



## 초고층 건축물과 21세기 구조기술의 전망



전 대 한\*

### 1. 서 론

특집기사에 대한 원고 의뢰가 들어 왔을 때, 요즘같이 인터넷이 일반화되어 있는 세상에서 전문 학술서적에서 다루어야 할 내용과 범위에 대한 두려움이 앞섰다. 편집자로부터 의뢰를 받은 시기는 마감까지 15일 정도밖에 남지 않아, 부족한 시간 때문에 충분한 자료 검토도 없이 원고 수락을 해버렸으니, 더욱 시간에 쫓기는 신세가 되어 버렸다. 아무튼 미천한 지식으로 제목에 걸맞는 내용이 될까 두려울 뿐이다. 우선 필자가 가지고 있는 자료라고는 일본의 건설회사에서 10여년 전에 발표된 미래 건축에 대한 자료들 뿐이니 이들 자료를 이용하고, 인터넷에서 찾을 수 있는 자료들을 찾아 정리해 보는 기사가 될 것 같다.

고층 건축물에 관련된 여러 가지 구조기술적인 문제를 모두 다룰 능력도 부족할 뿐더러 지면 관계상 여기서는 주로 고층 건물의 구조기술에 관련된 분야 중에서 횡력 저항 시스템으로 한정하여 다루고자 한다. 현재까지의 초고층 건축물에 대한 자료는 너무나 방대하고 또한 인터넷상에서 많이 접할 수 있기 때문에 개개 건물에 대한 상세한 설명은 피하기로 한

다. 또한 미래의 건축물은 아직 실현 단계에 있지 않은 부분이 많고, 실현단계에 들어가기 위해서는 앞으로 해결해야 할 기술적인 문제들도 많이 내포되어 있다고 생각되므로, 현 단계에서는 하나의 계획안으로서 독자 여러분들은 이해해 주길 바란다.

### 2. 초고층 건축물과 구조기술

#### 2.1 초고층 건축물의 정의

초고층 건물이라는 용어의 정의는 간단히 말할 수는 없지만, 건물의 높이와 저면의 단변길이 비를 세장비라고 하는데, 일반적으로 이러한 세장비가 5 이상인 건물을 일컫고 있다. 하지만 세장비만을 가지고 초고층 건물을 정의하기에는 무리가 따르므로 CTBUH(국제 고층건물학회, Council of Tall Building and Urban Habitat)에서 일정한 간격으로 발표하고 있는 세계 100대 빌딩(약 50층 정도에 해당)이라고 할 수도 있다. 이와 관련하여 구조엔지니어인 Mark Fintel은 구조적인 의미에서 초고층 건물을 “횡하중에 저항하기 위해 특별한 구조형식을 도입할 필요가 있는 건물”이라고 정의한 바가 있다.

\* 정회원 · 동서대학교 건설공학부, 조교수  
(jdh@kowon.dongseo.ac.kr)

필자도 Mark Fintel이 내린 정의가 타당성이 있다고 생각되어 이와 같은 정의에 따르며, 서두에서도 밝힌 바와 같이 초고층 건축 기술에 관한 초점을 횡력 저항 구조시스템으로 한정할 것도 이런 이유 때문이다.

## 2.2 초고층 건축물과 구조형식

앞에서 서술한 초고층 건축물의 정의로부터 알 수 있는 바와 같이 초고층 건축물은 횡력 저항 시스템의 개발과 함께 발전해 왔다고 볼 수 있다. 초고층 건축물은 그 높이에 따라 또한 세 장비에 따라 각각 적합한 구조 시스템을 채용하

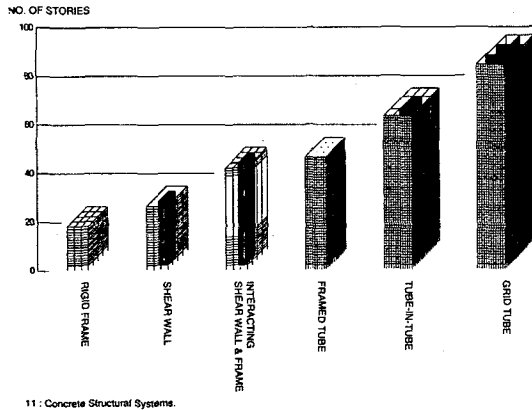


그림 1 콘크리트 구조의 구조형식

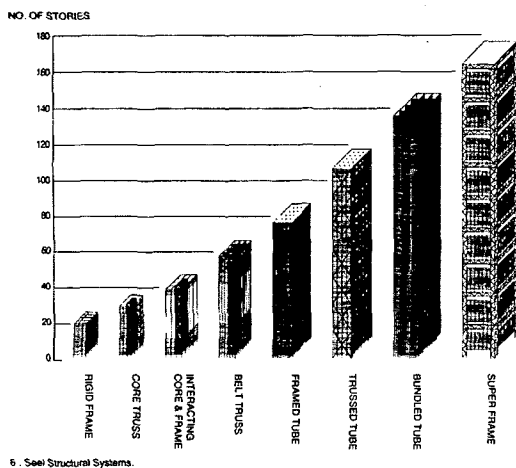


그림 2 철골구조의 구조형식

고 있다. 현재까지 개발되어 적용되고 있는 구조 시스템을 구조재료에 따라 분류하여 보면 그림 1, 그림 2와 같다. 각각의 건물 높이에 적합한 구조 시스템이 나타나 있지만, 절대적인 것은 아니다. 이 그림은 구조상의 유효성을 근거로 분류한 것이다.

## 3. 초고층 건축물의 현황

### 3.1 고층 건축물의 역사

근대 고층 건축물은 미국 중부의 대도시에서 발생한 대화재로 인한 도시 재건 사업의 일환으로 시작되었다. 고층 건축물은 시대에 따라 그 높이가 달라지고, 초고층을 지칭하는 용어도 변화되어 가는 것을 알 수 있다. 내력벽 구조에 의한 10층 건물이 이미 고대 로마의 각 도시에 건설된 이래 1890년대까지는 시카고(Chicago)에서 10층 높이(Home Insurance Building, 1883년)의 건물도 초고층 건물(skyscraper)이라고 생각되었다(그림 3). 이후 40년이 지난 1930년 크라이슬러 빌딩(Chrysler building, 319m, 뉴욕)의 완성과 함께 초고층 건물에 대한 경쟁은 시작되었다고 해도 과언이 아니다. 바로 1년 뒤인 1931년 102층의 엠파이어 스테이트 빌딩(Empire State Building, 381m, 뉴욕)이 완성되면서 수십년 동안 이 건물은 더 이상 높아질 수 없는 최후의 초고층 건물로 생각되어 왔으나, 다시 40년이 지난 1970년대에 들어와 세계무역센터(417m, 뉴욕), 시어즈 타워(Sears Tower :443m, 시카고) 등의 더 높은 건물에 최고의 자리를 내주었다. 현재는 페트로나스 트윈 타워(Petronas twin tower, 452m, 쿠알라룸푸르)가 세계 최고의 높이를 기록하고 있다. 최근의 초고층 건물 건립은 모두 아시아 특히 동남아시아에 집중되고 있다. 1990년 이후의 초고층 건물 건립 현황과 건립계획을 살펴보면, 90년대 초반에는 미국에 많이 건설되었으나 90년대 후반 들어서는 거의 아시아 지역에 집중하고 있다(그림 4). 1차 세계 대전 이후 경제대국 미국의 시카고(Chicago), 뉴욕(New York)에서 시작된 초고층 건축에 대한 경쟁이 최근에는 아시아 지역으로 옮겨 놓은 느낌이다. 한 세기가 지나는 동안, 이러한

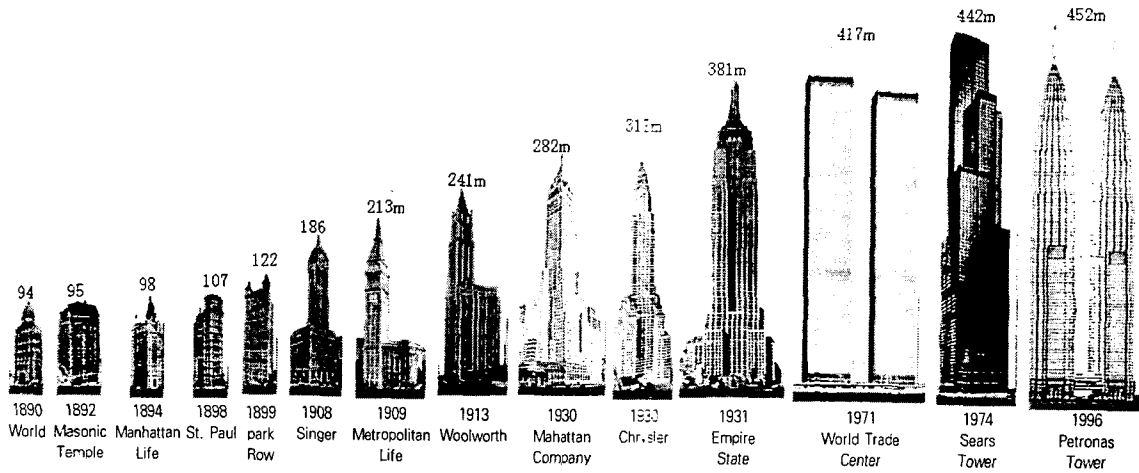


그림 3 세계 초고층 건축물의 변천

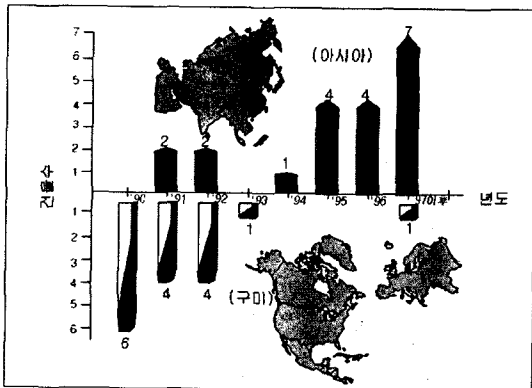


그림 4 초고층 건축의 건설현황



그림 5 대한생명 그림 6 무역센터 그림 7 수영만 타워 (102층)

초고층 건물은 10층에서 110층으로 발전하였고, 거의 모든 대도시의 스카이라인을 주도할 만큼 커다란 비중을 차지하게 되었다. 또 새로운 한 세기를 거치면서 초고층 건축에 대한 어떤 변화를 가져올지 기대와 우려가 교차하는 시대를 맞이하고 있다.

### 3.2 우리나라의 초고층 건축물 현황

우리 나라도 세계 100대 초고층 빌딩에 23위 북한의 유경호텔(103층, 300m), 65위의 63빌딩(60층, 233m)과 현재는 100대 빌딩에는 속하지 않지만 106위의 무역센터빌딩(54층, 228m) 등이 있다. 90년대 중반 이후 국내에서도 초고층 건물 건립계획

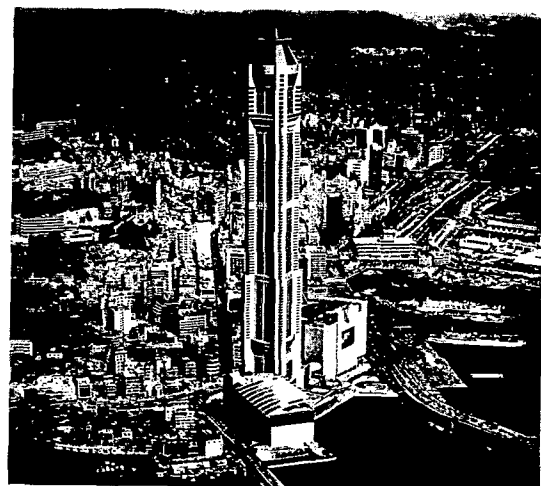


그림 8 부산 롯데월드

## 특집기사

(대우 수영만 타워 - 102층, 삼성 도곡동 프로젝트 -105층)이 발표되는 등 초고층이라는 용어가 많이 사용되고 있다. 그러나 1997년 IMF의 영향으로 그동안 계획된 초고층 건축물의 건설은 좌절되었지만, 앞으로 더 많은 초고층 건축물이 등장할 것으로 예상된다.

### 3.3 세계의 초고층 건축물 현황

가장 최근의 자료(1999년 6월 기준)로서 세계 10대 초고층 건물을 살펴보면 표 1과 같다. 예전에는 시카고의 Sears Tower가 443m, 110층으로서 세계최고의 건물이었으나, 1996년 말레이시아의

쿠알라룸푸르에 Petronas Tower(일명 KLCC 건물) 완공되어 가장 높은 건물이 되었다. 여기서 참고로 안테나는 건물높이에 포함되지 않지만 Pinnacle(첨탑)은 높이에 포함되어 Petronas Tower가 세계최고의 건물이 되었다.

Sears Tower는 철골조로 이루어져 있으나 Petronas Tower의 경우 기둥에는 콘크리트, 보와 바닥 슬래브에는 철골을 사용한 Composite 구조로 되어 있다. 5번의 Plaza Rakyat 건물(382m, 79층, 말레이시아)은 대우에서 시공중인 건물로서 완공 후에는 기둥뿐 아니라 보와 슬래브까지 모두 콘크리트를 사용한 RC조로서는 세계최고의 건물이 될 예정이다.

표 1 세계 10대 고층 건축물(1999년 6월 기준)

순위	건물명	도시명	국가	높이(m)	층수	재료	용도	준공연도
1	Petronas Tower	Kuala Lumpur	Malaysia	452	88	복합재료	복합건물	1996
2	Sears Tower	Chicago	미국	442	110	철골	사무소	1974
3	Jin Mao Tower	Shanghai	중국	421	88	복합재료	복합건물	1998
4	World Trade Center	New York	미국	417	110	철골	사무소	1971
5	Empire State Building	New York	미국	381	102	철골	사무소	1931
6	Central Plaza	Hong Kong	중국	374	78	콘크리트	사무소	1992
7	Bank of China	Hong Kong	중국	369	70	복합	사무소	1989
8	The Centre	Hong Kong	중국	350	69	복합구조	사무소	1998
9	Tuntex & Chein-Tai Tower	Kaohsiung	Taiwan	348	85	복합구조	호텔	1999
10	Amoko Building	Chicago	미국	346	80	철골	사무소	1973

표 2 현재 건설중의 초고층 빌딩

순위	건물명	도시명	국가	높이(m)	층수	준공예정일
1	World Financial Center	Shanghai	중국	460	94	미정(2001)
2	Asia Plaza	Kaohsiung	Taiwan	431	103	2008
3	Two Internatinal Finance Center	Hong Kong	중국	400	88	2003
4	Fairwell Internatinal Finance Center	Xiamen	중국	397	88	2002
5	Internatinal Financial Building	Taipei	Taiwan	392	90	2002
6	Plaza Rakyat	Kuala Lumpur	Malaysia	382	77	1999
7	Posts & Telecommuncations Bldg.	Xiamen	중국	363	63	2000
8	Emirates Towers	Dubai	UAE	350	62	1999
9	BNDI Center-A	Jakarta	Indonesia	317	52	2000

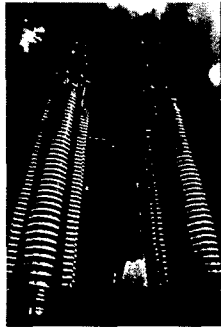


그림 9 Petronas Tower



그림 10 Sears Tower



그림 11 Jin Mao Tower



그림 12 World Trade Center

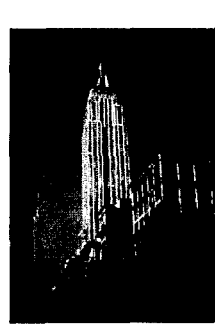


그림 13 Empire State Building



그림 14 Central Plaza



그림 15 Bank of China

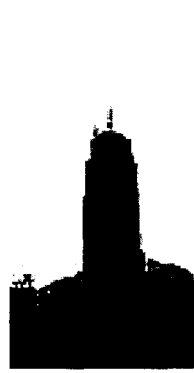


그림 16 The Centre

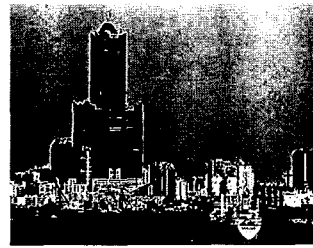


그림 17 Tuntex & Chein-Tai Tower

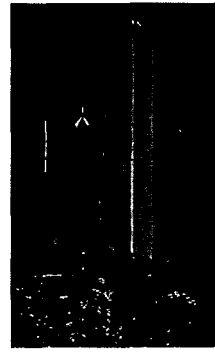


그림 18 Amoko Building

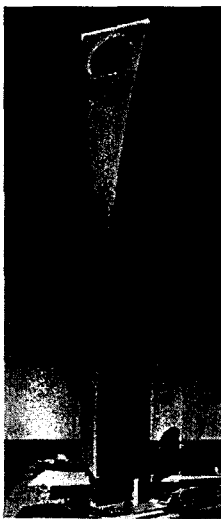


그림 19 World Financial Center

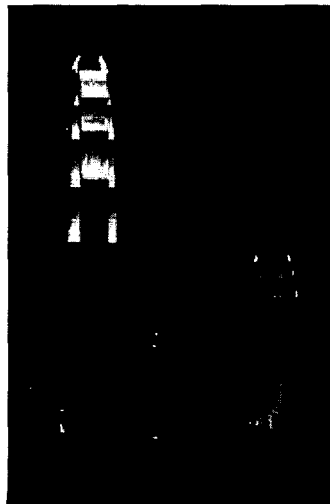


그림 20 Two International Finance Center

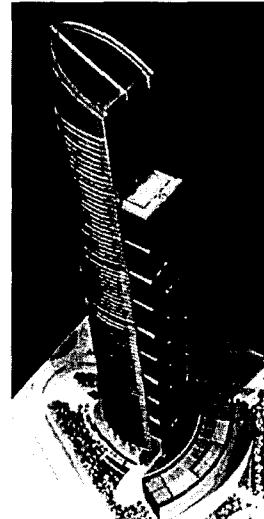


그림 21 Fairwell International Center

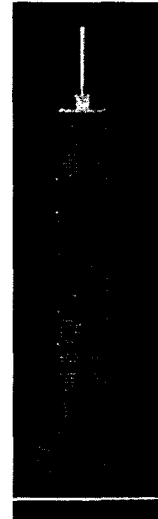


그림 22 International Financial Building

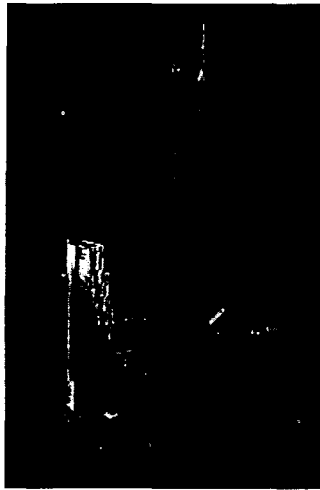


그림 23 Plaza Rakyat

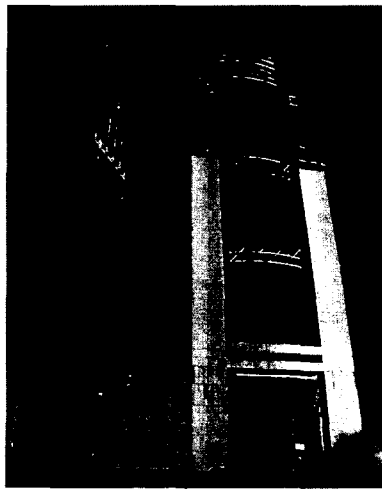


그림 24 Emirates Tower

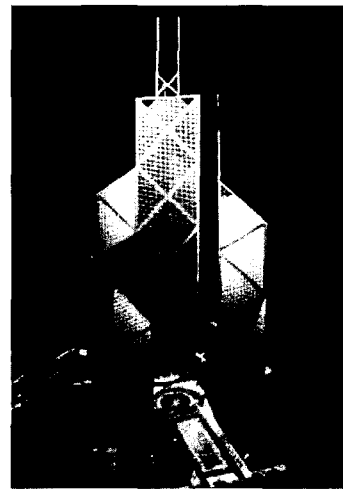


그림 25 BNDI Center

### 3.4 하이브리드 구조와 초고층 건축 기술

최근 구조설계 분야에서 하이브리드(hybrid) 구조에 대한 용어가 많이 사용되고 있다. 하이브리드란 용어는 비록 구조설계분야에서만 사용하는 용어가 아니고, 구조재료 분야에서도 많이 사용되고 있다. 하이브리드란 명확히 정의 할 수 없지만 넓은 의미로서 서로 다른 종류의 구조재료나 구조형식을 혼합하여 설계하는 경우를 총칭하여 부르고 있다. 즉 복합재료, 혼합재료, 합성구조, 복합구조, 혼합구조 등으로 일컫는 용어를 총칭하는 단어로 보아야 할 것이다. 이렇게 정의해 놓고 보면, 건축물은 전부 하이브리드 구조라고 할 수도 있다.

예를 들어 철골조 건물일지라도 기초는 철근콘크리트구조이고, 더욱이 철근콘크리트구조 자체가 강재와 콘크리트의 복합재료이기 때문에 모든 구조체가 하이브리드 재료 또는 하이브리드 구조에 해당한다. 특별히 구조 설계분야에서는 약간 제한적으로 정의 하자면 목구조, 철근콘크리트구조, 철골구조, 철골철근콘크리트구조 등과 같이 구조재료로서 지금까지 단독으로 사용되는 것이 아니고, 이들 구조재료를 서로 조합한 구조부재 또는 구조형식을 서로 합성한 것을 의미한다. 아무튼 서로 다른 성질의 구조재료나 구조형식을 서로 조합함으로써 구조재료나 구조부재가 각각의 특성을 발휘하면서 다른 부위를 서로 보완하여 전체로서는 성능이 우수한 시스템을 구성하도록 고안된 것을 하이브리드 구조라고 부른다.

구조 설계분야에서 하이브리드 구조는 부재 수준의 하이브리드(예: CFT, 합성슬래브, 합성보 등), 골조 수준의 하이브리드(예: 철근콘크리트기둥+철골보, 철골철근콘크리트기둥+철골보 등), 구조형식 수준의 하이브리드(예: 철근콘크리트 코아 전단벽+철골 골조, 철근콘크리트 코아 전단벽+목조 골조, super frame 등)으로 분류할 수 있다. 초고층 건축물의 구조설계에서 하이브리드 구조의 적용은 이들 모든 분야에서 적용될 수 있으며, 특히 1990년대 이후 설계된 초고층 구조물의 대부분이 하이브리드 구조로 설계되고 있다고 해도 지나치지 않다.

이와 같은 배경에는 건축디자이너가 다양화되어 구조의 합리성과 건축 디자인의 접점을 찾아가는 것이 간단하지 않으며, 단순한 구조시스템으로는 한계가 있기 때문이다. 건축물의 디자인에 적합하고, 역학적 원리를 만족시키는 것이 구조적 합리성을 갖는다는 입장에서 적재적소에 구조재료와 부재를 배치하는 발상이 필연적으로 하이브리드 구조를 요구하게 되었다.

또한 컴퓨터 기술의 발달에 따라 구조부재와 골조의 적재적소의 배치가 가능한 최적화 시뮬레이션이 쉬워진 것도 하이브리드 구조의 적용을 가능하게 했다. 구조재료면으로 고강도 콘크리트와 다양한 성질을 갖는 강재의 개발, 제작 시공기술측면에서 이종부재의 접합과 시공시의 응력 제어 기술의 발전도 중요한 역할을 했다.

## 4. 초고층 건축기술의 장래

### 4.1 초고층 건축의 요소기술

초고층 건물의 특징중의 하나는 계획/설계, 구조, 설비, 시공, 재료 등의 모든 분야의 최고 기술이 집합되고 상호 연관되는 과제로서 여러 요소 기술중 하나라도 결여되어 있을 경우 초고층 건물의 건립이 불가능하거나 사용성, 경제성이 크게 나빠진다는 점이다. 초고층 건물의 설계와 관련되는 계획/설계, 구조, 설비, 시공, 재료 등의 모든 분야의 요소기술이 있지만, 여기서는 구조설계 분야와 관련된 요소기술에 대하여 언급하기로 한다.

#### 4.1.1 재료분야

구조재료는 건물에 작용하는 하중에 효율적으로 저항할 수 있는가와 그 재료의 생산, 수급, 품질, 공기 등의 지역성을 모두 고려한 경제성을 분석하여 결정해야 한다. 동남아에서는 콘크리트에 대한 선호도와 철골생산이 충분하지 않은 점 때문에 철근콘크리트구조로 건설되는 경우가 많으나 그 외의 지역에서는 많은 경우 철골구조가 사용되고 있다.

##### (1) 강재

고장력강, 고강도철근, 후판강재, 고내화강재, 경량형 강재, 용접기술

##### (2) 콘크리트재

고강도 콘크리트, 고유동 콘크리트, 섬유보강 콘크리트, 폴리머 콘크리트, 매스 콘크리트, 크리프, 건조수축 영향

##### (3) 합성재

합성기둥(composite column), 콘크리트 충전형 튜브기둥, 합성보

#### 4.1.2 구조분야

구조분야의 기술은 크게 구조시스템의 결정, 구조 해석, 구조설계, 사용성 검토 등으로 나눌 수 있다. 구조시스템은 초고층 건물 전체의 경제성에 영향을 미치는 가장 중요한 요소로서 층수와 세장비, 하중조

건에 적합한 최적의 시스템을 결정할 필요가 있다.

또한 구조해석에서는 일반적인 탄성해석이외에도 지진이나 강풍 등의 횡하중에 대한 비탄성해석을 통해 구조물의 안전성 확인이 요구된다. 또한 하중의 증가에 따라 기둥과 벽 등의 수직부재에 변위차가 발생하므로 이에 대한 보정이 필요하다. 구조해석시에는 작용하중의 평가가 가장 먼저 이루어져야 하는데 초고층의 경우는 일반적으로 풍하중이 가장 큰 영향을 미치는 하중이므로 이의 정확한 평가를 위해 풍동실험이 필요하다. 또한 바람이나 지진에 의한 진동을 평가하고 저감시키기 위한 진동제어기술이 요구된다.

##### (1) 최적구조시스템의 결정

수직하중 전달시스템, 수평하중 전달시스템, hybrid 시스템, 최적 구조시스템

##### (2) 비탄성해석

소성힌지법, 근사 비탄성 해석법, 소성을 고려한 최적 구조시스템 개발

##### (3) 기둥수직변위 보정법

기둥 수직변위 예측 및 보정, 연속재하해석법

##### (4) 풍동실험

실험계획, 모형제작, 실험실시 및 분석

##### (5) 진동제어기술

진동제어기술 비교분석, 진동제어시스템 성능 실험, 제어시스템 해석법

### 4.2 차세대 건축구조 기술의 발전 전망

미래 건축구조 기술분야의 키워드는 하이브리드(hybrid) 구조와 진동제어 기술인 제진기술이라고 감히 말할 수 있을 것 같다.

최근의 초고층 구조에서 이미 그 적용성이 확인된 하이브리드 구조는 그 적용 범위가 점점 확대되어 나갈 것으로 추측된다. 초고층 건축의 디자인, 경제성, 안전성을 해결할 수 있는 대안으로 하이브리드 구조가 최적의 조건을 갖추고 있으며, 이 분야의 기술발전은 더욱 빠르게 개발될 것으로 내다본다.

초고층 건축에서 복합 공간을 실현하기 위한 골조 구조로서 mega structure(혹은 super frame이라고도 부름)와 sub-structure를 조합하는 수법도 하이브리드 구조의 일종이다. 미래의 초고층 건축물은 보다 다양한 기능성과 공간구성을 추구하게 될 것이다. 공사기간도 과거의 건축물에 비하여 매우 긴 기간을 요구하기 때문에 부분 준공이 가능한 구조가 필요하다. 또한 건물의 사용기간 중에 시대의 변화와 함께 용도변경이나 부분적인 개축이 가능한 구조가 요구된다. 이와 같은 요구 조건을 만족하기 위해서는 구조시스템의 하이브리드화가 필요하다.

제진기술은 초고층 건축물의 설계에 있어서 소월히 다룰 수 없는 한 분야이다. 초고층 건축물에서 그 어떤 새로운 구조형식이나 구조재료의 개발에도 불구하고 바람에 의한 구조물의 진동의 증가는 피할 수 없는 문제이다. 이와 같은 진동의 증가를 인위적으로 감소시키지 않고서는 거주성의 확보는 불가능하다. 초고층 건축물의 내풍설계에서 고려해야할 문제점은 다음과 같은 것들이 생각된다.

- ① 일반적으로 초고층 건축물은 고유주기가 길고, 감쇠성능은 낮으면서, 불명확한 부분이 많다. 그러므로 바람의 특성에 관한 정보가 부족한

주기영역에도 불구하고 외력의 특성에 응답이 크게 좌우되는 구조이다.

- ② 초고층 건축물은 거의 영구적인 구조물로 생각된다. 즉 재현기간이 매우 긴 외력을 상정하여, 안전성을 확실히 확보하는 설계가 필요하다.
- ③ 매우 긴 기간동안 존속되어야 하는 구조물이므로 구조체의 피로와 제진장치의 노후화 등으로 건설당시의 구조성능이 저하되지 않도록 해야한다. 혹은 구조성능 저하에 따른 대책을 강구해 두어야 한다.

이상의 여러 가지 조건을 고려한다면, 초고층 건축에서는 감쇠성능을 일정한 값 이상으로 증가시켜 외력이 구조체에 미치는 영향을 최소화하는 것이 중요하다. 또한 감쇠성능을 포함한 구조체의 성능을 장기간동안 확실히 보장할 수 있는 조치가 필요할 것이다. 과학기술의 발전과 더불어 현재의 제진 기술을 더욱 발전시켜, 초고층 건축물에 적용될 것으로 전망된다.

#### 4.3 미래의 건설기술과 초고층 건축

현재까지 각국에서 제안된 미래의 초고층 건축 프로젝트에 대한 것을 정리하면 표 3과 같다.

표 3 세계 초고층 빌딩의 구상안

프로젝트명	국가	높이(m)	층수	용도	제안자	제안연도
X-Seed 4000	일본	4000	800	복합	Taisei	1990
Try 2004	일본	2000	400	복합	Shimiz	1989
Step Cver Tower	일본	800	160	복합	Shimiz	
Mile High Tower	미국	1610	528	복합	Frank Lloyd Wright	1956
Grollo Tower	오스트리아	600	113			
Frankfurt Millenium Tower	독일	365	91			
South Dearborn	미국	469	112			
Sky City 1000	일본	1000	196	복합	Takenaka	1988
M tower	중국	900			Norman Foster	1997
Milano Project	이탈리아		128			
Kowloon Station Tower	중국	480				
DIB 200	일본	800	200	복합	Kajima	1989
Chicago World Trade Center	미국	701	181	복합		



이들 자료는 하나의 설계안으로 제안된 것들이므로 자료가 부족한 부분도 많다. 현재의 기술로서 가능한 부분도 있겠지만, 앞으로 기술개발

이 필요한 부분도 있는 것으로 보인다. 참고 자료로 활용되었으면 하는 취지에서 여기에 올려 놓는다.

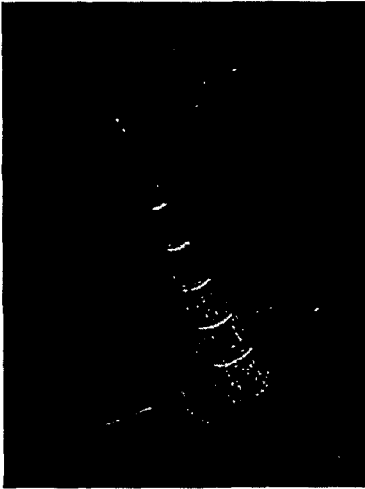


그림 26 M Tower

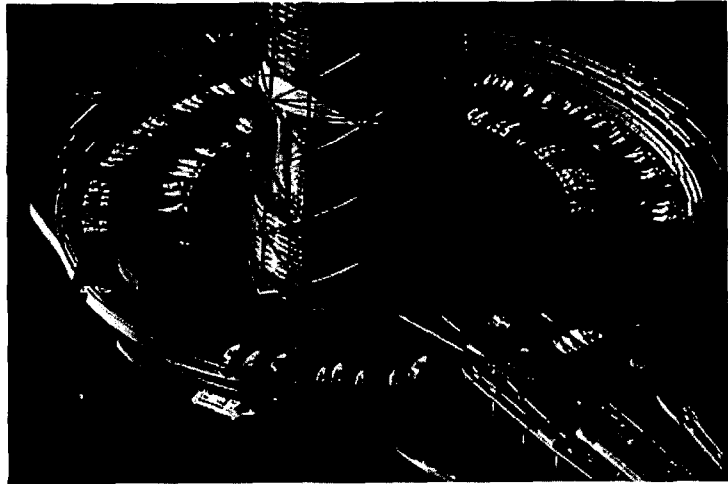


그림 27 M Tower



그림 28 Kowloon MTR Tower(574m)

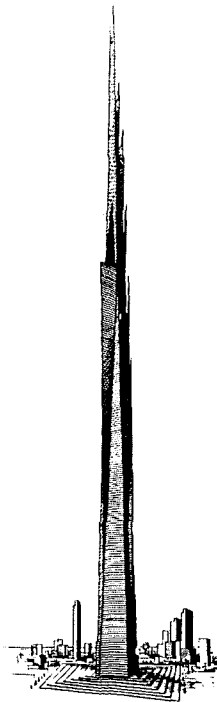


그림 29 Mile high Tower



그림 30 Milano tower

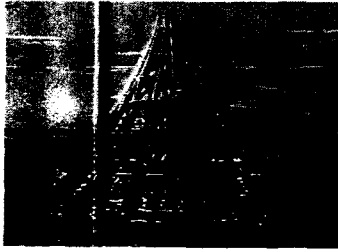


그림 31 X-seed 2004

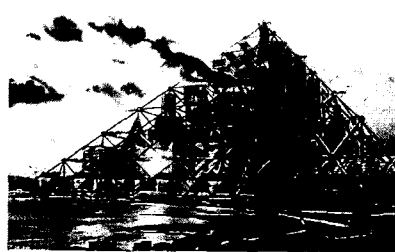


그림 32 Try 2004

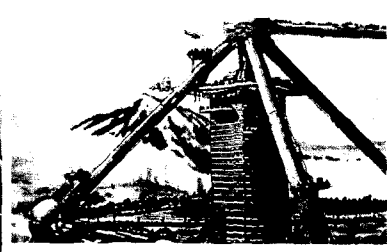


그림 33 Try 2004

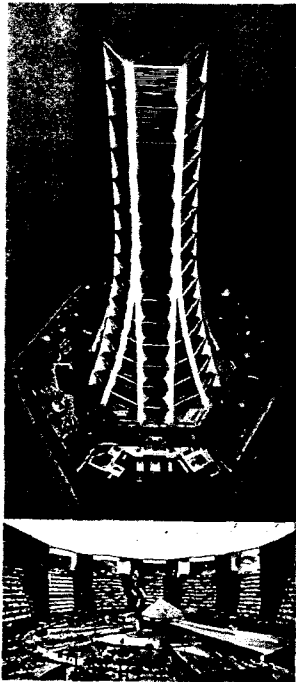


그림 34 Sky City 1000

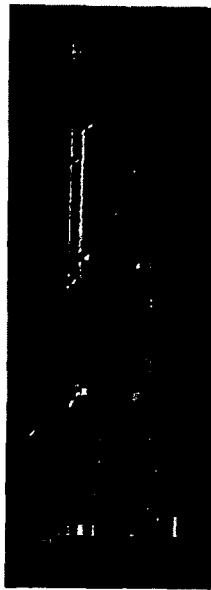


그림 35 DIB-200

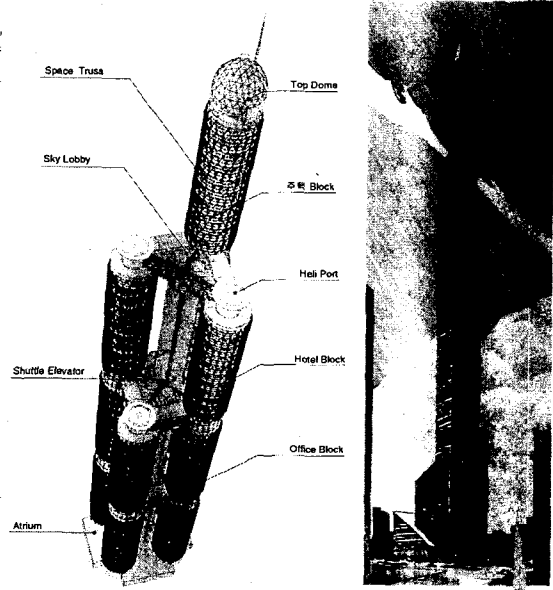


그림 36 DIB-200



그림 37 Kajima Skyscraper



그림 38 Step Over Tower

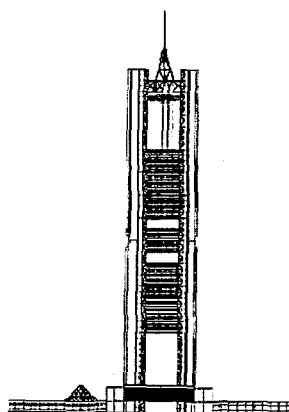


그림 39 Step Over Tower

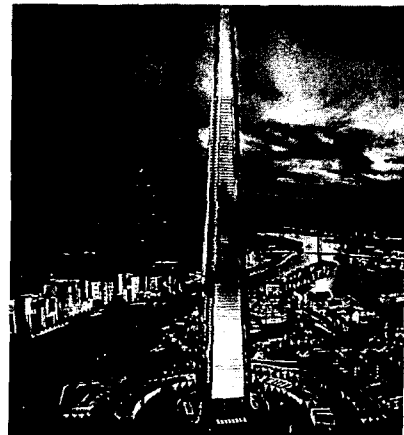


그림 40 Grollo Tower

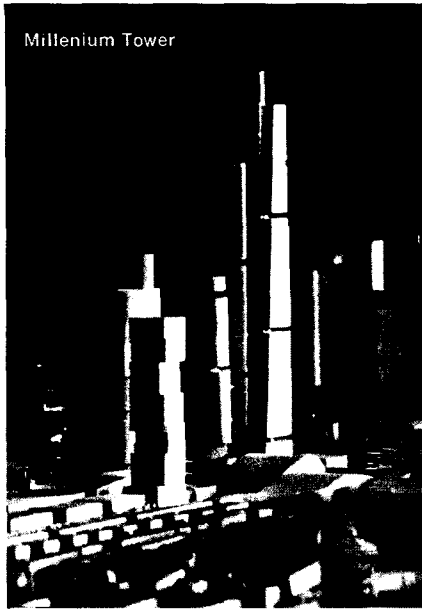


그림 41 Frankfurt Millenium Tower

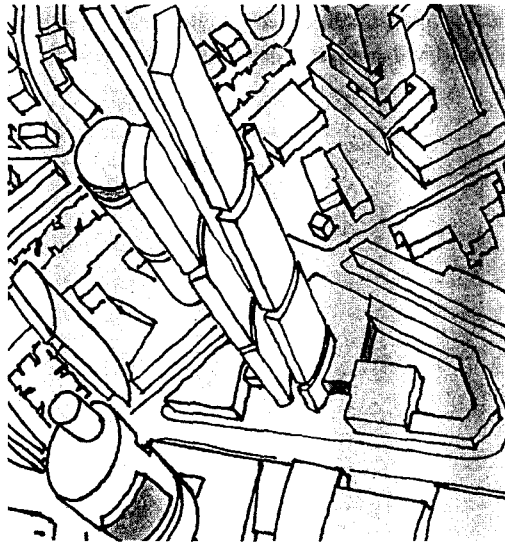


그림 42 Frankfurt Millenium Tower

### 5. 맺음말

지난 한 세기 동안 건축 구조기술의 발전은 10층 건물 높이에서 110층 건물 높이의 변화만큼 수직 상승을 이루었다. 기술은 사회를 변화시키지만, 한편 사회는 기술의 방향을 좌우한다. 기술과 사

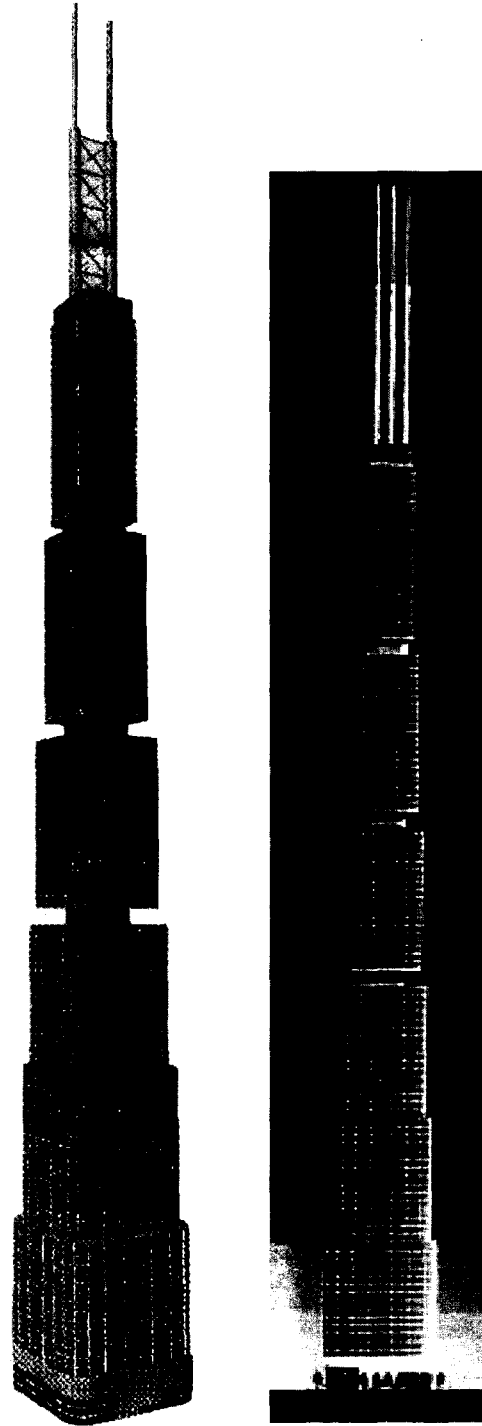


그림 43 South Dearborn (Chicago)

그림 44 South Dearborn (Chicago)

회의 상호관계에 직면하고 있는 과제는 “지구환경과 조화를 이룬 인류의 공존”, “안심하게 생활할 수 있는 사회의 구축”이 중요한 문제이다. 지구환경의 보존은 건설기술과 깊은 연관관계를 가지고 있다. 그러므로 새로운 기술개발의 이면에는 환경오염과 파괴가 항상 뒤따르고 있었다. 차세대 기술개발은 이러한 환경문제를 염두에 두지 않고서는 더 이상의 기술개발이 오히려 인류의 파멸을 앞당긴다는 사실이 지난 세기의 가장 큰 교훈인 것이다. 차세대 건축기술은 환경친화적인 건축, 환경 보존을 위한 초고층 건축의 건설일 것이다.

필자는 다음과 같은 일간 신문 스크랩을 소개하면서 본 원고를 마무리 짓고자 한다. 『높이를 향한 인간의 욕망은 바벨탑 이래로 끝이 없지만, 마천루 신화는 깨지고 있다. “마천루가 들어선 곳에 파멸이 뒤따르고, 세계 최고의 건축이 들어설 때 경제는 망한다.” 독일 투자회사 트레스트 클라인보드-벤손사는 지난 100년간 경제 금융위기는 마천루와 깊은 연관이 있다고 말한다. 엠파이어

스테이트는 세계 대공황기, 시어스 타워는 1972년 오일쇼크로 인한 주가 폭락기, 페트로나스 트윈타워는 1997년 아시아 금융위기 때 완공 됐다.』

### 참 고 문 헌

1. 대한건축학회, 건축학전서 4 : 구조계획, 1997, 기문당
2. Wolfgang Schueller, *High-Rise Building Structures*, 1977, Jhon Wiley & Sons
3. 일본건축학회지특집기사, 하이브리드 구조의 ひらく未來, 建築雜誌, Vol 107, No.1329, 1992
4. 건축기술지 특집기사, 制震・免震構造の設計, 建築技術, No.559, 1996, 10
5. 건축기술지 특집기사, 하이브리드 구조, 建築技術, No.575, 1998, 1

그외 인터넷 구조관련 Home Page

<http://user.chollian.net/~tjkim86/>

<http://village.infoweb.ne.jp> 