

요즈음 철근콘크리트 고층건물에 대한 인기가 사업주에게는 물론 건축가와 시공자에게도 별로 없는 모양이다.

주택 200만호건설이라는 정책적 선택에 의해 건설되고 있는 철근콘크리트벽식구조 아파트건물은 논외로하고 사무소나 일반 상용건물의 경우, 더구나 규모가 대형이고 고층인 건물의 경우는 그 선호도가 더 떨어진다 한다.

유능한 목공의 다수확보가 어렵고, 공사내용이 특히 까다롭거나 감독자의 참견이 심하면 일방적인 현장이탈이 드물지 않고, 상대적으로 낮은 기술의 철근공과 콘크리트공의 경우에 더욱 그러하다는 시공현장이 인력난은 건설경기의 이상호황과 "힘들고 위험하며 더러움타는 일"을 기피하는 시류때문에 더욱 심화되고 있다.

대로서 상당히 떨어진 위치에 층수도 3·4층 정도인 작은 규모의 철근콘크리트조 건물의 공사현장에 콘

크리트펌프카가 골목을 막고 요란한 소리를 내며 작업 중인 것을 자주 목격하면서 인력난의 시대에 살고 있음을 실감하게 된다.

시공자의 입장에서 본 철근콘크리트 고층건물의 공사는 숙련공 확보의 어려움에다가 품질관리를 위한 슬럼프치나 물시멘트비의 확인 및 다지기작업 독려 등 단순 반복적이고 생략할 수 없는 단계별 점검사항이 많아 이래저래 환영할만한 구조형식이 아닌 듯하다.

더구나 선금을 치루고도 필요한 양을 제때에 공급 받기 어려운 레미콘 수급사정과 교통체증으로 허용시간을 초과해서 도착된 레미콘의 처리 등 공사외적 사항이 더 많아 철근콘크리트구조란 자칫 갈치아픈 구조종별인지도 모른다.

이러한 상황에서 철골조건물은 그야말로 스마트한 신사처럼 보인다.

공사현장이 말끔하고 공종별 업무구분이 뚜렷하고 책임한계가 분명해서 현장관리책임자는 짐을 덜게되어 다른 업무를 볼 여유를 가질 수 있으며 또 무언가 보다 차원이 높은 기술 업무를 수행하고 있다는 자긍심을 가질 지도 모른다.

고층건물의 설계를 전체적으로 관장하는 건축가는 어

* 田宇構造건축사무소, 대표

떠한가.

건물이 고층화하고 장스팬의 공간을 확보해야 하는 건물의 구조형식을 철골조로 하는 것이 상식화되어 있고 사업주의 다른 주문이 없다면 보다 스마트하게 느껴 온 철골조를 자연스럽게 택한다.

급변하는 사무자동화(OA) 추세에 부응한 첨단지향의 인텔리전트빌딩의 경우라면 실내공간내 기둥존재 자체를 깔끄러워 한다.

장대스팬 무주공간의 화려함에 끝없는 매력을 갖는 건축가는 그로 인한 사업주의 추가부담사실은 기술적으로 외면한다.

사업주의 자본을 쓰면서 첨단 사무공간의 창조라는 명분으로 사치성 무주공간을 즐기고 있지는 않은 자... 기둥혐오 신드롬에 젖어 있는 건축가에게 철근콘크리트구조는 무겁고 둔하며 답답한 구시대적인 구조형식으로 보일 것임에 틀림이 없다.

현장에서의 콘크리트 품질관리에 항상 불안한 시각이 있는 구조설계자는 고강도콘크리트의 선택을 주저하게 되어 단면설계시 콘크리트의 강도를 아주 보편적인 강도의 것으로 하게되어 기둥의 크기 등으로 건축가와 신경전을 벌인다.

따라서 무의식적으로라도 계획단계부터 철골조로 방향이 잡힐 것을 기대하는 소극적인 자세를 갖는다.

고층건물건설사업을 구상하고 있는 건축주는 어떠한가.

그는 철골조건물이 철근콘크리트조 건물보다 부동산 가치가 더 있다는 나름의 계산이 있다. 공사기간이 단축될수록 투자비회수가 빠를 것이므로 사업주는 항상 조급하다. 공사기간의 단축 측면으로 철골조가 매우 유리하다는 건축가의 조언에 솔깃해지고 중국에는 철근콘크리트로서의 안은 더 깊게 검토도 되지 못하고 관심밖이 되어 버린다.

이런저런 사정으로 철근콘크리트조 고층건물의 입지가 좁아지고 있다는 진단은 다소 과장되고 편향된 시각일 수 있으나 그렇다고 전면적으로 부정하기도 어려운 것이 현실이기도 하다.

철근콘크리트 고층건물의 구조설계분야도 이러한 경제사회적 분위기에 초연할 수 없다. 이러한 상황을

직시하여 검토해야 할 문제점이 무엇인지 긍정적이고 적극적인 자세로 생각하여 볼 일이다.

2. 고강도콘크리트

작년 6월 신도시건설지역의 아파트공사현장에 불량레미콘 공급사건으로 전국이 들끓어 모두 답답하고 더운 긴긴여름을 보낸 것을 기억하고 있다. 한 레미콘공장에서 컴퓨터입력자료의 처리착오로 불량제품이 생긴 국부적인 사고라고 어설픈게 마무리 하려다가 중국에는 바다모래를 골재로 사용해왔던 사실까지 밝혀지게 되어 신축아파트 전체의 안전도에 대한 논란이 거셌다.

“...단순히 한 레미콘업체와 시공현장의 실수로 빚어진 것이 아닌 만성화된 자재난, 인력난속에 신도시건설계획을 무리하게 추진한 데서 빚어진 구조적인 문제임에도 불구하고 정부는 우발적인 사건 또는 품질관리상의 태만에 원인이 있는 것으로 보고 있다...”고 매스컴은(참고문헌 7) 꼬집었다.

그보다 몇개월전 미국콘크리트학회(ACI) 월간지 3월호에 표지 사진관련기사로 “고강도 콘크리트가 이룩한 타워(Tower of Strength)”란 제하의 기사가 실렸다. 미국의 조지아주 애틀랜터시에 준공을 앞둔 지상 66층, 높이 257미터의 철근콘크리트조의 초고층건물 원피치트리센터(One Peachtree Center)에 관한 보고서형식의 기사로 콘크리트의 설계강도 840kg/cm²(12,000psi)를 유지하기 위한 혼화재 개발, 골재의 선택, 감수재 및 품질관리 등에 관한 내용이었다.(참고문헌 3)

콘크리트의 강도가 840kg/cm²이면 글자 그대로 고강도이다. 강도가 어느 정도가 되어야 고강도인가에는 견해에 따라 다를 것이나 국내 기준에서는 300kg/cm² 이상인 것을 그렇게 부른다.

1972년 미국 시카고시 미드콘티넨탈플라자건물(Mid Continental Plaza, 지상 50층, 높이 175미터)에 강도 600kg/cm²의 고강도콘크리트를 사용하였고 1975년 같은 시카고시에 워터타워플레이스(Water Tower Place, 지상 74층, 높이 258미터로 세계 최고높이의 철근콘크리트건물)에서도 630kg/cm²의 고강도콘크리트를 사용하였다.

일본에서는 1975년 600kg/cm²의 현장치기콘크리트 PC 부재로 철도교량을 건설한 기록이 있다.

우리의 경우 300kg/cm² 이상의 것을 건물에서 사용했다는 것은 과묵한 탓인지 확인하지 못하고 있다.

학자들은 2000년대에는 1,400kg/cm²강도의 콘크리트가 보편화하고 4,000kg/cm²까지 가능할 것이라고 예측하고 있다.(참고문헌 1)

신도시건설에서 “270kg/cm²의 강도를 채용한 것이 과욕이다”라는 지적이 있는 우리의 현실과 좋은 대조가 된다.

3. 강도설계법과 설계법통일을 위한 국제회의

3.1 강도설계법

1973년 12월 대한건축학회는 허용응력도설계법을 근간으로 한 철근콘크리트구조계산규준 및 동해설을 내놓음으로써 당시 일본의 규준을 당연스레 사용하던 사회적 후진성을 벗어날 수 있었고 최소한의 국가적체면을 유지할 수 있게 되었다.

이 허용응력도설계법은 20년이 지난 현재까지도 대학 강의에서는 물론 실무분야에서도 대체를 이루고 있다.

1988년 12월 건설부는 대한건축학회에 의뢰하여 극한강도설계법(또는 강도설계법)을 근간으로 한 건축구조 설계기준을 제정하였다.

건설부기준의 서문에 “...더구나 국민소득의 증대에 따라 건축물의 수요가 급증하고 규모도 대형화 고층화됨에 따라 그 설계방법도 경제성과 안정성이 과거 어느 때보다도 절실하게 요구되고 있는 실정입니다. 지금까지 우리는 건축물을 구조해석함에 있어 탄성이론에 의한 건축구조계산의 선진화 국제화추세에 발맞추어 보다 더 합리적이고 경제적인 극한강도설계법을 도입하여 이를 보급하게 된 것은 그 의의가 매우 크다고 생각합니다...”로 기술하여(참고문헌 2) 극한강도설계법이 “더 합리적이고 경제적인”것이라 했다.

기준의 내용이 미국의 ACI318-83의 것을 그대로 적용한 것이기는 하나 강도설계법을 선택한 것은 획기적인 발상의 전환이었다는 평가를 받고 있다. 더구나 일본어보다 영어에 보다 가까운 전후 세대에서 해외의 많은

문헌과 자료를 실용적으로 활용할 수 있는 계기를 마련하여 주었다 할 수 있다.

그런데 국내의 실정으로 보아 극한강도설계법의 사용이 시기상조라는 주장을 하는 구조업무종사자가 아직도 상당수 있음은 극한강도설계법의 개념이 어느 정도 왜곡 전달되어 그렇지 않은가 하는 생각을 한다.

지난 1월 한국콘크리트학회의 주관으로 “최신 콘크리트 품질 시공 및 강도설계법”에 대한 기술강좌에 강사진의 한사람으로 참여한 바 있었다. 현업에 종사하는 수강생 90여명중 수명만이 대학에서 극한강도설계법에 대하여 강의를 들었다 하여 내심 놀랐었다.

그것은 대부분의 철근콘크리트교재가 아직도 허용응력도설계법 위주로 되어있고 졸업시의 기사자격시험등의 출제내용도 그 범주를 벗어나지 않고 있으며 철근콘크리트구조 과목의 강의시간도 턱없이 부족한 때문이라고 하였다.

일본의 규준은 아직 허용응력도설계법을 고수하고 있으나 가까운 장래에 극한강도설계법과 유사한 중국 강도설계법(일본용어)으로 바뀔 가능성이 많다고 들었다.

미국의 경우 강도설계법을 1963년 부터 허용응력도설계법과 함께 선택적으로 사용토록 하였고 1971년부터 강도설계법을 전면에 내세우고 있는 사실을 국가간 기술수준이나 국민소득의 차이라는 것과 상관지어야 할 것은 아니라고 생각한다.

3.2 설계법의 통일을 위한 국제학술회의

일반콘크리트, 무근콘크리트, 철근콘크리트, 프레스트레스트콘크리트, 프리캐스트콘크리트, 수중콘크리트 및 고강도콘크리트 등 콘크리트가 포함된 용어가 많다.

용어가 다르다고 각각 별개의 역학으로 해석하고 서로 다른 계산 규준에 따라 설계를 하는가? 왜 나라마다 다른 계산규준과 기준을 갖고 있는가? 등은 항상 갖는 의문인 데도 현실이 그러해서 인지 기정사실로 인지고 있다.

1991년 국제 교량 및 구조공학협회(IABSE)와 미

국콘크리트협회(ACI)의 공동주관으로 독일의 슈트트가르트에서 설계법의 통일에 대한 국제학술회의가 있었다. 30개국에서 구조관련전문가들이 모여 98편의 논문을 발표하였고 토론을 하였다.(참고문헌 4)

그 취지는 다음과 같다 :

1) 철근콘크리트 및 프리스트레스트콘크리트의 설계는 “구조용콘크리트설계(Structural Concrete Approach)”로 통일하고

2) 구조설계자의 주요 관심사항을 근본적으로 구조물의 거동 및 힘의 흐름측면으로 재정립하고

3) 합리적이고 명확한 구조모델을 제시하여 구조상세를 개선하고

4) 프리스트레스트 및 비프리스트레스트 콘크리트구조에 대한 기준 및 표준을 일관성있게 단일분야로 한다. 등 4개 항목이었다.

토론은 다음과 같이 요약된다.

1) 모든 종류의 콘크리트는 구조콘크리트(Structural Concrete)란 용어로 통일한다.

2) 각종 콘크리트구조에 관한 지역별 국가별 기준 및 표준은 일관성을 갖고 체계적으로 일원화한다. 그렇게 체계화되 다른구조형식(합성구조 및 혼합구조)과 손쉽게 통합될 수 있게 한다. 새로 제정하는 기준 및 기준에서는 실무에 필요한 사항을 강조하고 실제설계에 바탕을 둔 명확한 조항과 모델을 제시한다.

3) 관련 단체의 성격은 실무적이고 과학적인 단체를 지향한다. 다른 구조제에 관한 각국 또는 국제단체와의 조화를 모색한다.

4) 구조콘크리트에 관한 교육과정 및 교재의 내용은 “구조콘크리트”가 유일한 주체임을 명백히 한다.

그리고 설계방법, 응력해석과 모델링, 프리스트레스트의 방법, 콘크리트의 인장강도, 동적지진하중, 각종시험등의 주제를 고루 다룬 20개 항목에 관한 선언적 결론을 도출하였다.

이러한 일련의 국제적 흐름을 지켜볼 필요가 있다.

4. 장점을 살리기 위한 설계방향

콘크리트는 국제적으로 보편화된 건축자재이다. 경제

성이 있고 다양한 형태와 기능의 표현이 가능하며 내화성은 물론 수명도 길다.

더구나 고층건물설계시 내력벽구조나 튜블러구조등과 같이 적절한 구조시스템을 활용한다면 자중이 크다는 사유는 콘크리트건물 고층화에 장애가 된다고 만은 할 수 없다. 콘크리트의 자중이 사실상 문제이긴 하나 그대신 강성이 매우 크므로 수평변위, 바닥진동 및 국부적인 불안정을 최소화할 수 있고 적절한 구조시스템을 선택함으로써 많은 문제점을 해결할 수 있다.

번째일 타라나드는 콘크리트건물을 경제성 높게 설계하는 주안점으로 다음 8가지를 제시하였다(참고문헌5).

1. 새로운 구법을 택한다. 예를 들어 스킵조이스트바닥(skip joist)은 조이스트의 본수를 줄일 수 있어 구조체의 중량을 적게 한다.

2. 철근의 이유를 기계적이음(mechanical coupler)으로 하여 철근의 낭비를 막는다.

3. 기둥의 후프와 보의 녹근을 용접망(welded cage)으로 대체하여 철근량을 줄일 수 있다.

4. 고강도콘크리트($420-700\text{kg}/\text{cm}^2$)를 사용한다.

5. 경량골재를 사용하여 건물의 고정하중을 $50-100\text{kg}/\text{m}^2$ 경감하여 철근량을 10-15% 절약할 수 있다.

6. 경량콘크리트를 사용하여도 별도의 내화피복이 필요하지 않으므로 슬래브 두께를 12.5mm 줄여도 무방하다.

7. 고강도철근($5,000\text{kg}/\text{cm}^2$)을 사용한다.

8. 최신의 설계기법을 응용한다.

그가 제안한 것 중 몇가지는 우리의 사정에 적합하여 당장이라도 활용할 가치가 있다고 생각한다.

건설현장의 현안이 되고 있는 노동생산성향상이란 측면을 구조설계분야에서 고려할 점은 무엇인가

일반적으로 PC구조, H-PC구조, 대규모 공사, 공장 건물 등은 생산성이 높고 RC구조, 소규모공사, 집합주택, 오피스빌딩 등은 생산성이 낮은 것으로 알려져 있다.

이것은 생산공장의 생산라인에서 채용하고 있는 치밀 설계 및 시공관리에 적용하는 것 등 건설담당자와 함께 연구해야 하는 것이 우리에게 지워진 시대적 요구상황이 아닐지.

5. 자원빈국의 선택

우리나라는 원유, 철광석, 우라늄 등 현대산업의 발전에 필수적인 천연자원이 전무하다시피한 자원빈국이다.

그나마 시멘트원료와 골재의 사정은 비교적 나은편이다. 국내에서 소모하는 콘크리트와 강재의 양과 생산단가 및 국산화 비용 등에 관한 구체적인 자료를 갖고 있지 않아서 두가지 구조재 간의 상관적인 경제성을 서로 비교 검토할 수 없어 유감이다.

10년전에 타계한 미국의 구조설계가 파줄루 칸(Fazlur Khan, 1929·1982)은 세계최고높이의 건물 씨어스타워(Sears Tower, 지상 110층, 높이 436미터)의 구조설계 책임자, IIT객원교수, 구조공학박사, 미국 SOM건축설계사무소의 파트너 및 세계적인 구조설계사무의 대가 등으로 기억되고 있다.

그가 설계한 철근콘크리트 고층건물로 지상 30층 이상의 것은 미국휴스턴의 원셸플라자(One Shell Plaza, 지상52층, 높이 214미터, 1971년 준공)를 비롯하여 시카고의 원맥마일(One Mag Mile, 지상 58층, 높이 199미터, 1982년 준공) 및 브런스위크(Brunswick, 지상 36층, 높이 144미터, 1964년 준공) 등이 있다.

가난한 조국 방그라데시의 국가적 설움을 뼈저리게 느끼고 있던 그는 팍스아메리카나의 풍요에 젖어 있는 미국인의 낭비성향을 경계하며 초고층건물의 설계에 경제성 높은 각종 구조형식을 개발 활용함으로써 경제적인 구조설계의 중요성을 일깨웠다.

1981·1982년에 업무관계로 그의 도움을 받으면서 그의 구조철학을 조금이나마 접할 기회가 있었다. “자원빈국”에서의 건설산업의 수행방향에 대한 견해는 물자절약 캠페인을 하는 사회운동가의 그 무엇을 연상케 했었다.

“...천연자원이 부족하나 시멘트의 사정이 비교적 괜찮은 한국과 같은 나라에서는 철근콘크리트구조에 관한 연구와 폭넓은 활용이 매우 중요하다고 생각합니다. 이 점을 한국의 구조전문가는 깊이 성찰하여야 한다고 봄

니다...”는 그의 의견은 지금 우리의 경제사회적 여건등에 비추어 생각하면 신견지명적인 탁견이었음을 새삼스킨다.

6. 끝으로

주어진 제목 “철근콘크리트 고층건물의 설계”의 글을 길지 않은 기간내 정리하여 기고하는 것은 매우 어려울 것으로 생각하였다. 더구나 특집 기획의 의도가 교과서적인 일반원칙의 재확인, 실무에서 접하는 특수사항의 소개, 새로운 이론전개, 시공측면에서 본 설계상 고려사항등이 대상이 될 것이 아닌가 유추하였으나 어느 것 하나 모두 적당할 것 같지 않았다.

지금 우리의 주변에서 철근콘크리트 고층건물의 설계에 관한 관심이 점점 줄어가는 듯한 현실적 분위기와 그러한 경제사회적인 현상이 미래를 향한 산업의 발전이란 측면에서 보아 온당한 것인지에 의문을 갖고 몇가지 의견을 정리하여 보았다.

참 고 문 헌

1. 정헌수, “고강도 콘크리트구조”, 태림문화사, 1987.8)
2. 건설부, 건축구조설계기준, 1988
3. Roy Kock, Kevin Casey “A Tower of Strength”, Concrete International Mar. 1991.
4. “Structural Concrete ; Unifying Design Approach”, Concrete International Oct. 1991.
5. Bungale Taranath, “Structural Analysis & Design of Tall Building”, McGraw-Hill Book Company, 1988.
6. Mark Fintel, “Handbook of Concrete Engineering”, VNR, 1974.
7. 중앙일보(1991. 6. 15) 1면 기사