

■ SUMMARY ■

## Highrise Buildings and their Future Engineering Tendencies

by Hyung Kull Kim

As cities grow more congested and land rose in cost with the growth of industry, the familiar process of building upward took place. Tall buildings brought about conditions which had to burst into a new structural and social pattern. In districts where inordinate height was necessary and profitable, the prerequisites for efficient construction became increasingly complex. The basic demand was speed, to minimize street obstruction and the high cost of labor. As much work as possible had to be done beforehand, for assembly on the site. Brick became slow and outdated; the larger terra-cotta, masonry, or metal wall panel took its place. Precast slabs or pourable flooring, finished with easily laid composition, rubber, or plastic tiles, replaced nailed-on-the-spot hardwood floor. Pipes and conduit were carefully measured and precut (now they are commonly incorporated in the floor structure). As storage of materials was limited by the difficulty of suspending or redirecting traffic, planning of procurement and delivery became highly developed.

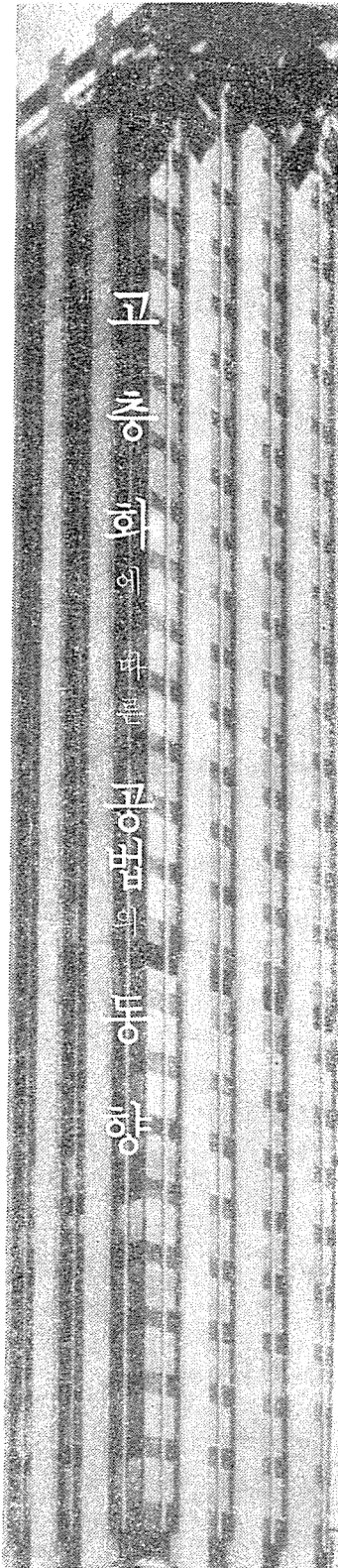
The Empire State Building in New York city is both an example and a historical symbol. The tallest building in the world, it is also a landmark in the history of efficient building. Fine coordination of delivery of materials, including the novel, easily attached aluminum spandrels, in unprecedented quantities brought a minimum of disruption, but the outcome was a bur-

densome addition to the congestion of midtown New York City, mitigated only by the inability to rent the building fully during the depression.

Masonry construction had already responded to the impetus, reaching an ultimate expression in the 16-story Monadnock Building in Chicago in 1891, with seven-foot-thick walls at the base. Rolled steel then entered the picture. Of primary use for rails in the railroad building boom, rolled steel became an early example of a product developed for one purpose and then pushed into other markets by its manufactures. At first given minor uses in buildings for which the better-understood iron columns and beams were specified, steel soon took over the entire cage-like framework of the new skyscrapers.

The advantages of increased light and savings in cost, materials, and space soon made the steel frame standard, even though it was some time before architects, led by Louis Sullivan in the 1890's, dared to let the simple cage design show through and determine the external appearance of the building.

It would be idle here to debate which was more significant in the upward reach of the skyscraper, the steel frame or the elevator, since each served to challenge further development in the other. But the end result, the many-storied building teeming with office workers, intensified the condition which had started the climb upward—congestion and the high cost of land.



근거 없는 벽의 파괴

인구의 자연증가 등이 원인이 되어 도시의 인구밀도는 점점(漸增)되어가고 있다. 특히 서울시의 경우 지방 인구의 도시 집중으로 인하여 인구밀도는 급격히 증대 되어가고 있다. 따라서 서울과 같은 대도시에서는 토지 이용상 건물을 고층화하게 되었다. 또 최근 부동산 투자의 경향이 현저하게 나타나므로서 건물고층화에 박차를 가하게 된 감도 불무(不無)하다. 자유경제 자본주의 체제하에서 건축에 투자함이 안전하다는 사상과 또 대도시의 지가상등이라는 현상으로부터 장래 대도시에서의 건물의 고층화는 필연적인 귀결이 아닐까 생각된다.

기술적인 면으로는 최근에 건축기초 공법이 많이 발달된 것과 전자계산기를 이용한 고도의 구조해석이 가능하게 되었다는 것으로 건물의 고층화를 가능케 한 것이다. 또 한편으로는 재료면에서 불연재료(不燃材料)가 진보발달되고 신재료도 많이 개발되었다.

그러면 건물이 고층화되었을 때 건축의 주체(主體) 구조가 어떻게 될 것인가를 생각하여 보기로 하겠다. 건물 높이에 따라서 그 주체구조가 달라 질 것은 물론이라 하겠으나 높이가 100m 이상이 되면 아마도 철골 구조로 되어야 될 것이고 경량불연재료(輕量不燃材料)로서 내화피복(耐火被覆)을 하게 될 것이다.

그러면 60m 내지 100m의 높이의 건물에 대해서는 어떻게 될 것인가?

이것에 대해서는 철골 철근콘크리트 구조를 생각해 볼 수가 있다.

그리고 구조계산은 현재 방식보다 좀더 발전된 방식으로 하는 것이 가능하게 될 것이다. 그리고 이 구조 방식에서 생각할 수 있는 것은 재료 역학적으로 콘크리트의 강도를 높이고 철근을 고장력화(高張力化)하고 철골도 고장력(高張力)한 것을 사용하게 될 것이고 또 그렇게 하는 것이 득책(得策)일 것이다.

그러면 벽면은 여하히 할 것인가? 경량의 불연재료로서 주로 Curtain Wall을 사용하게 될 것이며 내장(內裝)도 경량 불연재료로 구성될 것이다.

일반적으로 건물이 고층화되어 감에 있어서 고려하여야 할 것은 여하(如何)히 하여 건물(建物)의 자중(自重)을 줄일 것인가 하는 것과 또 여하히 하여 기둥 단면을 작게 하여 건물 내의 유효사용면적을 더 많이 확보하도록 노력하느냐 하는 것이다.

자중(自重)을 감소하기 위하여 생각되는 것이 경량 재료의 사용이며 기둥단면을 감소하기 위하여는 고강도(高強度)의 재료를 사용하는 것일 것이다.

그리하여 전술(前述)한바 100m 이상의 건물에는 철골을 구조주체로 사용한다는 결론이 나오게 된다. 불

김

형

결

론 중래 사용하여 오던 철골 철근콘크리트 구조에 있어서도 고강도(高強度)의 콘크리트와 고장력화(高張力化)한 철근의 사용이 촉구될 것이다.

최근 우리나라에서도 콘크리트의 강도를 높이는 데 노력하고 있고 또 고장력(高張力) 철근도 생산되게 된 것은 건물이 고층화되어 가고 있는 현실정에 감(鑑)하여 다행한 일이라 하겠다.

다음 건물의 경량화(輕量化)에 관해서는 고강도(高強度) 재료 사용에 의한 부재단면감소(部材斷面減少)로서 건물의 경량화를 도모(圖謀)하는 이외에 최근 선진 외국에서는 이미 개발되었고 또 연구중에 있는 경량콘크리트를 구조부재에 사용하는 것이다.

이 경량콘크리트는 자연으로 생산되는 경량골재 또는 인공적으로 제조한 각종의 경량골재를 사용하여 만든 콘크리트를 말하는 것인데 과거에는 강도가 약하여 일반구조재료로는 사용하지 못하였던 것을 최근에 이르러 단위중량이었던 값 이상인 경량골재를 사용한 경량콘크리트는 구조재로서 사용될 수 있게 연구개발되어 현재 외국에서는 프레스트레스트콘크리트(Prestressed Concrete)에 까지 경량콘크리트를 사용한 예가 있다.

그러나 이 경량콘크리트를 사용하는 데는 여기 수반하는 여러가지 문제점이 있다. 예를 들어 하중을 걸어 그 처짐(deflection)을 살펴보면 보통 콘크리트의 경우의 값의 배정도가 된다.

이것은 경량콘크리트의 탄성계수가 보통 콘크리트 값의 절반 정도 밖에 되지 않는 까닭이다.

따라서 이 영스 모듈러스(Young's Modulus)가 작은 재료로서는 건물의 변형이 커지게 되므로 높은 건물에 이것을 구조재로 사용하는 데는 제한이 많으며 특별한 고려가 필요하다.

따라서 철골 구조를 사용하지 않을 정도의 고층건물에서는 고강도재료(高強度材料)를 사용하여 부재단면(部材斷面)을 줄여서 경량화를 꾀하며 기둥단면을 줄여서 유효사용면적의 증대와 더불어 건물 평면 기능을 원활히 하도록 꾀하지 않을 수 없다.

다음에 고층건축에 있어서 앞으로 생각하지 않으면 안될 것이 거주환경을 좋게 하기 위한 환기조성(Air Conditioning)의 문제일 것이다. 그런데 전면적으로 공기조화기계실을 지하실에 설치하면 지하실에서부터 60m 혹은 100m 라는 높은 장소에까지 '통하기 위하여 필요한 암거장소(duct space)는 상당한 공간을 필요로 할 것이다. 또 전기배관도 점점 많아질 것이며 급배수의 배관 암거(Duct)와 같은 튜가 대단히 많아질 것이다.

그렇게 되면 우리의 거주면적은 기둥으로 많은 면

적을 잃게 되어 유효면적이 많이 줄게 된다. 그렇기 때문에 또 구조적으로 단면을 감소시킬 방법을 연구하지 않으면 안되게 된다.

즉 고강도콘크리트와 고장력화강(高張力化鋼)의 이용으로 주단면(柱斷面)의 감소와 보의 깊이(depth)등도 극력감소(極力減少)시키도록 하지 않으면 안된다. 또한 가지는 암거장소(Duct Space)가 아랫층으로부터 20층 혹은 30층의 상층까지 서게되면 대단히 큰 것이 필요하게 될 것이므로 아무때도 설비관계를 도층의 6층, 7층이나 혹은 17층, 20층에 설치하는 등과 같은 분산배치를 고려하지 않으면 안 될 것이다. 건축은 인간이 그 내부공간에서 삶을 영위하는 것인 이상 설비관계가 반드시 수반되게 마련인 고로 부득이한 것이라 하겠다.

야금학(冶金學)의 발달은 옛날의 주물(鑄物)과 같은 것으로부터 금일의 고압철(hightension steel)에 이르기 까지 그 강도는 10배 혹은 20배 이상의 진보를 하고 있는데 반하여 철근콘크리트에 사용하는 콘크리트는 제 2차 세계대전 이전과 별다른 발달이 없이 그 진보가 늦어져 있다.

다행히 최근에 프레스트레스트 콘크리트(Prestressed Concrete)를 많이 사용하게 되어서 부터 2배반 정도 강도가 높아지게 되었다.

야금학의 발달에 비하여 콘크리트의 발달을 촉진시켜야 될 것이다.

그러면 여하히 하여 건물의 경량화를 도모할 것인가? 구체적으로 철근콘크리트 부재단면(部材斷面)을 여하히 하여 감소시킬 것인가?

이것은 고강도의 콘크리트의 배합과 시공법을 여하히 할 것인가 하는 문제로 귀착될 것이다. 그러면 고강도의 콘크리트라 함은 과연 어떤 것을 지적하는 것일까 하면 현상태의 보통콘크리트 150~180kg/cm<sup>2</sup>의 강도로부터 280~300kg/cm<sup>2</sup>의 정도의 강도로 우선 끌어올리자 하는 것이다. 현재 미국에서는 물론 그 외의 콘크리트를 만들고 있고 우리나라에서도 최근에 이르러 콘크리트의 강도가 많이 높아진 것도 사실이다. 프레스트콘크리트의 응력도입시(應力導入時)의 강도는 300kg/cm<sup>2</sup> 이상이니 프레스트레스트콘크리트 정도의 강도까지 높이는 콘크리트를 목표로 하여 그것을 여하히 시공할 것인가 하는 점에 귀결되는데 이것은 오랫동안의 전통적인 스텝프(Slump) 20cm 전후의 묽은 비빔콘크리트(軟練 Concrete)시대로부터 된비빔콘크리트(硬練 Concrete)시대로 이행하는 시공법을 연구하지 않으면 안된다는 것을 의미하게 된다.

미국에서는 (no slump concrete)에 관한 연구까지도 진행중에 있다. 이점에 관해서는 토목공사에 사용

하는 콘크리트는 비교적 된비빔콘크리트이고 건축공사 콘크리트 보다는 월등히 양호한 콘크리트를 시공해 왔다고 할 수 있다.

토목에 비하여 건축은 부적당한 부재에 철골철근이 엇갈리게 들어 있어서 좀처럼 콘크리트를 충전하기가 곤란한 것이 사실이기 때문에 그러하였던 것이다.

그러므로 묽은비빔 콘크리트를 사용하고 그 외에도 후에 마감을 한다하여 거푸집도 조악한 것을 사용하는 것이 실정이었다. 최근에 이르러 건축에 노출된 콘크리트를 사용하지 않으면서부터 그런 곳에서는 양호한 거푸집을 사용하게 되었다. 그러면 250~300kg/cm<sup>2</sup> 정도의 콘크리트를 만들기 위하여 거푸집의 두께를 변경하고 또 콘크리트를 충전하기 위하여 필요한 진동공법(振動工法)을 사용하는 연구가 급후에 필요할 것이다.

현재도 건축공사 콘크리트 시공에 진동기를 사용하고 있는 것은 사실이나 급후 그 사용에 있어서 가일층의 연구가 필요할 것이다.

그러면 다음에 고장력 철근은 여하한가? 이것에 관해서 한가지 특이한 것을 소개하고자 하는 것은 독일의 톨스탈(Torstahl)이다.

이것은 철근을 상온(常溫)에서 비꼬(twist)는 것인데 이와같은 고장력화철근은 항복점(降伏點)이 없어진다. 보통 철근의 고장력화도표(stress-strain diagram)를 그리면 항복점이 분명하나 이 고장력화철근은 항복점이 명확치 않으며 고장력곡선(stress-strain curve)은 점점 구부러져서 곡선이 된다. 그러면 어느 점이 항복점인가 하면 변형이 전체의 0.2% 되는 곳을 항복점으로 약속한다. 이 항복점을 초과하여 인장하였다가 인장을 풀어 주고 다시 인장을 가하면 항복점이 상승한다. 이 성질을 이용하고 또 변형화한 것이 독일의 톨스탈(Torstahl)이다.

그러면 이 톨스탈을 사용하면 보통 철근보다 빨리 녹이 쏠게 된다. 이것은 다음과 같이 설명된다. 철근의 철의 성분이 균등히 분자배열(分子配列)되어 있던 것이 뒤틀림(twisting)으로 물리적 가공을 받게 되면 분자배열이 변화하게 된다. 다른 예를 들면 보통 철근을 휘었을 때 휨곳은 분자배열이 변화하여 국부전지(局部電池)가 구성되어 녹이 쏠게 된다. 같은 이유로 이형철근(異形鐵筋)을 사용할 때에는 녹쓰는데 대한 주의가 필요하다.

실험에 의하면 보통 철근은 현장에서 3주 내지 4주 야적(野積)하여 두었을 때 표면이 점점 녹슬어 가는데 대하여 이형철근은 1주내지 2주로 같은 현상이 일어나게 된다.

부착이 강해진다는 것은 생각할 수는 있으나 여하튼

빨리 녹슬게 되는 것이다.

따라서 이와 같은 철근을 사용할 때에는 반드시 비를 맞지 않게 하든가 빨리 사용하도록 하든가 해야 될 것이다.

제철 공업이 발달된 미국의 고강도강(高強度鋼)에 관해서는 생략하고 다음 기회에 미루기로 한다.

다음에 참고로 보통철근콘크리트와 고강도철근(高強度鐵筋)콘크리트에 관하여 스팬(span) 7m, 적재하중 1.5t/m 로 가정하였을 때 각종 보에 대하여 보 중앙의 굽음(deflection)을 동일히 하였을 때의 보제작공비율 비교한 표를 들기로 한다.

각종 단형(短形)보의 제작공비 비교표

단 면	콘크리트강도	철근강도	제작비비(比)
30cm×70cm	fc'=180kg/cm <sup>2</sup>	ft=1600kg/cm <sup>2</sup>	1.00
30〃×65〃	250 〃	2,200 〃	1.02
30〃×65〃	250 〃	2,500 〃	1.01
30〃×63〃	300 〃	2,500 〃	0.01
30〃×63〃	300 〃	3,000 〃	0.98

이 표로 단면을 줄인 고강도 철근 콘크리트 보와 보통 콘크리트 보는 그 제작 공비(工費)는 거의 동일함을 알 수 있다.

고강도 보에서는 시멘트도 많이 소요되고 철근의 가격도 비싸며 거푸집도 두께가 두꺼우므로 그 가격도 비싸게 되어 있음은 물론이다. 이 표에서는 보의 강성을 동일하게 하였으므로 단면으로서는 7~10%밖에 절약이 되어 있지 않으나 강도의 안전성이 범위 내에서 강성을 약간 완화한다 하면 단면을 좀더 줄일 수가 있어서 경량화가 기대된다.

이와 같이 자중이 감소되면 기둥 단면도 줄어들고 따라서 경량화가 기대되며 기초에 걸리는 하중도 줄어들게 되어 경제성도 기대된다.

이와 같은 고강도화된 철근 콘크리트의 장래와 더불어 슬라브(slab), 보, 간막이 등등도 고강도 프리캐스트(precast) 또는 프레스트레스드콘크리트(prestressed concrete)部材로 구성하고 축척을 결정짓은 후에 공장 생산을 하여 사용한다하면 더욱 득책일 것이며 따라서 프리캐브리케이션(Prefabrication) 건축에도 점점 그 기술이 응용될 것으로 예기된다. 다행히 우리나라에서도 과학기술처의 위탁에 의하여 대한 건축학회에서 건축축척(Module)에 관한 연구가 진행중에 있으니 이것이 완성되면 프리캐브리케이션 건축의 부재를 공장 생산 할 수 있게 될 것으로 기대된다.

그렇게 되면 전면적인 프리캐브리케이션 건축은 차치하고라도 일반건축의 부가적 부재로서의 보편성 있는

프리패브리케이션 건축부재의 공장생산이 가능하게 될 것이며 따라서 공장생산의 부재는 다량생산에 의하여 가격 인하가 기대되고 그것은 건축비의 경감을 가져오게 될 것이다.

다음에 고층건축에 있어서는 커튼월(Curtain Wall) 공법을 생각하지 않을 수 없는데 고층건축에 있어서 커튼월이라는 것은 건물의 경량화와 시공의 능률화라는 면에서 필연적인 것으로 고층건축에 수반되어 고려되어야 할 것이다. 그러면 그 공법을 여하히 할 것인가가 연구문제가 될 것이다. 커튼월제도(Curtain wall system)를 채용할 때에는 우선 고층건축 경량불연화(輕量不燃化)라는 선에서 생각하여야 될 것이므로 외벽면은 알루미늄 또는 스테인레스(stainless)의 스펠드렐(spandrel)로 하든가 혹은 판자널(panel)의 유니트(unit)로 하여 거기에 창문틀을 들어맞추는 따위의 공법이 많아질 것인데 이 공법은 우리나라에서도 벌써 일부 건물에 사용되고 있는 상태에 있다.

그것을 단열적으로 하기 위하여 경량인 단열재가 장착(裝着)되고 그것만으로 쓰이든가 또는 내화피복(耐火被覆)하는 등의 커튼월공법이 많이 쓰이게 될 것이다.

그러면 경량불연재료(輕量不燃材料)로서는 여하한 원료가 쓰이게 될 것인가 하면 암석섬유(rock wool), 유리섬유(asbest glass wool) 또는 광석섬유(slag wool) 같은 것이 사용될 것이다. 우리나라에서도 생산되는 질석이라는 경량재료와 시멘트로서 만든 판(Board)류도 연구개발하면 여기에 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

경량골재를 사용한 시멘트 판류는 금후 더욱 연구 개발되어 내화피복용 경량재료로서 사용될 것이다. 경량단열체로서 외국의 특허품으로서는 쉐련의 “씨리카리지이도” 미국의 “사아모콩”, 덴마크의 “시포렉스” 등이 있다. “씨리카리지이도”는 시멘트를 전혀 사용하지 않은 것으로서 석회와 보통의 모래 자갈을 혼합하여 구어 만든 것이며 터어모콘(Thermocon)은 발포 콘크리트의 일종으로서 발포재를 콘크리트에 넣어서 다공질(多孔質)로 만들어 경량화와 단열을 꾀한 것이다.

“시포렉스”도 “사아모콩”과 마찬가지로 알루미늄에 의한 발포를 이용한 것으로서 고온 고압 증기의 솥에 넣어서 양생하여 제품화한 것이다.

“사아모콩” 이현장 제작인데 반하여 이 “시포렉스”는 공장생산에 의하여 제품화한 것이 그 차이점일뿐 원리는 대체로 동일하다.

“시포렉스”의 비중은 대체로 0.5내지 0.6이고 종래의 보통 콘크리트는 2.2인고로 1/4정도가벼운 것이다.

그 밖에도 열에 대해서 약한 합성수지 계통의 “스틸홈”은 덴마크의 것으로 비소계의 것에 공기를 불어넣어 가지고 그대로 경량화한 단열체인 “포리우테라움” 등이 있는데 이와 같은 합성수지계의 재료는 일반적으로 열에 약하고 흡수율이 크다.

따라서 외부의 판자널(panel)에 사용할 때에는 우선 방수를 고려할 필요가 있고 또 내장면에 사용할 때에는 단열내화로 하기 위하여 불연재료의 판(Board)류로 피복하지 않으면 안될 것이므로 내화상어나 경량화의 면으로나 더 나아가서 경제적인 면으로나 반드시 적당한 재료가 될 것인가 하는 것은 금후 더욱 연구해 볼 필요가 있다.

하여튼 내화단열경량화라는 방향으로 되어가지 않으면 안되기 때문에 자연 샌드위치(Sandwich) 공법으로 되지 않을 수 없으리라 예상된다. 그 샌드위치의 외측의 불연재료는 가령 석면(asbest)판 또는 석면, 석회판 혹은 석고판(board) 같은 것을 붙이고 그 위를 치장하게 될 것으로 생각된다.

그리하여 단열적으로 또 불연적으로 처리되며 혹은 불연재료로 샌드위치로 만들어진 경량재료의 스펠드렐 유니트(spandrel unit), 커튼월 유니트(curtain wall unit)를 조립하는 드라이콘스트럭션(dry construction)과 같은 공법이 성행하게 될 것이다.

이런 공법에 부수되어 접촉제에 관한 연구개발도 필요하게 될 것이다. 건축부분품 혹은 부위를 접촉제로서 장착(裝着)하면서 조립하는 공법은 이미 구미 각국에서 행하여지고 있다. 장착에 있어서 방수(Water-proof)를 고려하고 한편으로 불연화된 적당한 “코오킹” 공법의 개발도 필요하게 될 것이다.

그렇게 되면 목공 미장공의 일도 종래와는 다르게 될 것이며, 패널유니트(panel unit)를 장착하는 능률적인 기술이라든가 그 운반 방법 등 극력 기계화할 것 등도 연구 추진해야 될 것이다.

즉 미장공 등의 일을 기계의 발전으로 대체하고 내장작업으로서 벽 기타에 대하여 샌드위치 공법 등을 사용하여 합성수지계로 접촉하는 방법을 사용한다 든가 하게 될 것이다.

미국에는 소위 미국식 마천루가 이미 서있는 것이 사실이나 이상에 기술한 것은 우리나라에서 장래 건물에 고층화되어 감에 따라 그 공법이 여하히 변천되어 갈 것인가를 생각해 본 것의 개요이다.