

# 건물시스템의 분석과 통합 방법에 관한 연구: 리차즈 의학 연구소 건물의 사례분석을 중심으로

최준성<sup>1</sup>, 임재호<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 건축학과, <sup>2</sup>대전대학교 건축학과

## Building System Analysis and Integration: Case Study on Richards Medical Research Building

Joon-Sung Choi<sup>1</sup> and Jae-Ho Im<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Architecture, Chungnam National University

<sup>2</sup>Department of Architecture, Daejeon University

**요약** 본 연구의 목적은 건물시스템들에 관한 이해를 돕고 이들을 체계적으로 분류하는 방법과 통합하는 방법들을 제시하는데 있다. 건물의 구성요소들을 구조, 설비, 외피, 실내의 네 가지 주요한 건물시스템으로 분류하였고 이에 따라 세부적인 시스템들을 구분하였다. 시스템들 사이에서 가능한 통합의 유형들을 모두 11가지로 분류하였으며 통합의 방법을 물리적, 시각적, 기능적 통합의 세 가지 주요한 방법과 열두 가지의 세부기법들로 제시하였다. 또한, 도출한 건물시스템의 분류와 통합방법을 루이스 칸이 설계한 리차즈 의학 연구소에 적용하여 건축 프로젝트를 건물 시스템 통합의 측면에서 분석하는 방법을 제시하고자 하였다.

**Abstract** The purpose of this paper is to provide an understanding of building systems and to propose methods of building system analysis and integration. Building components are classified into four major systems; structure, mechanical, envelope, and interior system. There are 11 combinations between major systems. Three integration modes(physical, visual, and functional integration) and 12 integration strategies are proposed. A case study of Richards Medical Research Buildings designed by Louis I. Kahn was conducted from the perspective of building system analysis and integration.

**Key Words** : Building Systems, Building System Integration, Richards Medical Research Buildings

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

#### 1.1.1 연구의 배경

Stephen Groak는 “The Idea of Building” (1992)에서 새로운 건축기술들이 건물 디자인에 끊임없는 변화를 가져오고 있음을 주시하였다. 첫 번째 변화는, 건물에 적용되어 사람들에게 유익을 줄 수 있도록 상품화된 새로운 건물 시스템들의 출현이다. 새로 발전된 시스템관련 제품들은 프로젝트가 처한 상황과 문제에 대응할 수 있는 다양한 선택과 해결방법들을 제시하며, 경제와 디자인분야

양 측면에서 새로운 영역을 개척한다. 두 번째 변화는 과거에 존재하지 않던 건물 유형의 출현에 따라 요구되는 새로운 프로그램과 연관되어 있다. 연구소의 실험실, 청정실, 컴퓨터 센터 등은 건물들이 일반적으로 수행해오던 기능과 많은 차이가 있다[1]. 현대의 건물들에서 요구되는 복합적이며 전문화된 프로그램들을 충족시키기 위해서는 건물시스템들에 대한 이해와 경험이 필수적이며 시스템들 상호간의 조율과 통합의 노력이 없이는 건물 디자인의 목표를 달성하기가 어려운 실정이다. 건축실무에서 건물시스템들은 주로 분야별 전문가들에 의해 결정되고 건축가는 중간에서 이들을 조정하는 역할을 수행하는 것이 일반적이다. 하지만 건물시스템들이 더욱 다양화되

\*교신저자: 임재호(jhim@dju.ac.kr)

접수일 11년 02월 07일

수정일 11년 03월 02일

계재확정일 11년 03월 10일

고 전문화되어 가는 추세 속에서 건축가 개인의 경험에 의존한 조정방식은 그 한계가 뚜렷할 수 밖에 없다.

건축교육 분야에서도 5년제 건축학 프로그램들이 건축교육학 인증제도의 학생수행평가기준들에 의거하여 건물시스템과 관련한 교육내용들을 보완하고 추가하는 노력들이 시급한 때이다. 이에 따라 기존의 세부전공분야별 담당교수에 따라 독립적으로 진행해오던 방식에서, 이들 분야들을 통합하는 과목을 개설하거나 설계와 기술과목들을 서로 연계하여 운영하는 방식으로의 전환과 시도들이 이루어지고 있다. 건물시스템 과목의 신설, 캡스톤 디자인 스튜디오의 운영 등이 이에 대응하는 좋은 예라 할 수 있다.

하지만 이렇게 건축실무와 교육 분야에서 요구되어지는 건물시스템의 통합을 위한 계획기법과 적용사례들에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 본 연구의 목적은 건물의 구성요소들을 건물시스템들로 분류하여 분석하는 틀을 마련하며, 건물시스템들을 조정하고 통합하는 방법들을 제안하는데 있다. 건물시스템을 분석하고 통합하는 방법들을 정리하였고 이를 토대로 루이스 칸이 설계한 리차즈 연구소 프로젝트를 분석하였다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

건물시스템을 분석하고 통합하는 방법을 도출하고 적용하기 위하여 다음과 같이 연구의 범위와 방법을 설정하였다. 이론고찰을 통하여 건물시스템들을 분류하는 방법과 통합하는 방법을 알아본다. 건물시스템의 정의를 파악하고 건물의 구성요소들을 주요한 건물시스템으로 분류한다. 디자인과정에서 건물시스템 통합이 가지는 의미를 알아보고 통합의 유형과 방법들을 체계적으로 정리한다.

사례분석을 통하여 앞에서 도출한 건물시스템의 분류와 통합방법을 루이스 칸이 설계한 리차즈 의학 연구소 프로젝트에 적용한다. 사례분석의 순서와 방법은 첫째, 프로젝트의 개요 및 기술적인 이슈들과 디자인 의도를 조사하고, 둘째, 선택한 건물시스템들의 주요 특징들을 파악한다. 셋째, 건물시스템 통합의 유형과 방법을 분석한다. 결론에서는 연구의 결과를 요약하며 본 연구의 의의와 한계점을 밝힌다.

## 2. 건물시스템의 분류체계

### 2.1 건물시스템의 이해

#### 2.1.1 건물시스템의 정의

시스템에 관한 과학적이고 전통적인 정의는 시스템을 정보, 힘, 혹은 재료 등에 있어서의 상호호흡이나 관계로 규정한다. 현대에 있어서는 시스템을 하나의 명확한 대상으로 보기보다는 어떠한 기능을 같이 충족시키거나 여러 개가 모여 조직을 이루거나 일정한 규칙이나 특성을 공유하는 일종의 체계 혹은 네트워크의 망으로 해석하는 경향이 있다[2]. 본 연구에서는 건물시스템을 이러한 해석에 근거하여 건물의 구성요소들이 모여 이루는 조직이나 충족하는 기능, 혹은 공유하는 특성에 관한 구성체계로 보기로 한다. 주요한 건물시스템으로 구조시스템, 외피시스템, 기계·설비시스템, 인테리어시스템이 있으며 이들을 분류하는 방법은 ‘2.2 건물시스템분류’에서 다루기로 한다.

#### 2.1.2 건물시스템의 등장 배경

건물을 이루는 요소들과 구성방법에 있어서 가장 급격한 변화를 이룬 시기는 산업혁명이었다. 산업혁명 이전의 건물들이 대부분 구조와 벽체가 일체화된 방식이었다면 산업혁명 이후에는 구조와 벽체의 공간적인 분리가 자유롭게 이루어지기 시작했다. 건물 구성요소들의 규격화와 대량생산은 건물디자인의 과정과 건축가의 역할 변화에 많은 영향을 미쳤다. 건물의 거의 모든 부분들을 건축가가 직접 설계하고 장인들이 이를 구체적으로 만드는 방식에서 공장에서 혹은 현장에서 제작된 제품들을 프로젝트의 요구사항과 디자인 의도에 따라 선택하고 이를 조정 통합하는 방식으로 전환되기 시작했다. 대표적인 예로 조립식 철골 가구식 구조와 프리캐스트 콘크리트 구조 등의 구조시스템과 커튼월로 대표되는 외피시스템을 들 수 있다. 또한, 과학기술의 발전과 더불어 냉·난방, 전기, 상하수도 등의 설비관련 시설들을 이용하는 경우가 급격히 늘어남에 따라 이들 설비시스템을 건물에 어떻게 수용하는 가는 점점 중요한 이슈가 되었으며, 특히 연구소 건물의 출현은 실내 환경에 관한 매우 엄격한 성능기준들을 요구하였다. 최근에는 환경에 대한 관심이 증가함에 따라 친환경 마감재는 물론 조명 등의 인테리어 시스템을 패시브 외피시스템, 에너지 절약형 냉난방 장치 등과 자동제어 장치로 연계하는 등 건물은 더욱 세분화된 시스템들로 구성되는 추세이다.

## 2.2 건물시스템의 분류

### 2.2.1 건물시스템의 분류방법

건물시스템들을 분류하는 방법에 관한 주요 이론들을 정리하면 아래와 같다. Leonard Bachman은 건물시스템을 대시스템(macro-system)과 부시스템(subsystem)으로

나누었으며 대시스템을 대지(Site), 구조(Structure), 외피(Envelope), 서비스(Service), 실내(Interior)의 5개로 구분하였고 각각의 대시스템에는 여러 부시스템들이 있다고 주장하였다. 건물시스템에 대한 분류와 위계를 명확히 제시하였으나 5개의 대시스템 중 하나인 대지시스템은 대지형상, 인근 구조물, 조경 등 건물단위에서 시스템으로 정의하기 어려운 범위와 속성을 가진 것으로 판단된다. Richard Rush는 건물시스템을 구조(Structure), 외피(Envelope), 기계(Mechanical), 실내(Interior)의 4가지로 분류하였으며 이들 시스템 상호간의 조합과 통합의 정도에 주목하였다. 하지만 제시한 시스템들과 건물사례들이 1980년대 이전이었으며 물리적인 통합에 머무른 측면이 있었다. 이밖에 Julia Mcmorroug는 구조시스템, 기계시스템, 조명, 계단, 문, 창문과 유리로 구분하여 시스템과 구성요소를 설명하였으나[3] 이에 대한 개념과 구분의 원칙이 명확치 않았으며 위의 두 이론들에 비해 내용이 미흡한 것으로 나타났다. 2.1.1에서 밝힌 건물시스템의 정의에 근거하여 기존 선행 연구들의 분류 체계를 다시 정립할 때 건물시스템을 4개의 주요건물시스템(major building system)과 각각의 주요건물시스템을 이루는 구성요소로서의 세부건물시스템(sub building system)으로 구분하였다. Richard Rush의 이론을 참조하여 4개의 주요 시스템들을 구조시스템(structure system), 기계설비시스템(mechanical system), 외피시스템(envelope system), 실내시스템(interior system)으로 구분하였으며 세 이론을 종합하여 주요시스템의 역할과 구성요소들을 논하였다.

### 2.2.2 건물시스템의 역할과 구성요소

(1) 구조시스템(Structure Systems): 구조시스템은 하중이나 힘을 전달하거나 지지하여 건물이 서있을 수 있도록 물리적 힘의 평형상태에 관여하는 일련의 구조부재들로 이루어진 체계를 말한다. 이를 구성하는 요소들은 건물의 기초, 기둥, 내력벽, 보, 트러스, 인장케이블, 가새 등을 들 수 있다.

(2) 기계설비시스템(Mechanical Systems): 기계설비시스템은 건물에 필요한 서비스를 제공하며 공기, 에너지, 물, 열 등을 만들거나 전달 혹은 폐기하는 기계나 장치들로 이루어진다. 공기조화장치 혹은 냉·난방 설비, 발전 및 전기배선, 상하수도 시설, 화재, 보안경보 시스템들이 이에 속한다. 별도의 공간을 요구하는 경우가 많으며 주로 구조시스템에 부착 혹은 지지되어 연결된다.

(3) 외피시스템(Envelope Systems): 실내와 실외의 경계부분으로 건물을 기후나 소음 등의 외부환경으로부터 보호하며, 빛, 환기 등으로 실내 환경을 조절하고 색채와 형태 등 건물의 심미적 특성을 부여하는 역할을 한다. 지붕,

외벽, 창호 등이 있으며 주로 구조시스템에 연결되어 지지되며 실내시스템과의 시각적 기능적 연계가 필요하다.

#### (4) 실내시스템(Interior Systems)

건물의 내부에서 이루어지는 사람들의 활동을 지원하며 쾌적함과 안락함을 제공한다. 조명, 가구, 실내마감 등 건물내부에 보이는 요소들이 실에서 요구하는 목적을 충족시키기 위해 물리적 혹은 기능적으로 연결되거나 반복되어 일정한 패턴을 만드는 경우를 의미한다. 천장마감, 바닥마감, 시스템가구, 조명기구 등이 주요 구성요소들이다. 외기에 면한 실들은 외피시스템의 직접적인 영향을 받으며 특히 창호는 두 시스템이 만나고 통합될 수 있는 부분이다.

## 3. 건물시스템의 통합

### 3.1 건물시스템 통합의 목표

건물의 주요시스템간의 통합 혹은 세부시스템간의 통합을 함으로써 건물이 완성하기까지 필요한 재료와 공간 혹은 시간과 비용 등을 절약할 수 있다(정반대의 경우도 나타날 수 있다. 시스템들을 통합하기 위해서는 관련 분야 담당자들과의 협의와 조정이 필요하며 이에 따른 추가적인 시간소요와 시공과정에서의 난이도, 사용 및 교체 용이성 등을 종합하여 통합이 이루어져야 한다). 예를 들면 노출 워플 슬래브 시스템에 조명기구와 스프링클러 시스템 등을 통합한다면, 워플 슬래브의 하부면이 실내시스템의 천정이 됨으로써 천정마감재와 지지구조물을 위한 공간, 조명기구와 전기배선, 그리고 스프링클러를 위한 공간이 절약될 것이다. 이는 층고를 낮추고 공사 공정을 단축함으로써 경제적인 이익을 가져올 수 있다. 이외에도 통합된 시스템은 건축물의 기능을 향상시킬 수 있으며, 텍토닉(tectonic)한 혹은 하이테크(hightech)한 건축물의 이미지를 구축하는데 기여할 수 있다. 시스템들을 통합하는 과정은 건축의 기술적 측면에서의 지식과 경험을 요구하며 동시에 예술적 측면에서의 창의성을 요구하는 디자인 과정의 중요한 일부로 다룰 필요가 있다.

### 3.2 건물시스템 통합의 유형

4가지의 주요한 건물 시스템들 사이에 이루어질 수 있는 통합의 유형을 수학적으로 조합하여 나타내면 아래의 표 1과 같다[2]. 2개의 시스템들 사이의 통합에는 6개의 조합이, 3개의 시스템들 사이에는 4개, 4개의 시스템들의 경우에는 1개의 조합이 가능하다. 이들을 합하면 모두 11가지의 시스템 통합의 조합이 발생한다. 2.1.1.에서 언급한 예의 경우 주요건물시스템간의 통합은 구조와 기계설

비, 인테리어 영역에서 이루어졌으므로 통합의 유형은 ‘S+M+I’이 되겠다. 통합의 대상을 세부건물시스템으로 구체화할 경우에도 시스템통합의 유형을 유사하게 표현할 수 있다. 동일한 예의 경우 노출 워플슬래브에 조명기구와 스프링클러시스템이 통합되었으며 시스템통합의 대상을 ‘S(slab)+M(sprinkler)+I(lighting)’과 같이 구체적으로 표현할 수 있다. 통합하는 시스템의 수가 많을수록 시스템간 조정과 통합의 난이도가 증가함과 동시에 통합으로 인한 효과를 극대화할 가능성이 높을 것이다.

[표 1] 주요건물시스템 통합의 유형

2개 시스템통합	3개 시스템통합	4개 시스템통합
S + E	S + E + M	S + E + M + I
S + M	S + E + I	
S + I	S + M + I	
E + M	E + M + I	
E + I		
M + I		

주) 시스템약어 S: Structure System E: Envelope System  
M: Mechanical System I: Interior System

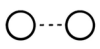

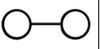


### 3.3 건물시스템 통합의 방법

#### 3.3.1 물리적 통합(PI: Physical Integration)

물리적 통합은 여러 건물시스템들이 일정한 공간을 공유하도록 계획하거나 혹은 시스템 하나하나 별로 독자적인 공간을 할당함으로써 이루어질 수 있다. 물리적 통합은 두 개 이상의 시스템들이 공간에서 서로 만나고 접촉하는 상태에 따라 표 2와 같이 다섯 가지의 세부기법들로 구분할 수 있다[2]. 시스템들을 따로 분리하여 별도의 공간을 주는 ‘분리(Separate)’, 시스템들을 맞대거나 한 시스템위에 다른 시스템을 단순히 올려놓는 ‘접촉(Touch)’, 볼트 혹은 접촉부재를 사용하여 매달거나 상호 연결시키는 ‘연결(Connect)’, 하나의 시스템에 다른 시스템을 삽입하거나 서로 겹치게 하는 ‘중첩(Overlap)’, 두 개 이상의 시스템들을 하나의 공간과 형태로 통합하는 ‘일체(Unify)’가 물리적 통합의 세부기법들이다. 세부기법에 따라 시스템들을 통합하는데 필요한 시간과 조정과정에서의 난이도가 다를 수 있는데 분리 < 접촉 < 연결 < 중첩 < 일체의 순으로 통합의 난이도가 클 가능성이 크다. 서로 다른 재료와 기능의 구성 요소들이 만나고 통합되기 위해서는 계획단계에서는 건축가가 건축적 디테일을 면밀히 준비하여야하고 시공현장에서는 시스템 통합에 관련된 여러

공정들을 적절한 시점에 투입하고 지휘할 수 있어야한다.

[표 2] 물리적 통합의 세부기법

분리	접촉	연결	중첩	일체
				

#### 3.3.2 시각적 통합(VI: Visual Integration)

시각적인 통합은 형태와 크기와 기능이 서로 다른 시스템들을 시각적으로 조화로우며 프로젝트의 디자인의도에 충실한 이미지로 만들어가는 과정이라 할 수 있다. 시각적인 통합을 위한 세부기법들에는 ‘배치(Arrange)’, ‘색(Color)’, ‘재료(Material)’, ‘크기(Size)’, ‘형태(Shape)’의 다섯 가지를 정하였으며 이들을 비교적 단순한 방법부터 차례로 살펴보면, 먼저 시스템들이 놓이는 위치를 조정하는 ‘배치(Arrange)’, 시스템들의 색을 통일하거나 색코드(Color code) 등을 계획하여 적용하는 ‘색(Color)’, 동일한 재료를 사용하는 ‘재료(Material)’, 디자인 의도에 따라 창호, 바닥재, 가구 등의 크기를 맞추는 ‘크기(Size)’, 보다 디자인의 일관성을 부여하기 위하여 같은 혹은 유사한 형태를 유지하는 ‘형태(Shape)’가 있다. 시스템들을 시각적으로 통합하기 위해서는 구성요소들의 재료와 시각적인 특성들을 미리 숙지하고 있어야함은 물론 구성요소들을 조화롭고 아름답게 통합할 수 있는 예술적이고 창의적인 심미안이 요구된다.

#### 3.3.3 기능적 통합(FI: Functional Integration)

공간상의 융통성이나 온도, 습도, 음, 공기, 빛 등에 관한 성능, 혹은 프로그램에서 요구되는 특정한 기능 등을 충족시킬 목적으로 시스템들을 통합할 수 있다. 예를 들면 건물의 폭이 너무 깊어서 자연채광이 불가능한 부분에 실내의 조도를 향상시키기 위해서 천창이나 중정 등을 계획하며 구조와 조명시스템 등을 통합하는 경우가 있다. 기능적인 통합은 독자적으로 수행되기도는 물리적인 시스템 통합의 과정과 함께 이루어지는 경우가 일반적이다.

#### 3.3.4 소결: 통합의 방법과 세부기법

위에서 논한 세 가지의 통합방법과 세부기법들을 종합하면 아래의 표 3과 같다.

[표 3] 통합의 방법

통합의 방법	통합의 세부기법	통합의 난이도	
PI 물리적통합	Separate	분리	작음
	Touch	접촉	↑
	Connect	연결	
	Overlap	중첩	↓
	Unify	일체	큼
VI 시각적통합	Arrange	배치	작음
	Color	색	↑
	Material	재료	
	Size	크기	↓
	Shape	형태	큼
FI 기능적통합	Flexibility	융통성	
	Performance	성능	

주) PI = Physical Integration  
FI = Functional Integration

VI = Visual Integration

### 3.4 건물시스템 통합의 표현

위의 연구들을 종합하여 건물의 전체 혹은 일정한 부분에 있는 시스템들을 분류하고 이들을 통합하는 방법들을 표현하면 ‘통합의 방법(세부기법) = 주요 시스템 이니셜(세부시스템 명칭+세부시스템 명칭) + 주요 시스템 이니셜(세부시스템 명칭+세부시스템 명칭)’과 같으며 표 4은 연구소 건물의 실험실에서 이루어진 시각적인 통합을 분석한 예이다.

## 4. 사례분석: 리차즈 의학 연구소

### 4.1 프로젝트의 개요

#### 4.1.1 건축개요

미국 펜실베이니아대학교에 세워진 리차즈 의학 연구 건물(Alfred Newton Richards Medical Research Building)은 루이스 칸의 "과학을 위한 작업실(studios for science)"

이란 개념이 최초로 실현된 프로젝트이다. 1961년 한 개의 중앙 서비스동과 세 개의 실험동이 지하 1층과 지상 7층 연면적 10,121m<sup>2</sup>의 규모로 완공되었고 1965년 두 개의 실험동이 증축되었다. 실험실동은 한 번의 길이가 45 feet(13.5m)인 정사각형 형태의 평면으로 건물 내부에 벽체나 기둥이 전혀 없는 오픈 플로어로 계획되었다. 당시 프리캐스트 콘크리트 구조의 전문가였던 August Kommendant와 기계설비의 Fred Dubin 등과의 긴밀한 협업을 통하여 시스템들을 통합하였다.

#### 4.1.2 주요 기술적 이슈들

프로젝트의 시스템선정과 통합에 영향을 미친 가장 중요한 기술적인 이슈들을 관련 자료들을 토대로 종합하여 정리하면 아래와 같다(분선대상사례에 관한 내용을 다루는 국내의 작품집 15권, 어록 3권, 이문서 5권 및 건물 시스템과 시공관련 도서 6권에서 가장 빈도수가 높은 5가지 이슈들을 종합 편집한 것임).

첫째, 대지가 협소하고 많은 사람들이 생활하는 캠퍼스에 위치하여 시공단계에서 재료의 적재와 철근 배근 및 거푸집 작업 등을 위한 장소 마련이 어려움.

둘째, 실험실에서 발생하는 오염된 공기를 따로 분리하여 배출하며 실내에 신선한 공기를 유입할 것.

셋째, 다양하며 때론 예측하기 힘든 상이한 실험들을 충족시킬 수 있는 서비스 체계를 제공할 것.

넷째, 확장과 축소 등의 미래 변화에 대응할 수 있는 공간을 계획할 것.

다섯째, 어둡고 폐쇄적인 방으로 고립된 실험실을 지양하고 쾌적한 실험 및 연구 환경을 조성할 것.

#### 4.1.3 디자인 의도

주요한 기술적인 요구들에 대한 건축가의 디자인 접근 방향을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 고밀의 수직적인 연구소 건물을 프리캐스트 콘크리트 구조 프레임 시스템으로 현장에서 조립하고 이들이 건물에서 어떻게 구성되는가를 표현.

둘째, ‘서비스를 받는 공간(served space)’와 ‘서비스를 주는 공간(servant space)’의 분리와 이의 건축 형태와 평

[표 4] 건물시스템 통합의 표현 예

위 치		통합 방법		통합된 시스템		시스템 통합의 표현
실번호	실명	주요방법	세부기법	주요시스템	세부시스템	
A201	실험실	시각적통합	재료	구조시스템	트러스, 슬래브	시각적통합(재료)=구조(트러스+슬래브)+실내(바닥+벽) 혹은, VI (Material) = S (truss+slab) + I (floor+wall)
				실내시스템	바닥, 내벽	

주1) 위의 예는 실내에 시스템 통합이 이루어진 경우이며 실외의 경우 도면상에 별도의 위치 표시가 필요할 수 있다.

면에서의 표현.

셋째, 중앙의 서비스타워를 중심으로 실험동들을 배치하고 시스템들을 실험실 내부 천정에 노출 통합하여 서비스에 대한 접근성을 용이하게 계획.

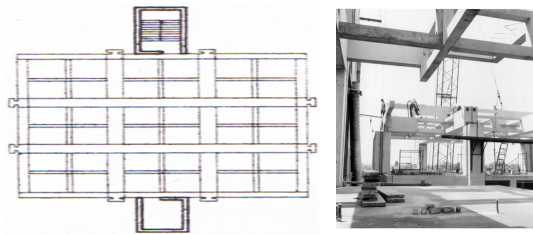
넷째, 건물 내부에 벽체나 기둥이 전혀 없는 오픈 플러어로 실험동들을 계획.

다섯째, 예술가의 작업실 같은 실험실(studios for science)을 위해 캔틸레버구조의 코너를 계획하며 실험실의 네 면 모두가 외부환경에 면할 수 있도록 유리로 마감.

## 4.2 주요 건물시스템 분석

### 4.2.1 구조 시스템

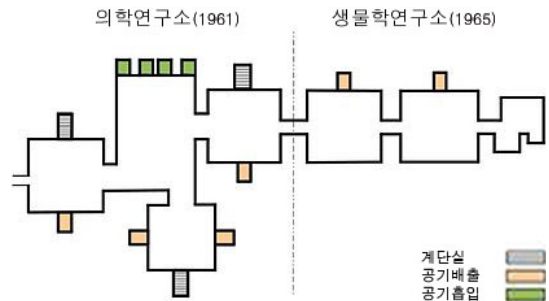
중심 서비스 타워(central service tower)와 실험동의 구조는 프리캐스트 콘크리트 프레임(precast concrete frame) 시스템으로 만들어졌다. 협소하고 혼잡한 부지 사정으로 구조부재들은 공장에서 만들어지고 운송되어 현장에서 곧바로 조립되었으며 연결 철근에 인장력을 가하여(post tensioned) 완성되었다. 45 feet(13.5m) × 45 feet(13.5m)크기의 정사각형 형태의 실험실동의 구조는 한 변에 2개씩 총 8개의 약 86cm의 H형태의 프리캐스트 콘크리트 기둥들과 3 feet(90cm) 깊이의 프리캐스트, 프리스트레스 콘크리트 비렌델 트러스 프레임(precast, prestressed concrete Vierendeel truss frame)으로 이루어졌다. 실험실 평면은 9개의 15 feet (4.5m) × 15 feet (4.5m)의 정사각형으로 나뉘지며, 9개의 정사각형들은 다시 4개의 작은 정사각형으로 분할된다[4]. 바닥은 이방향 콘크리트 슬래브로 이루어졌다. 중앙서비스 타워나 인근 실험실에 이르는 연결 통로를 제외한 면에는 한 개의 계단실과 1개 혹은 2개의 배기를 위한 수직타워들이 현장 타설 콘크리트 구조로 세워지고 외벽은 인근 캠퍼스건물의 주재료인 적벽돌로 마감하였다. 구조기술사인 Komendant가 프리캐스트 구조 시스템의 설계와 시공에서의 전반적인 감독의 책임을 맡았으며 구조엔지니어링 회사인 Keast & Hood가 배기 타워와 지하실, 기초 등을 담당하였다.



[그림 1] 실험동 구조시스템 평면 및 현장시공사진 이미지 출처: Keast and Hood

### 4.2.2 설비 시스템

설비시스템은 건물의 평면과 입면에서 주요한 실과 상징성을 가지며 표현되고 있다. 중앙의 서비스타워(servant space)를 중심으로 실험동들(served space)을 배치하였으며 실험실(served space)에서 발생하는 배기가스를 안전하게 분리하기 위해 각 실험동 주위에 속이 비어있는 수직 타워(servant space)를 배치하였다. 신선한 공기는 중앙서비스타워의 남쪽에 있는 4개의 수직 타워의 하부에서부터 빨아들여져서 펜트하우스의 공조설비까지 올라간다. 냉난방은 가변풍량의 공조방식(variable air volume system)으로 중앙서비스타워에서 각 실험실로 적절한 온도와 습도의 공기가 공급되며 실험실의 창가를 따라 보조적인 온수발열기(hot water radiators)가 설치되어 난방을 돕는다. 각 실험동의 천정위에는 작업자가 앉아서 일할 수 있을 정도로 충분한 높이를 가진 공간(crawl space)이 하나의 분리된 실로 구조에 통합되어 있다. 이 공간을 통하여 중앙의 유틸리티 샤프트로부터 각 실험실로 배관, 공기덕트, 전기설비 등이 연결된다[5].



[그림 2] 기준층 서비스타워 다이어그램

### 4.2.3 외피 시스템

칸은 건물의 평면에서 계획한 공간의 구성 원리를 건물 형태와 외피에도 확장시켜 적용하였다. 서비스를 담당하는 공간은 벽돌로 마감되어 수직 타워로 치솟게 하였고 실험을 하는 공간은 0.25 inch 두께의 통유리와 벽돌로 마감되어 내부공간에 빛과 조망을 제공한다. 실험실의 외피는 프리캐스트 콘크리트 구조시스템과 유리와 벽돌이 매끄럽게 동일한 수직 마감면을 이루며 건물을 수직적으로 분절하여 스케일감을 부여하고 있다. 10cm 두께의 벽돌 뒤에는 얇은 단열층이 있고 그 다음에는 10cm 두께의 콘크리트벽이 있으며 상부는 1 inch 두께의 대리석 창턱이 덮인다. 유리의 색은 저층부의 투명한 유리에서 위로 갈수록 점차 어두운 파란색으로 바뀌도록 계획하였다.



[그림 3] 건물 외관 사진  
 이미지 출처: Louis I. Kahn, p.123

#### 4.2.4 실내 시스템

리차즈 의학 연구소 건물이전의 실험실 건물들은 직사각형 평면의 중앙에 서비스코어와 복도를 위치시키고 양옆에 실들이 특징 없이 늘어선 방식이 일반적이었다. 하지만, 과학자는 예술가와 유사하며 실험실은 과학자의 예술창작실(studio)과 같아야 한다는 간의 믿음은 당시 지어지던 일반 연구소 건물들과 매우 다른 공간을 제시하였다. 기둥과 벽체, 설비 공간이 실험실의 평면상에서 존재하지 않는 완벽한 오픈 플로어 시스템을 구현하였으며 양면이 유리로 마감된 모서리는 캔틸레버의 구조로 더 높은 천정과 함께 창밖 캠퍼스 풍경을 실험실 내부에 펼쳐지게 하였다. 콘크리트 블록을 대리석 창문턱 및 벽체에 사용하였고 프리캐스트 콘크리트 구조체와 콘크리트 바닥에는 추가적인 마감을 하지 않았다. 특히, 천정을 마감재 없이 그대로 노출함으로써 구조시스템과 덕트, 전기배선, 상하수 배관, 조명기구 등의 여러 시스템들이 실내 상부에 가로지르는 것을 볼 수 있게 하였다. 하지만, 과학자들이 내부공간을 분할하여 사용하기 시작하면서 인접 실험공간으로부터의 소음이나 냄새로 인한 문제가 생기기 시작하였으며, 무엇보다 천정 상부의 노출된 시스템위에 쌓이는 먼지 등이 실험에 적합하지 못한 실내 환경을 제공하였다는 비난을 받게 되었다.



[그림 4] 완공당시 주출입구(좌)와 실험실내부(우) 사진  
 이미지 출처: Louis I. Kahn, p.119

### 4.3 시스템 통합 분석

#### 4.3.1 물리적 통합(PI: Physical Integration)

가장 주목할 부분은 실내 천정을 노출하며 비렌텔 트러스의 비어있는 공간을 설비관련 각종 배관의 통로로 통합하여 이용한 점이다. 주요 시스템의 통합 유형은 '3개 시스템 통합'의 'S + M + I'이며 물리적 통합의 세부 기법은 천정 위 공간에서의 '중첩(overlap)'으로 나타났다. 통합된 세부 시스템들은 구조시스템의 트러스와 슬래브, 기계-설비시스템의 덕트, 전기배관, 상하수도배관 등과 실내시스템의 천정과 조명시스템이다. 이를 세부 시스템의 통합 유형으로 표시하면 'PI (Overlap) = S (truss+slab) + M (duct+conduit+waterline) + I (ceiling +lighting)'이다. 물리적인 시스템 통합이 이루어진 다른 부분은 실험동의 실내 공기를 배출하기 위하여 실험실 바깥에 마련한 수직 서비스 타워를로써 기계설비 시스템의 배기공간과 외피시스템의 외벽을 직사각형의 수직 공간으로 통합하였다. 이 서비스 타워들은 실험동의 구조적인 하중이나 응력을 전혀 전달하지 않으므로 주요 시스템의 통합 유형은 '2개 시스템 통합'의 'M + E'이며 물리적 통합의 세부 기법은 하나의 완결된 형태와 공간 내 두 시스템이 통합된 '일체(Unify)'로 나타났다. 통합된 세부 시스템을 표현하면 'PI (Unify) = M (exhaust) + E (wall)'이다.

#### 4.3.2 시각적 통합(VI: Visual Integration)

건물외관에서는 실험실의 비렌텔 트러스와 슬래브의 노출된 콘크리트 테두리가 실험실의 유리창과 그 밑의 벽돌마감과 동일한 면을 이루며 매끈한 표면을 이루도록 구성요소들을 위치시켰다. 크기와 재료가 서로 다른 시스템의 요소들을 건물 외부의 동일한 면에 의도적으로 '배치(Arrange)'하여 시각적인 통합을 이루었다. 주요 시스템의 통합 유형은 '2개 시스템 통합'의 'S + E'이며 통합된 세부 시스템까지 표현하면 'VI (Arrange) = S (truss+slab) + E (window+wall)'이다. 실내에서는 바닥과 내부벽체의 재료들을 노출된 구조와 동일한 마감 '재료(Material)'들을 사용함으로써 시각적인 통합을 이루었다. 통합된 세부 시스템을 표현하면 'VI (Material) = S (truss+slab) + I (floor+wall)'이다.

#### 4.3.3 기능적 통합(VI: Visual Integration)

실험실 공간이 미래 변화에 융통성 있게 대응할 수 있도록 오픈 플로어 평면(open floor plan)을 계획하였고, 평면의 기능적인 '융통성(flexibility)'을 확보하기 위하여 네 가지 주요 건물 시스템들의 위치와 크기들이 함께 통합되어 계획되었다. 물리적 통합에서 언급한 노출 천정 공간 또한 서비스 시스템의 '융통성(flexibility)'을 증진시키기 위하여 물리적인 공간과 기능이 통합된 것으로 나타났다. 실험실 외부의 수직 서비스 타워들은 실내 공기의

청정도 유지라는 특수한 실내 환경의 성능을 만족하기 위하여 물리적인 통합과 기능적인 통합이 동시에 이루어진 것으로 조사되었다.

## 5. 결론

과학 기술의 발전과 더불어 새로운 건물시스템들이 계속 출현하고 있지만, 이들을 체계적으로 분류하고 통합하는 방법들에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 건물시스템들을 분석하기 위한 분류체계를 정립하여 제안하였으며 건물 시스템 통합의 방법과 기법들을 정리하였다.

이론고찰에서 건물시스템을 구조, 설비, 외피, 실내의 4가지 주요건물시스템(major building system)과 주요시스템을 이루는 세부건물시스템(sub building system)으로 구분하는 분류체계를 마련하였으며 이와 함께 주요건물시스템의 역할과 구성요소들을 함께 논하였다. 주요 건물시스템들 사이에서 가능한 통합의 유형들은 2개의 시스템들 사이에서 6개, 3개의 시스템들 사이에는 4개, 4개의 시스템들의 경우에는 1개의 조합이 가능하였으며, 시스템들을 통합하는 목표에 따라 통합의 방법을 물리적, 시각적, 기능적 통합의 세 가지 주요한 방법과 열두 가지의 세부기법들로 제시하였다. 또한, 통합하는 시스템들의 대상들을 통합의 방법 및 세부기법과 함께 나타낼 수 있는 표현체계를 제안하였고 이를 루이스 칸이 설계한 리차드 의학 연구소의 사례분석에서 적용하였다. 사례분석의 결과로 나타난 주요 특징들을 통합의 방법에 따라 요약하면 다음과 같다. 물리적 통합에서는 실내 천정을 노출하며 프리캐스트 콘크리트 비렌넬 트러스의 비어있는 공간을 설비관련 각종 배관의 통로로 통합하여 이용한 점과 실험실 외부에 기계설비 시스템의 배기공간과 외피시스템을 통합하여 직사각형의 수직 서비스 타워를 설치한 점이 나타났다. 건물의 외부에서는 구조와 외피 시스템의 요소들을 동일한 면으로 마감하였고 실내에서는 재료를 통일함으로써 시각적인 통합을 이루었다. 기능적인 통합은 공간의 융통성이나 실내 환경의 성능을 만족시키기 위하여 물리적 통합과 병행하여 이루어진 것으로 나타났다. 사례분석에서 나타난 루이스 칸의 건물시스템 통합의 특징으로는 프로그램상의 요구사항이나 기술적인 제약들을 대응하고 해결하기 위하여 구조 설비 등 관련 전문가들과 함께 시스템들을 선정하였고 디자인의 중요한 과정으로써 이들 시스템들을 창의적으로 통합하였다는 점이다. 본 연구에서 사례분석의 목적은 앞에서 이론적으로 도출한 시스템분석과 통합의 방법들을 실제로 적용하는

데 있었으며 따라서 사례분석의 공간적 시간적 범위에 한계가 있었음을 밝히는 바이다.

## 참고문헌

- [1] Leonard R. Bachman, "Integrated Buildings: The Systems Basis of Architecture", Jphn Wiley & Sons, Inc. 2003,
- [2] Richard D. Rush, The Building Systems Integration Handbook, John Wiley & Sons, Inc., 1986,
- [3] Groak, Steven. "The Idea of Building: Thought and Action in the Design and Production of Buildings", London: E & FN Spon, 1992.
- [4] Robert McCarter, "Louis I. Kahn", Phaidon Press Inc., 2005
- [5] Alexandra Tyng저, 이강주역, "루이스칸의 건축철학", 태림문화사, 1993.

### 최 준 성(Joon-sung Choi)

[정회원]



- 1994년 2월 : 단국대학교 건축공학과(건축공학학사)
- 1996년 5월 : 펜실베이니아 대학교 건축학과(건축학석사)
- 2011년 2월 : 서울대학교 도시설계학(박사과정중)
- 2005년 8월 ~ 현재 : 충남대학교 건축학과 교수

<관심분야>

건축설계, 도시설계, 지속가능성

### 임 재 호(Jae-Ho Im)

[정회원]



- 1992년 6월 : 로드아일랜드 디자 인스쿨(건축학학사)
- 1994년 10월 : 컬럼비아 대학교 건축대학원(건축학석사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 대전대학교 건축학과 교수

<관심분야>

건축설계, 건축계획, 도시설계