

초고층 공간계획의 디자인 요소와 구축에 관한 연구*

A Study on the Design Elements and Tectonics for High-Rise Building Space Planning

Author 조종수 Cho, Jong-Soo / 정회원, 건국대학교 건축설계학과 부교수, 건축학박사

Abstract The high-rise building is a dramatic phenomenon and a powerful expression of architecture in the modern civilization. The architecture of these high-rise buildings has been developed with mutual contributions of architectural aesthetic form and advanced technologies. Architecturally the significant evolution of tall buildings from ancient towers is a "change of function" from some religious symbols to a commercial concept that has aesthetically become acceptable with the changing of modern society and culture driven by a technological evolution. Generally, this commercial function in the evolution of high-rise building is office where high-rise working style is simply a necessity to meet quantitative market demands since this style in major cities around world has been changed from low-rise to high-rise during the last several decades in influenced of the modern industrial society.

To achieve optimum spaces with architectural aesthetics in the high-rise building, the design has become collaborative, requiring the input of architects, engineers, economists, and other consultants. Hence, architects must deeply understand the basic planning theories of high-rise buildings and try to find optimum planning between architectural aesthetics and other issues. For the approach, we can firstly start with measurement and analysis of the planning use situation for major planning issues of high-rise buildings in practice. Therefore, this study is to analysis Design Elements and to find commonly used planning strategies, tectonic, of high-rise building in practice. It will give a chance to confirm commonly used planning and then becomes the starting point of the planning development of high-rise buildings based on practical planning issues.

Keywords 초고층건물, 초고층공간디자인요소, 공간구축방법
High-Rise Building, High-Rise Space Design Elements, Space Tectonic Strategies

1. 서론

일반적으로 1800년대 이후 나타난 근대 초고층건물의 발생 및 진화는 근대산업사회구조를 배경으로 한 새로운 공간적 패러다임, 건축구조 및 재료기술의 발전 그리고 건축사상의 새로운 이념을 바탕으로 등장한 대표적 근대 건축 양식의 하나이다.

상대적 개념으로 고대사회의 초고층건물이 근대사회의 초고층건물과 차별화되는 가장 중요한 관점은 건물을 건조하는 목적 즉 '건물에 대한 공간적 기능의 변화'일 것이다. 역사적으로 고대사회에서 초고층건물의 다수는 신성한 종교적 의미나 정치적 의미에서 힘의 상징성 표현이 주된 목적이었다면 근대사회에서의 초고층건물은 산

업혁명이후 나타난 자본위주의 근대산업사회를 기반으로 상업적 의미에서의 상징적 표현이 주된 목적으로 부각되었다. 따라서 내부 공간 사용 방법에도 많은 변화를 가져왔다. 또한 경제적 측면에서도 비싸고 한정된 대지를 바탕으로 최대의 공간을 형성하고, 이에 의하여 보다 많은 사용자 수용을 통한 이익의 최대화 및 경제 구조적 배경에 의하여 지역적 특성과 깊은 관련 없이 전세계로 퍼져나갔다.

결과적으로 근대 초고층건물은 보편적 삶의 공간형태로서 도시에 등장함에 의하여 근대도시형성 및 삶의 장소로서 중요한 역할을 하고 있으며 미래도시 형성 및 삶의 장소로서도 중요한 역할을 할 것이다.

1.1. 연구의 목적 및 의의

근대 초고층건물의 발생 및 진화는 근대 산업사회를

* 이 논문은 2009년도 건국대학교 학술진흥연구비의 지원에 의한 논문임.

배경으로한 새로운 공간적 패러다임을 중심으로 형성되었다. 근대산업사회의 특성을 중심으로 살펴보면, 산업혁명 이전의 공간적 특성은 소량생산에 소량소비를 중심으로한 사회구조를 기반으로 단일건물 내에서 생산, 사무 및 거주 등이 복합적 행태로 이루어지는 공간형태였던 반면, 산업혁명이후의 공간적 특성은 대량생산과 대량소비를 바탕으로한 사회구조를 기반으로 생산, 사무 및 거주 등이 독립적 행태로 이루어지는 공간형태를 형성하게 되었다. 이와 같은 배경에 의하여 단일 용도의 건물들이 사회적 요구에 의하여 과거에 비해 대다수 형성되었고, 더욱이 본격적인 업무의 분업화를 바탕으로 사무시설의 대도시 집중화에 의하여 사무공간은 초고층화 되었다. 1900년대 이후 지속적인 공간의 초고층화는 도시주거의 새로운 패턴으로 자리 잡았으며, 현대에 이르러 사무, 주거는 물론 문화, 교육 등 모든 공간적 기능으로 확산되고 있다.

따라서 이 논문에서는 근대와 현대건축공간에 나타난 초고층 공간계획에 필수적인 기본 요소들을 선택하고 이러한 요소들이 디자인을 거쳐 공간으로 구축되는 기본원리와 방법을 정리하여 초고층 공간을 계획하는 디자이너에게 가이드라인을 제시하고자 하는 것이 이 논문의 목적이다. 이 논문을 통하여 초고층의 원리와 공간의 형성 및 구축과정에서 필요한 기본적 요소들을 파악함에 의해 향후 초고층 공간연구의 초석이 되고자 한다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

방법위한 측면에서 초고층 건물은 크게 두 가지로 분류된다. 첫째는 건물의 높이로서 '몇 층부터 초고층인가'이며 둘째는 '건물공간의 용도가 무엇인가'이다. 건물의 높이인 경우 시대와 지역 사회 및 문화적 특성에 따른 절대적 개념이기 보다는 상대적 개념이다. 그러나 건축구조의 기술적 관점에서 초고층의 의미는 건물이 중력과 바람 등 주어진 자연환경에 적응하는 정도가 구조해석과 시스템 구축에 있어 일반건물과 달리 중요한 영향을 미치는 정도에 따라 구분되어진다. 즉 바람은 시간과 장소에 따라 여러 방향에서 건물에 지속적으로 영향을 미친다. 따라서 건물은 바람에 의하여 지속적으로 움직이며 이러한 움직임을 최소화하여 건물을 안정시키는 것이 구조적으로 중요하다. 이를 횡력(lateral force)이라 정의하며 이를 안정화하기 위하여 일반건물의 구조시스템과 차별화된 진보된 구조시스템이 요구되어지는데 지역적 차이는 있으나 보편적으로 40층 이상의 건물높이에서 바람의 압력은 급격히 변화하기¹⁾ 때문에 일반 건물과 크게

다른 보장시스템이 요구되어진다. 이러한 관점에서 이 논문에서는 초고층에 대한 용어와 높이에 대한 범위를 40층을 초과하는 건물로 정의한다. 건물의 용도(function)인 경우 초고층건물의 용도는 크게 두 타입으로 구분할 수 있다. 하나는 단일용도 건물(single use)이고, 다른 하나는 복합용도 건물(mixed use or multi use)이다. 앞서 언급한 바와 같이 단일 용도는 산업혁명이후 분업화에 의한 산업사회구조를 기반으로 많이 형성되었으며 특히 초고층건물에서 단일용도는 디트로이트 Marriott Renaissance Hotel, 싱가포르 Raffles City Complex Hotel, 시카고 Lake Point Tower Condominium 등을 제외한 대부분이 시카고 Sears Tower와 Amoco Building, 말레이시아 Petronas Tower, 홍콩 Central Plaza 등 사무용도를 중심으로 형성되어 왔다. 그러나 건물이 초고층화 될수록 단일용도는 사무용도, 주거용도, 호텔용도, 상업용도 등 복합용도를 통하여 수직도시공간을 형성하고, 과거와 달리 초고층에서 문화용도 및 교육용도 등 더욱 복합화 되고 있다. 한국의 경우 초고층건물의 용도가 대도시를 중심으로 타워팰리스, 아이파크, 하이패리온 등 주거용도가 다수 계획되었으나, 과거와 달리 잠실 Lotte Super Tower, 상암 DMC Tower, 용산 Dream Tower, 송도 151 Tower, 부산 Lotte World Tower 등 공간을 복합화한 복합용도로 계획하고 있다. 이와 같이 초고층건축은 현재와 미래에 일반적 삶의 공간으로 자리할 것이다. 따라서 본 연구는 초고층공간계획에 필요한 계획기본요소와 구축방법을 파악하기 위하여 다음과 같이 본 연구를 진행한다.

첫째, 초고층 공간을 구성하는 주요 요소는 모듈계획, 리스스팬계획, 층고 및 천정고계획, 엘리베이터계획, 코어계획이며, 이를 논문연구의 주요 공간 디자인 요소로 선정한다.²⁾

둘째, 초고층건축의 시장동향 및 현황을 분석하고, 문헌적 고찰을 통해 초고층건축의 기본적 고려사항을 정리한다.

셋째, 문헌적 고찰과 사례연구를 통해 초고층 공간을 구성하는 공간 디자인 요소에 대한 기본이론 및 구축방

2) 조종수, 초고층 사무소건축계획요소의 수직적 특성과 특성에 관한 연구, 대한건축학회논문집 22권 9호, 2006년 9월에 의하면 초고층 건축물의 계획은 수직동선시스템, 구조 및 설비시스템과의 연계성에 의하며, 주요요소로는 모듈, 리스스팬, 층고와 천정고, 엘리베이터시스템, 코어시스템으로 분류하고 있다. 또한 CTBUH, Architecture of Tall Buildings, McGraw, 1995, pp.82-92에서는 건축계획적 측면에서 중요한 포괄적 요소로는 사용자의 요구에 의한 건물의 용도(function)와 건축계획적 고려사항(planning considerations)으로 규정하고, 건축계획적 고려사항으로는 계획모듈(modulation), 리스스팬(lease span), 건물층고(floor-to-floor heights)와 천정고(ceiling height), 코어(core)와 엘리베이터(elevators), 건물형태(form)와 구조시스템(structural system)으로 분류하고 있다. 이 논문은 문헌의 내용을 통해 초고층 공간을 형성하는 주요계획요소로서 계획모듈, 리스스팬, 건물층고 및 천정고, 엘리베이터, 코어를 연구범위로 선정한다.

1) 이호진·정무용·임원복, 초고층건축의 현황 및 계획 설계 고려사항, 건축학회지, 2000년 8월에 의하면 초고층건물의 규모는 건축물의 사용목적으로 30-40층 이상의 건축물로서 높이 대 밑면의 비가 5-7정도의 경향을 보이고 있는 것을 의미한다고 정의하였다.

법에 대하여 정리하고 분석하여, 초고층 공간계획에서 필요한 기본적 가이드라인을 제시한다.³⁾

2. 초고층건축의 현황분석과 문헌적 고찰

2.1. 초고층건축의 현황분석

산업혁명이후 대도시화는 도시의 확장과 인구밀도를 높이는 계기가 되었으며 이로 인하여 지가상승과 고밀화를 초래하게 되었다. 이를 해결하기 위한 방법으로 토지이용의 효율성을 높이고, 도심의 공동화 현상을 완화하기 위한 일환으로 초고층과 도심 복합용도 개발이 이루어져 왔다. 문헌적으로 초고층주거건축은 1930년대 뉴욕과 시카고를 출발로 1970년대 이후 홍콩과 아시아지역에 정착화 되고, 1990년대 후반이후 초고층 주거건축의 건설동향을 보면 중동지역과 아시아지역에서의 건설이 급증하는 등 세계 주요도시에서 건설이 활발해지고 있다.⁴⁾

전세계의 도시를 대상으로 40층 이상의 초고층주거를 분석한 결과 총 2,056개의 건축물이 완공되었거나 건설 중 또는 승인된 상태로 분석되었다. 나라별 초고층주거 건축 건설현황을 보면 <표 1>에서와 같이 아시아권에서 강하게 나타나고 있다. 이를 분석하면, 중국이 무려 47.9%

<표 1> 국가별 초고층 건설현황

	국가명	빈도(%)		국가명	빈도(%)
1	중국	985(47.9)	14	이스라엘	16(0.8)
2	미국	392(19.1)	15	말레이시아	15(0.7)
3	UAE	134(6.5)	16	아르헨티나	14(0.7)
4	한국	76(3.7)	17	파나마	13(0.6)
5	일본	75(3.6)	18	인도	12(0.6)
6	호주	59(2.9)	19	영국	10(0.5)
7	타이	42(2.0)	20	베네수엘라	6(0.3)
8	캐나다	37(1.8)	21	네덜란드	5(0.2)
9	싱가폴	34(1.7)	22	스페인	5(0.2)
10	브라질	26(1.3)	23	카타르	5(0.2)
11	필리핀	22(1.1)	24	사우디아라비아	5(0.2)
12	인도네시아	17(0.8)	25	이집트	4(0.2)
13	러시아	16(0.8)	26	기타	27(1.4)
합 계			2056 (100%)		

의 비율을 차지하고 있으며, 그 중에서도 홍콩에 44.7%인 920개의 건축물이 위치하고 있는 것으로 분석되었다. 건설현황을 살펴보면, 완공된 건축물이 1,325개(64.4%), 건설 중인 건축물 471개(22.9%), 그리고 승인 중인 건축물 260개(12.6%)로서 지금까지 지어져온 초고층주거 건축물의 1/2에 해당하는 수의 건축물이 현재 진행되고 있는 것으로 분석되었다. 이는 한국을 비롯한 아시아 지역에서 더욱 활발히 초고층 건축이 진행되고 있음을 나타내고 있다.⁵⁾

초고층의 국내여건을 살펴보면, 주상복합을 위주로 성장한 한국의 초고층건물은 랜드마크적 성격과 함께 건설로 이어지고 있다. 1985년 249m의 63빌딩으로부터 1999년부터는 160m규모의 아크로빌, 2002년 212m와 2004년 263m의 타워팰리스, 140m의 트럼프타워, 251m의 하이페리온, 159m의 I-Park, 2006년 200m의 스타시티, 2007년 210m의 센텀스타 등이 건설되었고, 향후 계획된 초고층은 460m의 월드비즈니스센터, 332m의 여의도 Parc 1, 511m의 부산 트리플스퀘어, 510m의 부산 제2롯데월드, 550m의 송도 인천타워, 640m의 상암DMC, 620m의 용산 드림타워, 550m, 뚝섬 현대자동차사옥 등이 계획되고 있다.⁶⁾

3) 본 연구에 사용된 사례연구는 전세계에 현존하는 건축물 중에서 층수가 40층 이상이고 용도가 사무용도이거나 사무용도가 30%이상인 복합용도를 대상으로 실시하였다. 공사가 완료되어 사용중인 건축물을 대상으로 보유국가, 건물명, 완공년도, 건축가, 건물층수, 건물높이, 사용용도, 기본모듈, 리스스팬 깊이, 건물 기본층 층고, 실내공간 전경고, 코어의 위치와 방식, 엘리베이터 방식, 구조시스템을 대상으로 사례조사하였다. 사례조사방법은 잡지, 인터넷, 논문 및 저널 등을 통하여 자료를 수집하고 정리하였다. 분석대상 건축물은 2008년까지 완공된 초고층 건축물 110개를 대상으로 정리하였다. 사례조사 대상의 80% 이상이 북미지역에 위치하고 있었고, 아시아지역이 14% 이상이었으며, 캐나다, 호주, 일본, 유럽 등 기타지역으로 분포되어 있었다. 가장 많은 층수는 50-59층으로 40% 이상이었으며, 40-49층이 18%대, 70-69층이 10%대이고 100층 이상의 초고층건축물은 40층이상 초고층건축물 중에서 2%대로 구성되어 있었다.

4) 조주환, 도시와 초고층건축, 대한건축학회 초고층도시건축위원회 뉴스레터, 2006년 9월에 의하면, 도시가 시간의 흐름에 따라 물리적 확장을 하게 되는 과정에서 인구는 주변의 위성 도시적 성격을 갖는 곳으로 이동, 분산하게 되며 결과적으로 도심 공동화 현상이 발생하게 되는데, 도심 공동화를 막기 위해 인구의 유입을 유도하려 하다 보면 토지는 한정되어 있고 결국 고층화를 통한 건축적 해결책을 모색하게 된다.

또한 정창용·김성규·강부성·김진욱, 세계 주요도시의 초고층 주거건축 건설동향 및 특성비교연구, 대한건축학회논문집 21권 12호, 2005년 12월에 따르면, 도시의 확장, 인구밀집에 따른 지가상승이 고밀화를 초래하게 되었다. 이에 토지이용의 효율성을 높이며, 도심의 공동화현상을 해결하고, 새로운 도심 거주유형에 대응하기 위해 초고층 주거건축이 만들어져 왔는데, 초고층주거건축은 1930년대 뉴욕과 시카고에서 비롯되었지만, 70-80년대 그리고 90년대에 이르러 홍콩을 비롯한 아시아지역 도시들의 고밀도 성장에 따라 도시 주거의 한 유형으로 정착하고 있으며, 90년대 후반부터 최근까지의 초고층 주거건축의 건설동향을 보면 중동지역과 아시아지역에서의 건설이 급증하는 등 특정 나라에 국한된 것이 아닌 여러 세계 주요도시에서 초고층 주거건축의 건설이 활발해지고 있다고 분석한다.

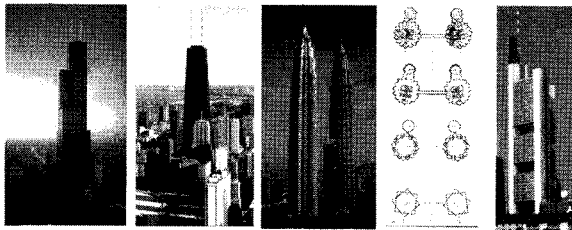
5) 정창용·김성규·강부성·김진욱, 세계 주요도시의 초고층 주거건축 건설동향 및 특성비교연구, 대한건축학회논문집 21권 12호, 2005년 12월에 따르면, 조사된 복합용도는 총 230개의 건축물이며, 이 중 주거+업무가 43%, 주거+숙박의 경우가 20%, 주거+스포츠클의 경우 11%를 차지한다. 이외에도 주거와 교육의 복합, 주거와 교통의 복합 등 도시와 초고층 주거의 보다 밀접한 관계를 요구하는 복합용도가 채택되고 있다.

6) 건설교통평가원, 초고층현황분석, 2009년에 의하면, 초고층건물은 1880년대 이후 지속적으로 층수가 증가하였고 2000년 이후 급속도로 증가세에 있으며, 한국의 경우도 서울과 부산을 중심으로 주상복합용도 중심에서 복합용도를 통해 세계적 층수의 초고층이 계획되고 있다.

또한 서울시정개발연구원, 초고층주택의 보완과제와 개선방안, 2007년에 의하면, 2000년 이후 서울시의 분양가 자율화 등의 영향으로 초고층 아파트의 형태가 전역으로 퍼져 새로운 도시형주택으로 자리매김하였으며, 연구결과 도시여건과 시민의 기차관에 따라 초고층주택에 대한 정의는 40층 이상인 것이 추세이다. 한국에서 진행중인 초고층화에 비해 공간내 정주성 확보에 대한 관심이 필요하다.

2.2. 초고층건축의 문헌적 고찰

초고층건물은 공간의 수직적 중첩을 통해 건물의 형태를 구성한다. 초고층건물의 형태는 저층부의 베이스(base), 기준층의 샤프트(shaft) 그리고 지붕층의 루프(roof)로 구성되며, 건물의 형태는 실내공간의 평면형태와 크기에 의해서 결정되거나, 건물의 형태가 실내공간의 평면형태와 크기에 영향을 미친다. 그 예로서 시카고의 시어즈타워(110층)나 존 헨콕빌딩(100층)은 실내공간의 적정 리스스팬을 유지하기 위하여 건물형태를 셋백(set-back)하거나 테이퍼링(tapering)한 반면, 쿠알라 룸푸르의 페트로나스타워는 건물의 형태에 의해 평면형태가 결정된다. <그림 1 참조> 일반적으로 초고층건물의 형태는 정사각형, 직사각형, 삼각형, 원형 그리고 복합형으로 구분되며, 횡력의 영향으로 건물의 형태와 공간이 제약받게 된다.⁷⁾ 초고층 건물형태는 시대성에 따라 단순한 지붕을 갖는 형태이거나 상층부를 장식하기 위한 뾰족한 형태로 디자인 될 수 있다. 뾰족한 건물은 비교적 좁은 바닥면적을 갖게 되지만 중앙의 커뮤니티공간을 중심으로 아파트가 둘러싸게 된다. 이러한 구조는 디자이너로 하여금 빛이 잘드는 실내공간을 설계할 수 있게 한다.⁸⁾



Sears Tower, John Hancock Building, Petronas Tower & Plans, Commerz Bank

<그림 1> 초고층 건물형태와 평면형태의 관계

Rubanenko는 뾰족한 건물이 "...중앙에 코어를 가지고 있으며 동시에 구조적인 기능성을 갖고, 각 층의 복도는 코어로부터 뻗어 나며, 복도의 수는 계획과 경제적인 고려에 의해서 결정된다. 이러한 배치계획의 기초에서 정방형, 장방형, 삼각형, 삼엽형, 교차형, 평행사변형, 원형, 반원형, 부채형 등의 여러가지 평면의 건물이 만들어지게 된다."라고 제시한다.⁹⁾

7) Schueller, Wolfgang., The Vertical Building Structure, Van Nostrand Reinhold Co., New York, N.Y. 1990
 8) CTBUH, Architecture of Tall Buildings, McGraw Hill, 1995, p.4 와 Schueller, Wolfgang., The Vertical Building Structure, Van Nostrand Reinhold Co., New York, N.Y. 1990, pp.9-13에 의하면, Pelli와 Huxtable은 초고층을 1990년대까지 4기로 구분한다. 1기는 1880년 이후 나타난 시카고학과, 2기는 1910년 이후 뉴욕에 나타난 아르데코 스타일, 3기는 1930년 이후 미스에 의한 모더니즘양식, 4기는 1960년 이후 나타난 포스트-모더니즘양식이다. 특히 1기와 3기는 시카고를 중심으로 나타난 양식으로 지붕은 평평하고 단순하며, 2기와 4기는 뉴욕을 중심으로 나타난 양식으로 뾰족한 지붕과 복합적 평면을 갖는 것이 특성이다.

반면에 슬래브형의 건물은 복도형의 배치를 따르게 된다. Rubanenko는 슬래브형의 건물을 포인트형의 변형으로 분류하는 한편 Kotela는 길어진 동선과 증가하는 소음, 환기와 채광의 제한 등을 이유로 복도를 이용하는 이러한 방법이 그다지 바람직하지 않은 것으로 판단하였다. Kotela는 호텔이나 사무소건물, 그리고 복합용도의 건물과 같은 고층의 비주거용 건물에서도 동선과 환기, 자연채광의 측면에서 동일한 단점이 있음을 주장한다. 그러나 그는 그러한 건물에서 복도형의 배열이 가장 효율적인 것으로 지적한다.¹⁰⁾

초고층건물에서 밝고 조절된 환경에서 인간의 행위가 이루어질 수 있는 자유로운 공간을 창조하는 개방형 오피스 랜스케이프가 흔한 미국과 캐나다의 사무소건물에서 중요한 몇 가지의 계획적 고려사항이 필요하며, 기타 국가에서 사무소의 작업공간은 점차 깊이가 얕아지고 있다. 또한 더 많은 자연채광과 자연환기를 이용하기 위해서는 수직의 유틸리티 코어로부터 방사형으로 복도들이 뻗어나가는 식의 구조적인 방식이 광범위하게 사용된다.¹¹⁾

초고층건물의 형태와 공간의 결정은 기후에 따라 달리 적용되고 지역적 기후의 특성에 따라 건물의 형태와 실의 깊이가 달리 적용된다. 비록 자연의 시스템은 복잡하지만 건축디자인에서 자연채광과 자연환기는 건물의 형태와 공간의 배치에 따라 최대화되는데 이러한 기후를 고려하는 것이 중요하다. <그림 1>의 Commerz Bank에서의 같이 초고층에서 건물의 형태와 적정한 공간의 배치는 구조적 측면에서 안정된 구조와 환경적 측면에서 자연채광 및 자연환기를 가능하게 한다.¹²⁾

9) Rubanenko, B., Design and Construction of Tall Buildings, Proceedings of Conference, Lehigh University, Pa, 1973년에 의한 내용이며, 여기서 의미하는 뾰족한 건물은 지붕의 형태를 장식하기 위한 방법으로 일반적으로 Petronas Tower나 Chrysler Building처럼 지붕부에서 점차 좁아지는 것이다. 따라서 이러한 건물은 중앙 코어를 통해 구조와 엘리베이터시스템을 통합한 코어를 사용함이 일반적이다.
 10) Kotera, Trends in the development of tall buildings in Poland, Proceedings of Regional Conference, 1972년 11월에서 언급한 슬래브형 건물은 국제주의 양식적 건물을 의미하며, 특히 분리형 코어인 경우 중복도가 요구되고 이로 인한 복도의 동선과 환기에 문제가 발생할 수 있는 반면, 공간 배치의 활용은 효과적이라고 정리한다.
 11) Rubanenko, B., Design and Construction of Tall Buildings, Proceedings of Conference, Lehigh University, Pa, 1973
 12) Daniels, Klaus., Low-tech Light-tech High-tech. Birkhauser/ Princeton Arch Press., Germany, 1998년과 Yeang, Ken., Design with Nature: The ecological basis for architectural design. McGraw-Hill, Inc., New York, N.Y., 1995의 내용을 분석한 내용이며, <그림 1>의 Commerz Bank는 삼각형 건물형태에 의한 삼각평면의 평면모서리에 코어와 구조체를 배치하고 코어와 코어사이에 중복도를 이용한 임대공간을 설치한후 중앙내부공간에 아르리를 배치하여 자연환기와 채광을 계획하였다.

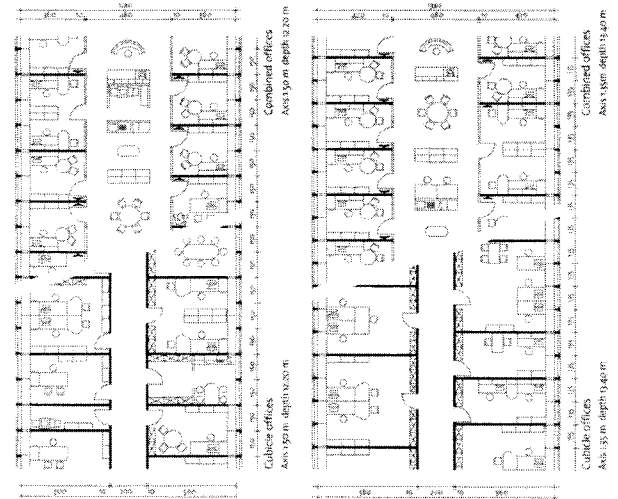
3. 초고층건축 계획요소의 이론과 구축

3.1. 계획모듈

인간이 생활하는데 필요한 공간은 문화와 경제적인 조건에 따라 달라진다. 주거용 고층건물공간을 설계하는데 있어서 한 인간이 기본적인 생활을 영위하는데 필요한 공간은 국가 및 문화적 특성에 따라 달라진다. 일반적으로 미국의 경우 개인당 평균 생활면적은 24-28㎡이다. 독일처럼 정부의 보조를 받는 나라에서 임대용 아파트는 108㎡(2-5인용)로서 1인당 21.6-54㎡로 기본계획을 수립한다. 이에 대하여 UN은 저소득의 아시아국가들에 대하여 1인당 최소 6㎡를 권장한다.¹³⁾

오피스 랜스케이핑(office landscaping)의 개념은 모더니즘이후 나타난 공간의 기본개념으로서 임대가능한 사무공간 바닥면적 전체가 가변벽에 의해 융통성 있게 구축되는 것을 의미한다. 오피스 랜스케이핑은 단일그룹이 사용하는 그룹 오피스(group office), 개별그룹으로 나누어 사용되는 모듈러 오피스(modular office), 그룹 오피스와 모듈러 오피스의 장점을 혼용한 컴비네이션 오피스(combination office)를 모두 고려하여 기능의 변화에 대응하도록 계획되어야 한다. 모듈러 오피스는 기본 모듈에 의하여 각 실에 독립된 큐비클 오피스(cubicle office)로 구성되며, 새로운 사무환경에 적응하기 위한 방식으로 비즈니스 클럽(business club)이 대안으로 제시된다.¹⁴⁾

공간내 중복도와 2줄의 큐비클 오피스(cubicle office)를 갖는 평면은 약 12m의 리스스팬을 갖는다. 이 방식의 경우, <그림 2-1>에서와 같이 1.5m모듈의 경우는 3m(W)*5m(D)의 개별실과 2m의 복도를 갖는다. 반면 1.35m의 모듈의 경우 <그림 2-2>에서와 같이 2.7m(W)*3.6m(D)의 개별실과 2m의 복도를 갖는다. 각 실에는 파일을 보관하는 서류함, 책상, 캐비넷, 컴퓨터 및 개인 사무용품의 수납이 개별적으로 요구된다. 이를 위해서는 1인 사용자의 경우 최소 2.2m(W)와 2인 사용자의 경우 4.4m(W)가 요구되며 벽두께 10mm를 고려하면 2인 사용자 기준으로 할 때, 벽중심선에서 벽중심선의 간격은 4.5m(W)가 요구된다. 따라서 파사드의 모듈을 고려하면, 실



1. 1.5m module의 예

2. 1.35m module의 예

<그림 2> 초고층 사무공간 모듈과 배치의 예

내공간의 모듈은 1.5m(W)의 파사드를 갖게 된다.¹⁵⁾ 기본모듈이 1.5m일 때 리스스팬의 길이는 약 12-12.5m(D)로 형성되고, 공간의 큐비클을 3.0m(W)*3.6m(D)로 계획하면, 공용복도가 포함된 중간부의 공용공간은 4.6-5.1m(D)의 사용가능공간이 형성된다.

오픈 플랜(open planning)은 기본 모듈에 따라 평면의 크기가 결정되며, 이를 기준으로 큐비클 오피스나 컴비네이션 오피스 등 다양한 배치가 가능하다. 컴비네이션 오피스방식은 1987년 Congena(Corporation for Planning, Training, and Organization)에 의해 새로운 방안으로 제시되었다. 큐비클 오피스방식을 기본으로 복도가 포함된 중앙공간을 공용공간으로 두어 공통된 업무인 회의, 공용수납, 공용키친, 공용프린터 등을 효율적으로 사용하기 위한 배치 방법으로서, 기본 모듈을 통해 사무환경의 변화에 유연한 대응을 유도한 개념이다.¹⁶⁾

비즈니스 클럽(business club)방식은 변화하는 사무환경에 따라 달라지는 형식으로 오픈 플랜으로 부터 큐비클 방식을 혼용한 예이다. 과거와 달리 IT나 경영 컨설팅 등에 관련하여 개인의 창의력과 새로운 팀워크를 요구하는 사무형태를 위한 대안으로 제시되는 평면 배치이다. 이는 과거와 달리 사무에서 정보수집, 독서, 쓰기, 집

13) CTBUH, Architecture of Tall Buildings, McGraw Hill, 1995, p.84

14) Johann Eisele, Ellen Kloft, High-Rise Manual: Typology and Design, Construction and Technology, Birkhauser, Basel, 2003, pp.43-47에 의하면, 사무공간계획(office landscaping)은 group office, modular office, combination office의 사용자를 모두 만족하는 기본 계획이 필요하다. 이를 만족시키는 공간의 배치 방법으로 기본적인 modular office와 open-plan office가 있으며, 이에 의한 combination office와 새로운 업무형태를 위한 business club이 계획된다. 여기서 언급하는 modular office는 모듈에 의하여 공간이 cubicle로 형성되어 중복도를 갖게되며, 중복도를 공용공간으로 활용하는 combination 방식이 사용된다. 이러한 모듈은 사용자의 변화하는 요구에 대처함과 동시에 건축계획에서 파사드의 그리드, 리스스팬, 구조시스템을 결정하는 주요한 역할을 하게 된다.

15) 이 논문에서는 실의 깊이를 D로, 실의 너비를 W로 표시하였다. 리스스팬은 실의 깊이와 복도를 포함한 실내공간 전체 합이다. 이를 토대로 보면, 5m의 cubicle 깊이(D)가 2개열로 배치되고 2m의 복도폭을 가질 경우 총 실의 깊이(D)는 12m이며, 파사드의 그리드를 결정짓는 실의 너비모듈은 4.4m(D)+0.1m(벽두께)=4.5m(D)로 1.5m의 기본 모듈을 디자인에 적용할 수 있다. Johann Eisele, Ellen Kloft, High-Rise Manual: Typology and Design, Construction and Technology, Birkhauser, Basel, 2003년에 의하면 기본 cubicle office layout의 경우 약 12m의 리스스팬이 필요하다.

16) Johann Eisele, Ellen Kloft, High-Rise Manual: Typology and Design, Construction and Technology, Birkhauser, Basel, 2003, p.43

중, 대화, 등 팀웍간에 개인적 생각을 바탕으로 커뮤니케이션이 필요한 경우 파사드를 따라 개인실인 큐비클을 배치하고 공용공간에서는 아이디어를 팀웍간에 쉽게 공유할 수 있도록 배치한다. <그림 3> 프랑크 포트에 위치한 Sigma Office Building의 예에서와 같이 같은 모듈로 이루어진 한 평면에서 오픈 플랜, 큐비클 오피스, 컴비네이션 오피스 그리고 비즈니스 클럽 형식을 혼용 배치할 수 있다.



<그림 3> 초고층 사무공간 모듈과 리스스팬의 예 (Sigma Office Building)

<p>Basic private module office plan without corridor</p> <p>5.0ft(1.5M) 5.0ft(1.5M)</p> <p>1Module = 25sq.ft(2.25sq.m)</p>	Basic Workstation
<p>4Module = 100sq.ft(9.0sq.m)</p>	Small private office General type workstation
<p>6Module = 150sq.ft(13.5sq.m)</p>	Basic private office
<p>9Module = 225sq.ft(20.25sq.m)</p>	Supervisor
<p>12 Module = 300sq.ft(27sq.m)</p>	Executive

<그림 4> 초고층공간 모듈과 확장의 예

사례조사를 통해 계획모듈의 적용현황을 살펴보면, 시카고 소재 40층 이상 초고층 건물의 86.3%가 1.5m모듈을 사용하고 있었다. 이는 앞서 언급한 이론에서와 같이 1.5m의 모듈이 3m, 4.5m, 6m 등으로 등변화하며 <그림 4>에 나타난 모듈확장의 용이성 때문이다. 반면 시카고의 AT&T빌딩이 1.77m, 달라스의 Allied Bank Tower와 홍콩의 Honk-Kong Bank가 1.4m 등의 모듈을 사용하고 있었으며, 단일 그룹이나 은행 등 일반사무공간과 차별화되는 건물에서 사용하고 있었다. 계획모듈은 건물의 가장자리 부분에서 다양한 크기의 사무실을 가능하게 하며 2모듈의 공간인 최소 3m에서 4 혹은 5모듈의 공간인 6-8m에 이른다. 이는 리스스팬의 길이에 영향을 미쳐 1.5m모듈에 의하여 9m, 12m, 15m 등이 사용된다.

공간은 실내환경을 유지하기 위한 설비시설이 요구된다. 이러한 설비시설들은 천정판과 구조슬래브 사이의 설비공간이나 바닥판에 설치된 플로어 와이어링 시스템(floor wiring system)을 통해 계획된다.<그림 7 참조> 바닥의 경우 전기선, 컴퓨터 랜선, 전화선 등이 배치되고 천정의 경우, 조명, 디퓨저, 스피링클러 등이 배치된다. 이러한 설비시설은 건축가의 공간배치에 따르며, 기본적으로 1.5m의 모듈을 사용한다.¹⁷⁾

모듈은 공간크기뿐 아니라 구조시스템에도 영향을 미쳐 초고층의 구조시스템은 2-방향 플랫 슬래브인 경우 7.5m간격, 2-방향 플랫 플레이트인 경우 12m, 오픈 트러스인 경우 13.5m를 기준으로 사용한다. 모듈화되지 않은 공간에서는 천정시스템과의 불일치에 의하여 공간성 유용성과 경제성이 저하된다. 이를 위해서는 기본설계단계에서 모듈에 의한 패턴의 천정그리드, 조명기구, 디퓨저 간격 등이 통합 디자인 되어야한다.¹⁸⁾

3.2. 리스스팬

리스스팬은 건물의 코어와 같은 고정된 내부구조체 및

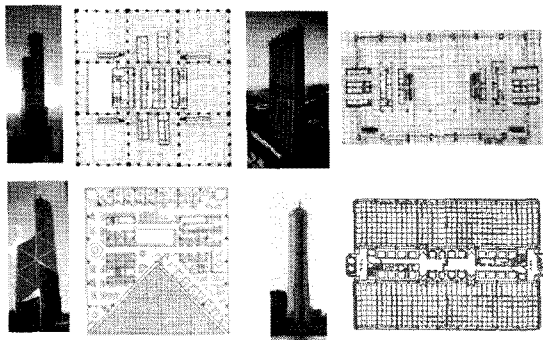
17) CTBUH, Architecture of Tall Buildings, McGraw Hill, 1995, p.85

18) 이상진·조종수·홍광근, 건축통합디자인방법론, 대가출판, 2007년에 의하면, 실내공간의 통합방법으로 채광을 위한 창의 형태와 재료 뿐 아니라, 천정에 설치되는 조명, 디퓨저, 등이 시각적이고 기능적으로 통합되어야 하며, Johann Eisele, Ellen Kloft, High-Rise Manual: Typology and Design, Construction and Technology, Birkhauser, Basel, 2003, pp.163-182에 의하면, 실내환경에서 주요하게 요구되는 사항은 열(thermal), 위생(hygienic), 음(acoustic), 시각(visual)과 함께 전자기적 적합성(electromagnetic compatibility), 색채(color), 표면재료(surfaces and materials), 오염과 악취제거(avoidance of contaminants and odors)이지만, 기본계획단계에 영향을 미치는 요소는 난방(heating), 냉방(cooling) 그리고 환기(ventilation) 설비의 배치이다.

또한 Schueller, Wolfgang., The Vertical Building Structure, Van Nostrand Reinhold Co., New York, N.Y. 1990년에 의하면, 초고층의 경우 바람의 영향으로 창문의 개폐가 어려워 실내공기조화, 냉난방 및 조명 등 설비시설이 필수적이다. 이를 위한 방법으로는 M.C(modular coordination)에 의한 통합적 공간계획이 필요하다. 즉 기본 모듈에 의하여 구조의 그리드, 설비의 그리드가 건축평면 계획의 모듈에 통합적용되어야 한다.

요소로부터 건물외부에 면한 창호벽까지의 거리로 정의한다.¹⁹⁾ 리스스팬은 임대할 수 있는 사용자의 공간을 의미하기 때문에 임대스팬 깊이를 의미한다. 임대스팬은 기본모듈에 기인하고 공간의 기능(상업용, 사무소, 호텔, 주거용)에 따라 길이가 다르다. 일반적으로 임대스팬의 깊이는 큰 단일 입주그룹이 있는 경우나 은행, 전시공간 등 특별한 공간기능을 갖는 초고층건물을 제외하고, 사무소의 경우 10-14m, 주거나 호텔의 경우 6-9m를 기본공간 치수로 계획한다.²⁰⁾

초고층건물의 내적으로 요구되어지는 기능에 의해 우선적으로 결정되는 공간과 달리, 기준층의 적정공간은 건폐율이나 용적률과 같은 외적인 요소들과 구조시스템의 고려, 각층에서 각실에 대한 기능 및 공간계획적인 고려와 연관성을 갖는다. 초고층건물의 기준층 평면크기는 임대를 통한 경제적 최소치 이상을 유지하여야 하며, 초고층건물의 형태와 평면의 형태는 일조와 단열을 확보해야 할 뿐만 아니라 각층에서 사용가능한 임대면적에 대한 이동공간면적(계단, 리프트, 복도 등이 포함된 코어)의 비를 적정하게 유지해야 한다.²¹⁾ 초고층건물에서 임대면적과 이동공간면적의 경제적 비율은 73%의 상용면적과 27%의 이동공간면적이다.²²⁾



Sears Tower & Plan, Bank One & Plan, Bank of China & Plan, 63Building & Plan

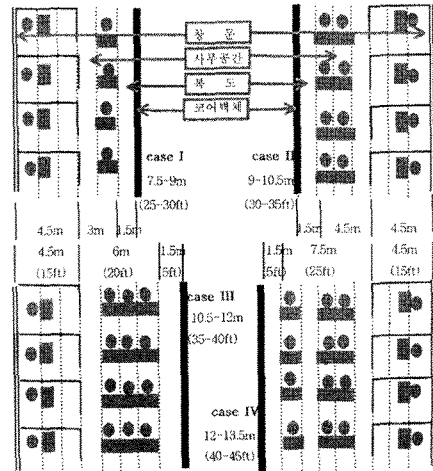
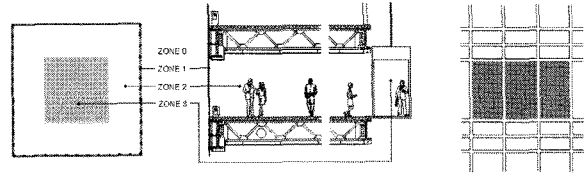
<그림 5> 리스스팬과 건물형태의 예

19) 리스스팬(lease span)은 지역마다 다소 다른 표현으로 나타난다. 유럽의 경우 실의 깊이(depth of room)로 표현되고 미국의 경우 리스스팬으로 통일하여 사용한다. 중앙형 코어를 갖는 평면에서는 외부파사드에서 내부 엘리베이터가 위치한 코어의 벽, 분리형코어를 사용하는 경우에는 외부파사드에서 외부파사드까지의 거리를 의미한다. 이는 임대가능한 실내면적의 내부깊이를 나타낸다. 냉난방과 공기조화를 제한하는 설비의 경우 리스스팬은 외주부(perimeter zone)와 내주부(interior zone)의 합을 의미한다.

20) CTBUH, Architecture of Tall Buildings, 1995, p.83에 의하면, 사무공간의 리스스팬은 10-14m(층당 1,000㎡), 호텔은 6-9m(층당 20 객실)이 적당한 것으로 제시하고 있다.

21) Kotera, Trends in the development of tall buildings in Poland, 1972

22) Rubaneko, B., Design and Construction of Tall Buildings, Proceedings of Conference, Lehigh Univ, Bethlehem, Pa. 1993



<그림 6> 리스스팬과 모듈의 관계

적절한 리스스팬의 유지는 초고층 건물형태 디자인에 영향을 미친다. 2.2절의 문헌적 고찰과 같이 각 평면에 요구되는 리스스팬을 상층부로 갈수록 유지하는 방법은 크게 두가지로 나눈다. 첫째는 <그림 5>의 Sears Tower나 Bank of China와 같이 건물의 형태를 하부층에서 상층부로 갈수록 리스스팬에 맞추어 일정지점에서 셋백(set-back)시키는 것이며, 둘째는 <그림 5>의 Bank One이나 63 Building과 같이 하부층에서 상층부로 갈수록 테이퍼링(tapering)시키는 것이다. 공간내에서 셋백(set-back)이나 테이퍼링(tapering)으로 디자인하는 이유는 저층부에 비하여 고층부로 갈수록 엘리베이터의 수가 감소하여 코어의 면적이 점차 줄어들기 때문이다. 따라서 같은 저층부와 고층부의 바닥면적이 같은 경우 저층부의 임대면적에 비해 고층부의 임대면적이 리스스팬의 지나친 증가와 코어면적의 감소에 의하여 증가하게 된다.²³⁾

리스스팬은 기본모듈계획과 함께 공간배치를 결정하는 기본계획이다. 가변적 바닥의 배치는 공간구조를 신속히 변경하고 재구성 할 수 있게 하며, 다양한 형식의 제거할 수 있는 칸막이 벽이나 조명, 에어컨, 차양, 음향설비를 사용하면 평면의 각 유닛(채택된 계획모듈)은 각각의 분리된 공간으로 혹은 오피스 랜드스케이프와 같이 대형공간으로 사용자에게 따라 재 구성 할 수 있다.²⁴⁾ <그림 6>에서와 1.5m 모듈의 반복으로 7.5m, 9m, 10.5m, 12m,

23) J. S. Cho, Design Methodology for Tall Office Buildings: Design Measurement and Integration with Regional Character, I.I.T, 2002

24) Rubaneko, B., Design and Construction of Tall Buildings, Proceedings of Conference, Lehigh Univ, Bethlehem, Pa. 1993

12.5m의 리스스팬이 형성되며, 파사드로부터 큐비클을 3m(W)*4.5m(D)로 기본배치하면, 코어까지 오픈 플랜으로서 복도와 열린 사무공간이 모듈로 계획된다.

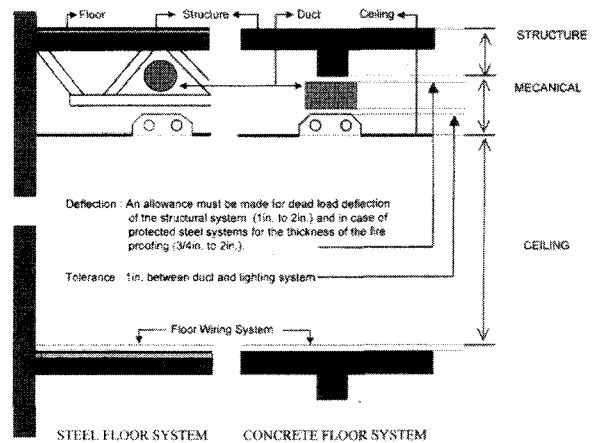
사례조사를 통해 리스스팬의 적용현황을 보면, 7.5m이하의 리스스팬은 0%, 7.6-9m는 3.75%, 9.1-10.5m는 7.5%, 10.6-12.5m는 20%, 12.6-13.5m는 31.25%, 13.6-15m는 28.75%, 15.1-16.5m는 5%로 조사되었다. 조사결과에 의하면 사례대상 초고층건물의 31.25%가 12.1-13.5m를 가장 많이 사용하고 있다. 결과적으로 리스스팬 10.6-13.5m 범위를 조사대상 초고층건물 중에서 51.25%가 사용하고 있다. 사례조사과정에서 초고층평면에 나타난 특성 중 하나는 리스스팬이 이루고 있는 임대공간내에는 화장실, 탕비실, 배전반 등이 모두 코어에 집중되어 있다는 것이다. 이는 공간배치과정에서 <그림 6>과 같이 리스스팬이 코어벽과 마주할 때는 코어가 모든 부대시설을 갖도록 계획하고, <그림 3>과 같이 리스스팬이 외부 파사드 사이에 위치하고 코어의 거리가 먼 경우에는 3.1절에서 언급한 컴비네이션 오피스나 비즈니스 클럽과 같은 방식으로 탕비실이나 회의실 등 공용공간을 복도와 함께 중간영역에 배치하는 것이 기본적 초고층 사무공간의 평면배치 방법이다.

3.3. 층고와 천정고

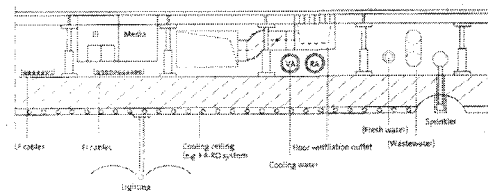
층고와 천정고는 3차원적 측면에서 기하학적 공간인 Z축, 즉 높이를 의미하고 결정하는 실내공간구성 요소이다. 층고의 결정은 공간의 크기뿐만 아니라 초고층건물 공사의 경제성과 밀접한 관계를 가진다. 층고의 미세한 차이는 건물의 높이와 외피면적을 결정하고 이는 구조시스템에 주요한 영향을 미치게 된다. 즉 건물자중의 증가와 세장비를 증가시켜 공사비의 증가와 횡력을 증가시키게 된다.²⁵⁾ 실내공간의 쾌적성을 유지하기 위한 냉방과 난방 및 환기의 부하에도 영향을 미쳐 불필요한 에너지의 증가를 가중시키게 된다.²⁶⁾ 층고계획은 사용자의 요구, 공간의 기능, 구조시스템의 방식, 천정고의 요구높이 등에 따라 결정된다.²⁷⁾ 따라서 층고는 건물 전체높이를 결정하기 때문에 구조와 엘리베이터의 운행시간 뿐만 아니라 외벽, 칸막이 벽, 샤프트외벽, 공기조화설비와 배관

및 통신설비와 같은 수직적 요소의 양에도 영향을 미친다. 문헌에 따르면, 천정고는 사용자가 사용하는 실제공간으로 상업용도는 2.7-3.7m, 사무공간은 2.5-2.7m, 주거와 호텔기능은 2.4-2.7m를 사용한다.²⁸⁾

구조시스템에 따라 천정고와 천정바닥 슬래브사이에서 위치한 설비공간(plenum)의 배치는 달라지며, 전기와 커뮤니티설비를 평면바닥에 이용하는 플로어 와이어링 시스템(floor wiring system)도 공간의 천정고 높이계획에 포함된다. <그림 7>의 다이어그램과 같이 층고는 공간 기능에 따라 실내공간 높이와 설비공간의 조합으로 계획된다. 또한 초고층 공간에서 가장 중요한 요소는 구조시스템을 최대한 활용한 통합적 계획이다.



<그림 7> 층고와 천정고의 관계분석



<그림 8> 층고와 설비공간(plenum)의 예

초고층건물에서 주로 사용되는 구조시스템은 철재(steel)를 사용한 구조와 콘크리트(concrete)를 사용한 구조이다. 사례연구에서 보면, 90%이상의 초고층 건물이 철재를 사용하고 있었으며, 초고층화될수록 철재와 콘크리트를 혼합한 SRC구조를 사용한다. 시카고의 Brunswick Building, DeWitt Building, 휴스톤의 One Shell Plaza 등 고층건물에서 콘크리트를 사용하고 있었는데, 이는 콘크리트 튜브 시스템(Tube System)의 특성을 반영함에 의해 힘의 전달을 외피로 전달함으로써 내부공간 활용을 최대화하기 위한 방법으로 사용하고 있었다.²⁹⁾

28) CTBUH, Architecture of Tall Buildings, McGraw Hill, 1995, p.87
29) 튜브시스템은 기둥의 간격을 3m내지 6m 등 촘촘한 등간격으로 외벽을 형성하여 효과적인 힘을 얻기위한 방식으로 기둥의 간격이 좁아 콘크리트를 다수 사용한다. Schueller, Wolfgang., The Verti

25) CTBUH, Architecture of Tall Buildings, McGraw Hill, 1995
26) 층고의 상승은 외피면적을 증가시키고 설비공간(plenum space)을 증가시켜 기후에 따라 다소 차이는 있으나 전반적으로 에너지사용을 증가시킨다. Cho, Quantitative Study of Architectural Design Factors for Tall Office Buildings, CTBUH International Conference, 2004.10.
27) 이상진·조중수·홍광근, 건축통합디자인방법론, 대가, 2007에 따르면, 층고는 설비공간과 실내공간으로 형성되며, 건물사용자의 요구나 공간의 기능에 따라 달리 적용된다. 이는 실내공간의 통합레벨에 따라 달리 적용되며 통합적 레벨에서는 구조시스템, 급배수 파이프, 환기덕트, 조명기구, 창 위치와 각각의 설비 요소의 색채, 재료, 배치, 창과의 관계, 벽과의 관계 등이 초기단계에서 통합디자인 되어야 한다.

<그림 7>과 같이 콘크리트를 사용한 경우, 가로와 세로의 구조범으로 인해 <그림 8>과 같이 공간환경을 조절하기 위한 덕트 및 파이프의 배치가 빔 밑에서 형성되어 설비공간의 높이가 높아지기 때문에 천정고 계획시 빔의 높이가 고려되어야 한다. 반면, <그림 7>과 같이 철재의 경우는 넓은 기둥간격을 통해 실내평면의 자유로운 공간배치를 최대화할 수 있는 장점과 함께 설비시설도 트러스구조 사이를 활용하여 덕트나 파이프 등을 배치할 수 있어 공간활용에 효과적이고 통합적인 공간구성을 통해 실내공간 배치의 가변성에 유용하다.³⁰⁾

사례조사에 의하면, 3m이하의 층고를 사용하는 건물은 0%, 3.2m 이하는 1%, 3.4m는 6.26%, 3.6m는 7.29%, 3.8m는 13.5%, 4m는 31.25%, 4.2m는 21.88%, 4.4m는 20.63% 대로 조사되었다. 이를 통해 보면, 4.6m이상의 층고를 사용하는 건물은 없었으며, 대부분의 건물은 4.2-4.4m 범위에서 층고높이를 사용하고 있었다. 또한 천정고는 조사된 건축물의 90%이상인 2.6-2.9m의 높이를 사용하고 있었으며, 비교적 설비공간의 높이는 높게 사용하고 있었다. 구조시스템과 설비시스템의 종류에 따라 설비공간높이는 결정되며 사례조사에서는 1.3-1.8m의 높이를 갖는다.

유럽의 경우 사무공간의 채광과 환기를 위해 설비시설을 늘리기 보다는 리스스팬의 길이를 짧게 계획하는 반면, 미국을 비롯한 기타지역의 경우, 공간을 구성하는 천정고의 높이는 비슷하지만 리스스팬의 길이가 비교적 길다. 따라서 사무공간 환경조절이 설비기계의 발전과 밀접한 관련성을 갖는다. 초고층 주거의 경우 미국에서는 천정매입조명이 최소화되고 냉난방이 공기조화방식에 의해 주로 창가에 배치하여 천정설비공간이 최소화 되지만, 한국의 경우 온돌시스템과 조명의 매입 및 냉방기의 천정매입이 증가하여 초고층주거의 경우 설비공간의 높이가 증가함으로써 미국에 비해 층고가 상승한다.

3.4. 엘리베이터

엘리베이터의 대수는 증첩되는 공간의 크기와 예상되는 사용자의 수에 따르며 평면내 코어면적과 기능에 따른 공간계획에 영향을 미치는 요소이다. 6층이상 건물에서 수직운송수단은 엘리베이터와 계단이다. 특히 초고층화 될수록 엘리베이터가 포함된 공간계획과 시스템은 매우 중요한 계획요소이다. 이는 다기능을 갖는 복합용도 프로젝트에 있어서 더욱 복잡한 공간해석과 엘리베이터의 종류산정 및 공간구축을 요구하게 된다.³¹⁾

기본계획 단계에서 필요한 엘리베이터의 수를 설정하

cal Building Structure. Van Nostrand Reinhold Co., New York, N.Y., 1990

30) Quantitative Study of Architectural Design Factors for Tall Office Buildings, CTBUH International Conference, 2004.10.

31) Otis-korea, Elevator planning Book, www.otis.com

는 기본원칙은 연면적을 기준으로 4,645㎡당 1대의 엘리베이터를 계산한다. 엘리베이터의 실제 수를 산정하는데 있어서 건물의 전체인구밀도 뿐만 아니라 대기간격, 엘리베이터의 규모, 속도 등을 결정하는 피크타임의 시스템 가용능력을 고려한다. 인구밀도는 각 사용자에게 주어질 총 사용가능면적의 양으로서, 총 사용가능면적은 거주를 위해 주어지는 공간이며, 총 임대가능면적과는 다르다. 총 사용가능면적은 임대면적으로서 엘리베이터를 포함한 코어의 면적을 제외한 면적이며 각 엘리베이터 존에 따라서 혹은 각 층에 따라서 다르지만 평균적으로 전체건물면적의 80-85%를 차지한다. 인구밀도는 1인당 약 13-15㎡에 이르는 것을 기본계획으로 선정하며, 275명당 1대의 엘리베이터를 산정한다. 기본계획에서는 엘리베이터 1대당 1실로 1실의 크기는 3*3m를 기본모듈로 계획한다.³²⁾

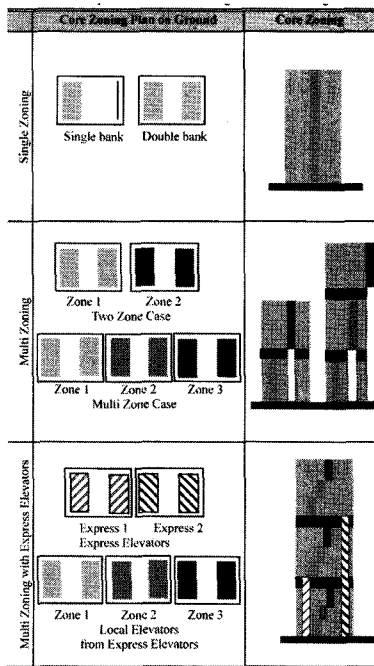
운송용량은 전체인구에 대해 하나의 엘리베이터 시스템이 5분안에 일방향으로 수송할 수 있는 인구의 백분율이다. 바람직한 운송용량은 건물의 위치, 대중교통수단과의 연계성, 건물입주자의 종류 등의 요인에 밀접한 관계가 있다.³³⁾ 운행간격은 상행운송량이 최고점에 도달하는 시기에 바닥층에서의 평균대기시간이며, 허용간격의 양은 건물의 형식과 위치에 따라 다르다. 운행간격은 왕복시간에 의해 직접적으로 결정되며 엘리베이터의 수와 반비례한다. 엘리베이터의 대수 산정은 건물 사용자의 인구밀도와 피크시기의 시스템과 연계되어 운행간격과 엘리베이터의 크기, 엘리베이터의 속도를 결정한다. 계획적 측면에서 운송용량은 각 엘리베이터의 정지회수를 줄임으로서 증가한다. 따라서, 엘리베이터와 코어가 포함된 수직공간계획에서는 엘리베이터를 각각 저층부, 중층부, 고층부로 조닝하여 엘리베이터 대수의 감소에 의한 코어공간의 최소화와 적절한 수직이동시스템을 구축한다. <그림 9>의 다이어그램에서와 같이 싱글 존(single zone)으로 구획하면, 엘리베이터실이 전층에 배치되어 엘리베이터를 사용하지 않는 고층부 평면에서도 실이 구획되어야 한다. 반면, 저층부, 중층부, 상층부로 엘리베이터 시스템을 계획하면, 각 설비층에 엘리베이터 기계실을 설치하여 해당 공간을 제외한 상부공간에서는 엘리베이터

32) Architecture of Tall Buildings, CTBUH, 1995, U.S.A., p.88

Otis-korea, Elevator planning Book, www.otis.com Otis-Korea에 의하면, 사무실은 1대/250-300명이거나 1대/임대면적 2,000-24,000㎡이며, 호텔의 경우 1대/100객실로 규정하고 있다. 엘리베이터의 크기는 저속, 고속, 초고속에 따라 엘리베이터의 카(car)의 크기는 달리 설정된다. 하지만 초고층의 평면계획에서 엘리베이터의 크기는 평면 모듈의 결정과 연관되어진다. 모듈은 수직으로 지나는 건물의 기둥이나 수평으로 지나는 보의 위치 및 방향과 연관되어진다. 이때 엘리베이터는 수직으로 운송되는 교통시스템으로 중간에 기둥이나 수평보에 의해 간섭되어지면 안되므로, 모듈의 결정이 엘리베이터 카의 크기에 영향을 미치게 된다.

33) Otis-korea, Elevator planning Book, www.otis.com

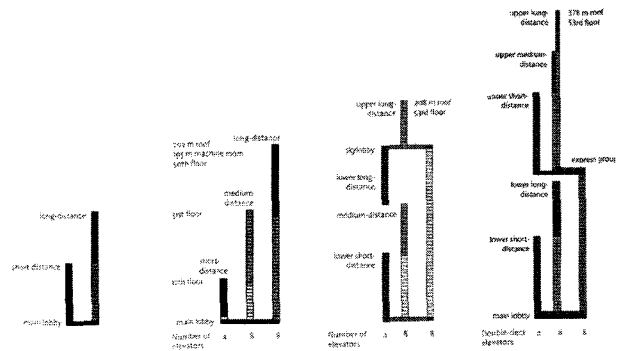
실을 실내공간으로 활용한다. 이러한 방법은 초고층화 될수록 더욱 요구되어지며, 이를 최대화하는 방법으로 스카이로비를 사용한다.



<그림 9> 초고층의 스카이로비와 엘리베이터 시스템

스카이로비는 저층부 엘리베이터가 끝난 후에 고층부에서 사용가능해지는 공간의 가용성을 활용하는 것이다. 고층부 존은 보통 중심부에 위치하게 되는데 이는 상층부에서 얻을 수 있는 증가된 임대가능면적이 주변부로부터 적절한 거리를 유지하고 다양한 입주자를 위한 개발을 가능하게 하기 위한 것인 동시에 임대공간의 효율을 최대화하기 위한 공간구축방법이다. 스카이로비의 개념은 <그림 9>와 같이 지상레벨에서 고층로비로 승객을 운송하는 고속왕복차량을 운행하면서 각 엘리베이터 존으로 연결시키는 것이다. 이러한 개념은 수직으로 연결된 2개 이상의 건물을 만들며 독자적인 지역 엘리베이터 시스템에 의하여 지상층에서부터 운행되는 고속왕복 엘리베이터를 사용하여 앞서 언급한 엘리베이터의 특성과 계획적 특성을 통합한다. 스카이로비의 방법은 엘리베이터 샤프트의 면적과 건물 저층부에서의 로비면적을 줄여 실내공간 유용성을 최대화 한다. 또한 복합용도 건물에서 타 기능의 시작점으로 사용된다. 엘리베이터의 속도는 일반적으로 2-4층은 20-40m/min, 3-8층은 60-100m/min, 6-10층은 100-150m/min, 11-15층은 150-210m/min, 16-20층은 210-240m/min 이며 100층을 초과하는 공간에서는 각 건물과 요구속도에 맞추어 제작되어 진다.³⁴⁾

34) CTBUH, Architecture of Tall Buildings, McGraw Hill, 1995, p.88
Otis-korea, Elevator planning Book, www.otis.com, 2009에 의하면, 사무실에서 사용되는 엘리베이터는 평균적으로 10-15층을 한



Short and long-distance group, UEC Building, Westend Strabe, Petronas Tower

<그림 10> 초고층의 스카이로비와 엘리베이터 시스템의 예

사례조사로 보면, 60층 이상의 초고층건물에서 대부분 스카이 로비를 사용하고 있으며, 대다수의 초고층건물이 3개 이상의 엘리베이터 뱅크를 저층부, 중층부, 고층부로 나누어 사용한다. <그림 10>의 예로 보면, 독일의 UBC Building은 저층부, 중층부, 상층부로 엘리베이터시스템을 구획하여 공간을 활용하였고, 독일의 Westend Strabe와 말레이시아의 Petronas Tower의 경우와 같이 초고층화 되면서 스카이로비를 계획하여 작은 엘리베이터 공간을 중복활용 하도록 계획하고 있다. 시카고의 Sears Tower와 같이 단일 사무용도인 경우에도 2개 존의 스카이로비를 통해 공간의 활용과 수직동선시스템을 최대화하고 있었으며, 시카고의 John Hanck Center와 같이 사무공간과 주거공간이 복합된 경우에는 두 기능의 분리 및 수직동선시스템의 최대화를 위해 스카이 로비를 적극 활용되고 있었다. 한국의 Tower Palace, Hyperion, I-Park 등과 같은 초고층 주거의 경우에도 저층부와 고층부를 분리하고 저층부의 기계실부분에 휘트니스 센터와 게스트 룸, 스카이 가든 등 부대시설을 배치하여 사용하고 있었다.

3.5. 코어

초고층건물에서 평면의 공간구성은 외주부(perimeter zone), 내주부(interior zone), 코어부(core zone)로 구분한다. 외주부는 외부환경과 근접한부분이며, 코어로부터 내주부를 통하여 접근이 가능한 임대공간이다. 내주부는 조명과 환기가 설비에 의하여 형성되는 임대공간을 의미하며 코어와 인접하고 있다.³⁵⁾

단위로 움직이며 20층이 초과되면 2개이상의 엘리베이터 그룹으로 나누어야 효율적인 것으로 언급하고 있다. 또한 엘리베이터는 그룹으로 지어져 각각 뱅크(bank)로 계획되는데 뱅크내 엘리베이터 로비는 항상 양방향으로 개방되도록 계획하고 건축구조물의 돌출이 없이 계획되어야한다. 또한 로비(복도)의 폭은 저속일 경우 엘리베이터 카깊이의 1.5배 또는 1.6m 이상이어야 하며 초고속일 경우는 한 뱅크에 4대 이상이 마주보며 이때는 카깊이의 2배 또는 최소 로비복도폭이 3m이상이어야 한다.

35) 조종수·이병호·여영호, 친환경성을 고려한 고층집합주거 건물형태 비교분석, 대한건축학회 24권 2호, 2008. 2에 의하면, 외주부는 3m

건물의 각층을 가변성 있게 계획하는 것은 면적이 입주자나 기타의 이유로 나누어질 수 있는 세부단위의 수와 관계가 있으며, 공간내 복도의 경우 코어에 위치하든 그 주변에 위치하든 경제성에 도움을 줄 수 없기에 경제성을 위해 복도를 최소화 할 수 있는 세심한 코어계획이 요구된다.³⁶⁾

건물의 코어는 크게 중앙형 코어, 분리형 코어, 단독형 코어로 대 분류된다. 중앙형 코어는 <그림 11>에서와 같이 코어공간을 건물평면의 중앙에 배치하는 것이다. 분리형 코어는 건물평면의 중앙에 대단위 실내공간을 만들기 위해 코어를 양측으로 분리하는 배치이다. 단독형 코어는 유용한 실내공간을 위해 건물의 한편으로 코어를 배치한다. 중앙형 코어는 실내공간이 모두 외부파사드에 접하는 특성이 있다. 특히 코어부 내부에 각 공간으로 연결되는 복도를 코어공간에 설치하여 외주부와 내주부 모두를 실내공간으로 활용할 수 있는 배치이다. 또한 코어를 코어월(core wall)을 통한 구조시스템으로 횡력에 효과적으로 저항하면서, 내부의 기둥을 최소화하는 방법이다. 분리형 코어는 <표 11>의 예(Bank One, OUB Bank)와 같이 단일 은행본사나 전시공간 및 문화공간에 적용이 용이하다. 하지만 저층부 대형업장이나 전시공간을 제외한 상층부 사무공간은 대형 중복도가 요구되므로 공간의 리스스팬이 지나치게 커지고 사용자의 변화에 대한 공간활용이 용이하지 않다. 그러나 코어부분을 내주부지역과 인접하게 하여 접대, 집회, 저장 등의 목적을 위한 공간으로 사용 할 수 있다. 단독형코어는 초고층건물 보다는 40층 이하 중소규모의 사무소건물에 적합하다.³⁷⁾

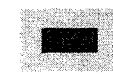





코어의 기본적 요소는 엘리베이터실, 엘리베이터 로비, 기계실, 통신실, 배관설비공간, 공기조화공간, 계단 등이 있다. 복합형 코어시스템(utility core system)은 기본적 코어요소에 공간활용을 최대화하기 위한 평면구성 방법을 의미한다. 이 복합형 코어내에는 코어의 기본적 요소와 공간구성에 필요한 화장실, 창고, 탕비실, 복사실, 자판기공간, 대기실 등 부대시설이 포함된다. 계단실의 출입구는 코어내에서 최대한 서로 멀리 배치하여 피난에 대비하며, 피난거리는 각 평면내에서 50m를 초과하지 않

에서 6m이며, 이는 외기와 접하여 외부환경에 영향을 받는 공간이다. 내주부는 외기와 관계가 적은 공간으로 환기와 채광이 설비에 의하여 이루어지는 공간을 의미한다. 코어부는 엘리베이터, 계단, 설비시스템을 위한 공간으로 초고층의 수직공간과 수평공간을 이어주는 중심적 공간을 의미한다. 공간의 에너지를 측정하기 위해서는 자연광과 자연환기가 가능한 외주부와 자연광과 자연환기가 어려운 내주부를 나누어 측정하여야 한다.

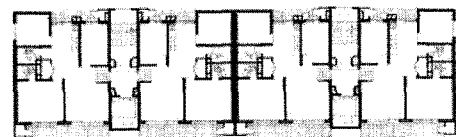
36) Powys, R.O., Economic Aspects of Planning and Design of Tall Buildings, Report on Environmental Aspects of Planning and Design of Tall Buildings, Fritz Eng. Lab. Report 362.32, 1971, PA.

37) CTBUH, Architecture of Tall Buildings, McGraw Hill, 1995

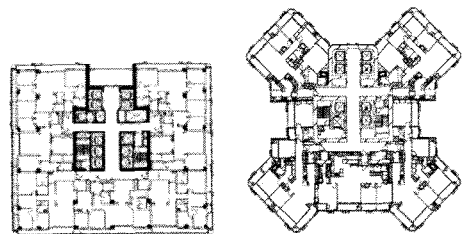
도록 계획한다. 시카고시에 의한 피난계단까지 보행은 수직적 보행거리로 측정하고(Chicago Building Code, 2000) 보행거리는 최대 45.72m(150ft)이내이어야 한다.(code 10, 13-160-140) 기계실용 팬룸은 면적과 모양의 개조가 용이한 곳에 위치하여야 하며 초고층에서는 30-50층 마다 설치되는 기계층(mechanical floor)에 설치하는 것이 효과적이다.³⁸⁾

코어분류	코어별 개념도	코어의 예
중앙형	case I	 Dominion, Central Plaza
코어	case II	 Sunstone 60, 63 Building
분리형	case III	 Bank One, Commerz Bank
코어	case IV	 OUB, Tokyo City Hall
단독형	case V	 NTT, Pepsi Cola
코어	case VI	 Inland Steel, Crown Zellerbach

<그림 11> 코어계획과 평면의 예



매일삼성아파트 기준층 평면의 예



타워팰리스 기준층평면

하이패리온 기준층평면

<그림 12> 한국 초고층주거 평면과 코어의 예

사례조사에 의하면, 초고층건물의 93%가 중앙형 코어를 사용하고 있었으며, 3%가 분리형 코어를 사용하고 있었다. 단독형코어도 4% 사용하고 있었지만, NTT와 같이 40층대의 중규모에서만 사용하고 있었다. 분리형 코어를 사무공간보다는 Bank One, Commrz Bank, OUB,

38) CTBUH, Architecture of Tall Buildings, McGraw Hill, 1995

Shanghai Bank 등 저층부에 대단위 업장을 요하는 은행에서 사용하고 있었다. 그러나 80층을 초과하는 초고층 건물에서는 구조적 안정성을 고려한 중앙형코어가 모두 사용되고 있다. 한국의 경우에서도 40층이하의 주거건물에서는 <그림 12>에서와 같은 판상형아파트가 사용되고 있었지만, 40층을 초과하는 초고층주거의 경우 타워팰리스 I, II, III, 하이패리온, I-파크, 트럼프타워 등과 같이 중앙형 코어를 복합코어로 활용하여 복도의 공간을 최소화하고 실내공간을 최대화하는 방법을 주로 사용하고 있다.

4. 결론

본 연구는 초고층건물의 공간이 구성되는 주요요소의 기본이론과 디자인현황을 파악하기 위해 문헌적 고찰과 사례조사를 통해 초고층건물 공간계획의 기본단계에서 요구되는 공간계획의 틀을 제시하였다. 이를 위하여 행한 문헌고찰과 사례조사를 통해 본 연구의 내용을 정리하면 다음과 같다.

먼저, 문헌조사와 초고층 시장동향조사를 통해, 초고층 건물은 현재 두드러진 세계화 추세로서 급속히 성장하고 있었고, 국내에서도 40층 이상 규모의 초고층이 지속적으로 건설되고 있었다. 2009년 건설교통평가원의 자료에서와 같이 주거를 벗어나 복합용도로서 100층 이상의 건물이 급속히 계획되고 건설되고 있다. 이와 같은 자료를 통해 초고층건물 공간을 구성하는 계획기술은 향후 지속적으로 연구되고 개발되어야 함을 알 수 있다. 이를 위한 공간계획의 기본자료로서 본 연구에서 조사한 공간계획요소의 기본적 틀을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 모듈계획은 공간을 형성하는 기본단위이며 변화하는 공간기능과 새로운 사용자의 요구에 유연성을 갖기 위한 중요한 기본단위요소이다. 문헌조사에서 건물의 모듈은 사무기능, 주거기능, 호텔기능에서 1.4-1.7m범위를 사용하지만, 주로 1.5m를 기본모듈로 사용한다. 1.5m모듈은 천정시스템을 통해 조명, 디퓨저, 스프링클러 등 설비시설 배치에 적합하며, 구조시스템 또한 2-way flat slab인 경우 7.5m간격, 2-way flat plate인 경우 12m, open truss인 경우 13.5m를 기준으로 사용한다. 이는 기능에 따른 오픈 플랜, 큐비클 오피스, 컴비네이션 오피스, 비즈니스 클럽 등의 공간배치를 구조와 설비시스템이 제약하지 않는 자유로운 배치를 가능하게 한다. 사례조사에서도 86.3%의 건물이 1.5m모듈을 기본단위모듈로 사용하고 있었고 0.6-0.9m와 같이 작은 단위의 모듈은 사용하지는 않았다. 공간에 영향을 미치는 구조기둥은 공간에서 최소화되지만 필요시 1.5m의 배수로 디자인하고 있으며, 공간벽과 만나는 외벽파사드 간격은 1.5m 또

는 그의 배수를 사용하고 있다.

둘째, 리스스팬계획은 외주부와 내주부로 연계된 공간으로서 임대공간을 형성하는 실의 깊이이며, 기본모듈에 의하여 결정되는 계획요소이다. 문헌조사에서 리스스팬의 깊이는 큰 단일 입주그룹이나 은행 및 전시공간 등 특별한 공간기능을 제외하고, 사무소의 경우 10-14m, 호텔의 경우 6-9m를 적정단위로 사용하며, 에너지 측면에서, 문헌에 의한 사무공간 적정리스스팬은 12-13.7m이다. 사례조사를 통한 리스스팬의 적용현황은 10.6-12.5m는 20%, 12.6-13.5m는 31.25%, 13.6-15m는 28.75%로 문헌에서 언급한 10-14m범주와 에너지 효율성에 의한 리스스팬길이 12-12.7m, 그리고 구조, 설비시스템, 평면배치 유연성을 고려한 1.5m모듈을 통합적으로 정리하면, 초기 기본설계과정에서 리스스팬의 길이는 12-13.5m 범위가 적정하다.

셋째, 층고와 천정고는 사용자가 거주하는 실내공간의 높이를 결정짓는 계획요소이다. 특히 초고층건물의 층고는 실내공간의 부피뿐 아니라 외피의 면적, 구조시스템, 건물공사, 건물유지의 효율성과 경제성에 밀접히 연계된다. 문헌조사에서 층고는 실내공간높이와 설비공간높이를 포함한 구조체간의 높이로서 구조시스템에 따라 설비공간의 배치가 달리 적용되므로 실내공간계획시 구조시스템과 설비시스템, 플로어 와이어링 시스템과 천정높이가 통합적으로 계획되어야 한다. 천정고는 상업용도가 2.7-3.7m, 사무공간이 2.5-2.7m, 주거와 호텔기능이 2.4-2.7m를 적정 높이로 계획한다. 사례조사에 의하면, 층고가 4m는 31.25%, 4.2m는 21.88%, 4.4m는 20.63%였으며, 90% 이상의 초고층건물에서 2.6-2.9m 범위의 천정고를 사용하고 있다.

넷째, 엘리베이터 대수는 중첩되는 공간의 크기와 예상되는 사용자의 수에 따르며 평면내 코어면적과 기능에 따라 공간계획에 영향을 미치는 요소이다. 문헌조사에서 미국의 경우, 엘리베이터의 수는 연면적을 기준으로 1대/4,645m²의 엘리베이터를 계산하고, 인구밀도로는 13-15m²/1인으로 1대/275명의 엘리베이터를 산정하며, 엘리베이터실은 3*3m를 기본모듈로 한다. 한국의 경우, 사무공간은 1대/250-300명, 1대/ 2,000-24,000m² 이며, 호텔은 1대/100객실을 기본으로 계획한다. 사례조사에서 60층 이상의 초고층건물은 스카이 로비를 사용하고 있으며, 대다수의 초고층건물이 3개 이상의 엘리베이터 뱅크를 저층부, 중층부, 고층부로 나누어 사용한다. 스카이 로비의 사용은 고속엘리베이터를 배치하여 층간이동의 시간을 줄이고 중복되는 지역엘리베이터공간을 사용하여 최소의 코어면적을 기본계획 한다.

다섯째, 코어는 공간의 수직동선시스템과 수직설비시스템 및 공간의 부대시설이 모여 있는 공간계획요소로서 중앙형 코어, 분리형 코어, 단독형 코어로 분류된다. 사

레조사에서 초고층건물의 93%가 중앙형 코어를 사용하고 있으며, 3%가 분리형 코어를 사용하고 있다. 분리형 코어는 사무공간보다 저층부에 대단위 업장을 요하는 은행에서 주로 사용한다. 초고층화 될수록 코어는 구조시스템 및 복합코어로 구성되어 주요 횡력에 저항하는 구조시스템의 역할과 함께, 코어공간에 임대공간에서 요구되는 부대시설을 배치하여 임대공간 평면디자인의 유연성을 최대화한다. 한국의 경우에도 40층을 초과하는 초고층주거의 경우 중앙형 코어를 복합코어로 활용하여 복도의 공간을 최소화하고 실내공간을 최대화하는 계획을 사용한다.

서론에서 언급한 바와 같이 초고층은 근대사회이후 보편적 삶의 공간으로서 현대도시 형성과 삶의 장소로서 중요하며, 향후 미래도시 형성 및 삶의 공간으로서 중요한 역할을 할 것이다. 특히 한국은 초고층건축 활성화를 위한 법 개정이 활발히 이루어지고 있으며 다수의 사무와 주거공간이 초고층으로 계획되고 있다. 따라서 초고층공간에 대한 연구는 향후에도 지속적이며 심도 있는 연구가 요구되는 시점이다. 이러한 관점에서 본 논문이 초고층공간계획의 이해와 향후 연구를 위한 기본 자료로 활용되어 초고층건축 발전에 많은 도움이 되기를 바란다.

15. 임보라·김현수·이성령·김진욱, 현대초고층건물의 형태적 경향에 관한 연구, 대한건축학회 24권 12호, 2008. 12
16. 정창용·김성규·강부성·김진욱, 세계 주요도시의 초고층 주거건축 건설동향 및 특성 비교 연구, 대한건축학회논문집 21권 12호, 2005.12
17. 조종수·이병호·여영호, 친환경을 고려한 고층집합주거 건물 형태 비교분석, 대한건축학회 24권 2호, 2008. 2
18. Jong-Soo Cho, Design Methodology for Tall Office Buildings: Design Measurement and Integration with Regional Character, Illinois Institute of Technology, 2002
19. Quantitative Study of Architectural Design Factors for Tall Office Buildings, CTBUH International Conference, 2004. 10
20. 서울시정개발원, 초고층주택의 보완과제의 개선문제, 2007
21. 이호·정무용·임원복, 초고층건축의 현황 및 계획 설계 고려사항, 건축학회지, 2000년 8월호
22. 조주환, 도시와 초고층건축, 대한건축학회 초고층도시건축위원회 뉴스레터, 2006. 9

[논문접수 : 2009. 11. 30]
 [1차 심사 : 2009. 12. 25]
 [2차 심사 : 2010. 01. 25]
 [게재확정 : 2010. 02. 05]

참고문헌

1. Council on Tall Building and Urban habitat, Architecture of Tall Buildings, McGraw Hill, USA, 1995
2. Daniels, Klaus, Low-tech Light-tech High-tech. Birkhauser/Princeton Arch Press., Germany, 1998
3. Heinle, Erwin, Leonhardt, Fritz., Towers: A Historical Survey. Rizzoli International Publications Inc., New York, N.Y., 1989
4. Kotera, Trends in the development of tall buildings in Poland, in Planning and Design Tall Buildings, Proceedings of Regional Conference, Nov., 1972
5. Johann Eisele, Ellen Kloft, High-Rise Manual: Typology and Design, Construction and Technology, Birkhauser, Basel, 2003
6. Otis-korea, Elevator planning Book, www.otis.com, 2009
7. Powys, R.O., Economic Aspects of Planning and Design of Tall Buildings, Report on Environmental Aspects of Planning and Design of Tall Buildings, Fritz Eng. Lab. Report 362.32, PA. USA, 1971
8. Rubaneko, B., Design and Construction of Tall Buildings, in Planning and Design of Tall Buildings, Proceedings of Conference, Lehigh University, Bethlehem, Pa., August 1972, vol. Ia; American Society of Civil Engineers, New York, N.Y., 1973
9. Saliga, Pauline A., 1990. The Sky's Limit, Rizzoli, New York, N.Y. 1990
10. Schueller, Wolfgang., The Vertical Building Structure. Van Nostrand Reinhold Co., New York, N.Y., 1995
11. Schulze, F., and Harrington K., Chicago's Famous Buildings, The University of Chicago Press, Chicago, IL., 1993
12. Yeang, Ken., Design with Nature: The ecological basis for architectural design. McGarw-Hill, Inc., New York, N.Y., 1995
13. www.ctbuh.org
14. 이상진·조종수·홍광근, 건축통합디자인방법론, 대가출판, 2007